

K1493803

Л 33

9214

р. 1

вс

1


Проф. В. И. ЛЕБЕДЕВ

**О П Т И К А
И
С Т Е К Л О**



СЕВЕРНЫЙ ПЕЧАТНИК

Вологда
1928

The book cover features a highly detailed, ornate border. At the top, two winged figures (cherubs) are shown in profile, facing each other. Below them, a central emblem depicts a lighthouse or tower on a small island, surrounded by waves. The border is filled with intricate scrollwork, floral motifs, and various figures, including a woman in classical dress on the left and a man in a long coat on the right. The entire design is rendered in a fine-line, engraved style.

Проф. В. И. ЛЕБЕДЕВ

О П Т И К А
С Т Е К Л О

О П Ы Т И С Т О Р И И

Северной Печатник
Вологда
1928

Проф. В. И. ЛЕБЕДЕВ

ОПТИКА И СТЕКЛО

ОПЫТ ИСТОРИИ



„СЕВЕРНЫЙ ПЕЧАТНИК“

ВОЛОГДА

1928



Гублит № 310 (Вологда).
Тираж 3000 экз.
Типография Полиграф-
треста „Сев. Печатник“.

Государственный Тимирязевский
Научно - Исследовательский
Институт

Серия IX
„История Естествознания“
Выпуск № 1

Проф. В. И. Лебедев
ОПТИКА и СТЕКЛО

ОТ АВТОРА.

Настоящая работа по исследованию истории оптики в связи с историей стекла была задумана автором и выполнена еще в 1923—24 г. в стенах Коммунистического Университета Трудящихся Востока (КУТВ) в процессе организации здесь кабинета по истории техники и точных наук. Первоначально автор ставил своей задачей лишь представить историю стекла в памятниках и моделях, но затем в процессе работы оказалось, что история стекла дает ключ к объяснению многих фактов истории оптики, фактов, которые обычно во всех сочинениях по истории физики и оптики объяснялись либо случайностью, либо талантливостью и гениальностью отдельных ученых и исследователей, либо совсем не объяснялись. Вот почему автор с большим интересом решил расширить свою задачу и сделать попытку дать историю оптики в связи с историей стекла.

К сожалению, для более глубокого исследования задуманной темы, не всегда удавалось располагать той литературой, которую желательно было бы иметь. Автор принужден был иногда пользоваться материалом, добытым «из вторых рук».

Книгу нельзя было также хорошо иллюстрировать, так как это хотя и повысило бы ее интересность и ясность изложения, но зато сильно удорожило бы ее издание.

Во всяком случае автор надеется, что его работа пополнит тот пробел, который существует в нашей русской литературе, как по истории оптики, так и по истории стекла.

Москва,
1 мая 1925 г.

ПРЕДИСЛОВИЕ.

Маркс в 89-м примечании к «Капиталу» в следующих словах оценивает значение критической истории технологии:

«Критическая история технологии вообще показала бы, как мало какое бы то ни было изобретение VIII века принадлежит тому или иному лицу. Но до сих пор такой работы не существует. Дарвин направил интерес на историю естественной технологии, т.-е. на образование растительных и животных органов, которые играют роль орудий производства в жизни растений и животных. Не заслуживает ли такого же внимания история образования производственных органов общественного человека, история этого материального базиса каждой особой общественной организации? И не легче было бы написать ее, так как, по выражению Вико, человеческая история тем отличается от естественной истории, что первая сделана нами, вторая же не сделана нами?»

Сопоставление с Дарвиным показывает, какое большое научное значение Маркс придавал критической истории технологии.

Много воды утекло с тех пор, как Марксом были написаны вышеприведенные строки. В СССР создались необычайно благоприятные условия для расцвета марксистского исследования. Но дело, сравниваемое Марксом с делом Дарвина в биологии,—написание критической истории технологии—не только не сделано, но, насколько нам известно, никем и нигде ничего пока не предпринимается серьезного, чтобы поставить такого рода работы в порядок дня. Пишущий эти строки совместно с проф. В. И. Лебедевым сделали в 1923—24 году попытку организовать в стенах КУТВ кабинет по истории техники и точных наук, основной задачей которого должна

была быть разработка материалов для критической истории техники и науки. Кабинет просуществовал недолго, так как был признан по своей задаче слишком специальным для КУТВ.

В 1925 году Тимирязевский Научно-Исследовательский Институт в принципе принял постановление об организации кабинета по истории науки и техники, но за недостатком средств постановление это до сих пор не проведено в жизнь.

Институт решил, однако, по мере возможности, издавать материалы по истории естествознания в связи с историей техники. Работа тов. Лебедева является первой публикацией такого рода. Работа эта не является, разумеется, «критической историей технологии». Сам автор называет ее «опытом истории», но скорее всего это материалы по истории. Автор тщательным образом собрал и систематизировал ряд фактов, обосновывающих его деловой тезис. Всякая наука рождается из практики. В работе имеются некоторые спорные положения (например, о теории зрения Аристотеля, о знакомстве древности и средневековья с явлением дисперсии и сущностью радуги, о роли арабов в науке и др.), но это не лишает исследование проф. Лебедева значения, как опыта конкретной разработки и обоснования связи между развитием производства и развитием научных теорий. По этому поводу считаем необходимым сделать несколько замечаний.

Марксизм учит, что идеальное—это переработанное в человеческой голове материальное; что движение философских и научных идей, развитие философских и научных материй находится в тесной зависимости от развития производства и экономических отношений.

Но было бы ошибкой и вульгарным пониманием марксизма полагать, что вся философия марксизма исчерпывается указанным положением. Энгельс самым решительным образом предостерегал от такого рода ошибки и вульгарного понимания марксизма. В письме к К. Шмидту (5 августа 1890 г.) Энгельс отмечает, что «для многих более молодых писателей в Германии

слово материалистически и служит простой фразой, которую приклеивают к разным вещам, не занимаясь дальнейшим суждением, т.е. приклеивают этот ярлычок и считают, что этим все исчерпывается».

Это примечание не лишено значения и для нашего времени. В том же письме Энгельс указывает, как следует с точки зрения марксизма понимать соотношение материального и идеального:

«Если верно то, будто бы Барт во всех сочинениях Маркса смог найти всего лишь один пример зависимости философии и т. д. от материальных условий существования, именно то, что Декарт объявляет животных машинами, то мне жаль того, кто может писать подобные вещи. И если он еще не открыл, что если материальные условия существования являются *primus agens* (основной причиной), то это не исключает того, что идеальные области могут опять-таки оказывать на материальные области существования обратное, но второстепенное влияние; если он этого не открыл, то он не в состоянии понять того предмета, о котором пишет».

В письме к К. Шмидту 27 октября 1890 г. Энгельс подчеркивает, что даже торговля и финансы, несмотря на свою тесную и очевидную зависимость от производства («производство является в последней инстанции решающим»), все же следуют своему «собственному движению» и подчиняются «своим собственным законам».

Точно так же философия и наука, несмотря на свою зависимость от материальных условий существования обладают «самодвижением», «саморазвитием», т.е. следуют имманентным, присущим природе этих явлений, внутренним законам.

В этой именно специфичности законов отдельных областей бытия, связанных, разумеется, единством материи и движения, и заключается вся трудность проблемы соотношения бытия и сознания.

Что бытие определяет сознание,—это аксиома марксизма, но весь вопрос в том, каким образом конкретно это определение происходит. Вопрос этот еще не решен и ждет своего решения.

Публикуя работу т. Лебедева, Тимирязевский Научно-Исследовательский Институт надеется привлечь к этому вопросу внимание широких марксистских общественных кругов. Пора, наконец, серьезно и в широком масштабе взяться за дело создания критической истории технологии

З. Цейтлин.

Москва, 1-е сентября 1927 г.

ОПТИКА И СТЕКЛО

Неправо о вещах те думают, Шувалов,
Которые стекло чтут ниже минералов,
Приманчивым лучом блистающих в глаза;
Не меньше польза в нем, не меньше и краса.
Не редко я для той с Парнасских гор спускаюсь
И ныне от нее на верх их возвращаюсь;
Пою перед тобой в восторге похвалу
Не камням дорогим, не злату, но стеклу.

(Письмо М. В. Ломоносова
к И. И. Шувалову).



ГЛАВА I

СТЕКЛОДЕЛИЕ У ДРЕВНИХ КУЛЬТУРНЫХ НАРОДОВ

ДРЕВНИЕ ФИНИКИЯНЕ БЫЛИ ЗНАКОМЫ С ПРОИЗВОДСТВОМ СТЕКЛА.

Существует предание, что финикийские торговцы селитрой, расположившись однажды на берегах реки Белуса (Финикия), возымели намерение сварить себе пищу, но, не найдя крепких камней для очага, вздумали употребить для этого куски селитры, которые они везли на своих кораблях. От действия огня селитра расплавилась и, смешавшись с песком, образовала прозрачную массу. Так, по преданию, открыли стекло».

Эти строки принадлежат римскому писателю Плинию (22—79 г.): в его «Естественной истории» (кн. XXXVI, гл. 26) рассказывается этот случай с финикийскими купцами.

Еврейский писатель Иосиф Флавий (I в. по Р. Х.) и Палисси (XVII ст.) приписывают изобретение стекла при тех же условиях евреям ¹⁾.

Современные ученые, однако, отвергают эту легенду. Не может быть сомнения, что жар открытого костра не достаточен для образования стекла из селитры и песка. Но в этом рассказе Плиния есть доля правды: песок реки Белуса действительно очень хорош для образования стекла. Уже греческий ученый Теофраст, ученик Аристотеля (IV в.), упоминает о стеклодувных заводах на берегах реки Белуса; то же самое мы читаем

¹⁾ M. L. Henrivaux. Le verre et le cristal. Paris. 1897.



в сочинениях римских писателей Тацита, Страбона и др. ¹⁾ Кроме того, до нас дошли стеклянные сосуды древних финикийцев (рис. 1). Таким образом, этот древний культурный народ действительно знаком был с производством стекла.

Историки стеклоделия постоянно пытались разрешить вопрос о том: кто изобрел стекло, когда и как это произошло?

Повидимому, однако, этого никогда никому не удастся сделать. Можно установить только, в какую эпоху стекло наверное уже существовало.

СТЕКЛОДЕЛИЕ В ДРЕВНЕМ ЕГИПТЕ.

Не может быть сомнения, что еще за 1500 лет до Р. Х. стеклянное производство было известно древнейшему культурному народу—египтянам.

В самом деле, уже во времена египетского царя Тутмосиса III (1500 г. до Р. Х.) было известно стекло. До нас дошли стеклянные бусины, которые носила жена этого царя. На бусине (диаметр ее равен 2 см.) изображено иероглифами его имя (рис. 2).

В Фивах, кроме того, найдены изображения стеклоделов—выдувальщиков, при чем надпись говорит, что это изображение относится к 1600 г. до Р. Х. (рис. 3.)

Стеклянные заводы в Египте были многочисленны, на них выделялись из стекла: гробницы, вазы, урны... Упомянутый уже нами римский писатель Плиний сообщает, что египтяне делали из стекла колонны и статуи.

Во времена римского владычества особенно славились производством стекла Александрия. Нам известно, что при Аврелиане египтяне оплачивали дань римлянам стеклянным товаром.

Интересно было бы знать, как изготовляли стекло египтяне и финикийцы? Как была устроена у них стеклодувная печь?

¹⁾ Крамер. Стеклянное производство. „Пром. и Техн.“, том 7, стр. 130.



Рис. 1. Финикийские стеклянные сосуды, найденные: 1) на острове Кипре, 2) в Камиресе и 3) в Сирии.



К сожалению, мы не находим ответа на этот вопрос ни в одном из многочисленных дошедших до нас папирусов.

В настоящее время мы только можем сказать, каков был состав египетского стекла. Египетское стекло—



Рис. 2.
Бусина. Иероглифическая надпись на бусине.

цветное. Той игры радужных цветов, которую мы наблюдаем теперь в кристаллических люстрах, граненых стаканах, графинах и т. п.,—ни египтяне, ни греки и, как мы увидим ниже, даже римляне наблюдать в стеклах не могли.

Египетское стекло—содово-известковое. Его состав можно видеть из приведенной здесь таблицы ¹⁾. Для сравнения помещен состав современного бутылочного стекла.

	Египетское стекло.			Современное бутылочное стекло (французское для шампанского).
	Зеленое.	Желтое.	Голубое.	
Кремний	66,90	66,10	62,80	61,21
Алюминий	6,06	7,59	7,80	2,20
Перекись железа	0,64	0,71	1,43	—
Известь [СаО]	11,46	8,80	10,10	20,20
Магний		1,19	1,44	4,12
Сода	14,94	15,20	16,00	8,22
Поташ	следы	следы	следы	2,05
Окись железа	—	—	—	2,40
Окись кобальта	—	—	0,40	—

Что египетское стекло—содово-известковое, в этом нет ничего удивительного. В долинах Нила было много залежей природной соды.

¹⁾ Таблица составлена по Henrivaux. Le verre. Paris. 1897, p. 24.



В настоящее время мы делаем из стекла посуду, зеркала, окна и т. п. В древнем Египте стекло служило, с одной стороны, для изготовления искусственных камней, теперь так дешево оцениваемых, затем—для изготовления кувшинов и урн (рис.4). Зеркала древних египтян—металлические.(рис.5).

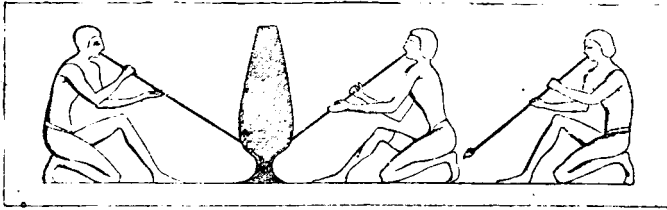


Рис. 3. Египетские стеклодувы.

Египетский жилой дом был с окнами, но, повидимому, стекла для этих окон не употреблялись. Климат Египта не требовал застекления окон для защиты от холода.



Рис. 4. Древнейший стеклянный сосуд в мире. Из цветного стекла, с именем Тутмоса III (ок. 1500 г. до Р. Х.). Хранится в Британском музее.

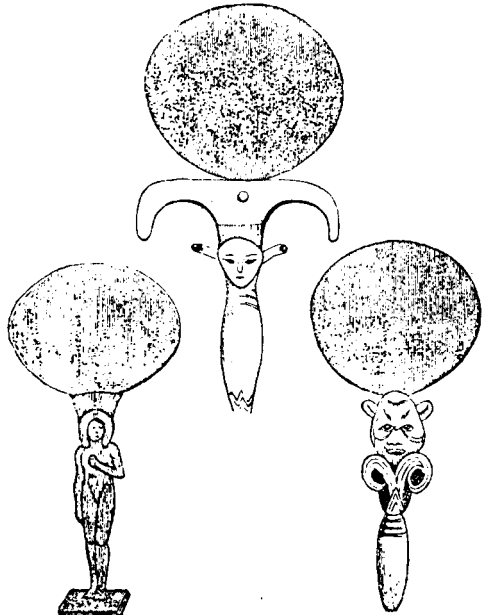


Рис. 5. Египетские металлические зеркала.

СТЕКЛОДЕЛИЕ В ЭПОХУ ИМПЕРИИ В РИМЕ.

Египет долгое время был учителем Греции и Рима. Еще во времена Августа стекло привозится из Египта.

Первый стеклянный завод в Риме был построен при Нероне. На этом заводе выдвигалась, однако, довольно плохая посуда. Хорошее стекло стоило в ту пору так дорого, что, согласно дошедшим до нас сведениям, император заплатил за две стеклянных чашки из хорошего стекла 1000 рублей золотом на наши деньги. Однако, в 210 г. по Р. Х. в Риме уже было столько стеклоделов, что им отвели особый квартал города. Произведения их не только удовлетворяли потребностям столицы, но даже вывозились.

ПОЯВЛЕНИЕ СТЕКЛЯННЫХ ОКОН.

Римляне делали из стекла не только посуду. Нам известны также римские стеклянные плитки для полов и для облицовки стен. Но самое интересное для историка стеклоделия—это то, что римляне, повидимому, первые начали изготовлять оконные стекла; на это указывают раскопки в Помпее. Согласно Бонтану (изв. франц. стеклоделу, автору многих сочинений по стеклоделию), стекла Помпеи толще наших и мало прозрачны, при чем они не резались, а отливались в требуемую величину, так как найденные стекла по краям оплавлены ¹⁾.

Приводим химический состав помпеянского оконного стекла ²⁾:

	Химический состав в % помпеянского стекла.	Химический состав в % современного оконного стекла.
Кремний	69,43	71,03
Сода	17,31	10,76
Известь (СаО)	7,24	15,62
Алюминий	3,55	2,98
Окись железа	1,15	неопр.
Окись марганца	0,39	—
Медь	следы.	—
Молибд	—	0,15

¹⁾ Неприваих, р. 8.

²⁾ Неприваих, р. 368.



Интересны также помпеянские рамы для стекол. Стекла не вмазывались, а вставлялись. Размер их 0,72 м. на 0,54 м.

У римских писателей впервые упоминается об увеличительном стекле. Согласно Плинию (Естеств. История, кн. XXXVII), император Нерон во время боя гладиаторов пользовался увеличительным стеклом, чтобы лучше видеть. Таким образом, если только это не был случайно найденный такой формы драгоценный камень, в Риме начали впервые шлифовать увеличительные стекла.

Согласно другому римскому писателю—Петронию, будто бы, один римский стеклодел даже изобрел способ делать «ковкое стекло».

«Во времена Тиберия, — пишет Петроний, — один рабочий изготовил стекло, которое совершенно не ломалось. По этому случаю он был допущен до императора для выражения своих верноподданнических чувств и демонстрации своего изобретения. В присутствии Тиберия названный рабочий взял изготовленный им сосуд и бросил его на пол, чем очень испугал императора. Сосуд исковеркался, но не разбился, как-будто он был сделан из металла. Затем изобретатель, достав из-за пояса молоточек, спокойно исправил его. Сделав это, он уже собирался пасть ниц перед императором, когда последний вдруг спросил его: «Никто не знает твоего секрета? Говори без утайки». Когда тот ответил отрицательно, император приказал отрубить ему голову, так как, если бы этот секрет быстро распространился, золото перестало бы иметь какую-либо ценность»¹⁾.

Разумеется, было бы слишком опрометчиво верить этой сказке, но не может быть сомнения, что римские стеклодувы умели закаливать стекло²⁾.

Хотя нет прямых доказательств, что римляне употребляли стеклянные зеркала, однако найденная в Геркулануме стеклянная пластинка, покрытая с одной стороны темной краской и свинцом, может служить указанием на существование в Риме и зеркального производства.

В III-м веке, при Александре Севере, число стеклянных заводов настолько возросло, что стеклодувы населяют отдельный квартал. К этой именно эпохе

¹⁾ Неприваих, р. 9.

²⁾ Заметим, что небьющееся стекло изобретено в 1926 г.



относится знаменитая «портландская ваза», хранящаяся в Британском Музее.

История этой вазы довольно своеобразна.

Портландская ваза сделана из голубого стекла с белыми рельефами. Она была найдена в конце XVI ст. вблизи Рима в гробнице Александра Севера († 235). В течение 150 лет ею владела Библиотека Барберини, но затем за большую сумму ее купил лорд Гамильтон и подарил герцогине Портландской. В 1786 г. ваза была пожертвована Британскому Музею, где и хранится до настоящего времени. В 1855 г. ее разбил один из посетителей музея, но она была так искусно склеена, что даже не видно следов ее поломки.

Благодаря обилию заводов, в III-м веке стеклянная посуда в Риме была настолько распространена и дешева, что, согласно многим историкам, стеклянная посуда употреблялась уже во всех присутственных местах. Молодые патриции во время своих оргий забавлялись тем, что били стеклянную посуду при помощи серебряных монет, брошенных издалека. Рассказывают, что известный своею расточительностью и непристойным буйством римский император Вер (Vergus † 168) особенно славился этим искусством бить стеклянные стаканы и рюмки. Император Александр Север, относясь строго к распущенности и роскоши патрициев, установил высокий налог на стеклянные заводы, как на предмет бесполезной роскоши. Этот налог был уничтожен лишь в царствование византийского императора Константина.

С падением Рима, центр стеклянного производства переходит в Византию, а затем в Венецию.



ГЛАВА II

ОПТИКА ДРЕВНИХ КУЛЬТУРНЫХ НАРОДОВ

ВСЯКАЯ НАУКА РОДИТСЯ ИЗ ПРАКТИКИ.

Под влиянием каких факторов могла развиваться оптика у древних народов? Одно из основных наблюдений, которое должен рано или поздно сделать всякий, кто изучает историю точных наук,—это наблюдение, что всякая наука рождается из практики.

Возьмем, например, астрономию или математику—две науки, которые всегда кажутся особенно далекими от практики и от жизни. Между тем, обе эти науки родились и развивались, побуждаемые практикой.

Математика нужна была древним народам для счета и учета (арифметика), для измерения площади полей и объема житниц и пр. (геометрия), для постройки жилищ и кораблей (механика) и т. д.

Знать астрономию нужно было древнему купцу во время плавания по морю или во время путешествия с товарами по степи и по пустыне. Направление во время пути приходилось определять: ночью—по звездам и луне, днем—по солнцу, так как только во времена расцвета арабской торговли начал применяться в Европе компас (X в.).

Земледельцу также нужно было следить за временами года, отмечать месяцы и недели, чтобы знать, когда наступит разлив рек, когда начинать посев и пр.

Впоследствии весь этот астрономический опыт и вылился в то, что теперь принято называть календарем.



ОПТИКА РОДИЛАСЬ ИЗ ПРАКТИКИ.

Какая потребность заставила древние народы заниматься оптикой?

Прежде всего—потребность выяснить процесс зрения.

«Как мы видим»? Вот вопрос, который интересовал философов и ученых на протяжении многих тысячелетий.

Знание законов оптики нужно было также землемеру при измерении полей, астроному—при определении углов между звездами, живописцу—при изображении картин. Оптика родилась из перспективы и геометрии. Вот почему первые дошедшие до нас греческие трактаты по оптике написаны либо геометрами, либо астрономами.

Могли ли древние культурные народы найти законы оптики? Из оптических приборов в древности было известно лишь зеркало, при чем зеркало вплоть до XVII столетия было металлическим. Вот почему в одной из комедий римского поэта Плавта (III в. до Р. Х.) героиня после смотрения в зеркало берет в руку полотенце. Зачем? Чтобы отереть пальцы, иначе обожатель по запаху ее рук узнает, что она касалась металла и, следовательно, если смотрелась в зеркало, хочет нравиться своему возлюбленному.

Мы уже знаем, что в древности стекло не было настолько прозрачным, чтобы можно было наблюдать явление радуги цветов (за исключением радуги на небе, истинной причины которой древние не знали). Древние ученые и философы могли наблюдать только явление отражения и в очень редких случаях—явление преломления (в воде). Вот почему дошедшие до нас сочинения по оптике—Евклида, Птолемея и Герона—трактуют лишь о явлениях отражения и преломления.

ОБЪЯСНЕНИЕ ПРОЦЕССА ЗРЕНИЯ ДРЕВНИМИ ФИЛОСОФАМИ.

Процесс зрения некоторые древние философы объясняли довольно оригинально. Например, Эмпедокл (V век до Р. Х.) представляет себе этот процесс следующим



образом: «От светящихся тел направляются токи к глазу, а из глаза исходят токи по направлению к телам. От встречи обоих токов происходит образ»¹⁾).

Другой греческий философ—Платон (429—348 до Р. Х.) рассматривает глаз, как «носитель света». «Боги при создании человека прежде других органов образовали глаза—«носители света»... Чистый огонь находится внутри нас; ему исход был дан из глаза в виде потока тонких теснящихся частиц... Свет, выходящий изнутри глаза, встречается со светом, идущим от внешних предметов... Так происходит ощущение, которое мы зовем зрением»²⁾).

Ученик Платона Аристотель (384—222 до Р. Х.), этот всеобъемлющий гений, который коснулся всех отраслей современного знания, понимает процесс зрения так же, как его учитель. В том, что внутренность глаза прозрачна, Аристотель видит подтверждение исхождения лучей из глаза.

Того же взгляда на процесс смотрения придерживается и Герон (I в. до Р. Х.)³⁾.

О ЧЕМ ГОВОРИТСЯ В ДРЕВНИХ ТРАКТАТАХ ПО ОПТИКЕ.

Нет ничего удивительного, что в терминологии древней оптики с самого начала вошло понятие о луче зрения, как основном элементе оптики.

Вот почему в трактате по оптике, приписываемом знаменитому геометру Евклиду (III в. до Р. Х.), все построено на этом понятии о луче зрения.

Оптика Евклида основана на восьми положениях, как бы аксиомах:

1. Идущие из глаза лучи направляются по прямым линиям и имеют расстояние между собой.

¹⁾ Розенбергер. История физики. I, стр. 13.

²⁾ Любимов. История физики. I, стр. 114.

³⁾ Вопрос о том, когда жил Герон Александрийский,—один из труднейших в истории точных наук. Кантор, Шмидт (издатель сочинений Герона) и Симон относят Герона к I в. до Р. Х.



2. Образуемая лучами фигура есть конус, вершина которого в глазе, а основание — при границе видимого предмета.

3. Видимы только те предметы, до которых достигают лучи, невидимы — те, до которых лучи не достигают.

4. Предметы, видимые под большим углом, кажутся больше; видимые под меньшим углом кажутся меньше.

5. Предметы, видимые под равными углами, кажутся равными по величине.

6. Видимое под верхними лучами кажется выше, под нижними — ниже.

7. Видимое под правыми лучами кажется вправо, под левыми — влево.

8. То, что усматривается под несколькими углами, представляется явственнее.

Из этих положений выводится 61 теорема относительно того, как видим мы предметы в разных случаях.

Не следует думать, что в сочинении Евклида есть теоремы, посвященные теням или образованию изображений через малые отверстия и т. п.

Евклид главное внимание уделяет перспективе ¹⁾.

Другое сочинение по оптике, приписываемое Евклиду, — «Катоптрика» — изложено также на ряде положений или аксиом, из которых самая интересная следующая:

«Когда зеркало помещено горизонтально, а отражаемый предмет вертикален, то высота предмета находится к высоте глаза над горизонтом в таком отношении, как расстояние между предметом и зеркалом — к расстоянию между глазом и зеркалом» ²⁾.

Это предложение содержит в скрытом виде закон отражения. Для того, чтобы оно было справедливо, необходимо равенство дополнительных углов к углам падения и отражения, т. е. равенство угла падения и отражения.

¹⁾ Это обстоятельство лишней раз подтверждает, что оптика, как наука, возникла из практики.

²⁾ Любимов. История физики. I, стр. 233.



«Катоптрика» Евклида дошла до нас в довольно искаженном виде.

Из всех теорем интересна только 30-я. В этой теореме «Катоптрики» говорится о том, что сферическое зеркало, направленное на солнечные лучи, может произвести огонь.

ОПТИКА АСТРОНОМА ПТОЛЕМЕЯ.

Третий трактат по оптике древних, дошедший до нас, принадлежит Клавдию Птолемею (II в. по Р. Х.). Он интересен тем, что в нем впервые встречается попытка установить 2-й закон преломления (математическая связь угла падения с углом преломления).

В вышедшей в 1817 г. «Истории астрономии» Деламбра впервые дается описание содержания этого замечательного сочинения Птолемея.

Оптика Птолемея состоит из пяти книг.

Первая трактует, повидимому, о взаимоотношениях глаза и света. Эта книга не дошла до нас.

Вторая говорит об условиях видимости предметов.

Третья—о плоском и выпуклом зеркалах. Здесь же объясняется, почему светила при горизонте кажутся больше, чем при зените. Птолемей объясняет это тем, что при горизонте мы видим их привычным для глаза способом, при зените—непривычным.

В четвертой книге этого сочинения говорится о вогнутых зеркалах.

Самая интересная книга—пятая, конец которой, к сожалению, утрачен. В этой книге описывается прибор, которым Птолемей пытался установить зависимость между углами падения и преломления. Об этом приборе мы еще будем говорить в другом месте.

ТЕОРЕМА ГЕРОНА.

Чтобы закончить наш краткий обзор древней оптики, нам остается рассказать здесь об одной чрезвычайно интересной теореме по оптике, доказанной Героном,



а именно, что «при отражении путь, выбранный лучом, есть кратчайший ¹⁾».

Чертеж, который дает Герон, изображен на рис. 6:

ab — зеркало, g — положение глаза, g_1 — симметрическая точка, d — предмет, посылающий лучи.

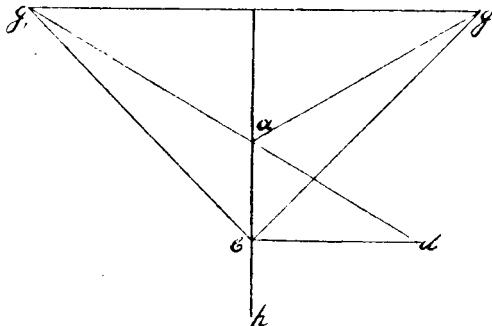


Рис. 6. Теорема Герона об отраженном луче.

Тогда путь dag (угол падения равен углу отражения) короче всякого другого пути dbg ²⁾. В самом деле: $ag = ag_1$ и $gb = g_1b$. Поэтому путь $dag = dag_1$, и путь $dbg = dbg_1$. Но dag_1 меньше dbg_1 (прямая меньше ломаной), и, следовательно, dag меньше dbg .

ОПТИКА ДРЕВНИХ НОСИТ ГЕОМЕТРИЧЕСКИЙ ХАРАКТЕР.

Если попробовать характеризовать оптику древних в коротких словах, то окажется, что она носит по преимуществу геометрический характер. В ней заложены лишь основы будущего учения об явлениях отражения и преломления.

ПРОИЗВОДСТВО ЦВЕТНОГО СТЕКЛА У ДРЕВНИХ НАРОДОВ НЕ БЛАГОПРИЯТСТВОВАЛО РАЗВИТИЮ ОПТИКИ.

Как мы уже сказали, отсутствие хорошего стекла не позволяло древним культурным народам, ни грекам, ни египтянам, ни римлянам, открыть явление светорассеяния

¹⁾ Simon. Geschichte der Mathematik. S. 327.

²⁾ Мы несколько подробнее излагаем доказательство, чем это сделано у Герона.



и найти объяснение радуги. Точно так же, как мы увидим, только стекло позволило найти 2-й закон преломления. Мы увидим, что это могло произойти только в XVII-м столетии, когда появились хорошие сорта стекол. Только в XVII-м столетии можно было открыть светорассеяние, исследовать интерференцию, полное внутреннее отражение и т. д. Все эти явления были недоступны древним народам.



ГЛАВА III

СТЕКЛОДЕЛИЕ В СРЕДНИЕ ВЕКА

В ЧЕТВЕРТОМ ВЕКЕ ЦЕНТРОМ СТЕКЛОДЕЛИЯ ЯВЛЯЕТСЯ ВИЗАНТИЯ.

В 336 г. Константин Великий издает закон, дающий стеклоделам большие привилегии. Поэтому с этого времени наблюдается большой приток мастеров по стеклу в новую столицу — Византию. В течение почти пяти веков Византия является центром стеклоделия.

Византийские мастера усовершенствовали способ изготовления цветных стекол, известных еще египтянам.

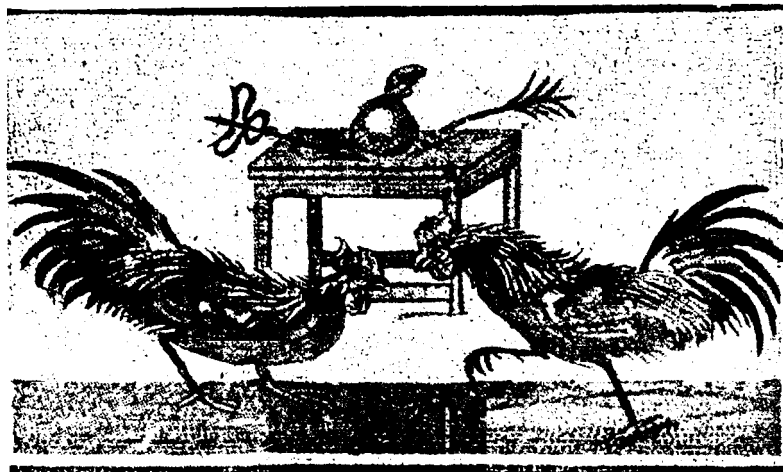


Рис. 7. Стеклопанная мозаика (по раскопкам в Помпее).

Такие стекла, повидимому, впервые явились украшением окон собора св. Софии, построенного в 537 г. С тех пор они входят в моду и пользуются у конструкторов церковей



и храмов большим успехом. Окрашенные стекла имели своей задачей придать храму известную мягкость, особый полумрак, смягчить тот яркий свет юга, который как бы находится в противоречии с настроением молящегося.

Цветные стекла также получили еще другое приложение: в стеклянной мозаике. Этот вид искусства мы встречаем уже в эпоху римской империи (рис. 7).

При своем зарождении мозаика первоначально была каменной. Когда византийские мастера научились делать цветные стекла различных оттенков, камни естественно были заменены стеклом. Богатство оттенков стекол, в отличие от камня, позволяло делать картину более детальной и красочной.

Византийский период истории стеклоделия можно охарактеризовать, как период художественного применения стекла. Стекло служило материалом для произведений искусства. Впоследствии, с падением Византии, мастера по стеклу перенесли свою работу в Венецию — новый мировой центр.

ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЦВЕТ ВЕНЕЦИИ. РАСЦВЕТ СТЕКЛОДЕЛИЯ.

Падение Римской империи задержало развитие римского стеклянного производства. Многие стеклянные заводы были уничтожены, и вместе с тем погибло немало секретов фабричного производства стекла. В Европе в течение V—XII вв. не действовал ни один стеклянный завод. Лишь в XIII-м веке, с падением Византии, центром стеклоделия становится Венеция.

Особенно блестящий период стеклоделия в Венеции начался с завоевания в 1204 г. Константинополя дожем Энрико Дандоло, перенесшим к себе всю восточную роскошь византийской столицы ¹⁾.

В течение всего средневековья стеклянная посуда считалась роскошью и употреблялась лишь знатью. Как и во времена римских императоров, забава бить стекло

¹⁾ Крамер, стр. 134.



была в большом ходу. Рассказывают, что брат Людовика Святого изобрел даже особый прибор—нечто в роде метательного снаряда для битья стеклянных рюмок, тарелок и т. п. Мы видим здесь своего рода прогресс. Римские патриции еще не додумались до машин.

Были ли какие-либо новые изобретения в области стеклоделия в средние века?

ПЕРВЫЙ ТРАКТАТ, В КОТОРОМ ГОВОРИТСЯ О ПРОИЗВОДСТВЕ СТЕКЛА.

До нас дошло сочинение XII века монаха Теофила¹⁾ «Трактат о различных искусствах», где, между прочим, описывается впервые стеклоплавильная печь. Эта печь ничем не отличается от печей XVI, XVII и даже XVIII-го века.

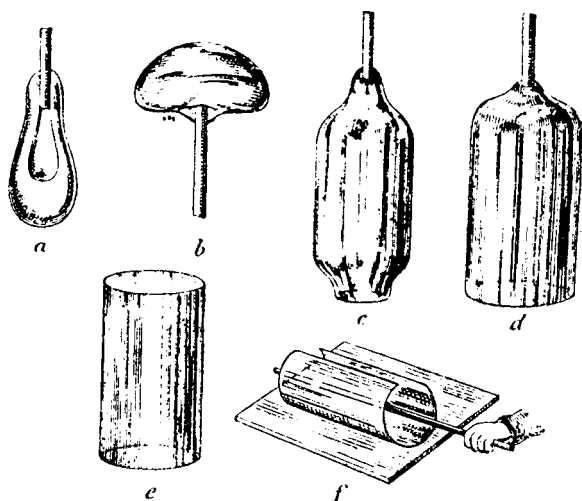


Рис. 8. Выдувка халявы для оконного стекла, практиковавшаяся уже в средние века.

Печь Теофила продолговатой формы, имеет три этажа. В первом—нижнем сжигалось топливо—дрова; во

¹⁾ «Theophili presbyteri et monaci diversarum artium schedula». Издано это сочинение впервые в 1781 г.



втором—ставились тигли с массой, через окошки выдувальщики брали стекло; в третьем—происходило постепенное охлаждение готовых изделий.

В этом же сочинении Теофила впервые описывается способ приготовления оконных стекол, мало отличающийся от способа наших русских заводов,—«способ цилиндров». Все стадии этого способа ясны из рис. 8.

Забрав массу, рабочий ее перевертывает. Далее, после выдувания нижняя часть «халявы» отрезывается и приобретает вид с (отрезывание производится прикладыванием металлической проволоки). Затем халява раздувается и принимает вид d. Далее отрезывается сверху и разрезывается вдоль (e) и, наконец, расправляется в лист на гладкой доске f.

ЗАСТЕКЛЕННЫЕ ОКНА—РОСКОШЬ ДЛЯ ВЛАДЕЛЬЦЕВ ЗАМКОВ.

Необходимо заметить, что в средние века вплоть до XVII века оконные стекла не были в употреблении не только у сельских жителей и горожан, но и в замках феодальных князей. Достаточно взглянуть на средневековый замок, чтобы видеть его особенность. Обычно он представляет собой как бы крепость с очень маленькими окошечками.

Часто это окошко даже не застеклено и прикрывается внутренней ставней.

Стекло настолько дорого, что, в большинстве случаев, в отсутствие владельца замка вынимается для того, чтобы можно было его вставить по приезде владельца.

С середины XIV-го века в большое употребление входят круглые стекла с пупком посредине. Такие стекла начал изготавливать впервые в 1330 г. Какерей (Philippe de Caqueray). Диаметр этих стекол был 8—10 сантиметров¹⁾.

¹⁾ Darmstaedter. Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und Technik. 1908. S. 59.

ПЕРВАЯ ФАБРИКА БУТЫЛОК.

Наша бутылка, встречающаяся уже у римлян (рис. 9), начинает фабриковаться также в средние века. В летописях отмечено, что в 1290 г. возникает специальное бутылочное производство близ Ла-Шапелли (департамент Эн) в Кикенгронне.

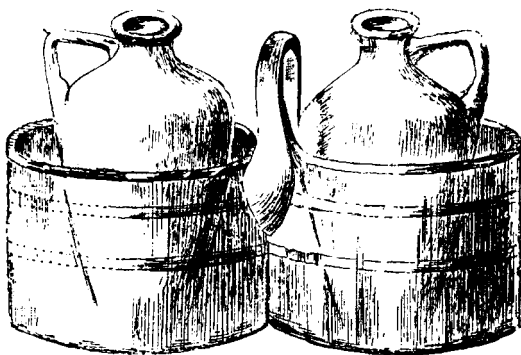


Рис. 9. Помпеянские бутылки (I в. по Р. Х.).

СРЕДНЕВЕКОВЫЕ ЗЕРКАЛА.

Стеклянные зеркала появились впервые также в средние века на заводах Венеции. Но эти зеркала не были еще литыми: они выдувались; при чем они были настолько дороги, что даже не всякий князь или король мог пользоваться ими. Например, французский король Франциск I до 1538 г. пользовался стальным зеркалом и только в 1538 г. приобрел венецианское стеклянное зеркало.

Знаменитое зеркало, подаренное венецианским посланником Марии Медичи в 1600 г. по случаю ее свадьбы с Генрихом IV, имело размеры: 0,162 метра на 0,137 метра, т.-е. немного больше кв. дециметра ¹⁾.

Примерно до начала XVII-го века горожане пользовались исключительно металлическими зеркалами из меди, бронзы и серебра. Поселяне же обычно прибегали, чтобы увидеть свое изображение, к спокойной поверхности воды.

¹⁾ Henrivaux, p. 35.



ГЛАВА IV

ОПТИКА ДРЕВНИХ АРАБОВ

РОЛЬ АРАБОВ В ИСТОРИИ ТОЧНЫХ НАУК.

Арабы сыграли исключительную роль в истории техники и точных наук. Было время, когда в руках арабов был весь торговый путь от Атлантического океана до Китая, когда арабский язык, арабские деньги были международными, а торговый арабский флот обслуживал все Средиземное море и рынки Азии. Это было в VIII, IX, X и XI веках, во времена халифата Омейядов и Аббасидов.

Дамаск и, главным образом, Багдад являлись тогда центром обширной торговли арабов. Арабские товары шли в Китай, в Россию, в Швецию, в Западную Европу. Ковры, изделия из золота, ткани, духи, бумага (новый в то время письменный материал) являлись главными предметами торговли арабов.

Торгуя, арабы знакомились с обычаями, техникой и наукой всех тех стран, с которыми они сталкивались. От китайцев, например, они заимствовали компас; от индусов—цифры (наш способ изображать числа) и алгебру); от египтян—химию, медицину, землемерие; от греков—главным образом геометрию и философию.

Арабы не внесли никакой оригинальной струи в историю точных наук, в том числе и в историю оптики, но очень много сделали для географии, медицины, фармации и др. прикладных наук.

Главная заслуга арабов та, что они сохранили нам литературные произведения многих греческих писателей в темную эпоху средневековья, когда все языческое

¹⁾ См. В. И. Лебедев. Очерки по истории точных наук. Вып. 1-й и 3-й.



отвергалось; когда, вследствие дороговизны письменного материала, монах переписчик старательно выискивал теоремы Евклида или Архимеда для того, чтобы написать какую-нибудь галиматью о том, сколько ангелов на небе, или на каком языке они говорят и пр. Много погибло таким образом творений древних авторов.

Арабы переводами сохранили нам содержание произведений многих языческих авторов. Арабский перевод— часто единственный источник, из которого мы в состоянии теперь познакомиться с произведениями целого ряда древних писателей.

СОЧИНЕНИЕ ПО ОПТИКЕ АЛЬХАЗЕНА.

Среди арабских сочинений по оптике самым замечательным является сочинение по свету Альхазена ¹⁾, впервые изданное в 1572 г. Само же сочинение написано, повидимому, в начале XI-го века.

К закону о равенстве углов падения и отражения, известному грекам, Альхазен прибавляет еще, что оба угла (падения и отражения) лежат в одной плоскости.

Альхазен дает верное описание анатомического строения глаза. То обстоятельство, что мы смотрим двумя глазами и видим один предмет, Альхазен объясняет соединением двух глазных нервов в один, вследствие чего впечатления совпадают, и «душа получает одно общее представление». Вместо лучей зрения, идущих от глаза (так процесс видения рассматривался в оптике Евклида), Альхазен трактует о лучах света, идущих от каждого пункта светящегося предмета, не оставляя однако, и представления о пирамиде лучей, для которой глаз есть вершина, а видимый предмет—основание» ²⁾.

Повторяя то, что известно было о законах преломления из оптики Птолемея (приближение преломленного

¹⁾ Заглавие этого сочинения: *Opticae Thesaurus Alhazeni Arabis libri septem, nunc primum edit. Federico Riesner. Basileae MDLXXII* Полное имя этого ученого—*Alhazen Fbn-a-Haisan* (980—1038).

²⁾ *Calori. A History of Physics. 1914, p. 18.*



луча к перпендикуляру падения—в одних и удаление—в других случаях), Альхазен пополняет их упоминанием, что падающий и преломленный лучи находятся в одной плоскости с перпендикуляром падения.

Арабский оптик очень близко подошел ко второму закону преломления. В отличие от Птолемея, он заметил, что отношение углов падения и преломления не остается постоянным с увеличением угла падения.

ПЕРВОЕ УПОМИНАНИЕ ОБ УВЕЛИЧИТЕЛЬНОМ СТЕКЛЕ.

Самое интересное в сочинении Альхазена—это упоминание о плоско-выпуклом стекле («шаровой сегмент», как говорит Альхазен), которое увеличивает предметы.

«При наложении такого стекла на строки рукописи,— говорит Альхазен, — последние кажутся увеличенными»¹⁾.

У Рожера Бэкона мы находим тоже упоминание о таком стекле²⁾. Мы сомневаемся, однако, вместе с Wilde («Geschichte der Optik»), что Бэкон и Альхазен когда-либо смотрели через шаровой стеклянный сегмент. В XI веке еще не умели готовить прозрачные шаровые сегменты. Свое наблюдение Альхазен сделал на драгоценных камнях.

Кроме сочинений Альхазена, до нас не дошло больше никаких арабских сочинений по оптике.

Как мы видим, учение о свете не двигалось с мертвой точки и у арабов. Причина этого—отсутствие прозрачного стекла.

1) Wilde. Geschichte der Optik. 1838. Любимов. История физики. Часть 2-я, стр. 9—11.

2) Darmstaedter. Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. 1908. S. 53.



ГЛАВА V

КТО ИЗОБРЕЛ ОЧКИ?

ЧТО ГОВОРЯТ ИСТОРИКИ ФИЗИКИ.

Обычно историки физики стараются установить дату появления очков, а также имя изобретателя их. История очков получает совершенно другое освещение, если мы примем во внимание историю стекла. Многие станут ясным и понятным.

Какие факты относительно очков обычно приводятся в наших курсах по истории физики ¹⁾?

Еще римский писатель Сенека наблюдал, что при рассмотрении сквозь стеклянный сосуд с водою все предметы кажутся увеличенными, но это наблюдение вызвало у Сенеки лишь замечание, что «ничего нет обманчивее нашего зрения». Из сочинений того же Сенеки мы узнаем, что для лучшего видения римляне употребляли стеклянные шарики, наполненные водою. Другой римский писатель—Плиний в своей «Естественной истории» (книга XXXVII) указывает, что для этой же цели—«для сосредоточения зрения» (*colligere visum*) употреблялись вогнутые изумруды. Будто бы через изумрудное двояко-вогнутое стеклышко смотрел Нерон на бой гладиаторов. (ср. стр. 17).

Мы уже говорили, что арабский ученый Альхазен в своей «Оптике» говорит (1038 г.), что плоско-выпуклое стекло-шаровой сегмент увеличивает изображение предмета, если смотреть через такое стекло.

Рожер Бэкон на опыте замечает, что угол зрения изменяется при рассмотрении предметов сквозь сферические стекла, и рекомендует пользоваться такими стеклами близоруким.

¹⁾ См. Историю физики Gerland, Любимова, Розенбергера и др.



Впервые о настоящих очках упоминается в манускрипте 1299 года. Этот манускрипт принадлежал врачу Фердинанда II Тосканского—Реди. В манускрипте значится: «Я чувствую себя настолько состарившимся, что не могу ни читать, ни писать без так называемых очков (*okiali*), которые недавно изобретены в помощь бедным, потерявшим зрение старикам»¹⁾.

Близ церкви *Maria Maggiore* во Флоренции когда-то существовала следующая надпись²⁾ на одной из могил:

«Здесь лежит Сальвино Армати (*Salvino degli Armati*), изобретатель очков. Боже, прости его прегрешения», 1317.

В словаре Академии *della Crusca*, которая была основана во Флоренции в 1305 г., при слове «*occhiali*» (очки) сказано, что брат Ривольто (*Jordan de Rivolto*), умерший в 1315 г. в Пизе, в проповеди, произнесенной в 1305 г., упоминает об изобретении очков, «сделанных лет двадцать тому назад».

Таким образом, если верить монаху Ривольто, очки изобретены около 1285 г. Латинское слово, соответствующее «очкам»,—«*ocularis*», «*ocularium*» имело также значение части шлема и кожицы под глазом. Делателями очков назывались люди, вставляющие стекла в окна. «*Faber ocularis*» назывался мастер, который вставлял статуям и идолам стеклянные, алмазные, золотые, хрустальные и т. п. глаза.

Первоначально очки составляли одно целое с головным убором, на что имеется указание в проповеди 1490 г. Иеронима Савонаролы. По некоторым сведениям, находящимся в IV-м томе сочинения «*Raccolta d'opuscoli scientifici filologici*», можно заключить, что заушники к очкам были приставлены лишь в 1350—60-х годах.

В последнее время появились работы *Oppert'a* и *Laufer'a* (1907 г.³⁾. Эти авторы изобретателями очков называют индусов, которым очень давно уже известна

¹⁾ Gerland. *Geschichte der Physik* 1913, S. 202.

²⁾ Надпись эта приведена в сочинении «*Firenze illustrata*», изд. в 1624 г.

³⁾ Gerland, S. 203.



Рис. 10. Торговец очками в XVI-м столетии.



операция с глазами, покрытыми бельмом. Эта операция требует знакомства с очками. Историки физики указывают, кроме того, что китайцам были известны очки уже в 1260-м году.

Посмотрим теперь, какое освещение получает история очков, если связать ее с производством стекла.

ИСТОРИЯ ОЧКОВ В СВЯЗИ С ПРОИЗВОДСТВОМ СТЕКЛА.

Стекло долгое время, вплоть до XVII-го столетия, было малопрозрачным, иногда темно-синим, темно-зеленым, мало однородным. Поэтому делать из такого стекла очки было бесполезно,

По-немецки очки называются «Brillen». Это название указывает, из какого материала делались сначала очки. В сочинении Николая Кузанского, написанном в 1440 г., о камне «Berillo»¹⁾ сказано, что это прозрачный камень, которому можно придать вогнутую или выпуклую форму, и он получит способность при рассмотрении через него делать видимым плохо видимое²⁾.

Таким образом, очки шлифовались сначала из драгоценного камня—берилла. Берилл—минерал гексагональной системы, иногда прозрачный, но чаще зеленовато-белый или изумрудно-зеленый.

В ЧЕМ ЗАКЛЮЧАЛОСЬ ИЗОБРЕТЕНИЕ АРМАТИ.

В чем же заключалось изобретение Арматти, который, как гласит надпись на его памятнике, является изобретателем очков? Не в том ли, что он стал вытачивать чечевицы? Или в том, что он вытачивал два стеклышка и присоединял их к шапке (см. выше)?

Послушаем, что еще известно историкам физики.

Им известно, что Лютер в старости носил «очки». Из какого стекла они были сделаны, мы не знаем. Противник Лютера, папа Лев X (1513—1521), будучи

¹⁾ Очевидно, Brille произошло от слова «beryll».

²⁾ Gerland, S. 203.



близорук, носил в качестве очков отшлифованные драгоценные камни, которые держал перед собой, когда хотел что-либо хорошо видеть. С таким камнем изобразил его знаменитый Рафаэль. Нам известно также, что для лучшего видения пользовались и лупой. Знаменитый Васко да Гама изображен с такой лупой на старинной картине в Academia dos Bellos Artes в Лиссабоне¹⁾,

Эти факты говорят, повидимому, за то, что Арматти придумал пользоваться двумя стеклышками, и эти два стеклышка, привязанные к шапке или вставленные в кожаную ленту, которая при пользования очками обвязывалась вокруг головы, и составляли изобретение Арматти.

Ведь его называют изобретателем «okiali»—очков, а не увеличительного стекла или лупы. Два стеклышка сделать одинаковыми по своей лучепреломляющей способности не так-то легко. И в этом, повидимому, заключалось изобретение Арматти или кого-либо другого. Но кого—это для истории очков, с нашей точки зрения, не важно.

ПРОИЗВОДСТВО ОЧКОВ ИЗ ИСКУССТВЕННОГО СТЕКЛА.

В истории очков гораздо интереснее отметить тот момент, когда научились делать очки, шлифуя их из искусственного стекла, и, таким образом, очки сделались всеобщим достоянием благодаря дешевизне.

Это, разумеется, могло произойти не раньше начала XIV-го столетия, когда научились делать достаточно прозрачное, однородное, хотя и цветное стекло, когда изобрели способы подражать искусственным драгоценным камням—бериллу и др.

¹⁾ Hummerich, Vasco da Gama. 1898. Титульный лист.



ГЛАВА VI

СТЕКЛОДЕЛИЕ в XV И XVI ВЕКАХ

ПРОИЗВОДСТВО СТЕКЛА В ВЕНЕЦИИ.

В XV, XVI и даже XVII веке центром стеклоделия является Венеция. В 1291 году Венецианская республика отвела стеклоделам остров Мурано. Такая изоляция была вызвана отчасти тем, что огонь и дым стеклоплавильных печей были не безопасными для города в пожарном отношении. Главной же причиной такой изоляции было желание сохранить в тайне способ фабрикации стеклянных изделий.

Чтобы удержать рабочих на фабрике, венецианское правительство предоставило стеклоделам огромные привилегии.

Вот что пишет инженер Крамер о стеклоделах острова Мурано ¹⁾:

«Ремесло стеклодела считалось в Венеции столь почетным, что сенат предоставил стеклоделам права граждан Венецианской республики, и потомство, происходившее от браков дворян с дочерьми стеклоделов, не лишалось дворянства, тогда как потомство от брака дворян с дочерьми ремесленников других специальностей уже не принадлежало к дворянству. Такие привилегии еще более усилили прилив стекольщиков в Мурано. Все они, согласно статутам своего цеха, разделялись на четыре класса: один занимался выдуванием, другой — зеркальными и оконными стеклами, третий — бусами и четвертый — смальтою; каждый класс имел свой отдельный устав. Вся корпорация управлялась советом (consiglio) из пяти заводчиков, ежегодно избиравшихся в день св. Николая — патрона стекольщиков; совет этот был непосредственно подчинен одному из членов Совета Десяти. Президент выборного совета (capitano), носивший титул *Casaldo*, назначал двух инспекторов (*soprasanti*), которые имели право входа во всякое время дня и ночи на стеклянные заводы, чтобы следить за точным выполнением всех обязательных правил. В течение года созывались два общих собрания, с участием всех

¹⁾ «Промышленность и Техника», т. VII, стр. 134.



заводчиков и мастеров, для решения наиболее важных дел; кроме того, совет выдавал свидетельства на звание мастера и регулировал количество мастеров сообразно размерам работ. Чужестранцам не разрешалось изучать стеклоделие в Мурано; до этого допускались только жители самого Мурано или, если их было недостаточно, — венецианцы. Каждый заводчик вносил определенный сбор в кассу совета для помощи нуждающимся, сообразно размерам своего производства; каждый мастер обязан был ежегодно вносить в эту кассу свою двухдневную заработную плату. Пострадавшие во время работ, получившие увечье и т. п. получали пособие, если они перед тем в течение 10 лет принадлежали к цеху; заводчик (патрон) получал 70 дукатов, мастер — 40 дукатов в год. На счет этой же кассы содержались и школы.

На остров не допускались вовсе венецианские сбирьы и даже сам начальник их—*Messir grande*; арестовать муранца могла только местная полиция. Таким образом, муранские стеклоделы имели почти одинаковые права с венецианскими патрициями; им был открыт доступ к высшим должностям в республике, и они носили особый знак отличия—*cosa di colfelli* — ножны с двумя мечами.

Способы производства охранялись строжайшей тайной, и всякая попытка обнаружить их каралась жестоким образом; если кто-либо бежал и мог выдать эти тайны, то принимались меры к его поимке, при чем родственники беглеца арестовывались и содержались в тюрьме в качестве заложников, а если и это не приводило к желанному результату, то венецианское правительство не останавливалось перед крайними мерами и посылало своих агентов убить беглеца. Несмотря на все эти предосторожности, секреты приготовления бус и смальты сделались известными в некоторых других странах».

Когда вы смотрите на стеклянные изделия венецианцев, вас поражает в них изящество форм, та присущая лишь древне-венецианскому искусству тонкость работы, которая заставляет сомневаться, чтобы можно было пустить такие изделия в дело. И, действительно, многие из венецианских бокалов и рюмок служили скорее для украшения стола, чем для пользования.

Высшего расцвета венецианское искусство достигло в XVI, XVII столетиях.

Однако уже в XV и в начале XVI стол. начинается борьба Венеции с другими государствами за мировое первенство. К этому времени стеклоделие получает развитие почти во всех государствах.



ЭКОНОМИЧЕСКИЙ РАСЦВЕТ БОГЕМИИ. БОГЕМСКОЕ СТЕКЛО.

Богемия, находящаяся постоянно в торговых сношениях с Италией, первая начинает оспаривать первенство у Венеции.

Главную задачу богемских стеклоделов было получить более светлое, более прозрачное и однородное стекло и этим достигнуть красивых световых эффектов, приближая тем стекло к природным кристаллам. Вскоре богемские изделия, благодаря особенности шлифовки, гравировки и большей толщине стенок и, вследствие этого, большей прочности в сравнении с венецианскими, приобретают всемирную известность.

СТЕКЛОДЕЛИЕ ВО ФРАНЦИИ.

Во Франции, как мы говорили, еще в 1290 году возникает бутылочный завод, и к началу XVII века имеются подобные же заводы в Шампани, в Нормандии и др.

В XV и XVI столетиях во Франции получает особенное развитие оконная живопись.

Вместо живописи на стекле первоначально была собственно особого рода мозаика из стекол различных цветов. Этот способ составления рисунков из цветных стекол, употреблявшийся в XII веке, подробно описан в сочинении Теофила, о котором мы говорили в предыдущей главе (стр. 28).

Крамер следующим образом описывает этот способ составления рисунков из цветных стекол (рис. 11):

«По рисунку, набросанному на деревянной доске в крупных чертах, мастер подбирал соответственной величины стекла и обрезал их, где надо, каленым железом; алмазом для резания стекла стали пользоваться лишь гораздо позднее, с XVI века. Так как каленое железо не вполне точно отделяло стекло по контуру, то далее подрисовывали последний более определенно упомянутой выше черной краской, ею же проводили на рисунке главные линии: черты лица, пальцы рук, складки одежды; далее приплавляли краски к стеклу в особой печи и, наконец, связывали отдельные стекла свинцовым переплетом в одно целое. Хотя старались, чтобы свинцовые горбыли по возможности следовали только



контурам рисунка, но иногда приходилось, в виду недостаточного размера стекол, прокладывать лишние горбыли, опять-таки по возможности следуя какой-либо линии рисунка. И достойно внимания, что резкие, черные контуры, еще более уширенные вследствие подправок их черной краской, не только не портили впечатления, но наоборот – содействовали ему, препятствуя краскам сливаться между собой».

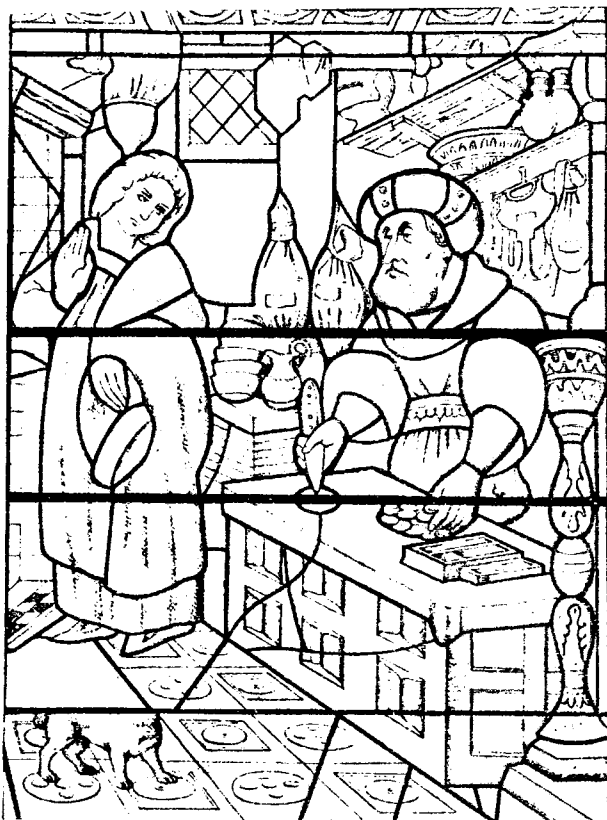


Рис. 11. Живопись на стекле. Оконное стекло составлено из отдельных цветных стекол.

В XIV столетии Жан де Брюж (Jean de Bruges) открывает способ окрашивать стекло в желтый цвет при помощи серебряных солей, что придает стеклу очень красивый оттенок золотистости. В XVI веке стеклянная



техника обогащается еще новыми красками — зеленой, фиолетовой, синей. Это дает возможность художнику делать рисунки по любому оригиналу и притом большие цветные стекла.

В сравнении с предшествующими веками, в шестнадцатом столетии стекло получает очень большое распространение благодаря понижению цен на него. Однако, стеклянные окна все еще можно встретить лишь в богатых домах.

ОПТИЧЕСКОЕ СТЕКЛО В XVI ВЕКЕ.

Оптическое стекло XVI столетия еще очень плохого качества. Заметим, что Кардан впервые предлагает в своем сочинении «De subtilitate» 1552 г. использовать лупу, известную еще Леонардо да Винчи, для камеры-обскуры — будущего фотографического аппарата. Делла Порта в 1558 году осуществляет идею Кардана на практике.

ОБЪЕКТИВЫ ОПТИЧЕСКИХ ПРИБОРОВ XVI ВЕКА — ЦВЕТНЫЕ.

Очки составляют предмет торговли уже с XIV века. Они имеют, однако, довольно неуклюжую форму, окрашены, и вряд ли понравились бы нашему покупателю. Мы увидим, что даже в XVII столетии все оптические стекла сделаны из цветного стекла. Так, например, дошедший до нас объектив Гюйгенса, изготовленный им в 1655 г., сделан из синевато-зеленого стекла и имеет в массе своей много мелких пузырьков воздуха¹⁾.

Таким образом, даже в XVII стол. оптическое стекло было еще цветное. Поэтому многие исследования и наблюдения по оптике еще не были возможны.

¹⁾ Этот объектив Гюйгенса хранится в физическом кабинете в Утрехте. На краю его рукой Гюйгенса при помощи алмаза написаны слова: «приближать к глазам нашим отдаленные светила 3 февр. 1655 года».

ПЕРВЫЙ МИКРОСКОП.

Конец XVI века (в 1590 г.) ознаменовался удивительным открытием: голландский оптик Захария Янсен изобретает микроскоп, состоящий из соединения двояковыпуклого (собирающего стекла) и двояковогнутого (рассеивающего стекла). Первое служит объективом, второе — окуляром.

Таким образом, к началу XVII века для стеклянного производства открывалась новая отрасль — оптические приборы.

Мы увидим, что в XVII веке только благодаря улучшению качества стекла в связи с изготовлением оптических приборов оказалось возможным произвести большинство открытий по оптике.

ЛЕТОПИСЬ ОТКРЫТИЙ ПО СТЕКЛОДЕЛИЮ ДО НАЧАЛА XVII ВЕКА.

- 1500 г. Уже во времена египетского царя Тутмоса III (1500 г. до Р. Х.) было известно стекло. До нас дошли стеклянные бусины, которые носила жена этого царя. На бусине (диаметр ее равен 2 см.) изображено иероглифами имя этого царя.
- + 64 г. Диоскороду известна сода, которую он называет «Λυθός αλάς» (*Flos salis*), и на которую он указывает, как на материал для стекла (Darmstaedter, S. 31).
- 1050 г. Монах Теофил в своей книге «Собрание различных искусств» описывает впервые способ выработки оконного стекла (способ цилиндров).
- 1280 г. Христофор Бриани в Венеции открывает, как делать искусственно аเวนтурин. Этот способ вновь переоткрывает в 1872 г. Бицалия (*Bizaglia*).
- 1290 г. В этом году основана древнейшая нам известная в Европе стеклянная фабрика в Кикенгронне близ Ла-Шапельль (*La Chapelle*).
- 1330 г. В середине XIV-го века в большое употребление входят круглые стекла с пупком посередине. Такие стекла начал изготавливать впервые в 1330 г. Какерэ (*Philippe de Caccuery*). Диаметр этих стекол был 8—10 см.
- 1540 г. Саксонский стеклодув Христофор Шюгер (*Schüger*) случайно получил синюю окраску при сплавлении со стеклом остатков от приготовления висмута. Эта краска стала известна под названием цафры (*Zaffer*), или саффлора. Окрашенное синее стекло получило название смальты.

ЛЕТОПИСЬ ОТКРЫТИЙ ПО ОПТИКЕ ДО НАЧАЛА XVII ВЕКА.

- 464 г. Анаксагор из Клазомены развивает элементы перспективы, как об этом свидетельствует римский писатель Витрувий, а именно для сценических постановок драм Эсхила.
- 350 г. Гераклид Понтийский делает первую попытку построения теории света.
- 330 г. Аристотель высказывает впервые гипотезу о мировом эфире
- 330 г. Аристотель объясняет процесс смотрения посредством движения среды между глазом и рассматриваемым предметом.
- 300 г. У Евклида в его «Оптике», на основании законов перспективы и симметрии, есть намеки на закон отражения света (равенство угла падения углу отражения).
- 250 г. Архимеду известно явление преломления лучей света. Например, ему известно следующее явление: «Кольцо, лежащее на дне сосуда и невидимое для глаза, может оказаться видимым, если налить в сосуд воду» (Darmslaedfer. Handbuch zur Gesch. der Naturw. und Technik. 1908. S. 22).
- 100 г. Герону известно свойство отраженного луча (угол падения равен углу отражения).
- 100 г. Герону известно, что отраженный луч света совершает кратчайший путь.
- + 66 г. Около этого времени, повидимому, были уже известны увеличительные стекла. Римский император Нерон, по свидетельству Плиния («Historia naturalis», lib. XXXVII), наблюдает бой гладиаторов, пользуясь моноклем.
- 78 г. В «Historia naturalis» Плиния мы читаем: «Молнию мы видим раньше, чем слышим гром, несмотря на то, что эти явления происходят одновременно; в этом нет ничего удивительного: свет распространяется скорее звука».
- 100 г. Клеомену известно явление преломления и рефракции звезд. Он указывает, что луч, идя из менее плотной среды в более плотную, приближается к перпендикулярю.
- 150 г. В «Оптике» Птолемеем развивается теорию видения и отражения, теорию плоского и сферического зеркал; рассматривает явление преломления, измеряя углы падения и преломления для воздуха и воды, воды и стекла, воздуха и стекла, ищет закономерности. Он пользовался при этом очень интересным прибором.
- 1038 г. Арабский ученый Альхазен говорит вполне определенно, что глаз не является источником света, но что свет идет от освещенного предмета. Альхазен применяет впервые линзы (в виде полушария) в качестве увеличительного стекла. Он имеет представление о главном фокусе вогнутого зеркала.



- 1250 г. Путем опытов Роджер Бэкон указывает на изменение угла зрения, достигаемого при помощи выпуклых и вогнутых линз и рекомендует близоруким вогнутое стекло, чем способствует появлению очков (в конце XIII ст.).
- 1260 г. Роджер Бэкон указывает впервые, где находится главный фокус сферического зеркала ($F = -\frac{R}{2}$), и указывает, что лучи света, при отражении от сферического зеркала сходятся не в одной точке, но во многих (сферическая аберрация). (Darwin's Handbuch z. G. der Naturw. u. Techn. S. 55).
- 1310 г. Монах Теодор Тевтоникус дает впервые правильное объяснение радуги, не зная еще законов преломления. (Видеман и Ауэрбах приписывают первое правильное объяснение радуги арабскому ученому Альфарици, который жил около 1280 г.).
- 1321 г. Еврейский писатель Леви-бен-Герсон впервые описывает в книге «De sinitibus, chordis et arcibus» камеру-обскуру, т.е. приблизительно за 200 лет до Леонардо да Винчи, которому приписывали это открытие. (Принцип камеры-обскуры известен был еще Аристотелю).
- 1505 г. Леонардо да Винчи известно свойство камеры-обскуры. Он очень интересно объясняет явление «видения» предметов.
- 1510 г. Леонардо да Винчи смотрит на свет, как на волнообразное движение, сравнивая распространение света с распространением водяных и звуковых волн.
- 1556 г. Георг Фабрициус наблюдает впервые потемнение хлористого серебра при освещении.
- 1558 г. Порта улучшает камеру-обскуру путем выпуклой линзы и впервые сравнивает строение и действие глаза с камерой-обскурой (см. гл. XVIII).
- 1583 г. Феликс Платер говорит ясно, что хрусталик глаза дает ясное изображение внешних предметов на сетчатке глаза.
- 1590 г. Голландский оптик Янсен изобретает микроскоп, состоящий из двух стекол: окуляра (двояко-вогнутое стекло) и объектива (двояко-выпуклое стекло).
- 1600 г. Убальди в своем сочинении «О перспективе» излагает основы перспективы.





ГЛАВА VII

СТЕКЛОДЕЛИЕ В XVII СТОЛЕТИИ

ХАРАКТЕРИСТИКА XVII ВЕКА.

Семнадцатый век является веком расцвета не только естествознания, но также и техники стеклянного производства.

Из ученых физиков в XVII-м столетии живут Галилей, Торричелли, Декарт, Гюйгенс¹⁾, Ньютон...

Из стеклоделов—Нери, Роберт Манзель, Кункель, Лука де Негу...

В XVII-м веке в области физики открыты: термометр, барометр, микроскоп, астрономическая труба, зеркальный телескоп и т. п.


В учении о световых явлениях установлены законы преломления, светорассеяния, диффракции, интерференции...

В области стеклоделия открыты: свинцовое, рубиновое и литое стекла. История открытия свинцового стекла чрезвычайно интересна.

ПЕРЕХОД К НОВОМУ СОРТУ ТОПЛИВА ИМЕЕТ ОГРОМНОЕ ВЛИЯНИЕ НА ИСТОРИЮ ОПТИКИ.

В 1635 г. в Англии Роберт Манзель впервые для фабрикации стеклянных изделий начал пользоваться каменным углем вместо дров. Но скоро оказалось, что новый сорт топлива требует закрытых тиглей, чтобы защитить стеклянную массу от сажи и гари. Но в закрытых тиглях трудно было достигнуть той высокой температуры, которая необходима при выплавке стекла. Как быть? Решили

¹⁾ Фамилию этого ученого правильнее было бы произносить иначе: «Гюйгенс», но мы всюду сохранили установившееся в русской науке произношение.



использовать последнее средство: искать способ сделать стекло более легкоплавким. Такое средство было вскоре найдено. Оказалось, что для этого достаточно примешивать к массе окись свинца.

Результат получился неожиданный.

Новое стекло оказалось более прозрачным, чем обыкновенное, лучше шлифовалось и, что самое главное для истории оптических приборов, рассеивало свет не хуже алмаза ¹⁾. С появлением такого стекла началась новая эра в стеклоделии—эра хрустала.

Заметим, что еще в книге флорентийца Антонио Нери 1612 г. «О стеклоделии» («De arte vitraria») говорится о калийном стекле, содержащем примеси свинца. Такое стекло Нери называет «самым красивым и самым благородным» ²⁾. Однако на это замечание стеклоделы как-то не обратили внимания.

Новое «благородное стекло» позволило физику англичанину Ньюто ну при помощи стеклянной призмы произвести опыт по дисперсии и объяснить радугу. Таким образом, переход к новому виду топлива оказался причиной зарождения целой новой главы оптики. Не будь флинт-гласа, не было бы оптики XX-го века.

В XVII-м столетии центром стеклоделия продолжает оставаться Венеция. Это не значит, разумеется, что в других странах совершенно отсутствовало стеклянное производство. В предыдущей главе мы уже указали, что еще в XVI столетии появляется знаменитое богемское стекло—«богемский хрусталь». Но если в XVI столетии все государства являлись лишь учениками муранских стеклоделов, то в XVII столетии они начинают проявлять самостоятельность. В Англии, Франции и Германии открываются новые сорта стекол. В Германии алхимик Кункель изобретает «рубиновое стекло». Во Франции Негу—«литое стекло».

¹⁾ Henri vaux, p. 538.

²⁾ Darmsteadler. Geschichte der Naturwiss. u. der Technik. S. 110.



«РУБИНОВОЕ СТЕКЛО».

Рубиновое стекло Кункеля имеет красный цвет. Эта краснота получается, как показали новейшие исследования, благодаря присутствию частичек золота во всей массе стекла. Секрет своего изобретения Кункель унес, однако, в могилу. Только в 1888 г. немецкому химику Райтеру в Кельне удалось вновь найти этот секрет ¹⁾.

Что натолкнуло Кункеля на его открытие?

Иоганн Кункель родился в 1630 г. в Ренсбурге. Его отец был герцогский алхимик. О том, что такое представляли собой придворные алхимики, очень характерно говорит Карл Энгель:

«Особенно опасным было положение придворных алхимиков. Если они после многократных неудачных попыток создавались, наконец, что недостаточно знакомы с искусством изготовления золота, то их постыдно прогоняли. Если же они различными способами обманывали своих господ и изготовляли поддельное золото или, ловкими приемами подбавляя в сосуды немного чистого золота, будто бы получали по временам незначительные количества этого металла,—тогда их заключали в темницу и подвергали пыткам, чтобы вырвать от них тайну; в случае же, если обнаруживался обман, их строго и безжалостно наказывали. Наказание за более крупный обман состояло часто в том, что в одеждах, оклеенных блестками, их вешали на позолоченных виселицах».

Как ни опасна была должность такого алхимика, однако сын пошел по стопам отца, веря в возможность получать золото химическим путем. Иоганн Кункель с 1654 г. уже состоит на службе у Лауденбургского герцога на жаловании до 1.000 талеров в месяц, где он носит титул «тайного камердинера и химика курфюрстовой тайной лаборатории». Жалование, однако, он получает неаккуратно. Когда по этому поводу Кункель обратился с жалобой, то от министра получил довольно ядовитый ответ:

Если Кункель умеет делать золото, то ему деньги не нужны; если он этого не умеет, то за что ему их платить? После такого ответа Кункелю ничего не оставалось,

¹⁾ С. Engel. Der Stein der Wesen. Karlsruhe. 1889.



как искать другого места. Это ему удалось сделать очень скоро, так как его имя было достаточно известно. Ему приписывали изобретение «фосфорных пилюль» ¹⁾.

Кункель поступает на меньшее жалование (которое ему уже платят) к Бранденбургскому курфюрсту Фридриху-Вильгельму, «чтобы приобрести себе,—как он пишет,—средства для существования, так как он не научился искусству голодать». Здесь сделался Кункель управляющим стеклянного завода близ Потсдама. Управляющим этого завода он состоял в период 1679—1688 г.г. На этом заводе Кункель и открыл состав своего рубинового стекла.

В настоящее время этот состав нам известен:

100	частей песку
125	» сурика
25	» поташа
16,6	» селитры
0,0115	» золота ²⁾ .

В своем сочинении 1679 г. «*Ars vitraria experimentalis*» («Искусство делать стекло») Кункель не сообщает рецепта рубинового стекла.

После смерти курфюрста Кункелю вновь пришлось искать службы. Кункель умер в Швеции в 1702 г. на службе у короля Карла XI.

Свой секрет, как делать рубиновое стекло, как мы уже сказали, Кункель унес в могилу. В вышеупомянутом сочинении Кункеля впервые описывается стол для работ по стеклу с мехами. Кункель при описании его прибавляет, что «для химиков такое приспособление очень удобно».

ЛИТОЕ СТЕКЛО.

Кроме рубинового и свинцового стекла, конец XVII века ознаменовался замечательным открытием—зеркального литого стекла.

¹⁾ На самом деле открытие фосфора, как теперь выяснилось, сделано гамбургским алхимиком Брандтом, у которого Кункель купил секрет приготовления фосфора.

²⁾ «Промышленность и Техника», VII, стр. 190.



Маленькие зеркала отливали еще в середине XVII-го столетия в Англии, но обширные размеры это производство приняло лишь после усовершенствований, введенных Лукою де Негу (Lucas de Néhou), который в 1688 г впервые в Тур-ла-Вилле, близ Шербурга, начал вынимать расплавленное стекло вместе с горшком, выливать его на ровную горизонтальную поверхность и раскатывать валом. Изобретение это было привилегировано на имя Тевара (Thévar), и для его эксплуатации был основан в Париже завод, впоследствии перенесенный в С.-Гобен ¹⁾.

Завод этот — родоначальник всех заводов в мире, приготавливающих литое стекло.

Для того, чтобы понять всю важность сделанного открытия, достаточно указать на следующее.

Еще в 1665 г., благодаря энергии французского министра Кольбера, французские стеклоделы научились изготовлять зеркальное стекло по венецианскому способу, т.-е. выдуванием. Величина этих стекол в это время не превышала 45 дюймов длины. Открытый Негу способ позволил ему изготовлять стекло размером до 110 дюймов.


• Любопытно проследить стоимость зеркального стекла за 200 лет ²⁾.

Размер в см.	Год											
	1702	1758	1791	1798	1802	1805	1835	1856	1862	1881	1889	
	фр.	фр.	с.	фр.	фр.	фр.	фр.	фр.	фр.	с.	фр.	с.
100/100 . .	165	161,50	174	193	205	226	127	61	47,75	40,30	30,23	
200/100 . .	540	529—	329	810	859	915	377	143	107—	93,80	70,35	
200 151 . .	1000	1000—	1399	1554	1648	1813	757	248	186—	160	102—	
297/135 . .	2750	2750—	2785	3437	3644	4008	1245	349	262	227	136—	

Примечание к таблице: Необходимо заметить, что франк 1702 г. стоил дороже, чем франк 1802 г.

¹⁾ Henrivaux, p. 36.

²⁾ Henrivaux, p. 143.



Из таблицы видно, что после революции стоимость стекла возрасла, но это объясняется падением франка. Континентальная блокада заставила подняться в цене стекло почти в 1½ раза в сравнении с 1702 г.

ЛЕТОПИСЬ ОТКРЫТИЙ ПО СТЕКЛОДЕЛИЮ В XVII-м ВЕКЕ.

- 1612 г. Выходит из печати книга флорентийца Антонио Нери «De arte vitraría». Ему известно калийное стекло, содержащее примеси свинца. Такое стекло Нери называет «самым красивым и самым благородным».
- 1635 г. Около этого времени в Англии Роберт Манзель начал впервые для стеклянного производства пользоваться каменным углем, вместо дров, применяя закрытые тигли, в видах защиты стекла от сажи и гари. Так как в закрытых тиглях трудно было достигнуть той высокой температуры, какая необходима для выплавки стеклянной массы, то явилась мысль примешивать окись свинца, чтобы сделать стекло более легкоплавким.
- 1679 г. Алхимик Кункель основывает стеклянный завод для курфюрста Бранденбургского близ Потсдама. На этом заводе Кункель открыл состав рубинового стекла. В своем сочинении «*Ars vitraría experimentalis*» он описывает стол для работ по стеклу с мехами и добавляет, что для химиков такое приспособление очень удобно.
- 1688 г. Маленькие зеркала отливали еще в середине XVII столетия в Англии, но обширные размеры это производство приняло лишь после усовершенствований, введенных Люкою де Негу (Lucas de Néhou), который в 1688 г. впервые в Тур-ла-Вилле, близ Шербурга, начал вынимать расплавленное стекло вместе с горшком, выливать его на ровную горизонтальную поверхность и раскатывать валом. Изобретение это было привилегировано на имя Теvara (Thévar), и для его эксплуатации был основан в Париже завод, впоследствии перенесенный в С.-Гобен.

Завод этот — родоначальник всех заводов в мире, производящих литое стекло.



ГЛАВА VIII

ИСТОРИЯ ОПТИКИ В XVII СТО- ЛЕТИИ

УЛУЧШЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВА СТЕКЛА ИМЕЕТ
ОГРОМНОЕ ВЛИЯНИЕ НА РАЗВИТИЕ ОПТИКИ.

Из предыдущей главы мы узнали, что в XVII-м веке произошли крупные события в истории стеклоделия: открыты новые сорта стекол—литое стекло, свинцовое и др.

Это имело огромное значение для развития оптики. Новое «благородное» свинцовое стекло, чрезвычайно прозрачное и особенно годное для шлифовки, впервые появилось на рынке в пятидесятых годах XVII в.

В 1670 г. Ньютон производит при помощи призмы, сделанной из такого стекла, разложение солнечного луча на цвета и объясняет радугу.

Из этого стекла начинают шлифовать сложные объективы и окуляры.

В самом начале XVII столетия Снеллиус открывает второй закон преломления. Как мы увидим, и здесь сыграло огромную роль стекло.

С улучшением качества стекла удастся исследовать такие явления, как цвета тонких пластинок, и интерференцию света.

**МНОГИЕ ОТКРЫТИЯ ПО ФИЗИКЕ СВЯЗАНЫ С ПРО-
ИЗВОДСТВОМ СТЕКЛА.**

XVII-й век в самом начале богат изобретениями новых приборов по физике. Галилей изобретает термометр, его ученик Торричелли — барометр. Итальянские и голландские оптики конструируют микроскопы, телескопы, подзорные трубы и т. п. И трудно сказать,



возможны ли были бы эти открытия, если бы не было стекла и искусных венецианских стеклоделов.

Во всяком случае, все эти открытия неразрывно связаны с производством стекла.

Возьмем хотя бы барометр.

Как известно, в существовании атмосферного давления ученые убедились после знаменитого опыта Торричелли.

Обычно это открытие принято излагать в учебниках физики следующим образом ¹⁾:

«Торричелли взял стеклянную трубку, длиною несколько более 30 дюймов, запаянную с одного конца, наполнил ее доверху ртутью и, закрыв плотно отверстие пальцем, опрокинул ее и погрузил в сосуд со ртутью, при чем он отнял палец от конца трубки. Ртуть опустилась в трубке и, действительно, остановилась на высоте в 30 дюймов; при этом на верху трубки, над поверхностью ртути, образовалось пустое пространство, называемое «Торричеллиевой пустотой».

В действительности дело было совершенно иначе ²⁾.

Во времена Торричелли (XVII стол.) производство опытов требовало очень больших затрат. Для опыта Торричелли требовалась непременно стеклянная трубка. В то время, разумеется, нельзя было ее купить в магазине. Можно было только заказать на стеклянном заводе. Но это стоило больших денег. Да и завод не всегда имелся поблизости.

Что же делает Торричелли?

Из предисловия к его чтениям («Lezioni accademiche», 1715) мы узнаем, что Торричелли сообщает свои соображения Винченцо Вивiani, который и был первый, кто сделал этот важный опыт и мог ясно видеть удивительное явление, предсказанное Торричелли.

¹⁾ См., например, учебник физики для ремесленных училищ Яковлевского, стр. 65.

²⁾ Это довольно обычное явление в наших курсах физики. При всякой попытке использовать историю автор, не справившись с подлинными сочинениями, искажает исторические факты.



Спрашивается: почему Торричелли не сам производит опыт со стеклянной трубкой, а зачем-то рассказывает о своем опыте Вивiani? Очень просто,—потому, что Винченцо Вивiani был очень богатый человек. Заказать стеклянную трубку, даже выписать ее откуда угодно ему было по средствам. Вот почему Торричелли и решил попросить друга произвести этот опыт: Вивiani и Торричелли были учениками Галилея.

Таким образом, начинать рассказ об опыте Торричелли, что он будто бы «взял трубку»... и т. д., как это делается в большинстве учебников физики, это значит не считаться не только с историей физики, но и с историей стекла.

Еще большую роль, как мы сейчас увидим, сыграло стекло в истории оптики XVII столетия.

Почти в самом начале XVII века изобретается ряд оптических приборов: подзорная труба, рефрактор, микроскоп. История этих изобретений изложена нами в отдельных главах, которые непосредственно следуют за этой.

В разработке теоретических вопросов по свету в XVII столетии участвовали следующие ученые: Кеплер, Декарт, Гримальди, Гук, Ньютон и Гюйгенс.

ПОЧЕМУ КЕПЛЕР НАЧИНАЕТ ИНТЕРЕСОВАТЬСЯ ОПТИКОЙ.

«Диоптрика» Кеплера (Johann Kepler, 1571—1630), появившаяся в 1611 г., представляет собой первую попытку систематического курса по свету.

Повидимому, открытие зрительной трубы возбудило у Кеплера интерес к занятиям по оптике, результатом чего и явилось это сочинение. В нем впервые излагается теория нового телескопа, явление полного внутреннего отражения, третий закон преломления («лучи падающий и преломленный переместимы») ¹⁾.

¹⁾ Такая формулировка третьего закона общепринята в наших курсах физики. На самом деле более правильна следующая: $n_1 \sin \alpha_1 = n_2 \sin \alpha_2$ (см. Столетов. Введение в акустику и оптику. 1900, стр. 100).



Дается любопытный способ измерения показателя преломления. Этот способ излагается нами довольно подробно несколько ниже.

Кеплер, излагая оптику, подражает «Началам» Евклида: сначала определения и законы или аксиомы, а затем уже и задачи ¹⁾.

«Диоптрика» Кеплера носит математический характер. Кеплер совершенно не касается физической природы света.

ОПТИКА ДЕКАРТА И ВТОРОЙ ЗАКОН ПРЕЛОМЛЕНИЯ.

Второе сочинение XVII в. по оптике—«La Dioptrique» Декарта—появилось в 1637 г. В этом сочинении впервые опубликован закон преломления, который долгое время поэтому назывался законом Декарта. На самом деле этот закон открыл голландский физик Снелль (1591—1626) или Снеллиус.

История 2-го закона преломления чрезвычайно интересна и получает совершенно другое освещение, если связать это открытие с историей стеклоделия.

Еще Птолемей тщетно искал закон, выражающий зависимость между углами падения и преломления.

Птолемей погружал в воду разделенный на 360° круг, который нес на себе две линейки с отверстиями, до середины и поворачивал нижнюю линейку так, чтобы штифты b, c и g образовали прямую линию bch (рис. 12). После этого он вынимал круг из воды и сравнивал углы β и α . Он измерял с точностью до $\frac{1}{2}^\circ$. Числа, полученные Птолемеем, были следующие:

Углы падения	10°	20°	30°	40	50	60	70	80
Углы прелом.	8°	15½°	22½	28	35	40½°	45°	50°

¹⁾ См. Ostwald's Klassiker, № 141. Johannes Keplers Dioptrik, стр. 7, стр. 15 и др.



Птолемей не нашел «формулы» для этих двух рядов чисел.

С развитием стеклоделия, когда стекло сделалось прозрачным, появились новые методы определения показателей преломления.

Как мы уже сказали выше, в 1611 г. Кеплер опубликовал свою «Диоптрику», где предложил очень интересный метод измерения углов падения и преломления.

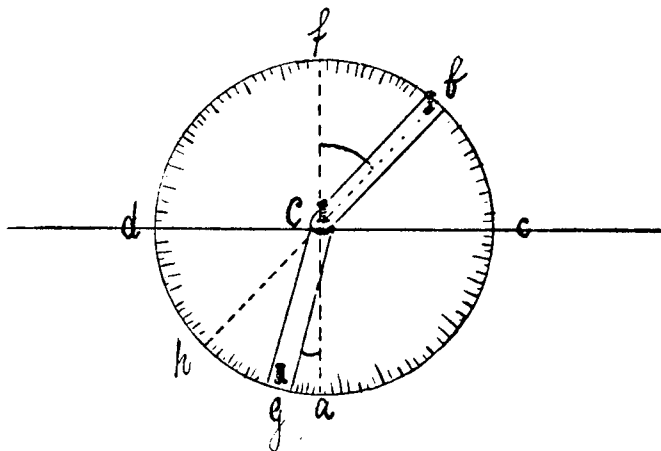


Рис. 12. Прибор Птолемея.

В § IV этого сочинения мы читаем ¹⁾:

«Задача. Требуется измерить угол преломления твердого прозрачного тела при любом наклоне лучей.

Пусть АЕ—твердое прозрачное тело, и оно ограничено плоскостью DE и двумя плоскостями ВА и ЕF, которые перпендикулярны к первой и параллельны между собою. Для этого прозрачного тела следует сделать подставку из какого-нибудь вещества, например, из дерева; поверхности этой подставки, в особенности внутренние, должны быть возможно более плоско отшлифованы.

Две боковые стенки поставлены перпендикулярно к основанию Н, так что ВЕН и др. углы—прямые. На эту

¹⁾ Ostwalds Klassiker, № 144, стр. 7.



подставку должно быть поставлено прозрачное тело таким образом, чтобы оно вполне наполнило какой-либо угол ее. Сбоку, однако, часть подставки должна несколько выдаваться над прозрачным телом на величину BC . После того, как тело поставлено, таким образом, на подставку, направим сторону DC , часть которой DB для обоих тел является общей, перпендикулярно к солнечным лучам.

Пусть LD , MB , NC —лучи солнца. Те лучи, которые идут между MB и NC , окажутся не преломленными и упадут в H и K , так как они не встречают нашего прозрачного тела. Поэтому CB отбросит на основание подставки тень KH .

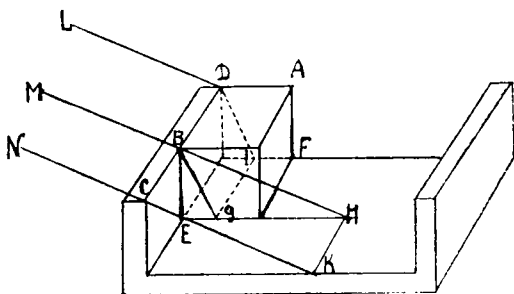


Рис. 13. Прибор Кеплера для определения показателя преломления.

Из отношения BE и длины тени EH находим угол, который образуют солнечные лучи с перпендикуляром к плоскости BA .

Напротив, лучи, падающие между MB и LD , преломляются при входе в прозрачную среду BA . MB преломится по направлению BG и LD в направлении DI ; подставка будет отбрасывать более короткую тень в сравнении с KH . Если вычесть угол EBC , найденный, таким образом, из угла EBC , то разность GBH будет мерой угла преломления при данном наклоне ¹⁾.

¹⁾ Кеплеру не был известен закон преломления, поэтому мерой угла преломления он называет разность угла падающего и преломленного. Только Снеллиусу удалось установить 2-й закон преломления.



Мы несколько подробно разобрали метод Кеплера для определения показателя преломления, так как открытие второго закона преломления связано именно с этим методом.

Попробуем найти причину, почему Птолемеею не удалось открыть этого закона.

Как мы уже сказали, 2-й закон преломления ($n = \frac{\sin i}{\sin r}$) опубликован Декартом в 1637 г. Вот дословный перевод того места «Диоптрики», где говорится об этом законе ¹⁾:

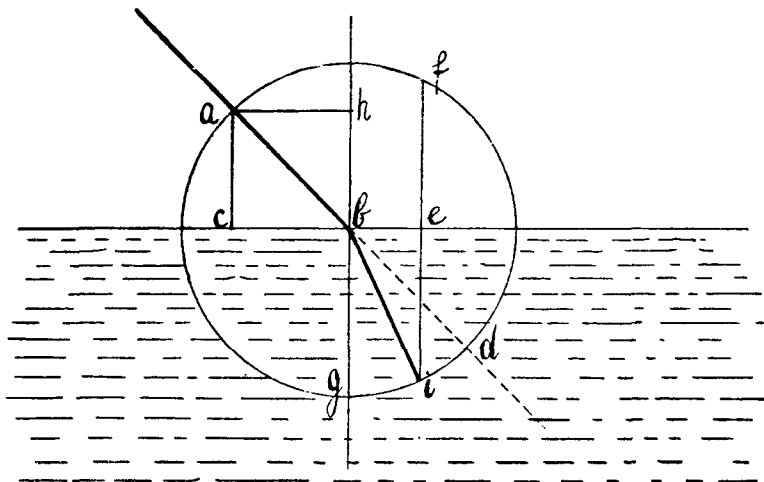


Рис. 14.

«Если лучи идут наклонно из прозрачной среды в другую, и последняя принимает их более легко (facilement), или менее легко, чем первая, то они преломляются в ней и притом так, что лучи всегда оказываются менее наклонными к поверхности раздела этих сред со стороны той среды, где лучи преломляются более легко, и это происходит как-раз соразмерно с тем, насколько легко среда принимает в сравнении с другой средой. Следует

¹⁾ См. «La Dioptrique», ch. II.

иметь в виду, однако, что это отклонение измеряется длиной линий cb или ah и eb или ig и подобных им, а не углами abh или gbi , которые называются углами преломления (рис. 14).

Ибо отношение этих углов меняется с изменением наклона лучей в то время, как отношение линий ah и ig (или отношение подобных им синусов углов) остается то же самое при всяком случае преломления, производимого теми же средами».

КАКИМ ОБРАЗОМ СНЕЛЛИУС ОТКРЫЛ 2-й ЗАКОН ПРЕЛОМЛЕНИЯ.

Голландский физик Гюйгенс (Huyghens, 1629—1695) по поводу второго закона преломления указывает ¹⁾, что Снеллиус открыл этот закон раньше Декарта, и что этот последний во время своего пребывания в Голландии видел рукопись Снеллиуса.

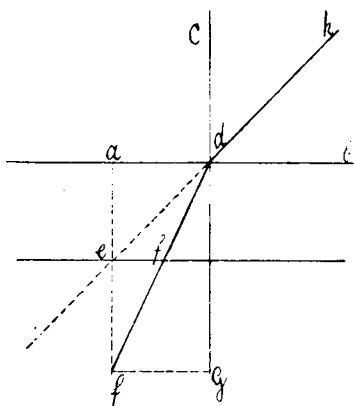


Рис. 15. Рисунок из сочинений Гюйгенса.

Он допускает, что отношение линий af к de постоянно и для воды равно $\frac{4}{3}$.

¹⁾ Ноефер. Histoire de la physique, p. 175.

²⁾ См. Huyghens. Dioptrica, p. 2.



Как мы видим, Снеллиус формулировал свой закон следующим образом:

«Отношение секанса угла падения к секансу угла преломления—величина постоянная для данной преломляющей среды».

«Декарт,—замечает Гюйгенс,—заменил отношение секансов отношением синусов, что ему, как геометру, сделать было легко».

Спрашивается, каким образом Снеллиус напал на свой закон преломления? Как это он мог «догадаться предположить, что точка f действительно существует в точке e » (рис. 15)?

Вероятнее всего, Снеллиус обнаружил свой закон, определяя показатель стекла по методу Кеплера. При этом у него явилась мысль попробовать измерить отношение VH к VG (рис. 13). Заметим, что лучи df и de чертежа 15 соответствуют лучам VH и VG черт. 13. Снеллиус путем измерения убедился, что это отношение постоянно для любого направления лучей, и, таким образом, открыл второй закон преломления.


Для нас также ясно, что Декарт не мог открыть самостоятельно второго закона преломления, так как в своей «Оптике» он не упоминает о вышеописанном способе Кеплера; у него принят другой метод определения показателя преломления.

Мало вероятно, чтобы Декарту могло придти в голову ни с того ни с сего попробовать взять отношение синусов угла падения и преломления.

ОТКРЫТИЕ ГРИМАЛЬДИ.

Перейдем, однако, к другим открытиям по оптике в XVII столетии.

В 1665 г. выходит сочинение Франческо Гримальди (Francesco Maria Grimaldi, 1618—1663)—по оптике под заглавием: «Physico-mathesis de lumine coloribus et iride aliisque annexis, libri II».



Это — третье замечательное сочинение по оптике в XVII столетии.

В этом сочинении впервые описывается новое оптическое явление — диффракция света.

Самый опыт по диффракции заключался в следующем: Гримальди пропускал солнечный свет в темную комнату сквозь маленькое отверстие, при чем позади отверстия получался световой конус. В этот конус он, на некотором расстоянии от отверстия, вводил палку, направляя тень на белую поверхность экрана. Тут произошло много неожиданного для наблюдателя. Во-первых, центральная тень от палки была шире, чем бы следовало на основании вычисления для совершенно прямолинейного распространения лучей; во-вторых, по обе стороны средней тени (смотря по силе света) виднелись одна, две или три полосы, которые с края, обращенного к тени, были голубыми, а с противоположного — красными, при чем, однако, яркость освещения и цветов бледнела от внутреннего края к наружному. Но и в самой тени замечались при ярком солнечном свете цветные полосы. Отсюда становилось очевидным, что свет распространяется не только по прямой линии, но и способен отклоняться, т. е. огибать тело, мимо которого ему приходится проходить.

Кроме описания диффракции, в сочинении Гримальди мы встречаем еще одну замечательную особенность. Он стоит на той точке зрения, что свет есть волнообразное движение.

«Подобно тому, — пишет Гримальди, — как вокруг камня, брошенного в воду, образуются кругообразные волны, точно так же вокруг тени непрозрачного предмета возникают блестящие полосы».

ОСОБЕННОСТЬ ОПТИКИ XVII СТОЛЕТИЯ.

Одна из особенностей оптики XVII столетия, главным образом, второй половины его, — это борьба двух теорий: теории истечений (Ньютон) и теории волнений (Гук, Гримальди и Гюйгенс).



В сочинении Гюка «Micrographia», вышедшем одновременно с работой Гримальди в 1665 г., уже довольно определенно говорится, что свет состоит из быстрого и короткого колебательного движения и распространяется в однородной среде таким образом, что каждое дрожание светящегося тела производит сферическую поверхность, которая постоянно нарастает и увеличивается совершенно таким же образом (хотя и быстрее), как кольцеобразные волны на поверхности воды.

ОПТИКА НЬЮТОНА.

Совершенно иначе смотрел на все явления света другой английский физик XVII в.—Ньютон (1642—1726)—гениальнейший математик, астроном и физик всех времен.

Ньютон представлял себе, что всякое светящееся тело испускает мельчайшие частицы, которые, падая на сетчатку глаза, производят ощущение света, при чем величина их для различных цветов различна: для красного размер частичек всего больше, для фиолетового — всего меньше.

На основании своей эмиссионной теории Ньютон дал, между прочим (в 1666 г.), в качестве меры преломляющей силы вещества число:

$$\frac{n^2 - 1}{d},$$

где n^2 — квадрат показателя преломления, и d — плотность вещества.

Это число $\frac{n^2 - 1}{d}$ Ньютон назвал «абсолютной светопреломляющей способностью» («absolute refractive power»).

Одним из самых замечательных открытий по оптике, которое сделал Ньютон, является разложение солнечного луча на цвета—искусственное воспроизведение радуги (в 1670 г.).

Свои первые опыты по светорассеянию Ньютон изложил в письме, адресованном секретарю Лондонского



Королевского О-ва—Ольденбургу. В виду важности этих открытий, мы помещаем содержание этого письма почти полностью ¹⁾).

...«В начале 1666 г., в то время я занимался приготовлением оптических стекол иного вида, чем сферические,—пишет Ньютон,—я достал трехгранную стеклянную призму, для того, чтобы с нею исследовать знаменитое явление образования цветов. Для этого, устроив так, чтобы в моей комнате было темно, и сделав в ставне моего окна небольшое отверстие, чтобы впустить в комнату достаточное количество солнечного света, я установил мою призму так, что прошедшие лучи дали изображение солнца на противоположной стене.

Сначала было для меня очень приятною забавой видеть таким образом происшедшие яркие и сильные цвета, но, наблюдая явление с большим тщанием, я, к моему удивлению, заметил, что изображение представляется продолговатым, тогда как по законам преломления оно должно было бы иметь круглый вид. Это изображение, кроме того, было ограничено по бокам прямыми линиями, на концах же уменьшение света было так постепенно, что трудно было в точности определить, какой они имели вид; впрочем они казались полукруглыми.

Сравнивая длину спектра с его шириной, я нашел, что первая была в пять раз более последней. Эта несоразмерность показалась мне так велика, что меня побудило более чем обыкновенное любопытство исследовать, откуда она происходит».

Далее в письме Ньютон описывает, как он, меняя толщину призмы, скоро убедился, что это обстоятельство не влияет на порядок цветов полученного спектра, указывает в письме числовые данные, показывающие размеры всей установки, длину спектра, расстояние стены от призмы и пр.

Меняя расстояние призмы от стены, на которой получился спектр, Ньютон скоро убедился, что длина спектра зависит от этого расстояния.

Все это скоро привело его к убеждению, что получение спектра можно объяснить различной преломляемостью лучей различного цвета, что показатель преломления зависит от цвета луча.

Чтобы окончательно убедиться в этом, Ньютон произвел решительный опыт («experimentum crucis»). Он пропустил через довольно широкое отверстие в ставне

¹⁾ См. «Encyclopaedia Britannica». Vol. XIV. IX-th Edit., p. 590.



пучок солнечных лучей и, поместив на пути его призму, сзади поставил доску с малым отверстием. Образовавшийся спектр принял на вторую доску, поставленную от первой на расстоянии двенадцати футов. Вторая доска, в свою очередь, имела малое отверстие около середины изобразившегося на ней спектра, так что часть падающих лучей могла через него пройти. «Потом,—продолжает Ньютон,—я поставил за этой доской другую призму так, чтобы свет, проходящий чрез обе доски, мог пройти через нее и преломился бы еще раз прежде, чем дошел до стены. Устроив все таким образом, я взял первую призму в руки и стал тихо обращать ее вокруг оси в обе стороны так, чтобы разные части изображения, бросаемого на вторую доску, проходили постепенно чрез отверстие, сделанное в ней, и я мог бы наблюдать, где они изобразятся на стене после преломления второй призмой. Тогда я мог видеть—по различию мест, какие занимали эти части на стене,— что лучи края изображения, наиболее отклоненного первою призмой, были преломляемы и второю призмой гораздо сильнее, чем те, которые направлялись к другому концу изображения (красные). Таким образом, истинная причина продолговатости изображения оказалась не иная, как та, что каждый белый луч состоит из нескольких лучей, различно преломляемых, которые, совершенно независимо от различия их угла падения, соразмерно их степени преломляемости, изображаются на различных местах стены».

Свои открытия по светорассеянию Ньютон применил к теории радуги.

В 1676 г. последовало новое открытие Ньютона по оптике—так называемый «закон цветных кругов» (Ньютоновых колец). Опыт он вел следующим образом:

Ньютон наложил двояко-выпуклую чечевицу с радиусом кривизны в 50 футов на плоскую сторону плоско-выпуклой чечевицы с радиусом кривизны в 7 футов; он нашел, что в отраженном белом свете толщина воздушных слоев между стеклами в самом светлом месте



первого цветного кольца составляла — $1/178000$ дюйма, в самом светлом месте второго кольца — $3/178000$, в третьем — $5/178000$ и т. д.; тогда как толщины воздушных слоев в самых темных местах кругов равнялись — $2/178000$, $4/178000$, $6/178000$ и т. д. Таким образом, толщина воздушных слоев, а отсюда и квадраты соответственных радиусов цветных кругов относились между собой, как обычный ряд чисел.

Открытие «цветных колец» — последняя работа Ньютона по оптике.

Все работы Ньютона по свету были объединены им в вышедшем в 1704 г. сочинении под заглавием: «*Optics, or a treatise of the reflexions, refractions, inflexions and colours of light*». Это сочинение оказало огромное влияние на дальнейшую историю теоретической оптики¹⁾.

ТРАКТАТ ПО ОПТИКЕ ГЮЙГЕНСА.

Чтобы закончить наш краткий очерк истории оптики в XVII столетии, нам остается познакомиться теперь с содержанием другого замечательного «Трактата по свету» («*Traité de la lumière*»), появившегося в 1690 г. и написанного голландским физиком Гюйгенсом (Christian Huygens, 1629—1695).

Гюйгенс, подобно Гуку и Гримальди, рассматривал свет, как волнообразное движение особой среды, которая заполняет весь мир, — эфира.

Еще раньше выхода своей книги, Гюйгенс в 1677 г. развивает теорию волнения и очень просто объясняет законы отражения и законы преломления.

Трактат по свету Гюйгенса состоит из шести глав.

В первой главе говорится о прямолинейном распространении лучей.

«Не может быть сомнения, — пишет Гюйгенс, — что явление света состоит из движения определенной материи». ...«Свет состоит в движении материи, находящейся между нами и источником света».

¹⁾ Недавно вышел перевод «Оптики» Ньютона под ред. проф. С. И. Вавилова.



«Если принять во внимание чрезвычайную быстроту распространения света, а также то обстоятельство, что лучи проникают друг в друга¹⁾ и не препятствуют один другому, то станет ясным, что, когда мы видим освещенный предмет, это происходит не вследствие переноса материи, которая, подобно ядру или стреле, пересекающей воздух, несется на нас»...

Далее Гюйгенс приводит описание наблюдений Рёмера над спутником Юпитера, наблюдений, показавших, что свет требует времени для своего распространения.

«Свет должен идти от каждого светящегося предмета, — пишет Гюйгенс, — чтобы мы могли видеть различные части этого предмета».

«Согласно моему мнению, это движение легко объяснить себе, если принять, что все светящиеся тела (солнце, неподвижные звезды) состоят из частичек и плавают в чрезвычайно тонкой материи»...

На примере шаров, примыкающих один к другому, Гюйгенс объясняет, каким образом свет может проходить такие большие расстояния.

Если ударить по крайнему шару, то удар распространится по шарам вследствие их упругости, и отскочит крайний.

Далее Гюйгенс вводит принцип, что всякая волна является центром колебания новых волн (принцип Гюйгенса).

Опыт показывает, что, «как бы ни было мало отверствие, свет распространяется

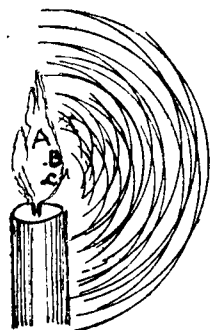


Рис. 16. Каждая точка свечи (А, В, С...) является центром колебания. (Рис. из сочинения Гюйгенса).

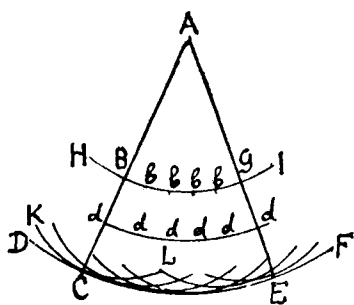


Рис. 17. Всякая волна является центром колебания новых волн. (Рис. из сочинения Гюйгенса.)

¹⁾ Подчеркнуто нами. (В. Л.).



прямолинейно, так как это отверстие достаточно велико, чтобы содержать очень большое число частиц эфира. Отсюда ясно, что каждая маленькая часть волны должна распространяться по прямой линии, которая исходит из светящейся точки».

Во второй главе Гюйгенс объясняет, с точки зрения своей теории волнения, явление отражения (рис. 18).

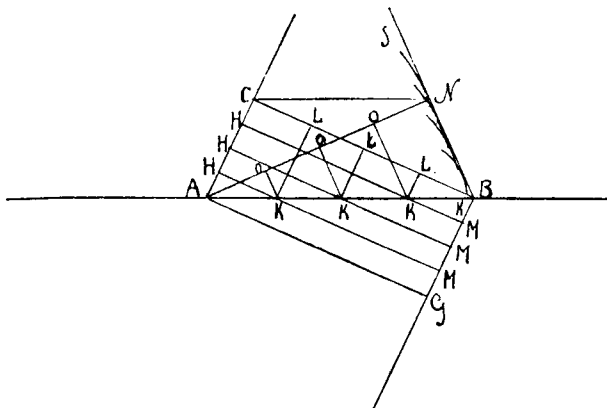


Рис. 18. AC—поверхность падающей волны; BN—поверхность отраженной волны (рис. из соч. Гюйгенса).

Пусть AC—прямая линия (поверхность волны), так как источник света находится очень далеко. Движение волны в точке С будет направлено по прямой СВ. В то же время в точке А этой волны должно будет распространяться обратно, и в этой точке следует описать сферу радиусом СВ. Другие точки—Н, Н, Н... опишут волны, радиус которых КМ.

Все эти круги имеют общую касательную BN; BN—отраженная волна в тот момент, когда ее точка достигнет точки В. КО и КL—показывают положения падающей и отраженной волны в различные моменты».

Это рассуждение позволяет Гюйгенсу легко показать, что снап лучей отразится в виде снопа, и угол падения равен углу отражения.

Разделив эти равенства одно на другое, имеем:

$$\frac{BC}{AN} = \frac{\sin i}{\sin r} \left[\begin{array}{l} \text{уг. BAC} \quad \text{уг. DEA} \\ \text{уг. ABN} \quad \text{уг. NAF} \end{array} \right],$$

или $\frac{\sin i}{\sin r} = \frac{V_1}{V_2}$ (скорость 1-й среды)
(скорость 2-й среды).

После этого Гюйгенс дает очень интересное доказательство, что при этом законе луч требует наименьшего времени для того, чтобы достигнуть, идя из какой-либо точки одной среды, в данную точку другой среды.

В четвертой, пятой и шестой главах Гюйгенс рассматривает явление рефракции в атмосфере, преломление в исландском шпате и т. д. и дает метод построения хода обыкновенного и необыкновенного луча.

Однако, все эти идеи голландского оптика, как мы увидим, не встретили отклика у физиков XVIII-го столетия; авторитет Ньютона задержал развитие идей Гюйгенса, и его замечательная книга пролежала непризнанной вплоть до начала XIX-го столетия.


СКОРОСТЬ СВЕТА.

В заключение нашего краткого обзора важнейших открытий по оптике в XVII в. нам остается упомянуть еще об одном важном открытии этого века, а именно, что свет распространяется с конечной скоростью.

Это сделал датский ученый Рёмер в 1676 г., наблюдая при помощи зрительной трубы момент затмения спутника Юпитера.

Если мы попробуем теперь окинуть взглядом все добытое наукой в области световых явлений XVII в. и связать с производством стекла, история которого изложена нами в предыдущей главе, то пред нами встает следующая цепь открытий.

Улучшение производства стекла в Италии (венецианский хрусталь) дает науке новый материал для оптических наблюдений. Шлифовка стекла венецианских мастеров применяется для изготовления сначала очков, а затем



оптических приборов: подзорной трубы, микроскопа и рефрактора. Однако, стекло XV и XVI в. в. еще не достаточно прозрачно, чтобы при помощи его могло быть наблюдаемо явление дисперсии. Мы увидим, что даже объектив трубы Гюйгенса еще окрашен. Появление на рынке (в Англии) свинцового прозрачного стекла после 1645 г. (стр. 48) позволяет Ньютону при помощи стеклянной призмы наблюдать светорассеяние в 1670 г. С различными же сортами стекол Ньютон столкнулся при изготовлении телескопа (см. письмо Ньютона, стр. 64).

Точно так же желание объяснить действие подзорной трубы заставляет Кеплера работать по оптике.

Занятия Гюйгенса чисто теоретическими вопросами в области оптики связаны также с производством оптических стекол.

Рефрактор, обязанный своим появлением тоже стеклу, в свою очередь несет новые открытия не только в области небесных явлений, но и в области явлений света: датчанин Рёмер в Париже определяет скорость света.

Мы увидим, что и в дальнейшем успехи в области теоретической оптики неразрывно связаны с производством стекла и с успехами производства оптических приборов.

ЛЕТОПИСЬ ОТКРЫТИЙ ПО ОПТИКЕ В XVII СТОЛЕТИИ.

- 1607 г. Галилей тщетно пытается определить скорость света, наблюдая, как быстро достигает свет фонаря до другого наблюдателя.
- 1608 г. Голландский оптик Липперсгей добивается патента на так называемую теперь «голландскую подзорную трубу», состоящую из двояко-выпуклой и двояко-вогнутой чечевицы.
- 1610 г. Галилей конструирует подзорную трубу и первый прилагает ее для астрономических наблюдений.
- 1611 г. Кеплер в своей «Диоптрике» впервые описывает полное внутреннее отражение, проектирует правильно (не зная законов преломления) астрономическую трубу, носящую его имя. Дает правильное объяснение действия очков.
- 1614 г. Греческий ученый Демисциан (Demiscianus) вводит названия: телескоп, микроскоп, вместо прежде употреблявшихся: «perspicilia» «conspicilia» и «occhiali».



- 1618 г. Снеллиус открывает второй закон преломления света, скрыто формулируя его следующим образом: «Отношение секанса угла падения к секансу угла преломления есть величина постоянная».
- 1622 г. Шейнер доказывает на опыте существование действительного изображения на сетчатке глаза.
- 1630 г. Иезуит Шейнер конструирует впервые астрономическую трубу по системе Кеплера.
- 1637 г. Декарт (René Descartes) придает закону преломления Снеллиуса современную ему форму: отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная.
- 1637 г. Декарт описывает лупу для микроскопических исследований.
- 1645 г. Хотя уже Кеплер указывал, что помощью 3-го стекла можно создать подзорную трубу (изображения будут прямые), только теперь ее построил Ширеус де Рейта (Anton-Maria Schyrgaeus de Rheita). При этом Ширеус впервые употребляет термины «объектив», «окуляр».
- 1647 г. Декарт дает несовершенную теорию радуги.
- 1647 г. Кавальери определяет положение главного фокуса у различной формы линз.
- 1648 г. Маркус Марций наблюдает впервые разложение луча призмой.
- 1648 г. Меньян (Etienne Maignan) дает теорию преломления света.
- 1663 г. Бойль дает первое описание радужных явлений в тонких пластинках.
- 1665 г. Кампани строит свои знаменитые трубы, которые имеют длиннофокусные (86—136 фут.) объективы. Для избежания сферической и хроматической аберрации он пользуется сложным объективом и окуляром.
- 1665 г. Гримальди первый наблюдает явление интерференции света, а также явление дифракции, описывая полученный спектр.
- 1665 г. Гук (Robert Hook) описывает цвета тонких пластинок и впервые высказывает мысль, что свет состоит из быстрых и коротких волнообразных движений.
- 1665 г. Гук изобретает микроскоп, которого окуляр и объектив состоят из собирающих линз, прибавляя к стеклу окуляра третье стекло, задача которого—собирать лучи. Гук впервые пользуется искусственным освещением предметного столика.
- 1666 г. Борелли изобретает гелиостат.
- 1666 г. Ньютон (Isaac Newton) для объяснения оптических явлений предлагает эмиссионную теорию света, согласно которой всякое светящееся тело испускает маленькие частички, при встрече с сетчаткой глаза вызывающие ощущение света.



1666 г. Исходя из эмиссионной теории, Н ь ю т о н дает в качестве меры преломляющей силы вещества число:

$$\frac{n^2-1}{d},$$

где n^2 —квадрат показателя преломления и d —плотность вещества.

Это число он называет «Absolute refractive power».

1666 г. Н ь ю т о н конструирует свой зеркальный телескоп.

1668 г. Мариотт обнаруживает слепое пятно в глазу.

1669 г. Бартолин (Erasmus Bartholinus) открывает двойное лучепреломление в исландском шпате.

1670 г. Н ь ю т о н при помощи стеклянной призмы разлагает солнечный луч на составные цвета и получает спектр.

1671 г. Кирхер конструирует «волшебный фонарь».

1674 г. Равенскофт (George Ravenscroft) открывает флинтглас.

1676 г. Н ь ю т о н открывает закон тонких пластинок (Ньютоновы кольца).

1676 г. Рёмер (Olaf Römer) на основании наблюдений затмения спутника Юпитера определяет скорость света.

1678 г. Г ю й г е н с предлагает для объяснения световых явлений теорию волнения, согласно которой свет—волны эфира.

1677 г. Г ю й г е н с выводит из своей теории волнения закон отражения и преломления.

1684 г. Г ю й г е н с конструирует так назыв. положительный окуляр.

1690 г. Г ю й г е н с в своем сочинении «Traité de la lumière» устанавливает принцип, носящий его имя. При помощи волновой теории он объясняет явление отражения, преломления и т. п.



ГЛАВА IX

ИСТОРИЯ ЗРИТЕЛЬНОЙ ТРУБЫ

ПОЧЕМУ ЗРИТЕЛЬНАЯ ТРУБА ПОЯВЛЯЕТСЯ В ИТАЛИИ И ГОЛЛАНДИИ.

Изобретение зрительной трубы неразрывно связано с развитием стеклоделия. Как и при изложении истории очков, большинство историков оптики стараются разыскать того, кто эту трубу впервые построил ¹⁾. Одни стараются доказать, что это был голландский оптик Захария Янсен, другие называют другого голландского оптика—Ганса Липперсгея, третьи—итальянца Галилея и т. д. В действительности, разумеется, не важно, кто первый изобрел трубу и начал изготавливать ее для массового потребления. Гораздо интереснее объяснить, с одной стороны, каким образом можно было напасть на такое важное изобретение, и почему труба была изобретена именно в Голландии или в Италии.

Не может быть сомнения, что изобретателем телескопа мог быть только мастер очков или человек, имеющий дело с оптическими стеклами. Вогнутое и выпуклое стекла, которые служат для очков (вогнутое—для близоруких и выпуклое—для дальнозорких), рано или поздно в руках такого мастера или шлифовщика стекол должны были подвергнуться испытаниям, не даст ли комбинация из них какой-либо новый эффект.

Появление первой подзорной трубы возможно, кроме того, в такой стране или государстве, где достаточно развито стеклоделие, и стекло достаточно прозрачно.

Таковыми странами прежде всего были Голландия и Италия. О качествах венецианского хрусталя мы уже говорили.

¹⁾ См. Gerland, Розенбергер. Любимов и др.



Голландским оптикам удалось добиться достаточно прозрачных стекол благодаря хорошему качеству дюнного песка. В рассматриваемую нами эпоху приобрел особенное значение голландский г. Миддельбург после сдачи Антверпена в 1585 году. В Миддельбурге была в то время хорошая хрустальная фабрика, на которой, помимо местных мастеров, было много венецианских стеклоделов—шлифовщиков.

Вот почему первые голландские подзорные трубы появляются в г. Миддельбурге.

Большинство историков физики изобретателем подзорной трубы называют голландца Липперсгея (ум. в 1619 г.)—шлифовщика очков, беженца из города Антверпена, затем Захарию Янсена—тоже оптика по профессии и, наконец, любителя шлифовать стекла—Якова Меция.

Впрочем есть авторы истории оптики, которые честь изобретения подзорной трубы приписывают Баптисту делла Порта, описавшему, будто бы, в «Естественной магии» («*Magia Naturalis*»), хотя и в темных выражениях, подзорную трубу. Но этот последний кандидат должен быть исключен уже потому, что нельзя признавать изобретателем того, кто только смутно указал на возможность вещи, не осуществив ее.

Повидимому, подзорная труба была открыта случайно. Существует даже анекдот, что подзорную трубу открыли дети, которые в отсутствие отца забавлялись приготовленными им очковыми стеклами.

Один из первых историков зрительной трубы совершенно верно писал в 1616-м году, вскоре после ее появления, что «зрительная труба была изобретена в Голландии и Бельгии, притом случайно, продавцом очков, который, для забавы или других целей, складывал вместе выпуклые и вогнутые стекла и дошел, наконец, до сочетания, позволявшего видеть далекие предметы как бы вблизи и увеличенными. Результат так обрадовал оптика, что он вставил несколько пар таких стекол в трубки и стал продавать их знатым людям за большие деньги.



Таким путем зрительные трубки распространились мало-помалу между его соотечественниками и сделались известными и в других странах» ¹⁾).

Из всех оптиков, претендентов на звание «изобретателя подзорной трубы»,—прежде всего следует исключить Якова Меция, хотя о нем Декарт в 1692 году писал: «Лет тридцать тому назад жил некий Яков Меций, родом из голландского города Аלקмара,—человек, сведущий в науках. Отец и брат научили его математике. У Якова Меция была страсть шлифовать зажигательные стекла. Такие стекла он делал, между прочим, зимой из льда... У него всегда было много под рукой сферических стекол разной формы. Когда он однажды поднес к глазам два таких стекла (одно утолщенное к краям, другое—к середине), то у него получилась подзорная труба» ²⁾).

До нас дошло то прошение, которое подал Яков Меций правительству Штатов 17 окт. 1608 года. Это прошение было следующего содержания:

«Два года тому назад, упорным трудом и размышлением дошел я до изобретения инструмента, при помощи которого можно вполне ясно видеть далекие предметы, не различаемые вовсе или смутно различаемые простым глазом. Прилагаемый пробный экземпляр изготовлен из плохого материала, но по заключению его превосходительства и др., имевших случай сравнивать оба инструмента, он относительно действия ни в чем не уступает изготовленному в недавнее время миддельбургским гражданином У. Э. Д. М.» ³⁾).

Таким образом, сам Меций не считает себя первым изобретателем трубы.

Но кто этот таинственный «миддельбургский гражданин», о котором упоминает Меций?

«Миддельбургский гражданин, предупредивший его, был Липперсгей. 2-го октября 1608 года Ганс Лип-

¹⁾ Розенбергер. Часть II, стр. 48.

²⁾ Cartesius. De Methodo Dioptrice. 1692, p. 49.

³⁾ Розенбергер. Часть II, стр. 50.



персгей (родом из Везеля, шлифовщик очков в Миддельбурге) успел уже [подать Штатам прошение о том, «чтобы ему за изобретенный им инструмент для смотрения вдаль была дана привилегия на 30 лет и вместе с тем годовая пенсия, под условием изготовлять такие приборы исключительно в пользу государства». Генеральные Штаты назначили комиссию для рассмотрения дела; затем вели переговоры с изобретателем, и, наконец, 13 февраля 1609 году, было заявлено, что Липперсгей представил два инструмента (для смотрения обоими глазами, как от него требовали), и что правительство определило выдать ему желаемое вознаграждение. В привилегии же ему отказано, так как другие лица уже знакомы с этим прибором. Последнее замечание относится, по всей вероятности, к Якову Мециу, по крайней мере ничье имя не упоминается при делопроизводстве» ¹⁾.

Поэтому, повидимому, изобретателем трубы является миддельбургский оптик Липперсгей.

Однако, у нас есть другие документы, из которых явствует, что Липперсгея нельзя назвать, без оговорок, изобретателем первой подзорной трубы.

В 1655 году французский врач Пьер Борель издал книгу «О настоящем изобретателе телескопа» («De vero telescopii inventore»), где поместил засвидетельствованные судебным порядком документы из г. Миддельбурга, в Голландии, а также письмо миддельбургского уроженца, голландского посланника Вильгельма Борееля, из которых можно заключить, что оптик Захария Янсен из Миддельбурга первый изготовил зрительную трубу, а Липперсгей и Мециус начали делать такие трубы после него и, быть может, по его образцу. Именно, Иоганн Янсен свидетельствует, что отец его, Захария Янсен, изобрел в 1590 г. микроскопы и короткие зрительные трубы, а в 1618 году—длинную зрительную трубу,

¹⁾ Ibid., стр. 51.



тогда как Мециус устроил свою зрительную трубу в 1620 г. по образцу янсеновской.

Далее Пьер Борель пишет: «Вильгельм Бореель рассказывал, что, будучи мальчиком, играл с Иоганном Янсеном и от него не раз слышал, что отец его сделал подзорную трубу в 1604-м году по образцу итальянской трубы, на которой стоял 1590-й год («аппо 1590»); что он изобрел микроскоп в 1590 г. ¹⁾, а в 1610 г., при содействии Иоганна,—длинную зрительную трубу. Такая труба была передана принцу Морицу Нассаусскому, и, хотя старались сохранить глубокую тайну насчет изобретения, слухи все-таки проникли в публику. Вследствие этого, какой-то неизвестный, всячески добивавшийся подобного инструмента, попал в своих поисках не к действительному изобретателю, а к жившему поблизости оптику Лапрею Липперсгею. Вопросы незнакомца возбудили любопытство оптика, и он мало-по-малу дошел до устройства такой же зрительной трубы.

Таким образом, если верить показаниям Бореля, подзорная труба была уже в Италии в 1590 году.

Здесь нет ничего удивительного, так как Италия в области стеклянных изделий в XVI и XVII в.в. была одной из первых. Венецианские шлифовщики стекол были самые искусные.

РОЛЬ ГАЛИЛЕЯ В ИСТОРИИ ПОДЗОРНОЙ ТРУБЫ.

В истории подзорной трубы огромную роль сыграл Галилей. Слух о голландских трубах достиг Галилея, но без подробностей об их устройстве. Галилей сам стал пробовать различные соединения стекол и в 1590 году устроил свой первый телескоп, позволивший ему сделать великие астрономические открытия, о которых он сообщил ученым в своем сочинении «Sidereus Nuncius» (1610 г.).

¹⁾ Gerland, стр. 353.



«Тому назад около десяти месяцев дошел до нас слух, что каким-то голландцем устроен инструмент, благодаря которому предметы, находящиеся на далеком расстоянии, кажутся как бы близ нас помещенными и могут быть рассматриваемы с ясностью. Действие этого удивительного снаряда подвергнуто было многим опытам, достоверности которых одни верили, другие—нет. О том же самом несколько дней спустя известил меня письмом благородный Галл Яков Бадовер из Лютеции. Все это так интересовало меня, что я посвятил все свои труды на изыскание научных начал и средств, которые делали бы возможным устройство инструмента подобного рода, и скоро нашел желаемое, основываясь на законах преломления света.

Прежде всего я приготовил себе свинцовую трубку, в оконечности которой вставил по стеклу, из которых одно было плоско-выпуклое другое—плоско-вогнутое. Приближая затем глаз к вогнутому стеклу, я нашел, что предметы, на которые была направлена труба, увеличиваются и как бы приближаются, именно, все предметы казались в три раза ближайшими и, следовательно, в девять раз большими, чем они представляются нам, когда мы смотрим на них невооруженным глазом. После этого я устроил другую, более совершенную трубку, увеличивавшую отдельные предметы более, чем в 60 раз. Наконец, не щадя труда и издержек, я дошел до того, что приготовил себе такую трубу, которая увеличивала предметы в 1000 раз и, таким образом, приближала их на расстояние более, чем в 30 раз, ближайшее действительного. Было бы совершенно бесполезно говорить, какие выгоды представляет собой такой снаряд, как на суше, так и на море. Но, оставив земные предметы, я с моим орудием обратился к небесным и прежде всего взглянул на луну, приблизившуюся ко мне на расстояние лишь двух земных радиусов».

ПЕРВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ ГАЛИЛЕЯ ПРИ ПОМОЩИ ТРУБЫ.

На луне Галилей увидел горы и скоро измерил высоту этих гор по отбрасываемым теням.

Особенно поразили Галилея наблюдения планет.

«Достоин замечания,—пишет он,—различие в виде планет и неподвижных звезд при наблюдении через трубу. Планеты представляются маленькими кружками, резко очерченными, как бы малыми лунами; неподвижные же звезды не имеют определенных очертаний, но бывают окружены как бы дрожащими лучами, искрящимися подобно молнии, Труба увеличивает только блеск, так, что звезды пятой и шестой величины делаются по яркости равными Сириусу, самой блестящей из подвижных звезд. Вследствие этого труба открывает нам почти невероятное количество светил, укрывавшихся доселе от невооруженного зрения»...



«Третий предмет, обративший наше внимание, был млечный путь, состав которого, благодаря зрительной трубе, обнаружился до того ясно, что теперь можно все споры, мучившие философов в продолжение

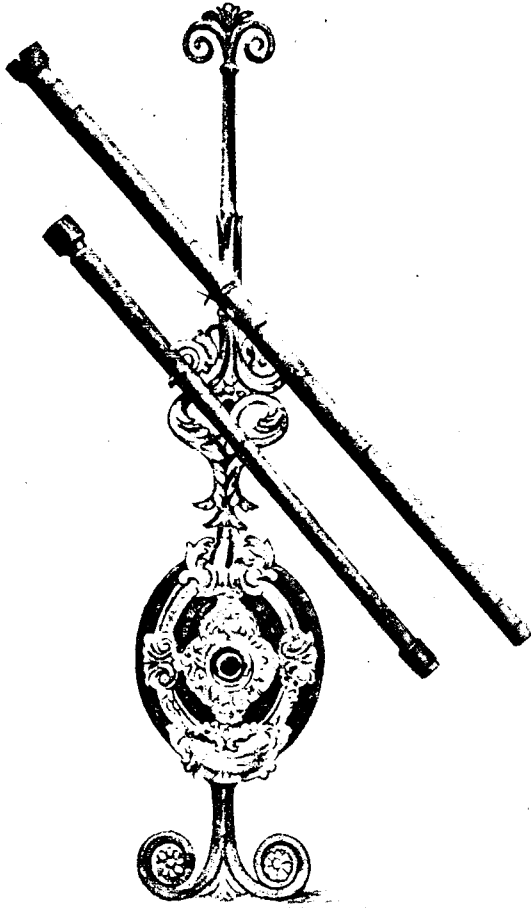


Рис. 20. Труба Галилея (хранится в музее Флоренции).


стольких веков, считать разрешенными обязательно очевидностью, освободившею нас от голословных прений. Млечный путь есть не что иное, как тесное собрание бесчисленного множества звезд; в какое бы место млечного пути ни была направлена труба, везде нам представляется



громадное множество звезд; многие довольно велики и явственно видимы, а с ними необозримое множество мельчайших.

«Остается, что за главное в нашем деле почитаю сообщить об открытии и наблюдении четырех планет, от начала мира до наших времен никогда не виданных... 7-го января 1610 года, в первом часу ночи, наблюдая небесные светила, я, между прочим, направил на Юпитера мою трубу и, благодаря ее совершенству, увидел недалеко от планеты три маленькие блестящие звездочки, которых прежде не замечал вследствие слабого увеличения бывшей в то время у меня трубы. Эти светлые точки были приняты мною за неподвижные звезды; они обратили на себя мое внимание только потому, что все три находились на совершенно прямой линии, параллельной эклиптике, и были несколько ярче звезд одинаковой с ними величины. Расположение их относительно Юпитера было следующее: две находились на восточной стороне планеты, третья же—на западной. Крайняя восточная звездочка и западная казались немного большими третьей. Я тогда не определял точным образом их взаимных расстояний, ибо, как сказано, они были сочтены мною за неподвижные звезды. Через восемь дней, ведомый не знаю какой судьбою, я опять направил трубу на Юпитера и увидел, что расположение звездочек значительно изменилось: именно, все три помещались на западе от планеты и ближе одна к другой, чем в предшествовавшее наблюдение. Они попрежнему стояли на прямой линии, но уже были разделены между собой равными промежутками. Хотя я был далек от мысли приписать это собственному движению звездочек, но тем не менее сомневался, чтобы такое изменение в их положении могло произойти от перемещения Юпитера, за несколько дней находившегося на западе от двух из звездочек... С величайшим нетерпением ожидал я следующей ночи, чтобы рассеять свои сомнения, но был обманут в своих ожиданиях: небо в эту ночь было покрыто облаками. На десятый день я снова увидел звездочки... (Галилей описывает далее новое расположение звездочек и дальнейшие свои над ними наблюдения; число звездочек оказалось четыре). «Вследствие всего этого я уже без малейшего колебания решил, что существуют четыре светила, вращающиеся около Юпитера, подобно тому, как Венера или Марс вращаются около Солнца. Ныне имеем очевидный аргумент, чтобы рассеять сомнения тех, кои, склоняясь допустить,—что планеты обращаются вокруг Солнца, смущаются однако, каким образом Луна несется вокруг Земли и в то же время вместе с нею совершает годичный круг около Солнца... Мы знаем теперь, что есть планеты, обращающиеся одна около другой и в то же время вместе несущиеся вокруг Солнца... Мы знаем, что и около Юпитера движутся, и не одна, но четыре луны, следующие за ним во все продолжение его двенадцатилетнего обращения около Солнца».

При помощи своей подзорной трубы Галилей скоро открыл фазы Венеры и пятна на Солнце.



По поводу этих открытий Галилея, Розенбергер¹⁾ совершенно верно говорит следующее:

«Первый непосредственный успех нового инструмента зависел от удовольствия, доставляемого приближением к глазу далеких предметов. Польза зрительной трубы ограничивалась, повидимому, для самого изобретателя военными целями—выгодами, которые представляло для начальников и главнокомандующих распознавание неприятеля издали. Один гениальный ум Галилея был способен перенести этот инструмент в новую область знания. Его не привлекала праздная забава разглядывания с церковных башен знакомых предметов, которые можно было видеть гораздо яснее вблизи, без помощи зрительных трубок. При первом взгляде на новый инструмент он угадал в нем могущественное средство вырваться из тесных земных пределов и проникнуть в глубины небесного пространства. Благодаря этой великой мысли, которая в то время была вовсе не так близка человеческому пониманию, как мы теперь можем предполагать, зрительная труба из игрушки превратилась в могучее орудие. В применении зрительной трубы, как и во многом другом, астрономия опередила физику. Правда, и она видела сначала в новом приборе лишь увеличительное стекло, но мало-помалу узнала еще более важное значение его в смысле измерителя».

Свои трубы Галилей не делал сам, а пользовался искусством стеклодува и шлифовщика Бацци. Но, как нам известно из письма Галилея к Кеплеру, Галилей изобрел специальные шлифовальные машины для изготовления подзорных труб.

Одна из замечательных особенностей труб Галилея заключалась в отчетливости даваемых изображений. Галилей достигал этого посредством применения диафрагм. Голландские трубки таких диафрагм не имели. Вот почему даже в 1637 году, по сохранившимся документам, голландские трубки уступали по своим качествам

¹⁾ Розенбергер, ч. II, стр. 52.



галилеевским. Первые голландские трубки не давали возможности видеть спутников Юпитера.

Вот почему один из современных биографов Галилея — Фаваро — свое исследование о роли Галилея в изобретении трубы заканчивает словами: «Если Гутенберг является изобретателем книгопечатания, то, разумеется, Галилей, тем более, должен быть признан изобретателем подзорной трубы».

ПРОИЗВОДСТВО ЗРИТЕЛЬНЫХ ТРУБ В XVII ВЕКЕ.

Ученики Галилея продолжали дело своего учителя.

Особенно искусные подзорные трубки изготовлял Торричелли. Но вскоре система галилеевских подзорных трубок была вытеснена трубами, построенными по системе Кеплера. Поэтому дальнейшую историю подзорной трубы читатель узнает из главы, в которой изложена история рефрактора.



ГЛАВА X

ОЧЕРК ИСТОРИИ МИКРОСКОПА

ОТКРЫТИЕ МИКРОСКОПА СВЯЗАНО С ПРОИЗВОДСТВОМ.

Почти все историки физики сходятся в том, что микроскоп открыл миддельбургский мастер очков Захария Янсен в 1590-м году, и что в XVII-м в. этот прибор получил сильное распространение ¹⁾.

Город Миддельбург, где жил Янсен, был одним из значительнейших ганзейских городов и после завоевания Антверпена в 1585 г. герцогиней Пармской очень сильно возвысился экономически. В Миддельбурге нашло себе приют большинство антверпенских беглецов. Миддельбургская хрустальная фабрика уже давно славилась своими изделиями благодаря венецианским мастерам, также нашедшим себе приют от преследования инквизиторов. Миддельбургская фабрика могла выпускать стекло хорошего качества, отчасти благодаря замечательному качеству дюнного песка.

Микроскоп Захарии Янсена состоял из соединения двояко-выпуклого (собирающего) стекла и двояко-вогнутого (рассеивающего) стекла. Первое служило объективом, второе—окуляром. Повидимому, на такое сочетание стекол этот миддельбургский оптик попал случайно, имея дело с двояко-выпуклыми и двояко-вогнутыми стеклами, употреблявшимися для очков.

Как известно, современный микроскоп состоит из двух собирающих систем (в простейшем случае—чечевиц). Такой микроскоп из двояко-выпуклых чечевиц также появился в XVII-м веке (рис. 21).

¹⁾ Gerland, Любимов, Данеман, Розенбергер и др.

Итальянец Фонтана был первый, повидимому, кто, заменил двояко-вогнутое стекло окуляра — выпуклым и сделал в микроскопе то же преобразование, какое Кеплер — в астрономической трубе.

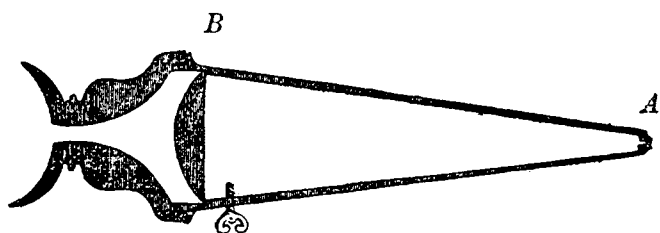


Рис. 21. Схема микроскопа, состоящего из двух двояко-выпуклых линз (из «Микрографии» Гук а, 1667 г.).

ЧТО ТОЛКАЛО НА ДАЛЬНЕЙШИЕ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ.

Разумеется, как только микроскоп был изобретен, желание всех оптиков было достигнуть все больших и больших увеличений. Этого увеличения можно было добиться различными способами:

- 1) уменьшением фокусного расстояния объектива;
- 2) удалением расстояния между окуляром и объективом;
- 3) уменьшением фокусного расстояния окуляра.

От удлинения расстояний между окуляром и объективом конструкторы микроскопов скоро отказались, так как вследствие этого удлинения происходила большая потеря в яркости. Но еще в XVIII-м веке можно было встретить микроскопы, напоминающие, благодаря своей значительной длине, телескоп.

Вскоре, однако, усовершенствование, введенное Гуком (1665 г.), несколько сгладило потерю в яркости, происходящую от удлинения расстояний между объективом и окуляром. Гук между окуляром и объективом поставил третье стекло, задача которого была собирать лучи. По существу получился окуляр Гюйгенса (см. гл. XI).



Гуку мы также обязаны улучшением в освещении рассматриваемого предмета при помощи шара (см. рис. 22).

Микроскопы XVII века производили увеличение не больше, чем в 50—200 раз.

От повышения увеличения при помощи уменьшения фокусного расстояния объектива и окуляра сначала тоже

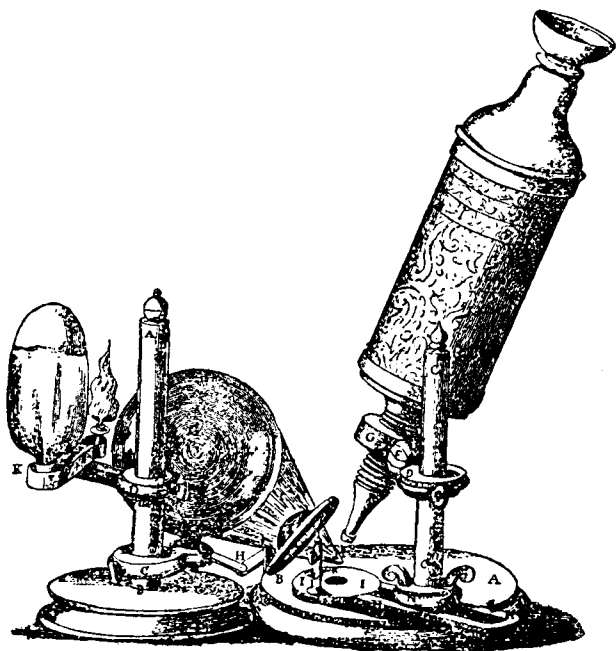


Рис. 22. Сложный микроскоп Гукá (из «Микрографии»).

пришлось отказаться, так же, как от удлинения расстояния между ними. В коротко-фокусных линзах происходит сильное искажение рассматриваемого объекта, вследствие хроматической аберрации.

АХРОМАТИЧЕСКИЕ МИКРОСКОПЫ.

Только когда лондонскому оптику Доллонду удалось изобрести ахроматическое стекло, стало возможным строить микроскопы с сильным увеличением.

Это особенно удавалось парижскому оптику Шевалье, который, по расчетам Селлига, начал впервые строить объективы из нескольких соединенных вместе отдельных чечевиц.

ИСТОРИЯ МИКРОСКОПА В XIX СТОЛЕТИИ.

Дальнейшее усовершенствование в микроскопе было сделано Листером и Амичи.

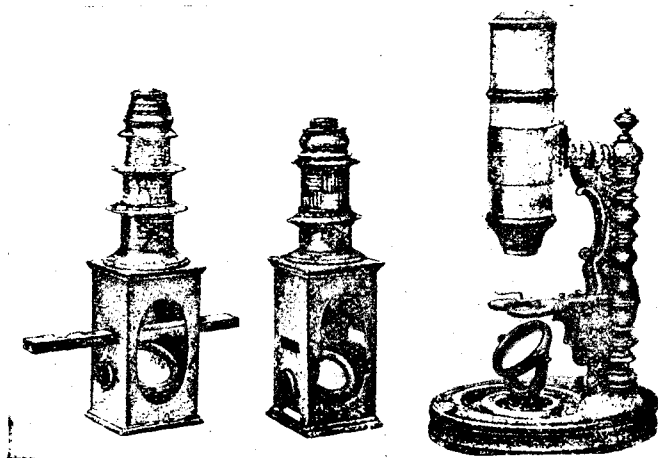


Рис. 23. Микроскопы XVII и XVIII в. в., хранящиеся в Нюрнбергском музее.

Последний изобретает в 1827 г. иммерсионную систему, состоящую в том, что между объективом и покрывающим его стеклом вводится какая-нибудь жидкость: вода, маковое масло, глицерин.

Дальнейшие усовершенствования этого объектива были сделаны Венгамом и, главным образом, Аббе, который открыл так называемую однородную иммерсию.

Вообще блестящим успехом в области микроскопии в XIX столетии наука обязана, главным образом, Аббе и Цейссовской фабрике, вдохновителем которой он являлся.

Цейссовская фабрика была основана в 50-х годах прошлого столетия, и, как это видно из диаграммы, помещенной здесь, ее производство микроскопов вначале

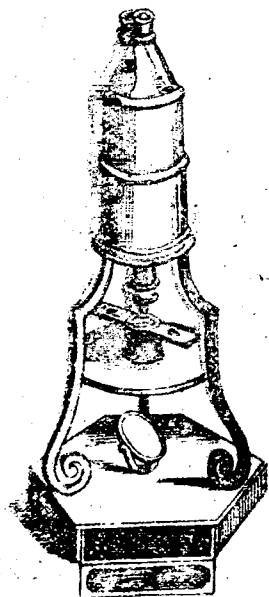


Рис. 24. Микроскоп XVIII в. (рисунок взят из Энциклопедии Дидро 1772 г.).

не превышало 50 штук в год. В 1866 г. Карл Цейсс (отец) соединяется с Аббе—тогда приват-доцентом Иенского университета, и дело начинает идти уже лучше. Через тридцать лет мы видим, что фирма выпускает больше 2.000 микроскопов в год и постепенно делается известной всему миру. Этот успех следует объяснить только тем, что был применен научный метод в производстве и удачно организовано дело, когда в успехах завода ока-

ИЗОБРЕТЕНИЕ УЛЬТРАМИКРОСКОПА.

Начало двадцатого века ознаменовалось очень важным открытием в области микроскопии. В 1903 г. два ученых—Зидентопф и Зигмонди изобретают ультрамикроскоп, который позволяет видеть частицы, диаметр которых около $\frac{5}{1.000.000}$ мм.

Однако, повидимому, это не является пределом «увеличения». Лучи Рентгена позволили обнаружить еще более мелкие элементы, а именно—расстояние между отдельными элементами кристалла ($\frac{1}{10.000.000}$ мм.). Рассмотрение всех этих вопросов не входит, однако, в нашу задачу.

ЛЕТОПИСЬ ОТКРЫТИЙ, СВЯЗАННЫХ С КОНСТРУКЦИЕЙ МИКРОСКОПА.

1590 г. Голландский оптик Захария Янсен изобретает микроскоп, состоящий из соединения двояко-выпуклого (собирающего) стекла и двояко-вогнутого (рассеивающего стекла). Первое служит объективом, второе—окуляром.

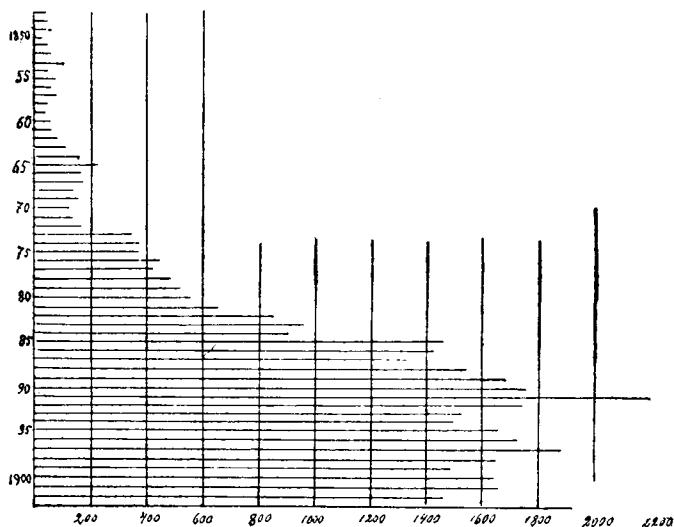


Рис. 25. Графика, показывающая рост производства микроскопов германской фирмы Цейс. Здесь наглядно виден скачок после исследований Аббе в восьмидесятых годах прошлого столетия.

1614 г. Греческий ученый Демисцианус вводит термин: «микроскоп» вместо прежних: «conspicilia», «occhiali». Термин микроскоп» удерживается в науке.

1637 г. Декарт дает описание лупы, которую он называет: «Perspicilia pulicaria ex uno vitro».

1665 г. Гук конструирует микроскоп, которого окуляр и объектив состоят из собирающих чечевиц, и помещает третье стекло вблизи окуляра для того, чтобы собрать лучи.

1668 г. Дивини улучшает микроскоп усовершенствованием окуляра (сферическая aberrация делается меньше благодаря двум стеклам).

1715 г. Гертель вводит в микроскоп отражательное зеркало.

1747 г. В «Письмах к принцессе» Эйлер указывает, как можно уничтожить хроматическую aberrацию.



- 1756 г. Ш е в а л ь е осуществляет принцип Э й л е р а на практике.
- 1827 г. А м и ч и изобретает иммерсионную линзу (водяную).
- 1851 г. Б р ю к к е конструирует бинокулярную лупу.
- 1872 г. А б б е развивает теорию микроскопа. Предлагает на основании своей новой теории новое освещение предмета, рассматриваемого в микроскоп.
- 1878 г. А б б е предлагает готовить однородные иммерсионные объективы («homogene Immersion»).
- 1886 г. Появляется первый апохромат с Цейссовской фабрики (А б б е, Ш о т т, К. Цейсс).
- 1897 г. Карл Цейсс конструирует стереоскопический объектив.
- 1903 г. Зидентопф и Зигмонди изобретают ультрамикроскоп, основанный на освещении препарата боковым освещением, что дает возможность в мутных средах замечать присутствие твердых тел.
- 1906 г. Келлер изобретает фотомикроскоп, позволяющий фотографировать при помощи ультрафиолетовых лучей.
-

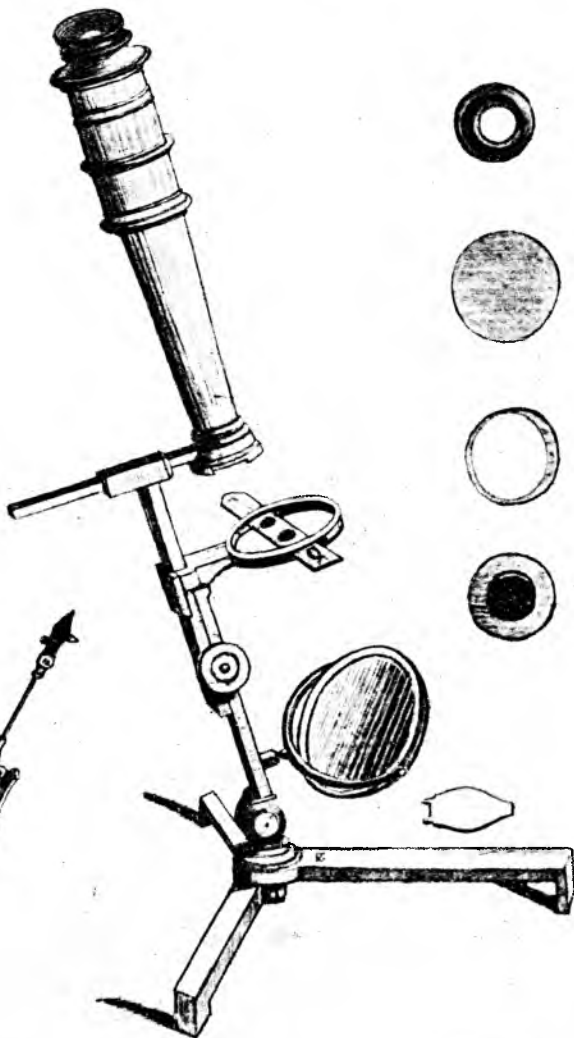


Рис. 26. Микроскоп XVII ст. английской фирмы Адамса.



ГЛАВА XI

ИСТОРИЯ РЕФРАКТОРА

Астрономические трубы, как известно, делятся на два типа инструментов, в зависимости от того явления, которое используется в них: на рефракторы и рефлекторы (отразительные телескопы). В настоящей главе мы проследим историю рефрактора.

ТРУБА КЕПЛЕРА.

В 1611 году появилась «Диоптрика» Кеплера, где впервые описывается астрономическая труба, устройство которой отлично от галилеевской и голландской труб. Однако, сам Кеплер не мог осуществить своего проекта, так как жил далеко от центров стеклоделия.

Первый рефрактор по системе Кеплера построил Шейнер (1575—1650) в 1613 году. При помощи такого телескопа с двумя выпуклыми стеклами, Шейнер мог в темной комнате проектировать изображения Солнца.

Вот как он сам описывает устройство своей трубы ¹⁾:

«Если приладишь два одинаковых стекла в трубе и надлежащим образом приладишь глаз, то увидишь в обратном положении, но с удивительной ясностью и величиной, любые земные предметы. И звезды можно привести в послушание зрению; и так как они круглые, то обратность положения не изменит зрелища, как то бывает относительно земных предметов, и как то можно заметить относительно Луны, ибо она не всегда кругла и однородна. Если тем же способом приладишь два выпуклые цветные стекла в трубе, то получишь дивный гелиоскоп и откроешь то, что сокрыто в Солнце. Подобным искусством составился тот

¹⁾ Это описание дано в сочинении Шейнера, вышедшем из печати в 1630 г.: «*Rosa Ursina, sive sol ex admirando facularum et macularum suarum phaenomeno varius*» (Bracciano. 1630). Солнце уподобляется здесь розе, прилагательное же *Ursina* объясняется тем, что книга посвящена герцогу Браччианскому, из рода *Ursi*.

удивительный микроскоп, что показывает муху со слона и блоху с верблюда. Если тебя смущает обратность положения, то помощью двух выпуклых стекол можешь на бумаге (в проложении) получить изображение в прямом виде, а помощью трех, надлежаще поставленных, — достигнуть того же и для смотрящего глаза».

НАБЛЮДЕНИЯ АСТРОНОМОВ ДО ИЗОБРЕТЕНИЯ ТРУБЫ.

Практическая астрономия развивалась в течение многих столетий. В доисторические времена не было никаких инструментов. Для практической жизни, для земледелия или мореплавания достаточно было лишь приблизительно знать время восхода и захода звезд и положение на небе Солнца, а потому естественным инструментом для наблюдения был всякий отбрасывающий тень предмет.

С течением времени астрономы выработали целый ряд вспомогательных приборов: гномон (вертикальный шест или столб определенной высоты); параллактическая линейка (*triquetrum*), состоявшая из визирной линейки, прикрепленной к вертикальному бруску; армиллярная сфера (комбинация кругов, которые можно было устанавливать соответственно основным кругам небесной сферы).

Чем больше круг, по которому отсчитываются на инструменте градусы, тем точнее можно определить угловое расстояние на небесной сфере. Вот почему древние и средневековые астрономы, стремясь все к большей и большей точности, делали все большие и большие армиллярные сферы. Но с увеличением размеров получались прогибы

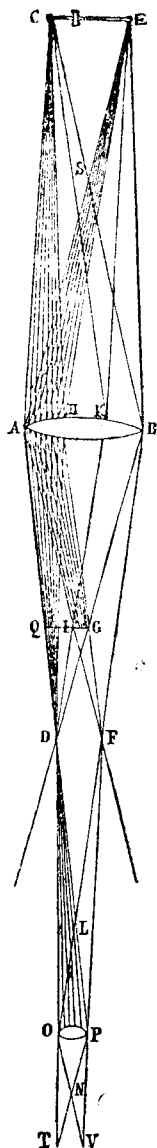


Рис. 27. Устройство астрономической трубы Кеплера (из «Диоптрики» Кеплера).

кругов; чтобы избежать этих недостатков, стали строить квадранты и секстанты, представляющие собой часть такого круга ¹⁾.

Особенной точности в определении небесных расстояний при помощи угломерных инструментов (квадранта и секстанта) достиг астроном Тихо Браге (1546—1601).

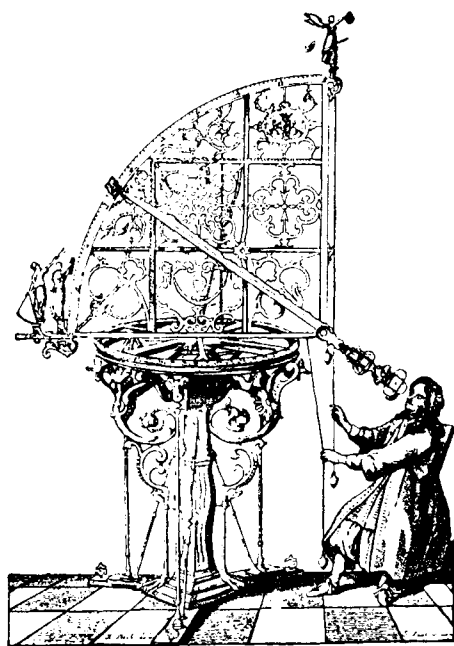


Рис. 28. «Квадрант» Гевелиуса (1644 г.).

До изобретения телескопа точность астрономических наблюдений по необходимости была ограничена величиной того угла, который может различить невооруженный глаз. При таком измерении нельзя было достигнуть большой точности. Архимед, например, мог указать границы диаметра Солнца между $27'$ и $32'$ ²⁾.

¹⁾ В Багдадской обсерватории (в XI в.) был сектор радиусом в 17 м. (Энци. Слов. Бр. и Ефрона, т. 68, стр. 496).

²⁾ Ньюком и Энгельман. Астрономия, стр. 98.



Определения положения звезд, сделанные Птолемеем (II век по Р. Х.), часто еще ошибочны на 10' и даже больше, тогда как у Тихо Браге редко встречаются погрешности на 2' ¹⁾.

ПЕРВЫЙ МИКРОМЕТР.

Благодаря изобретению телескопа можно было увеличить точность астрономических наблюдений. Эта точность увеличилась, когда Вилльям Гаскойнь (William Gascoigne) стал применять в 1640 г. микрометр (винтовой микрометр). Микрометр Гаскойнья состоял из двух параллельных пластинок с острыми краями в поле зрения трубы,двигающихся в противоположные стороны при вращении винта ¹⁾. Микрометр поставлен на нуль, когда оба края пластинок стоят вплотную друг к другу. Обороты винта легко перечислить на угловое перемещение, если известно, какой дуге отвечает один оборот.

Чтобы видеть, какой точности достиг Гаскойнь, приводим некоторые из его измерений диаметра Солнца или, вернее, его полудиаметра:

	Измерения Гаскойнья.	Современные Делабра измерения.
Октябрь 25	16'11"	16'10"
» 31	16'11"	16'11,"4
Декабрь 2	16'24"	16'16,"8

По этим измерениям Гаскойню удалось определить колебание диска Солнца в 35"; между тем позднейшие наблюдения показали 33"3.

Все это указывает на огромную точность, достигнутую Гаскойнем. Мы не будем подробно останавливаться на дальнейшей истории микрометрического винта, укажем только на некоторые моменты.

¹⁾ Encyclopaedia Britanica, 9 Edition. XVI, p. 242.

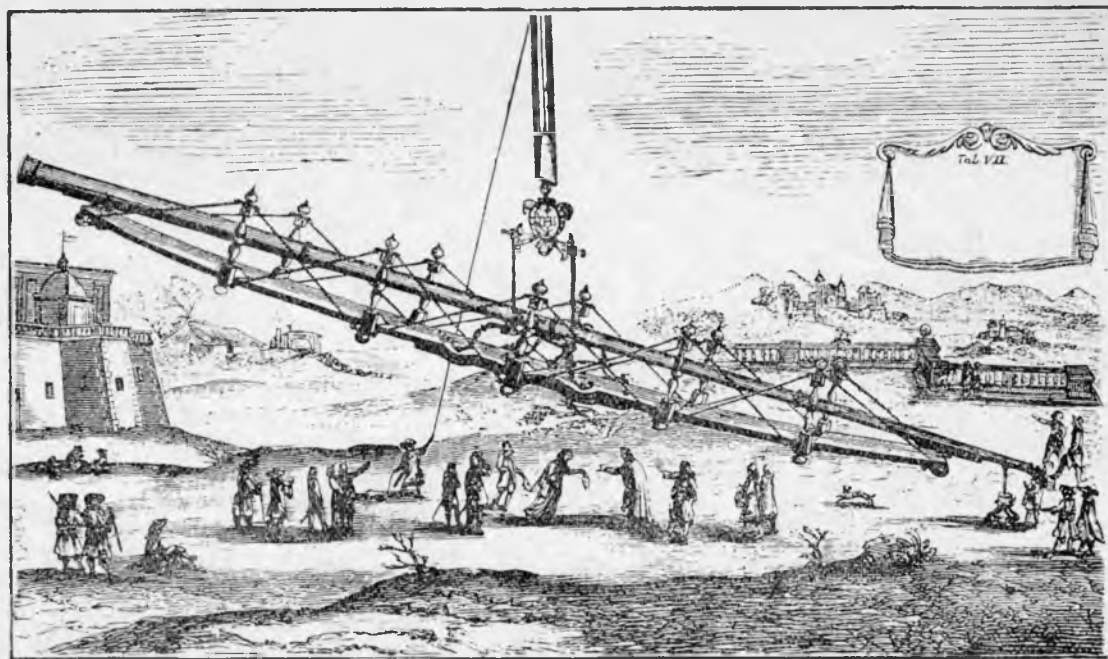


Рис. 29. Астрономическая труба XVII столетия (по Бьянкини).



В 1667 г. Azoufi и Picard вместо острых краев пластинки ввели серебряные нити.

С увеличением силы телескопов оказалось, что серебряная проволока или шелковая оказываются слишком толстыми. Поэтому в 1855 г. Фонтана (Felice Fontana) предложил использовать вместо таких нитей — паутину.

Много сделали в усовершенствовании микровинта: Гук, Рен (Wren), Кассини, Бродлей, Гершель, Араго, Бессель, Струве и др.

Если Гевелий (XVII в.) при помощи диоптр измерял только $\frac{1}{2}'$, Бродлею удавалось уже производить измерения с точностью до $2''$ — $3''$.

В начале XIX-го столетия наблюдения больших обсерваторий содержали в себе ошибки менее $1''$. Вероятная ошибка определения склонения звезды, при помощи, например, пулковского большого вертикального круга, равна $0'',2$ ¹⁾.

ОСОБЕННОСТЬ ПЕРВЫХ РЕФРАКТОРОВ.

Увеличивая точность измерения, астрономы старались также строить трубы все с большим и большим увеличением.

Так как увеличение тем значительнее, чем больше фокусное расстояние объектива сравнительно с фокусным расстоянием окуляра, то, когда Кеплерова труба заменила Галилееву, стали устраивать трубы с очень длинным фокусным расстоянием объектива; делались трубы более 150 футов длиною (например, длинные телескопы Гюйгенса). Оптические недостатки изображения в длинном телескопе менее заметны, чем в коротком, так как, во-первых, преломляющее действие, — причина этих недостатков, — слабее в объективе с длинным фокусом, чем в более выпуклом объективе с коротким фокусом

¹⁾ Эта данные взяты из Энци. Слов. Брокгауза и Ефрона, т. 68, стр. 497. 1902.



и, во-вторых, для того же увеличения в длинном требуется менее сильный окуляр, открывающий глазу недостатки воздушного изображения не в столь увеличенном виде, как более сильный, т. е. более увеличивающий окуляр.

Дальнейшие усовершенствования астрономических труб состояли во введении окуляров из нескольких стекол (сложные окуляры из двух стекол), а, главное, в устройстве ахроматических объективов, т. е. дающих изображение, свободное от цветных койм. Изобретение таких объективов позволило изгнать длинные телескопы, с которыми было крайне трудно управляться.

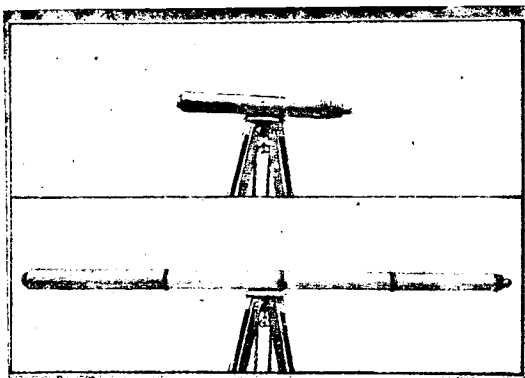


Рис. 30. Астрономические трубы XVII—XVIII ст. (экземпляры обсерватории Фламариона).

Из построенных окуляров следует отметить окуляр Гюйгенса (1684 г.) — «отрицательный окуляр» и окуляр Рамздена (1783 г.) — «положительный окуляр».

В XVII-м и даже XVIII-м веке думали, что никогда не удастся избавиться от хроматической аберрации, пока Эйлер не показал теоретически, что можно избежать окрашивания изображений, сделав сложный объектив. В 1757 г. Доллонд при помощи двух сортов стекла (флинтгласа и кронгласа) впервые осуществил ахроматический объектив на практике.

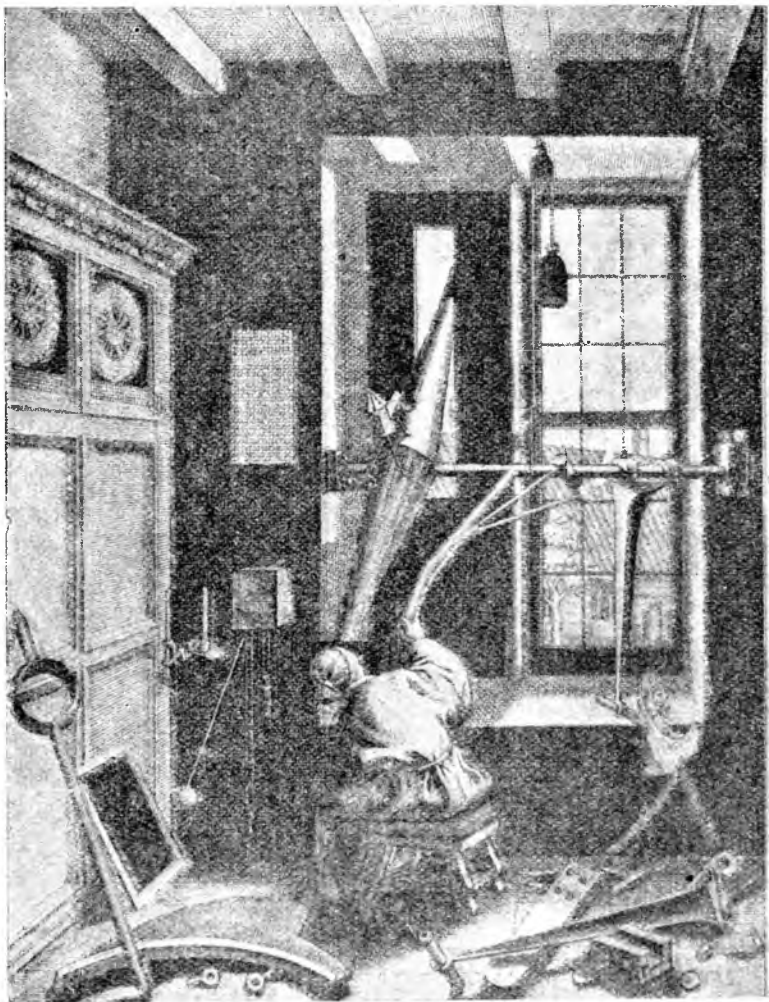


Рис. 31. Астрономическая труба начала XVIII в.

РАЗВИТИЕ НАУЧНОГО СТЕКЛОДЕЛИЯ НЕСЕТ ЗА СОБОЙ РАСЦВЕТ В ОПТ. ТЕХНИКЕ.

С начала XIX-го века наступает эра научного стеклоделия, как мы это узнаем из главы 14-й («История оптического стекла»).

Это несет за собой огромные успехи в постройке рефракторов.

К 1813 г. Гинан и Фраунгофер настолько усовершенствовали флинтглас, что могли изготовить большие рефракторы.

Рост размеров рефракторов можно видеть из следующей таблицы ¹⁾:

Год устан.		Отв. в дм.	Отв. в см.
1826	Фраунгофер строит для Дерптской обсерватории в бывшем Юрьеве	9	24½
1840	Мерц (наследник Фраунгофера) строит для Пулкова	15	38
1860	Альван Кларк (отец) изготовляет для Чикагского Ун-та	17	43
1866	Кук prepares для Ньюалля близ Ливерпуля	23½	61½
1873	Альван Кларк (отец) строит для Вашингтонской обсерватории	26	66
1885	Кларк строит объектив для Пулкова	30	76
1890	Кларк (сын) строит объектив для Ликской обсерватории	36	91½
1900	Кларк (сын) строит объектив для Чикагской обсерватории	40	102

Все эти трубы представляют собой уже чрезвычайно сложные механизмы, как это видно на нашем рисунке. Такие телескопы автоматически помощью часового механизма перемещаются, следуя за видимым движением небесного свода. Легким движением руки, нажатием кнопки, перемещаются эти гиганты, послушные воле человека. Какая разница с той первой трубой Галилея!

¹⁾ Таблица составлена по Ньюком и Энгельман. Астрономия. 1896, стр. 127.



РАЗМЕРЫ ТРУБЫ К НАЧАЛУ XX-го ВЕКА.

К началу XX-го века, через 300 лет после того, как Галилей впервые направил свою подзорную трубу в звездные пространства, диаметр трубы дошел до одного метра.

Невооруженным глазом можно заметить не больше 6.000 звезд (в обоих полушариях). При помощи телескопа Ликской обсерватории можно сфотографировать свыше сотни миллионов светил.

Чтобы закончить наш беглый очерк по истории рефрактора, нам остается упомянуть еще об одном рефракторе, находящемся в Трептовской обсерватории (близ Берлина), открытой в апреле 1909 года. Длина этой трубы 21 м. Это самый длинный рефрактор в мире (рис. 32). Рефрактор обсерватории в Трептове приводится в движение двумя электрическими моторами и допускает увеличение в 600 раз. По диаметру объектива он уступает, однако, американским. Самым большим рефрактором по диаметру все еще остается американский рефрактор обсерватории Йеркса, изготовленный Кларком, имеющий диаметр больше метра (102 см.).

ЛЕТОПИСЬ ОТКРЫТИЙ, СВЯЗАННЫХ С КОНСТРУКЦИЕЙ РЕФРАКТОРА.

- 1611 г. В сочинении «Диоптрика» Кеплер дает проект астрономической трубы.
- 1613 г. Шейнер строит первый рефрактор по проекту Кеплера.
- 1640 г. Гаскойнь (Gascoigne) впервые применяет микрометр.
- 1665 г. Кампани строит астрономическую трубу. Фокус настолько длинен, что объектив нельзя вставить в трубу.
- 1667 г. Azoulet Picard вводят в микрометр серебряные нити.
- 1684 г. Гюйгенс конструирует так называемый «отрицательный окуляр».
- 1755 г. Фонтана (Fontana) предлагает вместо нитей паутинки для микрометра.
- 1757 г. Доллонд при помощи двух сортов стекла впервые конструирует ахроматический объектив.
- 1783 г. Рамзден улучшает окуляр («положительный окуляр»).

- 1814 г. Фраунгофер конструирует ахроматический объектив астрономической трубы. Этот объектив состоит из двояко-выпуклой линзы из кронгласа и вогнутой линзы из флинтгласа.
- 1818 г. Гаусс дает проект нового объектива, скрадывающего недостатки его, происходящие от сферической и хроматической аберрации.

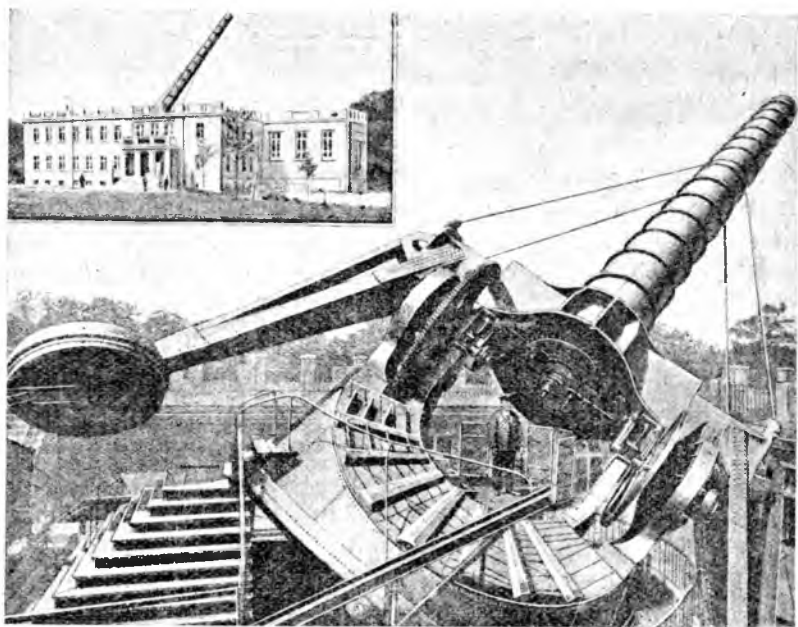


Рис. 32. Рефрактор Трептовской обсерватории (близ Берлина) длиной в 21 м. Налево в углу внешний вид этой обсерватории.

- 1821 г. Литров теоретически обосновывает признаки хорошего окуляра.
- 1867 г. Штейнгейль осуществляет на практике объектив из трех чечевиц.
- 1890 г. Кларк изготовляет знаменитый объектив для Ликской обсерватории (92). Им же впоследствии изготовляется объектив для Йеркской обсерватории (102 см.).
- 1892 г. Тейлер применяет иенское стекло для рефракторов.
- 1896 г. Архенгольд конструирует длинейшую астрономическую трубу—21 м. (рефрактор Ликской обс. имеет длину 15 м., Йеркской—18 м.). Это самый длинный рефрактор в мире.



ГЛАВА XII

ОЧЕРК ИСТОРИИ СТЕКЛА В XVIII И XIX СТ.

XVIII-й и XIX-й века являются эпохой развития совершенно новых методов стеклянного производства. В то же время в XIX-м веке начинают уже соперничать своими стеклянными изделиями не один город, не одна страна, как это было в древности, в средние века, как это было в XV, XVI и XVII столетиях, а целый ряд государств и у нас на континенте и за морями. До 1780 г. хрусталь, например, фабриковался лишь в Англии. Но к концу XVII века этот сорт стекла начинает выделяться и во Франции. Основанный в 1765 г. завод Баккара с 1815 г. начинает фабриковать хрусталь и скоро приобретает всемирную известность. В 1830 г. этот завод впервые выпускает прессованное стекло

В XIX-м столетии на мировом рынке начинают фигурировать не только английское, французское и немецкое стекла, но также русское, японское.

Наконец, в начале XX-го столетия американская стеклянная промышленность, благодаря удивительному развитию машиностроения, начинает твердо диктовать свои условия на мировом рынке.

ИСТОРИЯ СТЕКЛОПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ.

В XIX-м веке произошла огромная эволюция в строении стеклоплавильной печи.

Как выдували стекло финикияне, египтяне, римляне, мы не знаем; до нас не дошло описания их производства стекла. Мы уже говорили, что впервые об устройстве стеклоплавильной печи говорится в рукописном сочинении пресвитера Теофила (XII в.). Описанная им печь—про-



долговатой формы. Плавильная камера вмещала четыре горшка и была снабжена двумя рабочими окошками ¹⁾.

Это описание монаха Теофила мало отличается от того, которое дает Агрикола в XVI веке в своем сочинении «О металлургии», «De re metallica». В книге XII-й этого трактата мы читаем ²⁾:

«Нам остается рассмотреть стекло, приготовление которого находится в нашем ведении, ибо это есть продукт, получаемый из песка и некоторых сгущенных веществ ³⁾ после обработки их огнем. Стекло—вещество прозрачное, подобно драгоценным камням, и может быть расплавлено, как металл».

«Мы начнем с рассмотрения веществ, из которых делается стекло, после чего перейдем к описанию стеклоплавильных печей, в которых стекло варится. Для образования стекла употребляют плавкие камни и сгущенные вещества, или вещества, добытые из двух веществ, которые имеют сходство с этими камнями. Среди этих плавящихся камней дают предпочтение тем, которые прозрачны и чисты. Вот почему предпочитают брать горный хрусталь. Согласно Плинию, в Индии готовят из хрусталя такое прозрачное стекло, что оно не может сравниться ни с каким другим. Затем берут также, но только уже во вторую очередь, камни, которые имеют твердость хрусталя и более или менее прозрачны. В третью очередь идут камни чистые, но совершенно непрозрачные. Все эти вещества надо накалить и затем обратить в песок. Затем этот песок просеивают. Если удастся найти подходящий песок, то этим мы освобождаемся от кальцинирования больших камней».

«Что касается до сгущенных веществ, то в первую очередь здесь надо указать на селитру и соду, прозрачную и белую. В случае, если ее нет, берут щелочную соль, добытую из золы тех растений, которые эту соль содержат. Некоторые стеклоделы берут, однако, эту последнюю во вторую очередь. Смесь образуют, взяв две части превращенных в порошок плавящихся камней и одну часть селитры или соды, или щелочной соли, добытой из растений. Прибавляют немного магнитного железняка».

«В случае, если не имеется вышепоименованных веществ, тогда смешивают песок с двумя частями золы, немного прибавляют морской соли и очень мало магнитного железняка».

«Но эти последние вещества не образуют стекла такого же хорошего качества, как первые. Работают зимой, когда снег уже давно на

¹⁾ Крамер стр. 165.

²⁾ Приведенная выдержка по сочинению Агриколы взята из Неприваих, р. 211.

³⁾ Или «экстракт» (соков). Тогда не было терминов «кислота», «соль» и т. п. В. Л.



полях, или летом, когда нет дождя, так как в другое время года дождь делает золу нечистой, с примесью земли».

«Что касается печей, то есть заводы, где их три или две. Есть и такие, где только одна печь. На тех заводах, где три печи, варят сначала смесь в первой печи, затем вновь варят во второй, готовые изделия охлаждают в третьей. Первая из этих печей имеет своды и похожа на печь для хлеба. В верхней ее части, которая имеет один фут длины, 4—ширины, 2 фута высоты, разводят большой огонь, сжигая сухие дрова, пока вся эта смесь не расплавится и не превратится в стекло. Так как при этой первой варке масса еще не достаточно хорошо проварится, то ее вынимают, охлаждают и разбивают на куски. В той же печке варят эти куски в тиглях, предназначенных для стекла». (На рис. 33 можно видеть рисунок этой печи).

«Вторая печь—круглая. Она имеет 10 футов ширины и 8 футов высоты. Чтобы сделать ее более прочной, ее окружают пятью аркадами, толщиной в $1\frac{1}{2}$ фута. Эта печь имеет также два отделения. Свод нижнего отделения должен иметь $1\frac{1}{3}$ фута толщины. Нужно также, чтобы эта печь спереди имела отверстие куда класть дрова. Посреди свода должно быть большое отверстие—круглое, которое соединяет верхнее отделение с нижним, чтобы огонь мог достигать его. В стене, которая окружает верхнее отделение, должно быть восемь окон между аркадами, достаточно больших, чтобы можно было внести в них большие тигли. Эти последние помещают на пол верхнего отделения вокруг отверстия, через которое проходит пламя. Тигли должны быть два дюйма толщины и два фута высоты; диаметр их отверстий и дна должен быть равным 1 футу и $1\frac{1}{2}$ фута в среднем. С задней стороны печи имеется квадратное отверстие, чтобы жар мог проникать в третью печь, которая соединена со второй. Эта последняя печь—квадратная, имеет 8 футов длины и 6 футов ширины. Она тоже состоит из двух отделений, из которых нижнее должно иметь отверстие для подкладывания дров. По двум сторонам этого отверстия имеется ниша, сделанная из обожженной глины, длиной около 4 футов, шириною— $1\frac{1}{2}$ фута и высотой—2 фута. В верхнем отделении имеются два отверстия, одно—направо, другое—налево, которые должны быть такого размера, чтобы можно было через них поставить муфеля из обожженной глины. Эти муфеля должны быть размером в 3 фута длины, $\frac{1}{2}$ фута высоты, 1 фут ширины и несколько закруглены вверху. В эти муфеля кладут вещи, сделанные из стекла, чтобы они здесь постепенно остыли; в противном случае они могут лопнуть и растрескаться. Затем вынимают из верхнего отделения и заставляют их остыть в нишах, находящихся по обеим сторонам нижней комнаты.

А—аркады второй печи.

В—отверстие нижнего отделения.

С—окошки в отверстиях верхнего отделения.

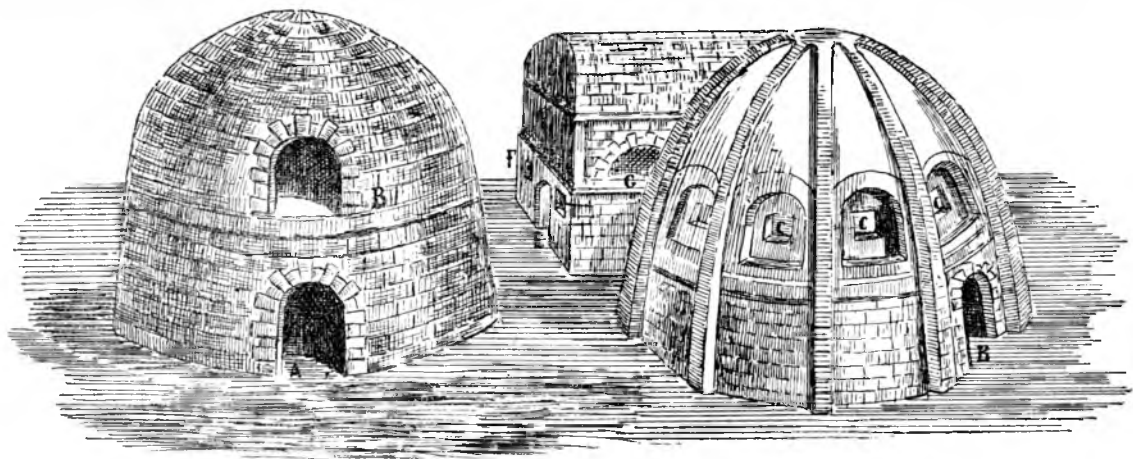


Рис. 33. Стеклоплавильные печи XVI в. (из сочинения Агриколы).

Е—отверстие третьей печи.

Г—место куда ставят муфеля для охлаждения.

С—отверстие верхнего отделения.

«Те заводы, которые имеют две печи, исключают либо третью вышеописанную печь, либо первую. В первом случае масса плавится в 1-й печи, варится во второй и остывает в одном из отделений этих печей» (рис. 34).

Во втором случае, т.е. когда отсутствует первая печь, стекло плавится и вновь варится во второй печи, и изготовленные вещи остывают в третьей. Но есть разница между второй печью нашего случая и второй печью, ранее нами описанной. Наша новая вторая печь также

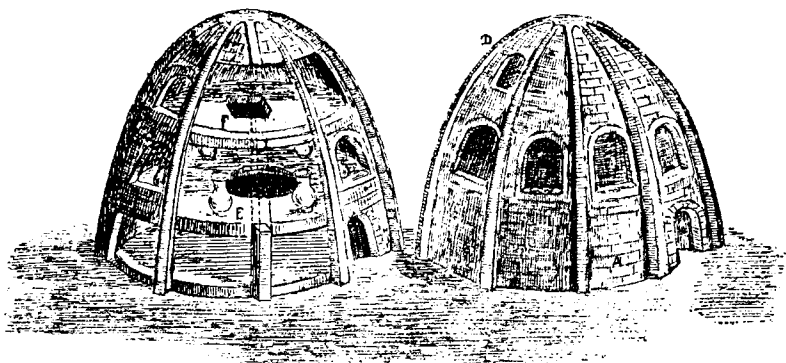


Рис. 34. Стеклоплавильные печи XVI в. (из сочинения Агриколы).

круглая, но по размерам она другая, а именно 8 футов ширины, 12 футов высоты и имеет три отделения. Нижнее отделение устроено, как и в ранее описанной второй печи, разница лишь в том, что теперь имеется в середине шесть арок, которые замазываются после того, как поставлены тигли; оставляются лишь маленькие окошки. Кроме того, в середине этого отделения сверху сделано четырехугольное отверстие, соединяющее среднее отделение с верхним. Последнее сзади имеет отверстие, через которое можно ввести в продолговатый муфель изготовленные вещи. В этом месте должно быть возвышение или поставлена скамейка, чтобы рабочие могли подняться и поставить туда изготовленные вещи.

А—нижнее отделение второй печи, когда отсутствует первая.

В—среднее отделение.

С—верхнее »

Д—отверстие верхней печи.

Е—отверстие, через которое входит пламя.

Г—квадратное отверстие, через которое теплота входит в верхнее отделение.



На заводах, которые не имеют первой печи, после обычной дневной работы, вечером заполняют стеклянной массой тигли; там она варится всю ночь и превращается в стекло. Подмастерья-мальчики в течение ночи поддерживают огонь, подкладывая сухие дрова.

Те заводы, которые имеют лишь одну печь, пользуются печью с тремя отделениями. Вечером масса кладется в тигли, подобно тому, как мы только-что говорили, а на другой день, после того, как масса очистится, рабочие обрабатывают стекло, помещая свои произведения в верхние отделения ¹⁾.

Стеклоплавильная печь, описанная Агриколой, остается без изменения вплоть до XVIII-го и даже XIX-го столетия. По крайней мере, в сочинениях Кункеля, о котором мы говорили в главе VII-й, и Нери («De arte vitraria» 1612 г.) мы имеем повторение того же рисунка 35.



Рис. 35. Стеклоделы XVI в. (из сочинения Агриколы).

В главе VII-й мы уже говорили, что недостаток в дереве заставил Англию перейти на каменный уголь. Последнее обстоятельство было причиной того, что пришлось несколько изменить вид самой печи. Это было в 1635 г. Но это было только в Англии. В Германии

¹⁾ Приведенная выдержка по сочинению Агриколы взята из Henrivaux, p. 211.

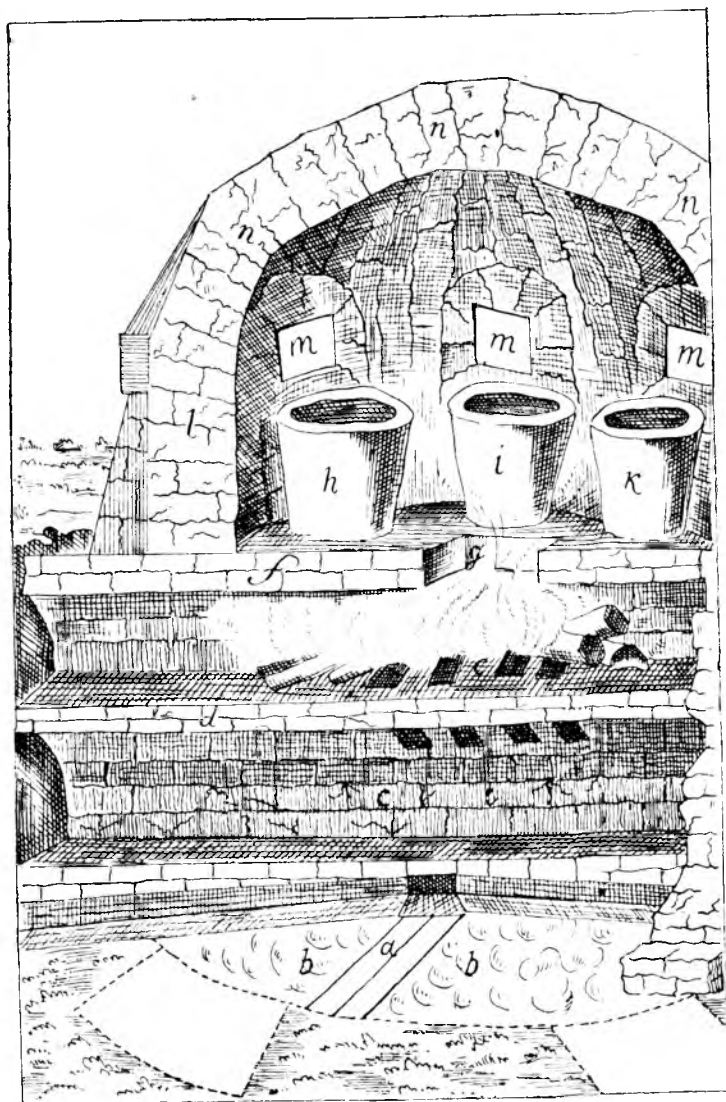


Рис. 36. Русская стеклоплавильная печь 1778 г., описанная проф. СПб Ун-та Леманом в сочинении «Кобальтословие».



каменный и бурый уголь, так же, как и торф, начали применять не ранее начала XIX-го столетия (рис. 36).

В настоящее время печи описанного устройства выходят из употребления. Их заменяют, даже на небольших заводах, печами с газовым отоплением ¹⁾. Такие печи получили свое распространение после удачно построенной печи Фридрихом Сименсом, так называемой «газогенераторной печи», в 1856 г.

Печь Сименса состоит из:

- 1) генератора, где образуется газ;
- 2) регенератора, где утилизируется теплота отработавших продуктов горения.

Идею Сименса можно понять из рис. 37:

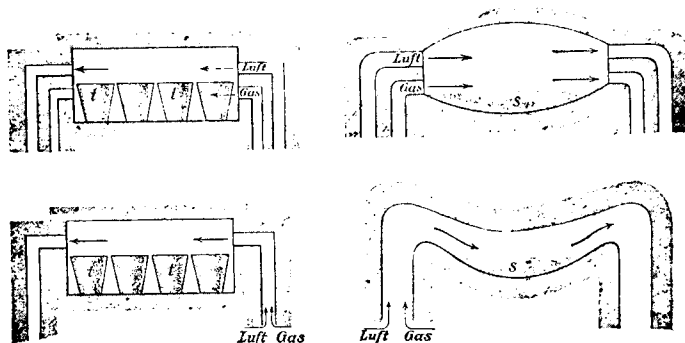


Рис. 37. Схематические чертежи Фридриха Сименса, объясняющие устройство его печи.

Налево—схема газогенераторной печи для стекла, направо—для стали. Обе верхних схемы—что было прежде, обе нижних—что предлагает Сименс.

Этот рисунок взят из патента Фридриха Сименса 1856 г. Устройство стеклоплавильной печи с регенераторами показано на рис. 38. При положении клапанов D и E, указанном на рисунке, печные газы, прежде чем попасть в трубу и уйти, проходят через регенераторы I и II, их нагревают и только тогда уходят в трубу C (стрелки на

¹⁾ «Промышленность и Техника», стр. 167.



рис. 38 указывают направление тока газов). Нагретые регенераторы вновь отдадут свое тепло (вот почему они называются «регенераторами»), когда мы повернем клапаны D и E в положение, указанное на рис. 38 пунктиром.

Печи с регенераторами, помимо сбережения топлива (почти в 3 раза), позволили повысить температуру печей, отчего сократилась продолжительность плавки более чем в два раза.

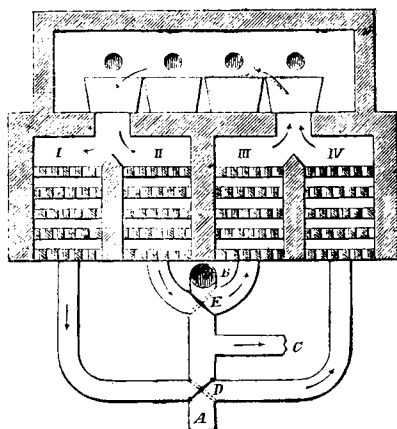


Рис. 38. Схема печи Сименса с регенераторами I, II, III и IV, которые помещаются под печью и представляют собой рыхлые клетки из огнеупорного кирпича. D и E—клапаны, которые соединяют трубы с газом (B) и воздухом (A), то с одной группой регенераторов I и II, то с другой III и IV.

НОВЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ СТЕКЛА.

Помимо улучшения стеклоплавильной печи, XIX-й век принес с собой и новые приемы обработки стекла.

Если еще в середине XIX-го столетия мастер действовал на заводах Англии и Франции своими легкими при помощи трубки, то в 1846 г. Фартинг делает первые попытки производить выдувание стекла механически при помощи насосов, а Павел Сиверт улучшает производство применением сжатого воздуха (1900 г.).



В XIX-м веке мы наблюдаем стремление к автоматизации стеклянного производства. Это особенно наглядно видно на производстве бутылок.

ИСТОРИЯ БУТЫЛКИ.

Бутылка, получившая такое большое распространение в мире,—очень древнего происхождения. Бутылка была в употреблении у древних культурных народов, у египтян, у греков, Эти народы имели обыкновение обертывать бутылку либо ивовой корой, либо папирусом. До сих пор в Египте употребляют такие сосуды и называются «дамаджан» (damadjan).

Римляне также часто подавали на стол вино, уксус, и масло в бутылках. По крайней мере, одна из бабушек нашей бутылки—римская бутылка хранится в Сен-Жерменском Музее во Франции.

При раскопках Помпеи, погибшей, как известно, при извержении Везувия в 79 г. по Р. Х., найдена очень изящная пара бутылей для уксуса и масла вместе с подставкой для них (рис. 9 на стр. 29).

Кроме бутылей, нашли в Помпее также застекленные окна (рис. 39).

О бутылках упоминается во многих одах римского писателя Горация ¹⁾.

Первая бутылочная фабрика возникла во Франции в 1290 г. в Кикенгронне близ Ла-Шапель ²⁾. Бутылки того времени были почти черные, фабрикация их производилась при помощи

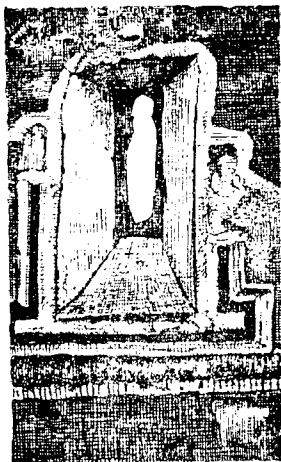


Рис. 39. Одно из самых древних застекленных окон, дошедших до нас,—окно в Помпее (I в. по Р. Х.).

¹⁾ Henri vaux. Le verre. 1897, p. 463.

²⁾ Henri vaux. Ibid., p. 464.



выдувания и, повидимому, ничем особенно не отличалась от выдувания кувшинов, кружек, ваз и т. п.

С течением времени понадобилось установить определенный размер бутылки, чтобы иметь возможность употреблять ее в качестве меры для вина, пива и т. п. Это заставило стеклоделов выдувать бутылку в форму. Отчасти это нужно было, чтобы бутылка имела вид цилиндра. Известный французский специалист по стеклоделанию Анриво описывает следующим образом этот процесс ¹⁾:

«Работают обычно четверо: мальчик (*gamin*), подмастерье (*grand garçon*), мастер (*souffleur*) и носильщик (*porteur*). Трубка, которою пользуется мастер, имеет длину 1,8 метра длины, диаметром 3 сантиметра снаружи и 1 см. внутри; она железная, конец ее закруглен, мунштук деревянный.

Мальчик нагревает трубку, вводит ее в окошко и, вращая ее, опускает в стекло. Стекло пристает к трубке. Эту операцию он повторяет второй раз; третий раз проделывает эту операцию подмастерье, вращая стеклянную массу на доске (рис. 35), чтобы равномерно распределить стекло вокруг трубки. Доска эта сделана из железа, из чугуна или из дерева. В ней имеются круглые ямки. В этих ямках и закругляется стеклянная масса. Когда затем после внесения этой массы в печь она принимает форму груши, подмастерье дует в трубку, подняв ее вертикально, затем опять разогревается масса. Трубку берет мастер, чтобы придать ей форму бутылки. Для этого он вносит массу в форму (С) и сильно дует. Затем мастер отделяет горлышко, а подмастерье при помощи железного стержня—*п о н т л я* (*pontil*), на конце которого имеется немного стекла, принимает бутылку на углубление. Бутылка освобождается от трубки, и ее берет носильщик при помощи хватки».

Так выдували бутылки в XVII-м, XVIII-м и даже в начале XIX столетия.

В 1860 г. Пелла изобретает формы для бутылок, что в высшей степени упрощает их фабрикацию. Такие формы дали возможность выдувать на стекле фирмы, инициалы и т. п., как это нам хорошо известно по бутылкам наших пивных заводов.

Уже давно старались устранить антигигиеничность работы выдувальщика заменой легких механическим дутьем.

¹⁾ Henrivaux. Ibid., p. 470.

Бонтан в 1834 г. предложил прибор, в котором дутье производится посредством мехов.

С. П. Петухов и Неприваих в своих курсах стеклоделия указывают на очень распространенный прибор во Франции—насос Робинэ (piston ou pompe Robinet), изобретенный в 1828 г. слабогрудым рабочим на заводе «Баккара».

Насос Робинэ представляет собой латунный цилиндр, внутри которого ходит деревянный поршень с

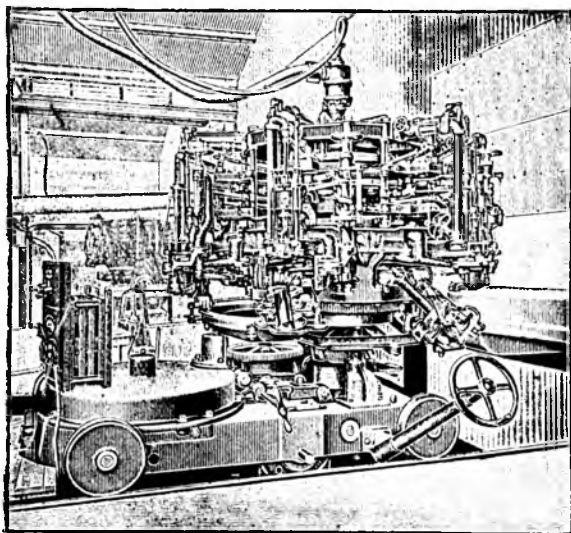


Рис. 40. Машина Оуенса для автоматического изготовления бутылок—600 бутылок в час. Главная часть этой машины схематически дана на рис. 41.

отверстием. Трубку для выдувания стекла, держа вертикально, приводят в соприкосновение с поршнем, сжимают пружину, воздух входит в цилиндр, и затем, когда пружину отпускают, воздух из цилиндра входит в выдуваемую бутылку или стеклянку.

С начала XX-го столетия все эти способы фабрикации бутылок оставлены. Еще в 1886 году Ашлей и



Арнель конструируют машину, позволяющую изготовлять до 6.000 бутылок в 10 часов. Но уже в 1907 г. в Америке работают сто автоматических машин, изобретенных Оуэнсом. В 1908 году «Европейскому Союзу бутылочного производства» для приобретения патента Оуэнса пришлось уплатить 12.000.000 марок (золотом) ¹⁾. Теперь этот союз вырабатывает в год 1.430.000.000 бутылок, из которых на одну Германию приходится 530.000.000 ²⁾.

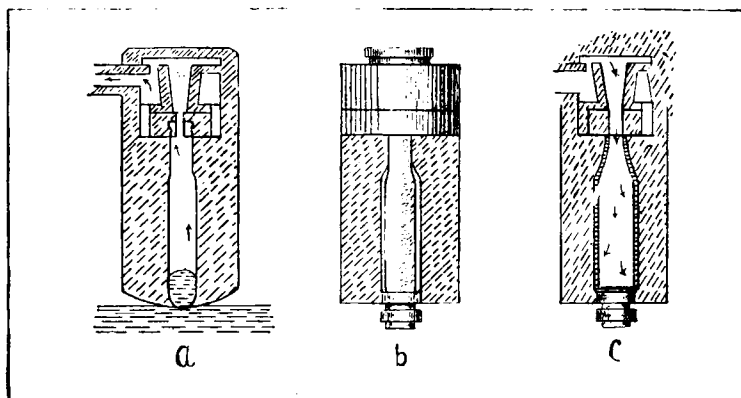


Рис. 41. Сначала стеклянная масса засасывается «а», затем она принимает форму «b» и, наконец, под сильным током воздуха прилегает к стенкам, образуя бутылку «с».

БОГАТСТВО СОРТОВ СТЕКЛА В XIX СТ.

Помимо усовершенствования стеклоплавильной печи и методов обработки, в XIX-м веке наблюдается улучшение качеств стекла и увеличение числа сортов его.

Если в XVII-м столетии представляло еще интерес изобретение и изготовление «рубиновых стекол», «прозрачного и сверкающего, как бриллиант, стекла», то уже в XVIII-м веке мы наблюдаем стремление получить различные сорта стекла по преимуществу для научных целей; для удешевления стекла производятся систематиче-

¹⁾ Около 5.000.000 золотых рублей.

²⁾ Сведения взяты из книги: «Der Siegeslauf der Technik», B. I. S. 632.



ские анализы, работают при заводах комиссии... Особенно интересна история оптического стекла. Этой истории мы посвящаем особую главу.

НОВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ СТЕКЛА.

Вместе с удешевлением производства, стекло получает в XIX-м веке новое применение, в высшей степени любопытное и совершенно неожиданное.

Если припомнить, как постепенно расширялась область применения стекла, то представится следующая картина.

Сначала из стекла делали исключительно украшения и дорогие вазы. Но уже во времена Римской империи стекло получает новое применение: в качестве материала для окон. Однако, стеклянные окна еще не всем по средствам. Так, в средневековом замке, как сказано, при отъезде хозяев стекла убирают, заменяя их ставнями.

Как мы уже говорили (стр. 30), оконные стекла в Средние века (с середины XIV в.) составлялись из стеклянных кружков (рис. 42).

У древних египтян и в особенности у римлян и в Средние века цветное стекло служило материалом для мозаики, которая развилась впоследствии в XVI и XVII ст. в живопись на стекле.

В Средние века, так же, как у древних египтян и римлян, зеркало—еще металлическое, но в XV—XVI столетиях появляются уже дутые стеклянные зеркала.

Семнадцатый век несет с собой вместе с развитием естествознания также и новые приложения стекла. Стекло идет на оптические приборы, из него делают термометры, барометры и т. п. Появляется литое зеркало.

Деятнадцатый век—век расцвета научного стеклодела. Если в XVII-м и XVIII-м столетиях стеклоделы еще шли эмпирическим путем, то в XIX-м веке и особенно в XX-м с развитием химии имеется возможность получать чрезвычайно прозрачное стекло, цветное стекло любого оттенка,

заданной плотности и лучепреломляемости, пропускающее тепловые лучи, ультрафиолетовые (1903 г.) и т. п.

Сначала было известно лишь содово-известковое стекло. Затем калийное, свинцовое. Теперь нам известны



Рис. 42. Оконный мастер занят изготовлением стеклянного окна. Диаметр кружков 8—10 см. Рисунок взят из рукописи XVI в.

баритовое (с 1818 г.), флинтглас, кронглас, алебастровое, Фарадеево, Кункеля, иенское (Шотта) и т. п.

Благодаря своим удивительным физическим свойствам, стекло на пороге XIX-го столетия получило еще новое приложение: в строительном деле.



Рис. 43. Американский стеклянный дом.



ПОПРАВКА

Вследствие технического недосмотра произошла ошибка в пагинации книги: после стр. 112, вместо 113 и т. д.; напечатано 119 и т. д. Последовательность текста—правильная.



Новая форма архитектуры—железо-стеклянная—явилась совершенно случайно. Интересно, что мы не можем сказать точно, когда родилась каменная архитектура, когда—деревянная, когда возникли готический или романский стили, но зато можем указать не только день, но даже час, когда явилась на свет архитектура железо-стеклянная. Эта новая архитектура есть дитя современного мирового капитализма.

Когда впервые в 1851 г. возникла идея устроить всемирную выставку, то был объявлен конкурс на проект здания этой выставки.

Архитекторы разных стран представили 245 проектов для будущего здания, и все они были отвергнуты, так как это были здания все с теми же колоннами и арками и различными орнаментами, которые уже так всем надоели.

И вот здесь-то и выдвинулся вдруг проект одного англичанина, по фамилии Пакстон, который предложил для здания выставки исключительно материалы—железо и стекло. Это было неожиданно, разумеется, встретило возражение со стороны многих архитекторов и Нового и Старого Света, но результаты этого смелого проекта налицо. Достаточно посетить на Сиденгамском холме близ Лондона Хрустальный дворец, построенный из остатков выставки 1851 г., чтобы видеть, как удачна была идея Пакстона. «Зал празднеств» всемирной выставки в Париже в 1900 г. был сделан также из стекла, он вмещал 15.000 человек. Это сооружение показывает, какой грандиозности могут достигнуть здания, построенные из стекла и железа. В них масса света, воздуха, простора. В них можно создать огромный летний сад, где можно иметь образцы растений всех пунктов земного шара, населить его птицами, рыбами и животными, прежде задыхавшимися от духоты в клетках и аквариумах.

За границей число стеклянных зданий растет с каждым годом. Применение стекла в постройке зданий можно наблюдать и у нас в России; но, разумеется,



слабое развитие этой отрасли, требующей особенно толстого стекла, дает себя чувствовать.

В двадцатом столетии стекло оказалось не только нашим оком—в виде огромных рефракторов и рефлекторов и сильно увеличивающих микроскопов; нашей памятной книжкой в виде кинематографов, фотографических аппаратов и стереоскопов; не только материалом для прекрасных художественных произведений из хрусталя, но и тем удивительным, почти чудесным веществом, которое дает нашим жилищам свет, простор, воздух и здоровье.





ГЛАВА XIII

ИСТОРИЯ ОПТИКИ В XVIII СТ.

ГОСПОДСТВО ТЕОРИИ ИСТЕЧЕНИЯ.

В 1704 г. вышла из печати «Оптика» Ньютона, которая содержала в себе описание почти всех известных к концу XVII-го столетия световых явлений: отражение, преломление, светорассеяние, интерференцию, диффракцию, поляризацию и т. п.

Хотя Ньютон и говорит в начале своей «Оптики», что его задача — «не объяснять свойства света при помощи гипотез, но изложить эти свойства как можно проще ¹⁾, однако, взгляд Ньютона на природу света, как на поток чрезвычайно малых частичек, постоянно проскальзывает при чтении его книги, так как на каждом шагу эмиссионная теория используется Ньютоном для вывода формул, для объяснения световых явлений и т. п.

На всем протяжении XVIII-го и даже, как мы увидим, начала XIX-го века теория Ньютона господствовала в оптике. Идеи Гука, Гюйгенса и др. о волнообразном распространении света не пользовались успехом.

ОТКРЫТИЯ ПО ОПТИКЕ В XVIII ВЕКЕ.

Восемнадцатый век беден открытиями по оптике.

В этом отношении получается полное совпадение с историей стеклоделия: история стекла XVIII века небогата новыми приобретениями (см. главу XII).

Если бы мы попробовали проследить в хронологическом порядке важнейшие открытия по оптике, то их оказалось бы уже не так много.

¹⁾ См. Ostvald's «Klassiker», № 96. Sir Isaac Newton, «Optik».



В 1727 г. Брадлей (1692—1762) открыл аберрацию света, являющуюся следствием движения земли. Брадлей определил на основании этого явления скорость света и пришел к величине того же порядка, как и Рёмер (см. стр. 71).

В 1747 г. Эйлер (1707—1783) выступает против одной из ошибок Ньютона, полагавшего, что невозможно устранить хроматическую аберрацию, так как преломление солнечного света будет всегда сопряжено с рассеянием его. Между прочим, эта ошибка Ньютона повела к тому, что совершенно перестали изготавливать рефракторы, а перешли к зеркальным телескопам. По мнению Эйлера, Ньютон, однако, неправ уже потому, что сама природа разрешила эту задачу. Изображения в нашем глазу не страдают хроматической аберрацией. По мнению Эйлера, это происходит потому, что при возникновении изображений в глазу действуют совместно средины с различной преломляющей силой: вещество роговицы, хрусталик и стекловидное тело.

Чтобы проверить правильность своих заключений, Эйлер начал изготавливать чечевицеобразные стекла из воды и стекла. Ему удалось получить изображения, свободные от хроматической аберрации.

Эйлер был также одним из тех ученых XVIII в., которые были несогласны с эмиссионной теорией света. В «Письмах к немецкой принцессе» Эйлер на ряде простых рассуждений показывает всю неосновательность теории истечения.

«Письма» Эйлера появились в 1768—1778 г.г.

М. В. Ломоносов (1711—1765), один из первых русских физиков, также видел противоречия в теории истечения. В его «Слове о происхождении света», читанном 1-го июня 1756 г. в торжественном собрании Академии Наук, мы находим ряд интересных мыслей ¹⁾.

Ломоносов прежде всего указывает на невязку законов механики с идеей быстрого распространения света.

¹⁾ См. издание Смирдина, ч. II, стр. 113.



Затем на то, что при внесении песчинки в темную комнату куда-то исчезает частица света.

«Скажите мне,—восклицает Ломоносов,—любители и защитники мнения о текущем движении материи, свет производящей, куда она в сем случае девается?»

Еще большую невязку со здравым смыслом при объяснении теории истечения видит Ломоносов в следующем воображаемом опыте:

«Поставим алмаз между двумя свечами. Лучи с обеих сторон пройдут сквозь алмаз с равною силою, и одна свеча с одной стороны в то же время таково ж явственно, как с другой стороны другая, видна будет. Что ж здесь? Уничтожить ли нам механику? Положить, что когда с обеих сторон равною силою и равным количеством жидкие материи встречаются в узкой скважине, каковы сквозь алмаз должны быть, чтобы одна от другой не встретилась и оную не удержала?»

«Но только ли еще? Сквозь все алмаза скважины, поставленного между многими тысячами свеч горящих, сколь многим должно быть встречным и поперечным течениям материи света, по нечетным углов отклонениям; но притом нет препятствия и ниже малейшего в лучах замешательства. Где справедливые логические заключения? Где ненарушимые движения закона?»

Таковы были доводы Ломоносова против теории истечения.

Однако, идеи Гука, Гюйгенса, Ломоносова и Эйлера не получали всеобщего признания среди физиков не только XVIII-го, но и начала XIX-го века.

ОТКРЫТИЕ ДОЛЛОНДА.

Первый удар авторитету Ньютона был нанесен в 1757 г. Доллондом (1706—1761)—английским конструктором оптических приборов. Он осуществил ахроматическую призму, отклоняющую луч к основанию, но не рассеивающую его.

Опыт Доллонда следующим образом описан в сообщении Королевскому О-ву:

«Доллонд склеил краями две стеклянных пластинки с параллельными стенками, так что образовался призматический или клинообразный сосуд, узким концом книзу; внутрь вложил стеклянную призму (в 60°) одним из ребер кверху и наполнил свободное пространство водой так,



что луч, прошедший чрез обе преломляющие среды, преломлялся только вследствие разности двух действий. Найдя, что преломление в воде может или победить преломление в стекле, или уступить ему, он уменьшал и увеличивал угол пластинок до тех пор, пока не сделал противоположные действия равными, в чем убедился, смотря чрез обе призмы на какой-нибудь предмет: когда предмет казался ни выше, ни ниже настоящего места, это было признаком, что преломления равны, и выходящие лучи параллельны падающим. Согласно господствующему мнению, предмет должен бы казаться в натуральном виде (без койм)... Но опыт показывает ошибочность этого мнения..., ибо предмет, хотя лучи не преломлялись, представлялся с цветными коймами, одинаковыми с теми, какие бывают, когда смотрим на него чрез одну стеклянную призму с углом около 30° . Таким образом, действие воды, уничтожив отклонение пучка, не уничтожило раздробления лучей, хотя и уменьшило его, ибо кайма сделалась меньше, чем если бы действовала одна стеклянная призма с углом в 60° . Если еще увеличить угол водяной призмы так, что действие воды делается преобладающим, и луч получает отклонение, то кайма должна продолжаться уменьшаться, пока не исчезнет. Если бы и после того мы продолжали увеличивать угол сосуда, то кайма должна появиться, но с обратным расположением цветов воспреобладало бы раздробление, причиняемое водяной призмой. Сделать такой опыт с широким сосудом, вмещавшим призму в 60° , было неудобно. Доллонд взял узкую стеклянную призму в 9° и заключил ее в сосуд с водой, как в предыдущем опыте. Увеличивая угол стеклянных пластинок сосуда, он получил луч, отклоненный вверх, но не окрашенный. Доказав, таким образом, возможность ахроматической призмы, Доллонд стал изыскивать средство сложить ее из двух призм из твердого вещества и для того стал исследовать, по отношению к преломлению и раздроблению, различные сорта стекла. Желтоватое венецианское стекло и английский кроун оказались почти одинаковыми, но белый хрусталь или английский флинт обнаружил и более сильное преломление, и значительно более широкие коймы, так что и при равном отклонении луча (а для этого призма из флинга должна быть с более острым углом, чем призма из крона) кайма, производимая флинтом, шире каймы, производимой кроном. Соединяя две призмы: одну из крона, с более широким углом, и другую из флинга, с более острым, так, чтобы они были обращены вершинами в противоположные стороны, можно получить ахроматическую призму, отклоняющую лучи к основанию более широкой призмы, но не раздробляющую их на цвета. Подобным образом можно,—соединяя собирающее стекло из крона с рассеивающим из флинга,—составить ахроматический объектив».

Открытый Джоном Доллондом объектив был усовершенствован его сыном, и рефлектор (историю его



мы узнаем из следующей главы), господствовавший в течение XVIII-го века, начал постепенно уступать дорогу рефрактору.

ЗАРОЖДЕНИЕ ФОТОМЕТРИИ.

Чтобы окончить наш краткий обзор главнейших открытий по оптике XVIII-го века, нам остается остановиться на работах по фотометрии Буге (1698—1758), Ламберта (1728—1777) и Румфорда (1753—1814).

Буге занимался вопросами фотометрии в течение всей своей жизни с 1720 по 1758 г. Метод его определения силы различных источников света заключался в следующем. Буге пропускал пучок света через отверстие в темную комнату и сравнивал яркость освещения прозрачной или непрозрачной ширмы от свечи, помещенной на определенном расстоянии ¹⁾.

Оказалось, что отражение от металлического зеркала ослабляет свет сильнее, чем от стеклянного; что поглощение света зависит от угла падения, а именно так, что при наименьшем угле и поглощение всего меньше. Наименьшее поглощение из отражающих свет тел представляет ртуть. Наибольшие различия поглощения, соответственно равным углам падения, представляет вода. Так, на 1.000 падающих лучей вода отражала при наклоне луча в $2\frac{1}{2}$ —614, а при наклоне в 90° —всего 18, тогда как соответственные величины для зеркального стекла (без металлической подкладки) были 584 и 25.

При прохождении света через стеклянные пластинки и слои морской воды, поглощение возрастает с толщиной слоев в геометрической прогрессии. При прохождении света через атмосферу, поглощение стоит в связи с высотой стояния светила. Приняв, например, силу света какой-нибудь звезды, при вступлении в нашу атмосферу, равной 10000, величина эта после прохождения через атмосферу: при высоте звезд в 90° —8123, при высоте в 10° —3149, а в 5° —только 1201. Буге определял также

¹⁾ Ное | ег. Histoire de la physique et de la chimie. Paris. 1872, p. 234.



различную освещенность небесного свода в разных расстояниях от солнца, и, — что всего важнее, — ему удалось сравнить силу света луны и солнца. По его определениям, солнце средним числом в 300.000 раз светлее полной луны, при равной высоте над горизонтом. Этим он объясняет, почему от собирания лунного света чечевицей не получается заметного тепла. При этих измерениях сила света оказалась не по всему солнечному диску одинаковой; в середине она была вообще больше, чем по краям, а на диске луны замечалось как-раз обратное ¹⁾.

Результаты этих опытов Буге были опубликованы в 1760 г.

В том же году появилась замечательная работа (тоже по фотометрии) Ламберта.

В отличие от сочинения Буге, «Фотометрия» Ламберта носит более теоретический характер. Ламберт устанавливает основные положения для фотометрии:

1. Видимая яркость предмета есть частное из количества света на величину образа на сетчатке.

2. При прочих равных условиях, освещение маленького предмета из светящейся точки обратно пропорционально квадрату расстояния.

3. Если освещенная поверхность наклонена по отношению к светящемуся телу, то сила косога освещения пропорциональна произведению из нормального освещения на синус угла наклона луча в освещенной поверхности.

4. Если обозначить через S угол истечения для светящегося элемента поверхности F и через J — блеск последнего, то количество истекающего из него света пропорционально выражению:

$$F \cdot J \cdot \sin S^2).$$

Из этих основных положений Ламберт выводит много следствий для частных случаев.

Однако, его опытные данные мало сходятся с данными Буге.

¹⁾ Розенбергер, II, стр. 334.

²⁾ Розенбергер, II, стр. 336.



В качестве фотометра ему служил фотометр, обычно приписываемый Румфорду: сравнение двух теней, отбрасываемых тонким предметом от двух источников света.

Вот и все важнейшие открытия по оптике XVIII века. При изложении истории, мы не касались здесь вопроса, связанного с телескопом, так как выделили историю телескопа в отдельную главу.

И ЗДЕСЬ ЗАВИСИМОСТЬ НАУКИ ОТ СОСТОЯНИЯ ПРОИЗВОДСТВА.

Восемнадцатый век, небогатый открытиями по стеклу, оказался бедным открытиями и по оптике.

ЛЕТОПИСЬ ОТКРЫТИЙ ПО ОПТИКЕ В XVIII ВЕКЕ.

- 1704 г. Ньютон развивает теорию радуги.
- 1715 г. Делиль обнаруживает светлую точку в тени, отбрасываемой очень малым непрозрачным кружком.
- 1720 г. Сиссон строит портативный прибор для измерения азимутов и, таким образом, осуществляет впервые теодолит для геодезических работ.
- Примечание: Прибор Герона для измерения полей является прообразом теодолита (см. Simon, Gesch. der Mathematik¹⁾).
- 1725 г. Русский канцлер и фельдмаршал Бестужев открывает чувствительность железных солей к свету.
- 1727 г. Английский астроном Брайдлей (James Bradley) первый наблюдает абберацию света, которая является следствием движения земли. Он определяет на основании этого явления скорость света и приходит к величине того же порядка, как и Рёмер.
- 1729 г. Буге в сочинении *Essai d'optique* развивает основы фотометрии и дает закон поглощения света атмосферой.
- 1729 г. Холл (Chester More Hall) впервые указывает на возможность изготовления ахроматической линзы, не опубликовав, однако, своего открытия. Слово «ахроматизм» введено в науку Лаландом.
- 1735 г. Гоутон (Houghton) берет патент на улучшенный им теодолит.
- 1737 г. Жан Гелло пользуется азотно-кислым серебром, как симпатическими чернилами.

¹⁾ Darmstaedter. S. 172.



- 1739 г. Дю-Фэ замечает, что кристаллы правильной системы не обладают свойством двойного преломления.
- 1750 г. Адамс изобретает зеркальный угломерный инструмент, главной частью которого являются два зеркала, расположенные по углам в 45° .
- 1745 г. Эйлер проводит аналогию между звуком и светом и высказывает мысль, что цвет обусловлен числом колебаний в секунду.
- 1747 г. Эйлер предлагает для уменьшения хроматизма и сферической aberrации конструировать объективы микроскопа из многих хорошо подобранных линз.
- 1750 г. Клингенстьерна (Samuel Klingensjerna) открывает, что различные сорта стекол рассеивают свет не одинаково. Последнее обстоятельство впоследствии дало возможность английскому оптику Доллонду получить ахроматические линзы (см. 1757 Д.).
- 1752 г. Тобиас Мейер улучшает теодолит.
- 1756 г. М. В. Ломоносов в своем «Слове о происхождении света» высказывается против господствовавшей в то время в науке теории истечения Ньютона.
- 1757 г. Беккария впервые производит печатание силуэтов на бумаге, пропитанной хлором и серебром.
- 1757 г. Еще в 1759 г. Холлом была показана возможность получения ахроматической линзы. Доллонд (John Dollond) впервые конструирует такую призму и публикует свое открытие.
- 1760 г. Буге конструирует первый научно-обоснованный фотометр.
- 1760 г. Ламберт (Johann Heinrich Lambert) показывает, что количество проходящих лучей уменьшается в геометрической прогрессии, когда толщина среды увеличивается в арифметической. Этот закон подтверждается затем Гершелем (1828), Бэром (1857).
- 1760 г. Ламберт основывает учение об измерении силы света (фотометрия).
- 1770 г. Боскович устанавливает различие в частичной дисперсии.
- 1770 г. Шелле описывает влияние солнечных лучей на хлористое серебро,
- 1775 г. Фонтана предлагает для визирования натягивать вместо волоса и шелковинок – паутинки.
- 1776 г. Рошон (Alexis-Marie de Rochon) изобретает призму, носящую его имя, которая может быть использована, как поляризатор и микрометр.
- 1777 г. Шелле открывает фотохимические свойства хлористого серебра.
- 1777 г. Шелле открывает, что фиолетовые лучи оказываются фотографически наиболее деятельными.



- 1780 г. Каранжо (Carandei) изобретает гониометр (прикасательный гониометр).
- 1782 г. Сенебье (Senébiez) открывает чувствительность серебряных солей к свету.
- 1783 г. Рамзден улучшает окуляр (отрицательный окуляр).
- 1785 г. Гершель конструирует свой 40-футовый зеркальный телескоп.
-



ГЛАВА XIV

ИСТОРИЯ ОПТИЧЕСКОГО СТЕКЛА В XIX ВЕКЕ.

ДО СЕРЕДИНЫ XVIII В. НЕ БЫЛО СПЕЦИАЛЬНОЙ
ВАРКИ ОПТИЧЕСКОГО СТЕКЛА.

В V-й главе мы видели, что для изготовления очков мастера прибегали к драгоценным камням, так как обыкновенное стекло было неоднородно, долгое время совершенно непрозрачно, не говоря уже о том, что это стекло было сильно окрашено.

В XVI-м столетии качество стекла настолько улучшается, что мастера начинают делать очки из венецианского и богемского стекла. Так, один писатель XVII-го столетия — Иоганн Нейдорфер следующим образом характеризует мастера очков Ганса Эгемана.

«Он обладал искусством давать возможность видеть близорукому, вышлифовав ему очки. Любому старику он также умел вернуть зрение, и, что самое удивительное, он брал венецианский стеклянный стакан, отбивал дно, расплавлял на огне, как бумагу, и делал из этого очки» ¹⁾.

Таким образом, еще в XVII-м столетии не варили специального оптического стекла, а пользовались обыкновенным посудным стеклом или случайно получившимися хорошими кусками стекол на заводе. Например, оптические стекла XVII-го столетия, — объективы Гюйгенса, дошедшие до нас, окрашены в зеленый цвет. При чем следует отметить, что для большей тонкости в шлифовке Гюйгенс изобрел специальную машину ²⁾.

¹⁾ Gerland. Gesch. d. Physik, S. 206.

²⁾ Ibid., S. 566.



НАЧАЛО ВЫРАБОТКИ ОПТИЧЕСКОГО СТЕКЛА.

Выработка оптического стекла, как отдельная отрасль стеклянного производства, ведет свое начало со времени французского часовщика Гинана (Pierre-Louis Guinand, 1748—1824).

До этого, по словам Бонтана, даже для приготовления ахроматических призм по системе Доллонда, выбирали стекла, приготовленные для другой промышленной цели. Таким образом, удавалось получать куски от 8 до 11 см. диаметром ¹⁾).

Гинан начал свои опыты, когда ему было всего 17 лет, и ему удалось получить объективы диаметром в 9 дюймов ²⁾). Успех необычный, если принять во внимание, что до него удавалось готовить лишь объективы в 3 дюйма.

Способ Гинана долгое время держался в секрете.

В настоящее время секрет Гинана мы знаем. Дело в том, что так называемый флинтглас представляет собой смесь веществ различной плотности, с неодинаковыми точками плавления, поэтому, при обычном застывании таковой смеси, она легко может оказаться неоднородной. Открытие Гинана и заключалось в том, чтобы энергичным перемешиванием во всех точках стеклянной массы создать однородность.

Стеклоплавильная печь флинтгласа обычно имеет лишь один тигель и притом закрытый, чтобы, как и в кристалле, не способствовать окрашиванию от образовавшихся газов. В тигель вводится кочерга (см. рис. 44) особого устройства. Ее конец помещен в цилиндр из того же вещества, из которого сделан тигель.

Кочерга помещается на подставке. После четырехчасовой варки производят первое перемешивание, которое создает однородность во всей массе; после этого

¹⁾ Rohr. Theorie u. Geschichte des phothogr. Objectivs. Berlin. 1899, S. 326.

²⁾ Henrivaux, p. 560.



поднимают температуру до красного каления и поддерживают ее в продолжение 5 часов. Затем опять перемешивают в продолжение одного часа. Далее наступает период охлаждения в продолжение двух часов. Наконец, стекло опять нагревают в продолжение 5 часов и производят промешивание. Последняя операция делается все

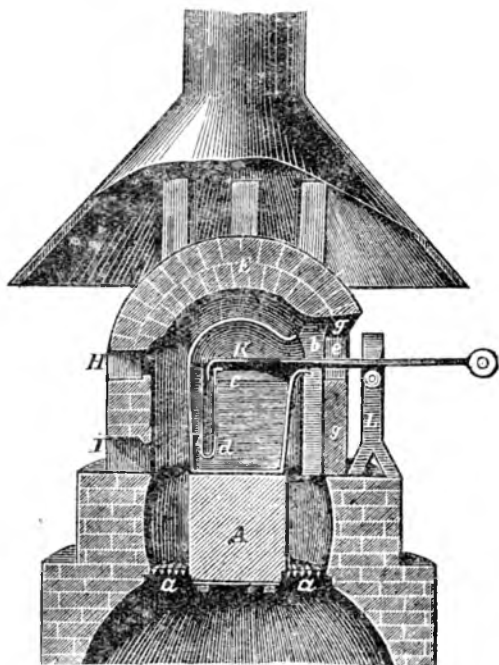


Рис. 44. Печь для плавки оптического стекла.

затруднительнее и затруднительнее, вследствие загустения стекла. Тогда вынимают тигель из печи и подвергают чрезвычайно медленному охлаждению, продолжающемуся иногда несколько недель.

Приводим состав стекла Гинана ¹⁾:

Кварца	100 частей.
Окиси свинца (rouge du plomb)	100 »
Поташа (углекислый калий)	35 »
Селитры (калийной)	2 4 »

¹⁾ Henri vaux. Le verre, p. 560



ПЕРВЫЙ ЗАВОД ОПТИЧЕСКОГО СТЕКЛА,

В 1805 году П. Гинан по приглашению Утшнейдера (Utschneider) переселился в Баварию, где был основан стеклянный завод. Свой секрет Гинан сообщил некоторым сотрудникам возникшего здесь—«Математико-механического Института», в том числе и знаменитому Фраунгоферу.

К этому времени Фраунгофер изобрел уже специальные способы для точной шлифовки, полировки и центровки линз.

Под руководством Фраунгофера метод Гинана получил еще большую силу. Фраунгоферу удавалось изготавливать объективы в 28,4 см. (10 $\frac{1}{2}$ дюймов) ¹⁾.

Стремясь выяснить окисляющее действие воздуха на стекла различного состава, Фраунгофер нашел, что прибавление извести (Kalkerde) к кварцу и калию (Kali) препятствует потускнению стекла; подобное же влияние имеют свинец, висмут и окись железа.

Фраунгофер, благодаря открытым линиям, мог установить более определенные показатели преломления для различных сортов оптических стекол.

ДАЛЬНЕЙШАЯ ИСТОРИЯ СЕКРЕТА ГИНАНА.

Секрет приготовления стекла от П. Гинана перешел к двум его сыновьям.

Младший из них, Генрих Гинан, вошел в компанию с Бонтаном и основал завод в Шуази-ле-Руа (Choisy-le-Roy). Но совместные опыты Бонтана с Гинаном не привели к особенно хорошим результатам, и компания распалась ²⁾.

Бонтан продолжал дело один и к 1828 г. настолько улучшил фабрикацию оптического стекла, что ему удалось изготовить шайбы от 32—38 см. (12—14 дюймов). После смерти младшего сына П. Гинана, независимо

¹⁾ Rohr, S. 328.

²⁾ Rohr, S. 332.



от Бонтана продолжавшего свою работу, секрет был унаследован внуком Фейлем, сделавшимся одним из первых французских фабрикантов оптического стекла в конце XIX-го столетия. Flintглас парижского 20-дюймового рефрактора изготовлен на этой фабрике ¹⁾.

ПРОИЗВОДСТВО ОПТИЧЕСКИХ СТЕКОЛ В АНГЛИИ.

В 1848 г. Бонтану пришлось покинуть Францию по причинам политического характера и переехать в Англию. Здесь он сделался сотрудником фирмы «Chase Brothers Co» в Бирмингаме.

Эта фирма скоро достигла таких блестящих результатов, что начала выпускать диски из флинтгласа диаметром в 29 дюймов, а диски из кронгласа в 20 дюймов.

Состав этих стекол следующий:

Для флинтгласа.

Песок	43,5%
Окись свинца	43,5%
Углекислый калий	10%
Азотисто-кислый калий	3%

	100%

Для кронгласа.

Песок	100 частей
Углекислый калий	42,66 »
Известь	21,66 »
Мышьяк	0,25 »
Селитра (калийная)	2,00 » ²⁾ .

Работы П. Гинана—во Франции и Фраунгофера—в Германии возбудили интерес к вопросам производства оптических стекол и в Англии. Астрономическое О-во в Англии в Лондоне в 1824 г. избрало специальную комиссию с целью исследования вопроса об изготовлении оптического стекла—флинтгласа. В комиссию вошли: Джон Гершель, Фарадей, Доллонд и Роже.

¹⁾ Henrivaux, p. 561.

²⁾ Henrivaux, p. 560.



Результатом работы этой комиссии явилось то, что она только подтвердила правильность метода Гинана. Фарадей, ведя исследование, изобрел новое стекло, получившее название «Faraday's heavy glass» (Фарадеево тяжелое стекло).

Состав его:

Protoxid of lead	104 части
Silicate of lead	24 »
Dry boratic oxid	25 »

ОПТОТЕХНИКА ВО ФРАНЦИИ.

Во Франции, независимо от школы Гинана - Фраунгофера, были произведены в области оптотехники следующие открытия:

В 1851 г. Маес (Maes) в Париже изобрел цинковый кронглас, содержащий окись цинка и буру (Bo-гах). Этот материал использовал оптик Шевалье (см. гл. VIII) для изготовления фотографических объективов.

В 1867 г. Лами (Lamy) в Париже изобрел тяжелый флинтглас с примесью талия. Удельный вес этого стекла 4,18, показатель преломления для луча D — $n_D = 1,673$ ¹⁾.

ОПТОТЕХНИКА В ГЕРМАНИИ.

Конец XIX г. столетия ознаменовался расцветом германской оптотехники.

В 1881 г. специалист по технической химии Отто Шотт (Schott) и приват-доцент Аббе начали свои работы по обследованию стекла, и уже в 1884 г. Шотту удалось найти такой состав стекла, благодаря которому оно стало индифферентным к различным изменениям температуры.

В 1886 г. образовалась фабрика «Glasstechnische Laboratorium Schott, Jena», главными участниками которой оказались Шотт, Аббе и Цейсс. Эта фабрика является в настоящее время первой в мире по выработке различных сортов стекол.

¹⁾ Rohr, S. 334.



Расцвет германской оптотехники, выразившийся в создании прекрасных микроскопов, биноклей, спектрометров, рефракторов, фотографических объективов и т. п., произошел, как это мы видели на протяжении всей истории оптики, именно благодаря опять таки новым сортам стекол, благодаря новому достижению в стеклоделении.

ЛЕТОПИСЬ ОТКРЫТИЙ ПО СТЕКЛОДЕЛИЮ В XVIII и XIX СТОЛЕТИЯХ.

- 1761 г. Русский академик Л а к с м а н впервые показал, что глауберова соль ($\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) может быть употреблена для приготовления стекла вместо соды. Это открытие имело огромное значение для России, обладающей огромным количеством этой соли в Сибири.
- 1781 г. Во Франции основывается первый хрустальный завод — Л а м б е р т о м, и, таким образом, кладется первый камень в выработку знаменитого французского свинцового хрусталя.
- 1806 г. И о с и ф У т ш н е й д е р основывает стеклянный завод оптических стекол. На нем впоследствии работают Г и н а н и Ф р а у н г о ф е р, открывшие флинтглас.
- 1810 г. Страсс в Вене изобретает искусственные самоцветные камни, носящие его имя.
- 1813 г. Г и н а н и Ф р а у н г о ф е р настолько совершенствуют флинтглас, что могут изготавливать большие рефракторы. Хорошее оптическое стекло им удается изготовить благодаря придуманному ими способу несколько раз промешивать стекло (5—8 раз в сутки).
- 1818 г. Д о б е р е й н е р применяет впервые б а р и т и с т р о н ц и а н для выработки стекла.
- 1830 г. Завод «Б а к к а р а» выпускает прессованное стекло.
- 1840 г. Д ю к е н применяет вальцовые машины к зеркалам.
- 1846 г. Б е с с е м е р изобретает способ приготовления оконного и зеркального стекла при помощи вальцовых машин.
- 1846 г. Ф а р т и н г делает первые попытки заменить выдувание стекла при помощи насосов
- 1856 г. Ф р и д р и х С и м е н с изобретает газовую печь для фабрикации стекла.
- 1860 г. П е л л а изобретает формы для бутылок, что упрощает их фабрикацию.
- 1868 г. Ф р и д р и х С и м е н с изобретает регенеративную печь с ваннойю.
- 1868 г. В е й с к о п ф изобретает стеклянную шерсть.



- 1877 г. Фридрих Сименс изобретает особое стекло, так называемое «прессованное стекло» (Presshartglas).
- 1884 г. Шотту удалось найти такой состав стекла, благодаря которому оно стало индифферентным к различным изменениям температуры.
- 1886 г. Аббе, Шотту и К. и Р. Цейссам удалось получить такой сорт стекла, который позволил им создать знаменитые «апохроматы» для микроскопов.
- 1886 г. Ашлей и Арнель конструируют машину, позволяющую изготавливать до 6000 бутылок в 10 часов.
- 1900 г. Павел Сиверт в Дрездене улучшает производство стеклянных изделий применением сжатого воздуха.
- 1903 г. Луберс изобретает автоматическое выдувание стекла.
- 1903 г. Цшимер изобретает особый сорт стекла, который пропускает ультрафиолетовые лучи. Это имеет огромное значение для фотографии в астрофизике и микроскопии.
- 1907 г. Оуэнс изобретает автоматическую машину, позволяющую изготавливать до 15.000 полулитровых пивных бутылок в 24 часа
-



ГЛАВА XV

ИСТОРИЯ РЕФЛЕКТОРА

РЕФЛЕКТОР ПОЯВЛЯЕТСЯ ПОЗДНЕЕ РЕФРАКТОРА.

Отражательные телескопы или «рефлекторы», не только на континенте, но и в Англии, родине этого типа астрономических приборов, вошли в употребление сравнительно поздно, больше чем через полвека (через шестьдесят лет) после изобретения зрительной трубы.

Принцип отражательного телескопа был высказан еще Мерсенном (1588—1648) в 1639 г.

«Он предложил проделать в параболическом вогнутом зеркале отверстие не шире зрачка и сквозь это отверстие смотреть во второе, значительно меньшее вогнутое зеркало; оба зеркала должны были помещаться в трубке с вычерненными стенками, для устранения боковых лучей. Декарт, которому он сообщил свой план, не ожидал ничего хорошего от подобного инструмента, и неблагоприятный отзыв авторитета заставил Мерсенна отказаться от своей мысли»¹⁾.

В 1663 г. Джемс Грегори (1638—1675) подробно описал в своей «*Optika promota*» устройство телескопа, несколько отличного от мерсенновского. Обычно описание устройства этого телескопа Грегори дается в учебниках физики. Грегори предложил рассматривать при помощи чечевицы изображение, производимое двумя зеркалами. Он исходил из того соображения, что обыкновенные трубы слишком длинны (во времена Грегори они доходили до 38 метров) и дают мало света.

На практике, однако, проект Грегори был осуществлен лишь в 1674 г.—Гуком, после того, как появился уже телескоп Ньютона²⁾.

¹⁾ Розенбергер. История физики, II, стр. 102.

²⁾ Даннеман. История естествознания, стр. 112.

ПЕРВЫЙ ЗЕРКАЛЬНЫЙ ТЕЛЕСКОП.

Первый зеркальный телескоп был изготовлен Ньютоном в 1668 г. Он был только 5 дюймов в длину. Крошечное зеркало — 2,5 см. (1 дюйм) в диаметре — приближало визируемые предметы в тридцать девять раз ¹⁾. Несмотря на такие крошечные размеры, при помощи этого телескопа были видны спутник Юпитера и фазы Венеры.

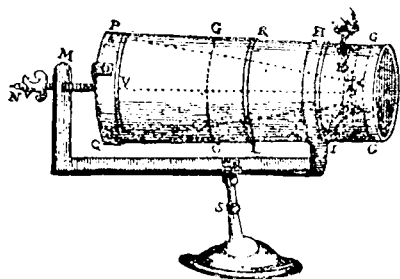


Рис. 45. Рефлектор Ньютона.

Несколько лет спустя Ньютон послал Королевскому Обществу второй инструмент уже больших размеров. Этот телескоп до сих пор хранится в библиотеке Королевского Общества в Лондоне. На нем имеется надпись ²⁾:

Invented by Sir Isaac Newton
and made with his own hands
1671.

ТЕЛЕСКОП ГАДЛЕЯ.

Следующий шаг в сторону увеличения размеров телескопа сделал Гадлей, когда он в 1721 г. представил Лондонскому Королевскому Обществу рефлектор в 6 футов длиной (отверстие зеркала было 15 см. / 6 дюймов). По своей компактности он был короче существовавших тогда рефлекторов на 37 метров слишком (123 фута) ³⁾.

¹⁾ Кларк. История астрономии в XIX стол, стр. 171.

²⁾ Даниелман. История естествознания, стр. 213.

³⁾ Сајори. History of physics, p. 104.

ТЕЛЕСКОП ОДЕРЖИВАЕТ ПОБЕДУ НАД РЕФРАКТОРОМ.

Окончательно отражательный телескоп одержал победу над рефрактором в XVIII в. лишь в руках Вильяма Гершеля (1738—1822).

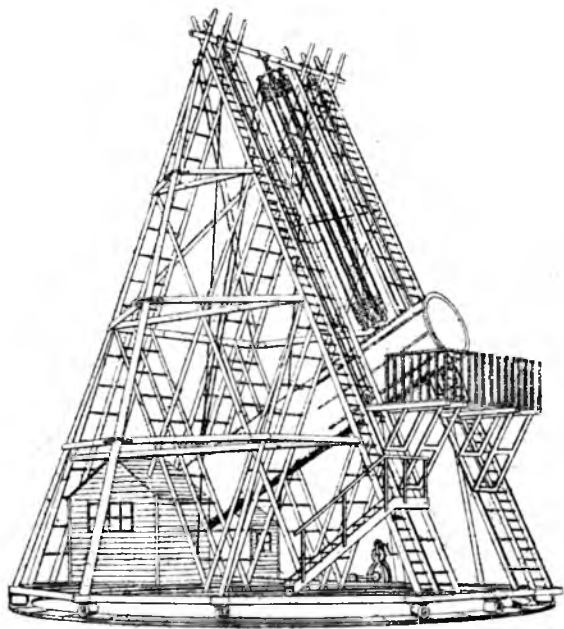


Рис. 16. Сорокадюймовый рефлектор Гершеля.

«Гершель первый выяснил, что сила рефлектора пропорциональна именно площади зеркала. Например, рефлектор, у которого зеркало в два раза больше в диаметре, чем зеркало другого рефлектора, собирает в четыре раза больше света и, сообразно с этим, может обнаружить небесный объект вчетверо слабейший, чем последние видимые объекты во второй рефлектор, или, что то же самое, позволяет видеть такие же объекты, но на удвоенном



расстоянии от нас. Иными словами, сила проникновения в пространство у первого телескопа в два раза больше, чем у второго. Большие зеркала, изготовленные Гершелем,—первые экземпляры гигантских инструментов новейших времен,—послужили именно орудиями для расширения пределов видимой вселенной, а величие такой конечной цели вызывало живой энтузиазм, одушевлявший Гершеля в его работах и приведший его к успеху»¹⁾.

На нашем рисунке мы видим исполинский телескоп В. Гершеля. Это предел, которого достиг Гершель после долголетнего упражнения в постройке все большего и большего зеркального телескопа²⁾.

Длина этого телескопа—39 английских футов (почти 12 метров), диаметр зеркала—4 фута (1,2 метра), его вес—2.500 английских фунтов (1.250 килограммов). Наблюдатель помещается на высоте 10 метров в особом ящике, движущемся вместе с телескопом на роликах, и смотрит прямо в зеркало.

Гершель, однако, редко прибегал к этому гиганту, так как колебания температуры в течение ночи вредно отражались на форме зеркала.

Преимущество этого телескопа стало очевидным, когда Гершель в 1789 г. открыл при помощи его двух спутников Сатурна. Вообще же, при помощи двух своих телескопов меньших размеров, Гершель сделал чрезвычайно много открытий: так, он первый увидел планету, которая теперь называется Ураном, и ее спутников; открыл огромное число двойных звезд (по каталогам 1782 г.—269, 1785 г.—434 дв. звезд), свыше 1.500 туманностей (по каталогу 1786 г.—1.000 туманностей, 1802 г.—500 новых туманностей); заметил движение в системах двойных звезд; определил направление и скорость движения Солнца и т. д.

¹⁾ Кларк. История астрономии в XIX ст., стр. 172.

²⁾ По словам самого Гершеля, он за 15 лет изготовил до 430 зеркал.

ДАЛЬНЕЙШИЙ РОСТ ТЕЛЕСКОПОВ.

Дальнейший рост телескопов можно видеть из приведенной ниже таблички:

Год.	Владелец обсерватории.	Система.	Фирма.	Отверстие. в дм. в мет	
1844	Лорд Росс.	Ньютона; зеркало металлическ.	Earl of Ross.	72	1,83
1876	Парижская обсерватория.	Ньютона; зеркало стеклянное.	Martin.	47	1,20
1888	Коммон.	Ньютона; зеркало стеклянное.	Common.	60	1,5
1918	Обсерватория на горе Вильсон.	Ньютона; зеркало стеклянное.	St.-Gobain.	100	2,5

СТЕКЛО И ЗДЕСЬ ОДЕРЖАЛО ПОБЕДУ.

Уже одного беглого взгляда на эту таблицу достаточно, чтобы заметить, как стекло и здесь осталось незаменимым материалом. Если в телескопе Гершеля и Росса зеркала еще металлические, то, начиная с 1876 г., эти зеркала делаются уже стеклянными. Опыт показал, что стеклянные зеркала менее тяжеловесны, легко монтируются и исправляются, а также менее поддаются прогибам.



ГЛАВА XVI

ИСТОРИЯ КРИСТАЛЛООПТИКИ

ПОЧЕМУ ОПТИКИ ОБРАТИЛИСЬ К МИНЕРАЛУ.

Вплоть до начала XX-го века, как мы видели, стекло оказывалось удивительным материалом, позволившим открыть законы преломления, явления дисперсии, интерференции, дифракции. В XIX-м веке к искусственному аморфному стеклу, в качестве материала для оптических исследований, присоединяется исландский шпат—бесцветный, прозрачный минерал.

Еще в XV—XVI веках, с развитием горного дела, появляются ученые, специально исследующие камни и земли. В 1550 г. Агрикола (1490—1555) дает в своей книге «De natura fossilium» первое систематическое описание минералов, характеризуя их по форме, цвету, блеску, твердости и спайности. Однако в этой книге, разумеется, ничего еще не говорится о световых свойствах кристаллов.

ПЕРВЫЕ ОТКРЫТИЯ ПО КРИСТАЛЛООПТИКЕ.

Впервые интересное свойство некоторых кристаллов—способность их производить двойное лучепреломление—описывает в 1669 г. Эразм Бартолин (1625—1698). Это явление Бартолин заметил на кристаллах исландского шпата.

Открытие Бартолина совпало с другим замечательным открытием датского ученого Стенона, который в сочинении «De solido intra solidum naturaliter contendo», вышедшем в 1669 г., говорит о постоянстве граничных углов в кристаллах некоторых минералов. Это явление, повидимому, Стенон открыл, наблюдая так называемое «приведение», довольно часто встречающееся в кристаллах горного хрусталя, когда в большом кристалле сидит кристалл меньших размеров, подобный первому.



Если к открытию Бартолина прибавить еще наблюдение Гюйгенса, что прошедший через исландский шпат луч обладает иногда новыми свойствами, т.-е., как мы сказали бы теперь, оказывается поляризованным, то этими двумя открытиями и исчерпывается все, что было известно о световых свойствах кристалла к началу XVIII в.

Гюйгенсу мы также обязаны первой теорией двойного лучепреломления.

ОТКРЫТИЯ ПО КРИСТАЛЛООПТИКЕ В XVIII В.

Восемнадцатый век, подобно семнадцатому, также небогат открытиями по кристаллооптике.

Вот хронологический перечень этих открытий:

В 1739 Дю-Фэ открывает, что кристаллы «правильной системы» не обладают свойством двойного лучепреломления. Много лет спустя после этого открытия, в 1776 г. Рошон строит из кристаллов исландского шпата призму, могущую служить, как поляризатор или микрометр.

В 1784 г. Гаяю (René-Juste Haüy, 1743—1822) открывает закон симметрии¹⁾.

По теории Гаяю строение и форма кристалла зависят только от формы и распределения составных его частичек.

В вышедшем в 1801 г. курсе минералогии — Гаяю («Traité de minéralogie», 1801 г.), в пяти томах, уже говорится, что явление двойного преломления имеет место во всех кристаллах, не принадлежащих к правильной системе.

Книга Гаяю открывает собой новую эпоху в истории минералогии. Чтобы составить себе некоторое понятие об обширности этого сочинения, достаточно сказать, что только одни геометрические теоремы, которые Гаяю счел нужным предпослать специальному описанию кристаллов, занимают в его сочинении полтора тома. Число рисунков в этом сочинении простирается до 1000²⁾.

¹⁾ Darmsleader. Handbuch zur Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik. 1908. S. 240.

²⁾ Encyclopaedia Britannica. Vol. XVI, p. 352.

³⁾ Уэвелль, История индуктивных наук СПб. 1867, т III, стр. 273.



Курс Гаюи облегчил физикам XIX-го ст. исследования по кристаллооптике.

Стекло, служившее в течение XVI—XVIII веков главным средством для оптических исследований, уже не удовлетворяло физика начала XIX-го века. Он искал новых явлений света в кристаллической среде.

ВАЖНЕЙШИЕ ОТКРЫТИЯ ПО КРИСТАЛЛООПТИКЕ В XIX СТ.

Почти все исследования по кристаллооптике XIX в. связаны либо с задачей разрешить природу света, либо с явлением поляризации света. Исследование хода лучей в кристаллах привело к торжеству теории волнения.

Первая четверть XIX-го века богата открытиями по кристаллооптике.

Вульстен (1804 г.), а затем Кордые (1809 г.) наблюдают явление дихроизма; несколько лет спустя Брюстер (1817 г.) — полихроизм, т. е. свойство кристалла не одинаково поглощать свет по различным направлениям.

В 1811 г. Малюс, открывший явление поляризации при отражении и преломлении, указывает оптический метод в определении оси минералов.

В том же году Араго впервые наблюдает явление хроматической поляризации — свойство кварца вращать плоскость поляризации, а Био (1817 г.) указывает, что это вращение может быть правое или левое, и что вращение зависит от цвета луча (длины волны), от толщины пластинки (1811 г.), и дает объяснение многих из этих явлений с точки зрения теории истечения.

Особенно много открытий в области кристаллооптики сделал Брюстер (Brewster, 1781—1868).

В 1813 г. он наблюдает фигуры, пропуская пучок лучей поляризованного света через пластинки, вырезанные перпендикулярно к оси одноосного и двуосного кристалла (напр., от рубиновой пластинки Брюстер получил в монохроматическом свете круг с черным крестом).



В 1815 г. искусственным сдавливанием стекла Брюстер получает явление двойного преломления и этим опытом обнаруживает причину явления двойного преломления в кристаллах.

В 1817 г. он открывает полихроизм, о котором мы уже говорили выше.

Наконец, в 1818 г. Брюстер, сдавливая кристалл, замечает изменение в двойном преломлении.

Брюстер стоял на точке зрения теории истечения, и даже в 1833 г., когда не оставалось уже ни одного физика, придерживающегося этой теории, он отказывается, по его выражению, «преклонить колена перед новым алтарем» и считает своей обязанностью «поддерживать храм, впервые выстроенный Ньютоном».

В одной из последующих глав мы узнаем, что в 1821 г. Френель в развитую им волновую теорию вводит идею о поперечности колебаний и дает свою формулу для скорости света в различных направлениях кристалла.

Используя формулу волновой поверхности двухосных кристаллов, английский математик Гамильтон в 1832 г. выводит, как следствие, явление конической рефракции. Через год после этого открытия Ллойд путем опыта обнаруживает справедливость этого вывода. Здесь мы имеем один из удивительных примеров в истории не только оптики, но и всей науки, когда путем одних вычислений предсказывается довольно странное явление оптики — «коническая рефракция». И опыт вполне подтверждает все эти выводы и вычисления.

В сороковых годах прошлого столетия теоретическая кристаллооптика, после работ Френеля, Гамильтона, Неймана и др., принимает вполне законченную форму и в течение всей второй половины XIX в. настолько выкристаллизовывается, что делается одной из лучших глав теоретической физики.



ГЛАВА XVII

ИСТОРИЯ СПЕКТРОСКОПИИ

СПЕКТРОСКОПИЯ В XVII и XVIII СТ.

Спектр Солнца был впервые получен Ньютоном в конце XVII ст. На протяжении всего XVIII века в области спектроскопии не было сделано ни одного открытия, если не считать опытов Клингенштиерна (Klingensjerna, 1698—1765), в 1750 г., которые показали, что Ньютон был неправ, думая, что устранение светорассеяния без уничтожения преломления невозможно. Клингенштиерна показал, что различные сорта стекол рассеивают свет неодинаково. Это открытие и позволило, как мы уже знаем, Доллонду в 1758 г. осуществить ахроматическую линзу (см. стр. 123).

ОТКРЫТИЕ «НЕВИДИМЫХ» ЛУЧЕЙ.

На пороге XIX-го века в области спектроскопии делаются два очень важных открытия, — область солнечного спектра расширяется в ту и другую сторону, а именно: в 1800 г. известный уже нам астроном В. Гершель путем опыта с термометрами открывает инфракрасную часть спектра — невидимые тепловые лучи, подчиняющиеся тем же законам отражения, преломления, интерференции и пр., как и световые, а в 1801 г. Риттер (1776—1870) обнаруживает при помощи хлористого серебра, что, помимо тепловых лучей, существуют другие, темные лучи, действующие химически, при чем особенно сильно проявляют свои химические свойства — ультрафиолетовые лучи, лежащие за фиолетовой частью солнечного спектра.

Наблюдение темных полос в солнечном спектре в 1802 г. Вульстоном (Wollaston, 1766—1828) — третье



замечательное открытие начала XIX-го века. Этот ученый, между прочим, первый заменил для получения солнечного луча от ставни круглую дырку Ньютона—щелью.

В мемуаре Вульстона, напечатанном в «Philos. Trans.»¹⁾, мы читаем между прочим: «в спектре, полученном от призмы, можно наблюдать четыре части, отделенные тремя черными линиями».

Однако на это открытие Вульстона как-то не обратили внимания. Поэтому, когда Фраунгофер (Fraunhofer, 1787—1826) в 1815 г. обнаружил темные полосы в спектре Солнца, это наблюдение было принято, как совершенно новое.

Свое открытие Фраунгофер описывает следующим образом:

«Если чрез узкую щель ставня пропустить солнечные лучи, на пути их поставить стеклянную призму и рассматривать спектр в трубу, то в нем видно бесчисленное множество более или менее резких поперечных линий и полосок различной ширины, которые темнее остального пространства. Распределение этих линий и полосок, повидимому, одно и то же при всех преломляющих средах (даже в призмах из исландского шпата), так что какая-нибудь полоска всегда является в синей части спектра, другая—всегда в красной и т. д.; отсюда легко узнать, с какою линией и полоскою имеем дело. Эти линии никак не составляют границ различных цветов спектра; почти всегда на обе стороны линии один и тот же цвет, переход от одного цвета к другому совершается незаметным образом»²⁾.

Эти темные линии спектра Фраунгофер назвал заглавными буквами алфавита: А, В, С, D, E, F, G, H.

В промежутке между В и H Фраунгофер насчитал 574 линии.

Эти линии Фраунгоферу удалось открыть благодаря тому, что он применил зрительную трубу (теодолит) для рассматривания спектра и при помощи круга измерял расстояния темных линий. Эти темные линии Фраунгофер мог занести на рисунок, который и был опубликован в мемуарах Мюнхенской Академии.

1) «Philos. Transactions», 1802, p. 378.

2) Мемуары Мюнхенской Академии 1814—15 г.



Фраунгофер также показал, что солнечный спектр можно получить с помощью изобретенной им диффракционной решетки. Как известно, солнечные лучи, проходя через узкую щель и прозрачные промежутки оптической сетки, отклоняются от центрального изображения щели пропорционально длине волн.

Это свойство сетки и позволило Фраунгоферу измерить длину волн темных линий спектра с большой точностью.

Имея под рукой лучшие оптические инструменты, Фраунгоферу удалось заметить, что спектры многих звезд отличны от спектра Солнца, а спектры планет гождественны солнечному.

Несмотря однако на то, что Фраунгофер очень много работал над спектром и темными линиями, он совершенно не касался вопроса о происхождении этих линий.

ОТКРЫТИЕ ФРАУНГОФЕРА ПРИВЛЕКАЕТ ВНИМАНИЕ ФИЗИКОВ.

Зато работы Фраунгофера вновь привлекли внимание физиков к солнечному спектру и спектру других тел.

Появился ряд работ по спектроскопии: Гершеля, Гальбота, Уиттстона, Брюстера и др.

Приводим в хронологическом порядке добытые этими учеными факты.

1822—1829 г.г. Джон Гершель описал спектры многих горящих тел.

1834 г. Тальбот после анализа спектров различных пламеней приходит к заключению, что оптический анализ дает возможность различать малейшие количества этих веществ с такою же точностью, как любой из известных способов¹⁾.

¹⁾ «Phil. Mag.», (3) IV. 1834.



1835 г. Уиттстон обнаруживает, что спектр от искр, проскакивающих между разными металлами, характеризует металл¹⁾.

ПРИЧИНА ТЕМНЫХ ЛИНИЙ В СПЕКТРЕ.

Еще в 1832 г. Брюстер (Brewster, 1781—1868) заметил, как темные линии солнечного спектра становятся почти незаметными, когда Солнце находится высоко на небе; они становятся шире вместе с приближением Солнца к горизонту²⁾.

Повидимому, это наблюдение и заставляет его в 1836 г. высказаться определенно, что причина темных полос—поглощение солнечных лучей земной атмосферой. Брюстер наблюдает также, что Фраунгоферовы линии можно воспроизвести в искусственном свете.

1836 г. 15-го мая этого года происходит солнечное затмение. Форбс, профессор Эдинбургского университета, предпринимает наблюдение спектра Солнца во время затмения, рассуждая следующим образом:

«Если загадочные темные линии действительно вызваны поглощением, то линии должны быть гуще, когда мы получим свет только от краев Солнца».

Форбс не наблюдал, однако, никакой разницы. Это приводит его к заключению, что «солнечная атмосфера не играет никакой роли в удивительном явлении линий».

Это заключение Форбса еще больше укрепило теорию Брюстера в сороковых и пятидесятых годах прошлого столетия.

В 1849 г. Фуко производит опыт, являющийся первым опытом «обращения» блестящих линий спектра в темные. Опыт его заключается в следующем. Он пропускал луч солнечного света сквозь вольтову дугу и наблюдал спектр. Спектр от его электрической дуги имел

¹⁾ Report of the British Association, 1835.

²⁾ D. Brewster. Observation on the lines of the solar spectrum. «Phil. Mag». Vol. 8, p. 384. 1836.



яркую желтую линию (вследствие присутствия натрия). От сочетания тех и других лучей (солнечного и луча от дуги) желтая линия стала заметно темней. Чтобы убедиться в этом еще лучше, Фуко, вместо лучей Солнца, сквозь Вольтову дугу пропускал отраженные зеркалом лучи от одного из углей электродов, раскаленных добела. В полученном спектре не хватало тех же лучей.

Фуко оставалось сделать один шаг, чтобы высказать закон, который известен в настоящее время под именем закона Кирхгофа; Фуко удовлетворился, однако, только выводом, что вольтова дуга способна задерживать те же лучи света, которые испускает сама ¹⁾.

В 1858 г. Плюккер первый замечает, что по спектру в Гейслеровых трубках можно узнать тот газ, который наполняет трубку.

Как мы видим, к моменту появления в свет труда Кирхгофа по спектроскопии в 1859 г. (о нем мы сейчас будем говорить) было накоплено очень много фактов. К приведенным выше следует прибавить еще, что Беккерель и Дрэпер сделали еще в 1842 г. фотографию солнечного спектра; Бунзен, произведя много исследований различных частей солнечного спектра, установил в 1857 году понятие о коэффициенте поглощения и т. д.

ЗАКОН КИРХГОФА.

Однако, только Кирхгофу обязана наука открытием того объединяющего начала, так называемого закона Кирхгофа, который обеспечил спектроскопу столь широкое применение в науке.

Предприняв вместе с Бунзеном спектральные наблюдения над пламенем бунзеновской горелки, в

¹⁾ L. Foucault. Note sur la lumière de l'arc voltaïque. «L'Institut» (Journal), 1849, p. 45.



которую введена какая-нибудь соль, Кирхгоф, повидимому, хотел решить вопрос, являются ли желтые линии D паров натрия—характерными лишь для него одного.

Когда Кирхгоф ввел в пламя бунзеновской горелки поваренную соль, он заметил в его спектре чрезвычайно яркие желтые линии. После этого он произвел три опыта, которые он описывает следующим образом ¹⁾:

«Я отбросил на экран солнечный спектр, предварительно пропустив лучи через сильное натронное пламя. Если солнечный свет был достаточно ослаблен, то в спектре на месте темных линий появлялись две блестящие, если же солнечный свет был усилен до некоторого предела, то обе темные линии казались значительно резче, чем без пламени»... (1-й опыт).

«Если в спектре Друммондова света после продолжительного накаливания известкового цилиндра достаточно уже ослабели обычные две желтые линии, то спиртовое натронное пламя, помещенное между цилиндром и щелью, действует так, что на месте блестящих линий появляются две темные, тонкие линии, совпадающие с линиями солнечного спектра. Таким способом, пишет—Кирхгоф,—были искусственно воспроизведены две очень тонкие темные линии D солнечного спектра—в том спектре, в котором при естественных условиях их нет» (2-й опыт).

Желая окончательно решить вопрос, от чего же зависит появление темных линий, Кирхгоф произвел следующий, третий опыт:

«Если ввести в пламя горелки хлористый литий, то в спектре появляется довольно яркая, красная, резко очерченная линия, как-раз посреди между Фраунгоферовыми линиями В и С.

Если через это пламя пропустить пучок солнечных лучей умеренной яркости, то в солнечном спектре в вышеуказанном месте (посредине между В и С) появляется светлая линия на темном фоне, а при более сильной их яркости там появляется темная линия такого же характера, как и Фраунгоферовы линии...

Итак, темные линии солнечного спектра, которые не обуславливаются поглощением солнечных лучей в земной атмосфере, — пишет Кирхгоф,—происходят от присутствия в раскаленной светящейся солнечной атмосфере именно тех веществ, которые в спектре пламени произвели бы на том же самом месте блестящие линии»...

Эти три основных опыта окончательно показали, где искать причину Фраунгоферовых линий. При своих

¹⁾ G. Kirchhoff, Ueber die Fraunhoferschen Linien. «Pogg. Ann.», CIX, SS. 142--150. (1860).



опытах Кирхгоф заметил, что для получения в спектре Друммондова света темных линий D необходимо брать натронное пламя с низкой температурой. Пламя спирта при этом пригодно, с пламенем Бунзеновой горелки—опыт не удавался

Через несколько недель после опубликования своих опытов с Бунзеном, Кирхгоф представил в Берлинскую Академию Наук статью, в которой и был изложен основной закон спектроскопии:

«Каждое тело поглощает при данной температуре те лучи, которые при той же температуре оно само испускает, и притом так, что отношение излучательной способности к поглощательной у всех тел для лучей одной и той же длины волны, при одной и той же температуре—одно и то же: оно равно излучательной способности абсолютно черного тела и есть функция длины волны и температуры»¹⁾.

В присланной статье Кирхгоф очень подробно останавливается на причинах темных линий солнечного спектра.

СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ.

Ценность открытого Бунзеном и Кирхгофом спектрального анализа очень хорошо видна из прилагаемой здесь таблички, в которой дан список тех химических элементов, которые были открыты при помощи спектрального анализа:

1860 г.	Бунзен	открывает	цезий.
»	»	»	рубидий.
1862 г.	Крукс	»	талий.
1863 г.	Рейх и Реттер	»	индий.
1875 г.	Лекок и Буабодран	открывает	галий.
1895 г.	Рамзай	открывает	гелий.
1898 г.	»	»	неон, криптон и ксенон.

¹⁾ G. Kirchhoff. Ueber den Zusammenhang zwischen Emission und Absorption von Licht und Wärme. «Monatsber. d. Berl. Akad.» (1859), SS. 783—787.



Благодаря разгадке Фраунгоферовых линий спектральный анализ дал возможность говорить о составе небесных тел, о расстоянии их (метод Адамса 1917 г.), о температуре, структуре их движений и т. д., т. е. о таких вещах, о которых до появления этого метода нельзя было даже мечтать.

СПЕКТРОСКОП СТАНОВИТСЯ ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫМ ОРУДИЕМ ИССЛЕДОВАНИЯ.

Но этого мало. Спектроскоп оказался орудием исследования не одной только физики. Уже в первые годы после работ Кирхгофа и Бунзена спектроскопом начали пользоваться не только физики, химики или астрономы. В руках биолога, техника, судебного следователя и др. этот в высшей степени чувствительный метод получил множество применений.

Астрономы: Хёггинс, Секки, Фуко, Ланглей, Локиэр, Жансен и др., пользуясь новым методом, делают множество открытий по астрономии. Создается особая наука—астрофизика, изложение истории которой не составляет, однако, задачу настоящей книжки.

Развитию спектроскопии за последние годы способствовали три изобретения: болометр, фотография и вогнутая сетка Роуланда,

РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЭНЕРГИИ В СПЕКТРЕ.

Болометр позволил Ланглеку измерить распределение энергии в солнечном спектре, вольтовой дуги и др. источников света.

Вопрос о распределении энергии в спектре привел к замечательным законам лучеиспускания Стефана, Вина и Планка, а вместе с этим—к новым взглядам на природу света—к квантовой теории.

Не менее замечателен спектроскоп Роуланда или «вогнутая решетка». При помощи нее Роуланд изготовил атлас солнечного спектра длиной в 20 метров.



Составленная Роуландом таблица длин волн для 20.000 Фраунгоферовых линий—замечательное событие в истории спектроскопии.

СТЕКЛО ПРОДОЛЖАЕТ ОБОГАЩАТЬ НАУКУ.

Если бы мы в заключение попробовали теперь еще раз окинуть взглядом начерченную нами историю спектроскопии, то мы увидели бы здесь исключительную, незаменимую роль, которую сыграло стекло.

Досточно вспомнить о работах Ньютона (стеклянная призма), Фраунгофера, Кирхгофа (спектроскоп), Хеггинса (рефрактор и спектроскоп) и т. д.

И здесь очень часто только хорошие качества оптического стекла и искусство мастера-оптика позволяли разрешить поставленную наукой задачу.

ЛЕТОПИСЬ ОТКРЫТИЙ ПО СПЕКТРОСКОПИИ.

- 1648 г. Маркус Марций наблюдает впервые разложение луча призмой.
- 1670 г. Ньютон при помощи стеклянной призмы разлагает луч на составные цвета и получает спектр.
- 1704 г. Ньютон развивает теорию радуги.
- 1800 г. Вульстон и Гершель (одновременно) наблюдают путем термометра, что, кроме видимой части спектра, есть еще невидимая, лежащая за красной.
- 1801 г. Риттер обнаруживает при помощи хлористого серебра, что, помимо видимых и темных тепловых лучей, есть еще другие темные лучи, действующие химически.
- 1802 г. Вульстон впервые наблюдает темные полосы в спектре Солнца.
- 1821 г. Фраунгофер применяет дифракционный спектр (от решетки) для измерения длины волны различных лучей. Этот метод в дальнейшем разрабатывается Ангстрёмом (1869 г., Роуландом (1882 г.), Корню (1885 г.), Беллем (1887 г.), Курлбаумом (1888 г.), Рёзерфордом (1896 г.) и др.
- 1823 г. Фраунгофер наблюдает спектр Сириуса и других звезд и обнаруживает у них такие же темные линии, как и у солнечного спектра.
- 1823 г. Фраунгофер конструирует спектрофотометр для измерения относительной яркости различных частей спектра.



- 1829 г. Коши дает формулу дисперсии.
- 1830 г. Тальбот описывает спектры различных окрашенных пламеней и указывает, что «оптический метод дает возможность обнаружить присутствие этих веществ (стронция, лития) с такой же точностью, как и всякий другой метод».
- 1855 г. Уиттстон заставляет проскакивать искру между двумя шариками из различных металлов и обнаруживает, что эта искра характерна для каждого металла.
- 1836 г. Форбс наблюдает спектр Солнца во время затмения, желая выяснить причину темных полос.
- 1842 г. Джон Гершель публикует результаты своих исследований над печатанием при помощи железных солей
- 1842 г. Дрэпер открывает темные линии в инфракрасной части спектра Солнца.
- 1849 г. Фукс производит впервые обращение темных и светлых спектральных линий (опыт с вольтовой дугой).
- 1837 г. Бунзен вводит понятие «коэффициент поглощения».
- 1857 г. Бунзен производит измерение многочисленных коэффициентов поглощения.
- 1859 г. Уже Гершель, Тальбот, Брюстер, Уиттстон и др. наблюдали явление поглощения спектральных линий, однако только Бунзен и Кирхгоф формулировали закон, что всякое парообразное вещество имеет особый спектр, и что этот спектр может служить для спектрального анализа.
- 1859 г. Кирхгоф и Бунзен дают основы современного спектрального анализа.
- 1860 г. Амичи строит прибор—«спектроскоп прямого зрения», разлагающий луч на цвета, но не отклоняющий его в сторону.
- 1860 г. Брюстер и Гладстон отмечают в солнечном спектре больше 8000 линий.
- 1860 г. Кирхгоф и Бунзен при помощи спектрального анализа открывают химические элементы, которые получают название «цезий» и рубидий».
- 1862 г. Мичерлих (Mitscherlich) указывает, что всякое соединение имеет свой особый спектр.
- 1864 г. Маскар (Mascard) получил фотографию ультрафиолетовой части спектра (продолжил работу Дрэпера).
- 1864 г. Хэггинс наблюдает спектры всех известных в то время химических элементов.
- 1865 г. Плюккер и Гитторф обнаруживают, что один и тот же элемент может при различных условиях иметь разные спектры.
- 1865 г. Рёзерфорд (Rutherford) строит спектроскоп, комбинируя две флинтстальные и три кронстальные призмы в одну.



- 1866 г. Ангстрём (Anders Jonas Ångström) измеряет длину волн Фраунгоферовых линий в десятичных долях миллиметра, (единица Ангстрёма Å).
- 1868 г. Ангстрём получает очень большой солнечный спектр с абсолютным обозначением длины волн.
- 1868 г. Хэггинс (William Huggins) прилагает принцип Доплера (1842 г.) впервые для определения движения неподвижных звезд и определяет, что Сириус движется со скоростью 48 килом. в секунду прочь от Земли.
- 1870 г. Фирордт (Vierordt) строит спектрофотометр.
- 1877 г. Глан (Glan) конструирует спектрофотометр.
- 1879 г. Абней фотографирует инфракрасную часть спектра с помощью особенной эмульсии.
- 1881 г. Корню издает атлас солнечного спектра.
- 1885 г. Бальмер (Balmer) дает формулу для серии линий водорода.
- 1885 г. Кеттелер дает теорию и формулу для дисперсии.
- 1886 г. Ланглей изучает спектры (распределение энергии) различных искусственных тепловых источников.
- 1887 г. Колячек дает впервые электромагнитную теорию аномальной дисперсии.
- 1888 г. Кайзер и Рунге (Kayser und Runge) производят обширные исследования по вопросу серий спектральных линий.
- 1890 г. Ломмель получает фотографию инфракрасной части спектра.
- 1890 г. Ридберг (Rydberg) дает формулу для серии спектральных линий.
- 1891 г. Липман получает цветную фотографию спектра на пластинках собственного изобретения.
- 1900 г. Ланглей при помощи болометра изучает солнечный спектр (распределение энергии).
-



ГЛАВА XVIII.

ИСТОРИЯ ФОТОГРАФИИ И ФОТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЪЕКТИВА.

ИСТОРИЯ КАМЕРЫ-ОБСКУРЫ.

Современный фотографический аппарат развился из так называемой камеры-обскуры (camera obscura), известной еще в XV в. Между прочим, в одной из рукописей Леонардо да Винчи (1452—1519) говорится следующее:

«Опыт дает возможность констатировать присутствие изображения предметов во всякой точке воздуха, находящейся перед нами: в наглухо

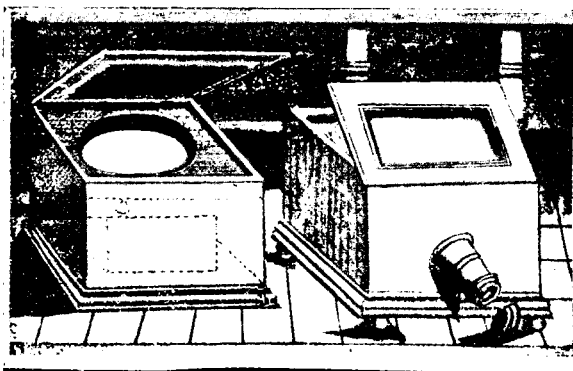


Рис. 46. Камера-обскура XVI в.

закрытом внутреннем ставне просверлите маленькую дырочку, и вы увидите на стене темной комнаты обратное изображение наружных предметов; умножая число маленьких дырочек, вы умножите количество изображений»¹⁾.

¹⁾ С е а й л ь. Леонардо да Винчи, как художник и ученый. СПб. 1898, стр. 119.



Таким образом, во времена Леонардо да Винчи было уже известно свойство маленьких отверстий давать изображения на стене в темной комнате.

Следует, однако, заметить, что еще Аристотелю было известно, как с помощью малаго отверстия можно получить изображение солнца, и что во время неполного солнечного затмения получается серповидное изображение. Явление получения изображения чрез малые отверстия описано также в сочинении «De sinibus, chordis et arcibus» еврейского математика Леви бен Герсона (1321 г.) раньше Леонардо да Винчи. Описание камеры-обскуры с линзой встречается впервые у Баптиста делла Порта в его сочинении «*Magia Naturalis*»¹⁾:

«Надлежит закрыть все окна так, чтобы не осталось ни одной щели, чрез которую мог бы проникнуть свет, который все бы испортил. Но в одном из ставней надо сделать отверстие в пядень длиною и шириною, закрыть плотно тонкою доскою, свинцовою или медною, и в доске той сделать круглую дырочку в мизинец диаметром. Против дырочки поместить белую стенку, или бумагу, или повесить белого полотна. Тогда все предметы, освещенные солнцем, какие находятся и движутся вне, на улице, представятся на стене, бумаге или полотне, как антиподы (вверх ногами), и что с правой стороны, то налево. Чем дальше от дырочки, тем изображение больше».

Описывая это явление, Порта добавляет:

«Теперь сообщу вам то, о чем доселе молчал и думал, что должен молчать («*Nunc autem annuntiabo, quod adhuc semper tacui, tacendumque putavi*). Если поместить у отверстия чечевицеобразное стекло («*si crystallinam lentem foramini oppones*»), то все изображение будет отчетливее, увидишь и лица людей проходящих, платья, цвета, движения, все как-будто было бы вблизи. Зрелище так приятно, что видевшие не могли довольно удивиться».

Книга Баптиста делла Порта написана в 1570 г. Таким образом, больше чем 350 лет прошло с тех пор, как изобретен фотографический аппарат, однако самый процесс фотографирования появился лишь в середине XIX-го столетия.

Описывая свой прибор, Порта указывает, что «совсем не умеющий рисовать может сделать изображение

¹⁾ «*Magia Naturalis*». Lib. XVII, cap. VI.

предмета или человека», обводя контуры полученного на бумаге изображения.

Это свойство камеры-обскуры и использовывалось в XVII, XVIII и даже XIX ст. для рисования ландшафтов и так называемых «силуэтов» ¹⁾.

ФОТОГРАФИРОВАНИЕ СИЛУЭТОВ.

Ко времени увлечения силуэтами как-раз было известно уже свойство азотно-кислого серебра и хлористого серебра чернеть при действии света. Об этом свойстве

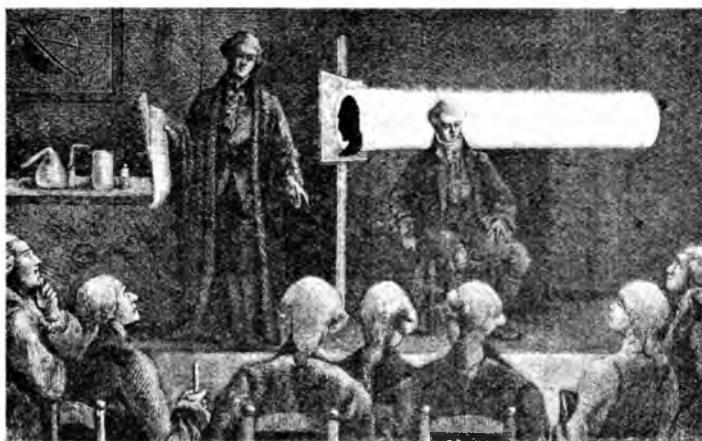


Рис. 47. Фотографирование силуэтов по способу Велдживуда в конце XVIII столетия.

хлористого серебра упоминают Альберт Великий (1280 г.), Глаубер (1658 г.), Бойль (1660 г.) и др. Мы уже говорили в предыдущей главе, что шведскому химику

¹⁾ Слово «силуэт» имеет довольно любопытное происхождение. Оно происходит от фамилии министра Этьена Силуэта (1709—1767), отличавшегося чрезвычайною скупостью. Именем этого министра стали называть все мишурно ничтожное и дешевое, между прочим и нового рода «портреты» (portraits à la Silhouette) (см. Энци. Слов. Брокгауза и Ефрона, т. 29а, стр. 886).



Шееле принадлежит честь открытия ультрафиолетовой части спектра на основании этого свойства хлористого серебра.

В 1802 году известный керамист Веджвуд (Josiah Wedgwood, 1730—1795) опубликовал способ получения силуэтов и отпечатков листьев растений и пр. на бумаге, пропитанной раствором азотно-кислого серебра. Закрепить изображения, однако, Веджвуду не удавалось. Это удалось сделать Джону Гершелю (John Herschel, 1792—1871). В 1819 году он открывает свойство серноватисто-кислого натрия (гипосульфит) растворять хлористое серебро и таким образом закреплять и делать неизменяемыми фотографические снимки.

ДАГЕРР и НИЭПС.

Так обстояло дело до работ Даггерра и Ниэпса, которых собственно и нужно считать изобретателями светописы. Они сразу подвинули дело фотографирования. При посредстве оптика Шевалье, Даггерр и Ниэпс в 1829 году соединились вместе и после восьмилетней

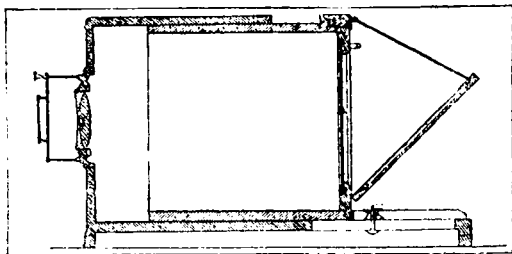


Рис. 48. Фотографический аппарат времен Даггерра.

работы настолько усовершенствовали свой способ, что могли уже обратиться к французскому правительству с предложением продать свой секрет.

10 августа 1839 г. Французская Академия обнародовала способ Даггерра. Масса любителей с интересом набросилась на новый способ получения портретов и ландшафтов—на способ светописы, получивший название дагерротипии..



На нашем рисунке дан в проекции фотографический аппарат Даггерра. Необходимо заметить, что к 1839 г. фотографический объектив далеко ушел от тех аппаратов, которые служили для силуэтов в конце XVIII в., и принял уже довольно совершенную форму. Еще в 1812 г. английскому физику Вульстону (William Hyde Wollaston, 1766—1828) удалось построить объектив, представляющий собой собирающий мениск (серпообразной формы). Этот объектив был замечателен тем, что, будучи обращен своей вогнутой стороной к ландшафту, давал довольно ясное изображение для значительного поля зрения (60°)

Затем около 1820 г. французский оптик Шевалье, который, как мы уже сказали, сыграл роль посредника в сближении Даггерра и Ниэпса, построил ахроматическую ландшафтную линзу.

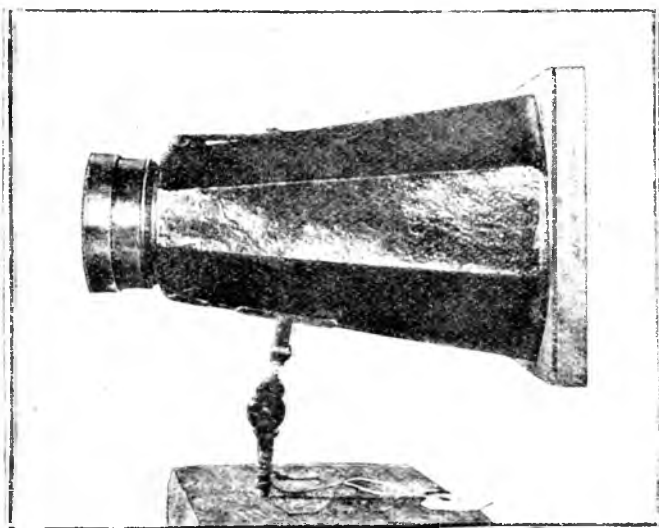


Рис. 49. Фотографич. аппарат Петцваля с его портретным объективом.

На нашей схеме аппарата Даггерра в качестве объектива служит линза Шевалье, состоящая из двух стекол—флинтгласового (двояковогнутого) и кронгласового



(двояковыпуклого). Поле зрения этого объекта не велико. К моменту обнародования дагерротипии (1839 г.) Шевалье построил универсальный объектив, представляющий собой систему двух ахроматических линз ¹⁾.

Когда же к началу пятидесятых годов был открыт светосильный портретный объектив Петцвалем (1807--1891), дагерротипия достигла полного расцвета, так что экспозиция, длившаяся прежде до 20 минут, теперь сократилась до нескольких секунд.

ДАГЕРРОТИПИЯ.

В чем же заключался процесс дагерротипии, обнародованный в 1829 г. Французской Академией Наук?

Способ этот основан на разложении иодистого или бромистого серебра от действия света. Серебряная или тщательно посеребренная пластинка после хорошей полировки подвергается в темноте действию паров иода в течение от $\frac{1}{2}$ до 3 минут. На пластинке получается тонкий слой золотисто-желтого цвета. Затем в кассете пластинка переносится в камеру-обскуру и подвергается действию света, воспринимая желаемое изображение. Далее пластинка подвергается действию паров ртути, и получается, таким образом, позитивное изображение предмета. Пластинка «закрепляется» в растворе серноватисто-кислого натрия для удаления неразложившегося иодистого и бромистого серебра. Для придания прочности изображению, промытую пластинку обливают раствором хлористого золота и нагревают ее. Промыв и высушив пластинку, получают готовый дагерротип ²⁾.

Дагерротипные рисунки довольно тусклы, блестят почти как зеркало; сами изображения симметричны по отношению к оригиналу (как в зеркале). Копировать и размножать снимки при дагерротипии невозможно.

¹⁾ Rong. Photographische Objektiv, S. 98.

²⁾ Менделеев. Энци. Слов. Брокгауза и Ефрона, т. 19, стр. 25.



ПЕЧАТАНИЕ НА БУМАГЕ.

В том же году, как было опубликовано изобретение Дагерра и Ниэпса, англичанин Тальбот (1780—1877) опубликовал в журнале Royal Society способ получения негатива на бумаге, пропитанной серебром.

Тальбот получил негатив на бумаге, пропитанной солями серебра. Далее под такой негатив он подкладывал такую же бумагу и получал позитив. Таким образом, Тальботу фотография обязана тем, что стало возможным получать неограниченное количество копий.

Негативный процесс еще больше приблизился к современному, когда Ниэпс де Сен-Виктор (племянник изобретателя Ниэпса) применяет в 1848 г. для получения негатива стекло, покрывая последнее яичным белком (альбумином), содержащим иодистый калий. Чтобы сделать пластинки светочувствительными, их погружали в раствор азотно-кислого серебра, превращавшийся в пластинке в иодистое серебро.

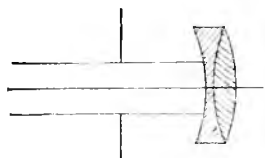
МОКРЫЙ «КОЛЛОДИЙНЫЙ ПРОЦЕСС».

В 1851 г. Арчер (Archer) в Лондоне заменил белок коллодием, ввел проявление пирогалловой кислотой и создал, таким образом, «мокрый коллодийный процесс». Приготовленные по способу Арчера пластинки годны только, пока они мокрые.

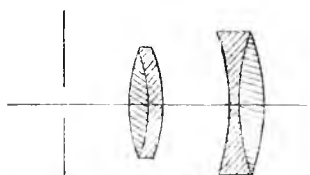
Первые сухие пластинки появились в 1862 г., когда Руссель открыл в таннине свойство сохранять чувствительность пластинки. Однако, его способ не привился. Большой успех имел способ врача Маддокса (R. L. Maddox), фотографировавшего на броможелатиновой эмульсии.

СУХОЙ БРОМО-ЖЕЛАТИННЫЙ ПРОЦЕСС.

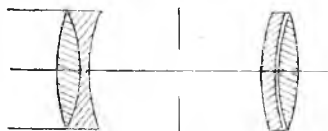
Когда в 1878 г. Беккет открыл, что желатиновая эмульсия продолжительным нагреванием до 32°С увеличивает свою чувствительность, по крайней мере, в



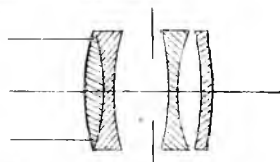
**АХРОМАТИЧЕСКАЯ
ЛАНДШАФТНАЯ ЛИНЗА**
ок. 1820 г.



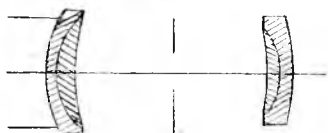
**УНИВЕРСАЛЬНЫЙ ОБЪЕКТИВ
ШЕВАЛЬЕ 1839 г.**



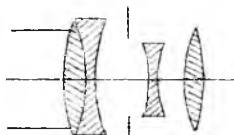
**ПОРТРЕТНЫЙ ОБЪЕКТИВ
ПЕТЦВАЛЯ 1840 г.**



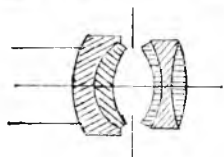
**ЛАНДШАФТНЫЙ ОБЪЕКТИВ
ПЕТЦВАЛЯ 1840 г.**



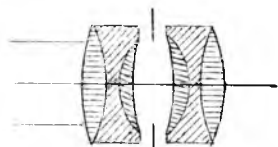
АПЛАНАТ ШТЕЙНГЕЙЛЯ
1864 г.



**АНТИПЛАНЕТ
ШТЕЙНГЕЙЛЯ 1881 г.**



**ПЯТИЛИНЗОВЫЙ
АНАСТИГМАТ - ДУБЛЕТ
РУДОЛЬФА 1890 г.**



**ДВОЙНОЙ АНАСТИГМАТ
ГЕГА 1893 г.
(Фирма Герца)**

Рис. 50. История фотографического объектива.



4—10 раз, то это произвело полный переворот в фотографии. Коллодный процесс должен был уступить так называемому сухому бромо-желатинному процессу, которому и обязана фотография своим развитием.

ОБЪЕКТИВЫ ПЕТЦВАЛЯ И ШТЕЙНГЕЙЛЯ.

Параллельно с развитием процесса фотографирования совершенствовался и объектив.

Как мы уже сказали, в 1840 г. Петцваль осуществил портретный объектив огромной светосилы. В 1856 г. Петцваль конструирует ландшафтный объектив с большим углом зрения. Этот объектив получил название ортоскопа.

Вплоть до начала семидесятых годов объективы Петцваля были единственные, применявшиеся фотографами-специалистами.

Огромным событием в истории объектива было появление апланата Штейнгейля в 1864 г.—фотографического объектива, обладающего малой сферической аберрацией и большим полем зрения (60°), и затем в 1881 г.—антипланата (тоже Штейнгейля).

ПРОИЗВОДСТВО ОПТИЧЕСКОГО СТЕКЛА ВЛИЯЕТ НА ИСТОРИЮ ОБЪЕКТИВА.

В истории фотографического объектива, так же, как в истории всей оптики, сыграла огромную роль история стекла.

Достаточно привести несколько примеров.

В 1891 г. с появлением стекла NO. 1209 (каталог Шотта), являющегося самым тяжелым бариево-симметричным кронгласом ($n_D - 1,6112$), стало возможным осуществить, а затем и усовершенствовать анастигмат, вычисленный в 1890 г. Рудольфом.

С появлением стекол, имеющих при одном и том же показателе преломления различные коэффициенты дисперсии и обратно, представилась возможность получить особые ахроматические системы.



В постройке объективов впереди всех стоит сейчас фирма Цейсса, где совершенство оптических приборов объясняется, как мы уже говорили (см. главу XIII), главным образом, тем, что к производству оптического стекла были применены методы научного исследования.

ЛЕТОПИСЬ ОТКРЫТИЙ ПО ФОТОГРАФИИ И ФОТОГРАФИЧЕСКОМУ ОБЪЕКТИВУ.

- 1321 г. Еврейский писатель Леви бен-Герсон впервые описывает в книге «De sinibus, chordis et arcibus» камеру-обскуру, т.е. приблизительно за 200 лет до Леонардо да Винчи, которому приписывали это открытие. Принцип камеры-обскуры известен был еще Аристотелю.
- 1505 г. Леонардо да Винчи известно свойство камеры-обскуры.
- 1556 г. Алхимик Фабриций наблюдает впервые почернение хлористого серебра под влиянием солнечных лучей.
- 1558 г. Порта улучшает камеру-обскуру путем выпуклой линзы и впервые сравнивает строение и действие глаза с камерой-обскурой.
- 1725 г. Русский канцлер и фельдмаршал граф Бестужев открывает чувствительность железных солей к свету.
- 1737 г. Жан Гелло пользуется азотнокислым серебром, как симпатическими чернилами, и заставляет написанные слова почернеть при солнечном свете.
- 1757 г. Беккария впервые производит печатание силуэтов на бумаге, пропитанной хлором и серебром.
- 1770 г. Шелле описывает влияние солнечных лучей спектра на хлористое серебро и показывает, что фиолетовые лучи действуют сильнее всего.
- 1802 г. Дэви получает изображение от микроскопа на бумаге, пропитанной хлористым серебром, но ему не удается закрепить полученные рисунки.
- 1802 г. Томас Веджвуд делает отпечатки предметов, например, листьев растений, на бумаге, пропитанной азотнокислым серебром, но не может их закрепить.
- 1812 г. Вульстон (William Hyde Wollaston) построил объектив, представляющий собой собирательный мениск. Этому объективу Вульстон дал название «перископ».
- 1811 г. Дэви открывает светочувствительность иодистого серебра.
- 1816 г. Ниэпс систематически обследует целый ряд тел по отношению к свету, как-то: смолы, асфальт и т. п. 9-го мая он получает первые карточки на асфальтовых пластинках.



- 1820 г. Джон Гершель открывает, что серноватисто-кислый натрий обладает свойством закреплять прлученные на хлористо-серебряной бумаге снимки. Это дает ему возможность получать грубые белые изображения листьев, мхов на буром фоне.
- 1826 г. Балард открывает, что чувствительность особенно сильна у бромистого натрия, бромистого калия и бромистого серебра.
- 1829 г. Ниэпс и Дагерр соединяются для дальнейшего усовершенствования «гелиографического процесса».
- 1839 г. Ниэпс умер в 1833 г. К 1837 г. Дагерр добился получения «скрытых» изображений на иодисто-серебряных пластинках, которые он закрепляет серноватисто-кислым нагримем. Французское правительство купило это изобретение, и с 1839 г. «дагерротипия» стала всеобщим достоянием.
- 1839 г. Шевалье (Ch. Chevalier) строит так называемый ландшафтный объектив, состоящий из плоско-выпуклого флинтгласа и двояко-вогнутого кронгласа.
- 1839 г. Англичанин Тальбот получает негативы на бумаге, пропитанной солями серебра. Далее под негатив он подкладывает такую бумагу для получения позитива. Главная заслуга Тальбота — возможность получать неограниченное количество копий.
- 1840 г. Петцваль (G. Petzval) осуществляет — при помощи мастерской Фойхтлендера — портретный объектив, обладающий огромной светосилой. Этот объектив очень скоро получает большое распространение.
- 1843 г. Физо (H. L. Fizeau) вводит в дагерротипию золочение.
- 1848 г. Эдмонду Беккерелю удается получить фотографически окрашенный спектр Солнца с Фраунгоферовыми линиями.
- 1848 г. Племянник изобретателя Ниэпса — Ниэпс де Сен-Виктор применяет для получения негатива стекло, покрывая последнее яичным белком — альбумином.
- 1848 г. Бланкар-Эврар первый изготавливает альбуминовую бумагу.
- 1850 г. Пуагевен вводит желатину в фотографию.
- 1851 г. Арчер (Archer) заменяет белок коллодием, вводит проявление пирогалловой кислотой и создает, таким образом, мокрый коллодийный процесс.
- 1852 г. Тальбот открывает свойство желатины, содержащей двухромистый калий, делаться нерастворимой под влиянием освещения.
- 1856 г. Петцваль конструирует ландшафтный объектив с большим углом зрения. Этот объектив получил название «юртоскопа».
- 1857 г. Грубб (Thomas Grubb) строит ландшафтную линзу, составленную из крон- и флинткового мениска. Свое стекло Грубб назвал «апланатом» (свободным от сферической аберрации).



- 1859 г. Крукс применяет ленту магния для фотографирования.
- 1860 г. Гаррисон (Harrison) изобретает шаровидную линзу («glob lens»), состоящую из двух ахроматических менисков, которые вместе образуют шар.
- 1860 г. Долмейер (J. H. Dollmeyer) конструирует триплет—тройную ахроматическую линзу.
- 1862 г. Руссель открывает в таннине свойство сохранять чувствительность пластинки и благодаря этому впервые prepares чувствительные к свету «сухие пластинки», Его способ не привился.
- 1864 г. Штейнгейль (Hugo Adolf von Steinheil) изобрел путем вычислений апланат—фотографический объектив, обладающий сферической абберацией и большим полем зрения (60°). В том же году Штейнгейль изобретает апланатическую лупу.
- 1864 г. Штейнгейль изобретает «апланат», позволяющий снимать без исправлений.
- 1871 г. Врач Маддокс впервые фотографирует на бромо-желатиновой эмульсии.
- 1880 г. Абнею удается сфотографировать ультрафиолетовую часть спектра.
- 1881 г. Штейнгейль строит объектив, который он назвал «антипланатом».
- 1890 г. Люмьер пускает в продажу фотографические ленты (фильмы).
- 1890 г. Рудольф (Paul Rudolph) изготовляет из нового иенского стекла «цейссовский анастигмат».
- 1892 г. Сотрудник фирмы Герца—Гэг (E. Noegh) строит двойной анастигмат. Каждые две половины нового объектива состоят из двояко-вогнутого слабого флинтгласа и двояко-выпуклого сильного кронгласа.
- 1893 г. Фирма «Штейнгейль С-вья» выпускает на рынок объектив «ортостигмат».



ГЛАВА XIX

СВЕТОВЫЕ ТЕОРИИ В XIX ВЕКЕ.

ТЕОРИЯ ПО СВЕТУ В НАЧАЛЕ XIX СТ.

В первые годы XIX-го столетия продолжает господствовать теория истечения, защищаемая великим именем Ньютона, о сущности которой мы говорили в восьмой главе.

Мы указывали там, что Эйлер и Ломоносов были единственными физиками XVIII в., которые указали на некоторые противоречия в этой теории, однако, прошло много десятков лет, прежде чем начались новые нападения на теорию истечения.

Одно из первых и очень сильных нападений на эту теорию было сделано на самой родине ее автора Ньютона и исходило от Юнга (Young, 1773—1829). Известное Ньютону и Гуку явление цветов тонких пластинок Юнг объяснил, с точки зрения волновой теории, соединенным действием лучей и назвал это явление интерференцией.

Принцип интерференции Юнг выразил следующими словами: «Когда две волны различного происхождения распространяются в одинаковом или почти одинаковом направлении, то совместное действие их состоит в соединении движений, соответствующих каждой из них в отдельности».

Движения, результатом которых является свет, по мнению Юнга, происходят в эфире, наполняющем собой вселенную.

Волновой теорией Юнг объясняет и диффракцию, открытую еще Гримальди (см. стр. 62).

Свой принцип интерференции Юнг распространяет на тепловые и химические лучи. При этом ему удается



показать на опыте, что принцип интерференции распространяется на так называемые «химические лучи», обнаруженные впервые Шееле.

Различие цветов и различие тепловых и световых лучей Юнг объясняет неодинаковой частотой колебаний эфира.

Идеи Юнга не встретили, однако, сочувствия у современников, отчасти потому, что эта теория не давала объяснения явления поляризации, которое тогда, вследствие новых открытий, особенно интересовало физиков, отчасти потому, что эмиссионная теория была слишком хорошо приспособлена ко всем известным явлениям света. Волновая же теория требовала еще обработки и в той форме, в какой предложил ее Юнг, оказывалась неудовлетворительной.

Вскоре к явлениям света, открытым до начала XIX-го столетия, присоединились еще новые.

ОТКРЫТИЕ МАЛЮСА.

Малюс (E.-L. Malus, 1775—1812) в 1808 г. делает открытие, что луч света, при отражении от поверхности стекла, приобретает то же свойство, какое сообщает ему кусок исландского шпата,—т.е. оказывается поляризованным.

Малюс открыл это явление следующим образом. Однажды вечером, рассматривая сквозь кристалл исландского шпата отражение заходящего солнца от окон Люксембургского дворца (этот дворец находился против его квартиры), Малюс заметил, что кристалл вместо двух обычных изображений дает только один солнечный образ. Так как скоро наступила ночь, то он продолжал опыт с горящей свечой, заставляя ее свет отражаться от зеркала. Оказалось, что при известных условиях шпат давал только одно изображение, а если два, то не одинаковой яркости. Мы говорим теперь, что зеркало здесь было поляризатором, а турмалин — анализатором.

Так как, с точки зрения теории Ньютона, явление, происходившее в исландском шпате, можно было



объяснить тем, что луч обладает «различными свойствами с боков», то поэтому Малюс назвал это явление поляризацией, рассматривая эти бока луча, как полюсы.

Этот термин «поляризация луча» удержался в науке, несмотря на то, что вскоре физики отбросили теорию истечений.

В 1811 г. Малюсу удалось установить закон открытого им явления,—закон, носящий его имя. Ему удалось также открыть явление поляризации при простом преломлении и изобрести метод, при помощи которого поляризованный луч мог служить для определения направления оси в кристаллических веществах.

ОТКРЫТИЯ В ДВАДЦАТЫХ ГОДАХ XIX СТ.

Работы Малюса нашли отклик в кругах французских и английских физиков, и многим из них удалось открыть новые явления.

Вот хронологический перечень этих открытий:

В 1811 г. Араго открывает хроматическую поляризацию. В том же году он обнаруживает свойство кварца вращать плоскость поляризации.

В следующем году (1812 г.) Араго открывает явление интерференции поляризованного света, затем Бекер обнаруживает у «тепловых лучей» свойство поляризоваться.

В 1817 г. Био изучает явление вращения плоскости поляризации и открывает, что это вращение зависит от длины волны. В том же году Брюстер открывает явление эллиптической поляризации, теория которой была развита лишь в 1826 г. Нейманом.

В таком состоянии находилась оптика, когда выступил со своей новой теорией света Августин Френель (1788 — 1827).

Как мы видим, теория света этой эпохи должна была суметь объяснить множество явлений. Помимо явлений отражения, преломления, интерференции, диффракции, надо было суметь объяснить теперь поляризацию.



ПОЧЕМУ ТЕОРИЯ НЬЮТОНА ТАК ДОЛГО ТОРЖЕСТВОВАЛА.

Многим физикам начала XIX-го века казалось, что материальная теория Ньютона особенно подходит для объяснения явлений отражения, преломления и диффракции. Здесь как бы проявлялся все тот же закон всемирного тяготения.

В руках Био теория истечения была развита настолько полно, что даже в 1826 г. Био мог писать: «в настоящее время (1826 г.) теория истечения находится вне сомнений».

Био имел право писать так потому, что, несмотря на все поправки к теории истечения, она все-таки довольно удовлетворительно объясняла все известные в то время явления света.

Не так обстояло дело с теорией волнения Гюйгенса и Гука, новым защитником которой вместе с Юнгом явился Френель. Пользуясь представлениями Гюйгенса и Юнга о продольности колебаний, никак нельзя было объяснить явление поляризации и явление двойного преломления света. Только Френелю удалось преодолеть все эти трудности. В руках этого ученого теория волнения претерпела дальнейшую эволюцию. Френель удачно соединил многие идеи Гюйгенса и Юнга, а именно «принцип интерференции» соединил с «принципом Гюйгенса» (см. стр. 67). Юнг представлял себе интерференцию, как взаимодействие лучей; Френель выводил ее из комбинации элементарных волн. С точки зрения Френеля, освещение всякой точки экрана — результат бесконечно многих освещений, так как все точки поверхности волны являются центром новых колебаний (принцип Гюйгенса).

Такая точка зрения облегчила Френелю выяснение кажущихся противоречий между прямолинейным распространением света и его отклонением (диффракцией).

Согласно теории Ньютона, уклон лучей при минувании краев экрана или прохождении через малые от-



версия происходит вследствие действия притягательных и отталкивательных сил, которые должны существовать между частицами светящейся материи в луче и краями экранов.

Однако, все последующие опыты вскоре показали, что изгиб световых лучей увеличивается всегда с уменьшением экранов и отверстий, и что характер дифракционных полос и относительное их распределение зависят от формы краев экрана и цвета лучей, но несколько не зависят от вещества экрана.

ФРЕНЕЛЬ УСТРАНЯЕТ ВОЗНИКШИЕ ПРОТИВОРЕЧИЯ.

Все эти противоречия и устранил Френель, дав верное объяснение диффракции с точки зрения теории волнения в своем знаменитом мемуаре, премированном Парижской Академией Наук в 1819 г.

Эту новую свою теорию Френель начал разрабатывать еще с 1815 г. и затем на протяжении всей своей жизни давал все новые и новые мемуары, развивая все больше и больше свои идеи по объяснению световых явлений.

Вот хронологический перечень достигнутых им результатов.

В 1815 г. Френель дает объяснение явления диффракции с точки зрения волновой теории.


В следующем году Френель производит свой знаменитый опыт с зеркалами и вместе с Араго открывает явление интерференции поляризованных лучей.

И, наконец, около 1821 г. становится на точку зрения поперечности колебаний эфира.

К сожалению, Френель умер очень рано, на сороковом году своей жизни.

ДАЛЬНЕЙШАЯ ИСТОРИЯ ТЕОРИИ ИСТЕЧЕНИЯ.

Последователи Френеля работали над исправлением и усовершенствованием его теории. Старались объяснить, какое отношение имеет эфир к материи, почему свет разлагается призмой и пр.



Это было сделано Коши в 1829 г.

Коши представлял себе эфир, как упругую среду, состоящую из мельчайших частиц, и нашел определенную связь между коэффициентом преломления и цветом лучей.

Благодаря работам Коши и открытиям Фраунгофера, Гамильтона, и др. волновая теория одержала, наконец, верх над эмиссионной и в сороковых годах XIX-го столетия надолго укрепилась в науке.

Фехнер в своем курсе физики 1832 («Repertorium der Physik», В. II, S. 345) уже говорит:

«Теория волнения, благодаря Френелю, начинает настолько приобретать перевес над теорией истечения и объясняет так заманчиво просто явления, которые были до сих пор необъяснимы или объяснялись с натяжками, что знакомство с нею становится необходимостью для всякого, кто хочет составить себе основательное понятие об учении о свете и в особенности о столь интереснейших и удивительных явлениях поляризации».

РЕШИТЕЛЬНЫЙ УДАР ДЛЯ ТЕОРИИ ИСТЕЧЕНИЯ.

В 1849 г. Физо измерил скорость света. Он получил эту скорость равной $315000 \frac{\text{км.}}{\text{сек.}}$

Окончательный удар эмиссионной теории был нанесен Фуко, который измерил скорость света в воздухе и воде (1854) и показал, что свет распространяется в воде медленнее, чем в воздухе. А это как-раз противоречило теории истечения.

Метод Физо по определению скорости света повторили Корню (1874 г. и 1878 г.), далее Михельсон (1878 г.) и др.

С утверждением волновой теории света сроднились две на первый взгляд как-будто далеких области физики—учение о теплоте и учение о свете. «Тепловые» и световые лучи оказались по существу явлениями одного и того же рода—волнением эфира.

В пятидесятых годах произошло дальнейшее объединение явлений физики. Физики, жившие в начале второй половины XIX-го века, были свидетелями двух замечательных обобщений:



В период 1842—1847 г.г., благодаря трудам Майера, Джауля, Гирна, Ленца и Гельмгольца, установившим закон сохранения энергии, в науке укрепляется взгляд на единство всех явлений природы. Это было первое из двух чрезвычайно плодотворных обобщений XIX века.

Заметим, что связь магнетизма и электричества была установлена еще в 1820—1831 г.г.—Эрстедом, Араго, Ампером и Фарадеем; Фарадею же мы обязаны тем, что была установлена связь между двумя классами явлений: магнетизмом и светом. В 1845 г. Фарадей произвел свой знаменитый опыт «намагничивания света». Это открытие Фарадея отчасти подготовило другое замечательное обобщение, сделанное Максвеллом: электромагнитную теорию света. Мемуар по электромагнитной теории света был опубликован Максвеллом в 1871 г.

Из электромагнитной теории света вытекают два замечательных следствия:

1. Путем комбинаций проводников, электрических цепей и пр. можно осуществить искусственно источник электромагнитных волн, длина которых будет больше длины волн «тепловых лучей», т.-е., иначе говоря, можно создать «вибратор».

2. Электромагнитные волны, а, следовательно, и световые волны, при падении на поверхность, должны оказывать на нее давление.

Первое из этих следствий обнаружил на опыте Герц (1857—1894), второе—русский физик П. Н. Лебедев (1866—1911).

После этих опытных подтверждений электромагнитной теории света не могло быть никакого сомнения в том, что мы близки к истинной картине природы света, и что оптика—только «глава в учении об электричестве».

Однако, новые открытия показали скоро, что и это замечательное обобщение—не последнее слово в истории световых теорий.



ОТКРЫТИЯ ПО ОПТИКЕ В XIX-м ВЕКЕ.

В начале этой главы мы говорили, что на пороге XIX-го века господствовала теория истечения — Ньютона. Примерно около 1850 г. укрепляется теория волнения (после опыта Фуко в 1854 г.). Наконец, к концу XIX-го века (после опыта Гертца) эта теория в свою очередь заменяется электромагнитной теорией света.

Помимо этих смен световых теорий, XIX-й век богат также открытиями новых явлений. По богатству открытий этот век несравним со своими предшественниками.

В предыдущих главах мы говорили уже об успехах спектроскопии, изложили истории фотографии и кристаллооптики. XIX-й характеризуется также открытием целого ряда «новых лучей», вначале чрезвычайно загадочных. Еще в XVIII-м веке Гершель обнаружил «тепловые лучи». В 1801 г. Рихтер (1776—1810) обнаруживает при помощи хлористого серебра, что, помимо световых и темных—«тепловых лучей» Гершеля, есть еще другие невидимые лучи, действующие химически. Эти невидимые лучи для физиков начала XIX-го века казались таким же «чудом», как для физиков XX-го века—лучи радия и лучи Рентгена.

Изучение свойств невидимых лучей в высокой степени способствовало укреплению теории волнения, историю которой мы только что изложили.

Конец XIX-го века ознаменовался открытием еще более сенсационных лучей, чем лучи инфракрасные или химические лучи. В 1895 г. Рентген (Röntgen, 1845—1923) открывает «лучи», получившие в настоящее время множество приложений и в медицине, и в технике, и в самой физике. Лучи Рентгена оказались лучами, имеющими очень короткую длину волны. Это удалось установить особенно точно уже Фомму в 1896 г. Он нашел, что длина волны рентгеновского луча заходит далеко за пределы ультрафиолетовой части спектра. По



Фомму, наибольшая длина волны рентгеновского луча равна 0,000014 мм. Другие типы лучей—«катодные», «каналовые», «лучи радия» и пр.—сыграли огромную роль скорее в развитии наших представлений об электричестве, чем в учении о свете, и потому изложение истории этих открытий заставило бы нас далеко уклониться от нашей темы.

То же самое можно сказать об интереснейшем явлении Зеемана (1896 г.), которое получило, наконец, свое объяснение благодаря электронной теории Г. А. Лоренца.

Огромные изменения в представлениях физиков на природу света произвели, однако, не эти явления, требующие часто очень тонких установок и наличия чрезвычайно чувствительных приборов.

Переворот в воззрениях на свет принесло с собой явление, которое мы наблюдаем на каждом шагу,—явление термического лучеиспускания.

ЗАКОНЫ ЛУЧЕИСПУСКАНИЯ.

Явлением лучеиспускания физики заинтересовались в связи с изучением спектров и явления поглощения лучей. Правда, в самом начале XIX-го века Лесли (1766—1832) изучает зависимость лучеиспускания тел (1804 г.) от характера поверхности и окраски, но затем, вплоть до установления закона сохранения энергии, этот вопрос почти никого не интересует. Только Меллони в 1831 г. производит опыты по лучистой теплоте.

Между тем, в связи с законом сохранения энергии, у физиков скоро возникает вопрос об общей энергии лучеиспускания.

В 1859 г. Кирхгофу удалось установить замечательный закон о постоянстве отношения между лучеиспускающей и поглощательной способностями тела для лучей одной и той же длины (цвета).



Кирхгофу же принадлежит идея «абсолютно черного тела». Постоянное отношение между лучеиспускательной (e) и поглощательной способностями (a) тел оказалось равным как раз энергии лучеиспускания абсолютно черного тела той же длины волны (E) (т.-е. $\frac{e}{a} = E$).

Через 20 лет после того как был установлен Кирхгофом его закон, Стефан (1835—1903) открывает на опыте другой замечательный закон, согласно которому «общая энергия лучеиспускания возрастает пропорционально четвертой степени абсолютной температуры» ($U = a \cdot T^4$).

В 1884 г. Больцман (1844—1906) выводит этот закон теоретически—для абсолютно черного тела на основании второго принципа термодинамики.

Однако, это достижение не удовлетворило физиков. Была поставлена задача найти функцию E в соотношении, полученном Кирхгофом,

$$e = E \cdot a,$$

где E есть лучеиспускательная способность абсолютно черного тела для данных лучей—функция длины волны и температуры, e —испускаемая способность лучей определенной длины (цвета), a —поглощательная способность лучей той же длины (цвета).

Для решения этой задачи физики пошли двумя путями. Одни из них, как, например, Христиансен (1884 г.), Луммер и Пригсгейм (1848 г.) и др., старались на опыте осуществить абсолютно черное тело и найти искомую функцию E .

Другие пытались вывести ее теоретически.

Первый, пытавшийся теоретически определить вид этой функции, был русский физик В. А. Михельсон (проф. С.-Х. Академии им. Тимирязева в Москве). В этом его бессмертная заслуга перед наукой.

Однако, наиболее интересных результатов при разработке вопроса лучеиспускания получил немецкий физик—Планк.



Приспосабливая свою теорию к тому, что говорит опыт, Планк и пришел, наконец, к тем представлениям, которые составляют сущность так называемой квантовой теории света.

Разработка этой теории составляет предмет занятий многих современных физиков в наши дни и потому не может входить в задачу истории физики. Заметим только, что эта новая теория—«теория квант»—находится в полном «резонансе» с электронной теорией; теория Планка и др. исследователей объяснила законы фотоэлектрических явлений, полученных на опыте, явления в спектрах рентгеновских лучей, которые совершенно непонятны с точки зрения эфира и пр. В особенности огромную услугу оказала теория квант—Бору при создании им теории строения атомов.

НОВАЯ ОБЛАСТЬ ТЕХНИКИ.

Наш очерк исследований по оптике в XIX-м веке был бы неполным, если бы мы ничего не сказали о работах светотехников.

Как известно, начало XIX-го века ознаменовалось открытием нового источника света—газового освещения.

Впервые светильным газом был освещен завод Уатта в Англии в 1802 г. Изобретателем нового источника света является английский рабочий—Мурдох (1754—1830).

Что касается задачи электрического освещения, то она разрешена главным образом русскими техниками и изобретателями. Так называемая «вольтова дуга», которой мы пользуемся теперь и в качестве источника света, освещая улицы, и в качестве источника тепла на заводах, получена впервые русским ученым Вас. Влад. Петровым в 1803 г. (Дэви получил «дугу» в 1813 г.). Точно так же другой русский изобретатель—А. Н. Ладыгин осуществил электрическую лампочку и применил ее на практике за много лет до Эдиссона.



Эдиссон, как значится в летописях западной науки, впервые применил свои лампочки накаливания на практике, осветив пароход «Колумбия». Это было в 1880 г.

А. Н. Ладыгин уже в 1873 г. демонстрировал свои угольные электрические лампочки, а в 1874 г. он уже освещал электрическим светом Галерную гавань в Петербурге (ныне Ленинграде).

К сожалению, однако, западная наука ничего не знала об опытах В. В. Петрова, и вряд ли она обратила внимание на опыты А. Н. Ладыгина.

Особенно больших успехов достигла световая техника в XX-м веке. Но изложение истории оптики и ее приложений в XX-м веке не входит в задачу настоящей книжки.

ЛЕТОПИСЬ ОТКРЫТИЙ ПО ОПТИКЕ В XIX-м ВЕКЕ ¹⁾.

- 1801 г. Гауи (Hauy) устанавливает, что двойное лучепреломление имеет место во всех кристаллах, за исключением кристаллов правильной формы.
- 1801 г. Юнг открывает «астигматизм» глаза.
- 1801 г. Юнг в своем докладе на заседании Лондонского Об-ва 12-го ноября развивает волновую теорию света. Он вводит термин «интерференция света» и на основании этого явления впервые измеряет длину волн различных цветовых лучей.
- 1802 г. Мурдох впервые осуществляет газовое освещение на заводе Уатта.
- 1802 г. Вульстон изобретает новый способ определения показателя преломления—при помощи явления полного внутреннего отражения.
- 1803 г. В. В. Петров впервые осуществляет электрический свет при помощи «вольтовой дуги» (термин «дуга» введен Дэви в 1813 г.).
- 1804 г. Вульстон наблюдает дихроизм.
- 1804 г. Лесли исследует лучеиспускание различных тел и открывает качественные законы этого явления.
- 1807 г. Юнг впервые указывает, что на основании волновой теории «тепловые лучи» отличаются от световых лишь длиной волны.
- 1808 г. Малуэ открывает явление поляризации света через отражение.
- 1811 г. Драго наблюдает вращение плоскости поляризации в кварце.

¹⁾ Эта летопись должна быть пополнена летописями на стр. 127, 155 и 166.

- 1812 г. Бекар открывает поляризацию тепловых лучей через отражение.
- 1812 г. Араго открывает явление хроматической поляризации.
- 1813 г. Дэви наблюдает явление «вольтовой дуги» (см. 1803).
- 1815 г. Брюстер устанавливает, что явление двойного преломления можно получить от некристаллического вещества путем механического воздействия—сжатия.
- 1815 г. Дэви открывает, что и жидкость может вращать плоскость поляризации.
- 1815 г. Дэви изобретает лампу для рудокопов.
- 1816 г. Френель производит свой знаменитый опыт с зеркалами, обрѣзанными углом, близкий к 180° («зеркала Френеля»).
- 1816 г. Араго и Френель открывают явления интерференции поляризованного луча.
- 1817 г. Брюстер наблюдает эллиптическую поляризацию.
- 1819 г. Френель объясняет явление прямолинейного распространения света при помощи интерференции и «зон».
- 1821 г. Френель вводит в теорию волнения идею поперечности колебаний частиц эфира.
- 1822 г. Араго и Френель изобретают особые фонари для маяков.
- 1826 г. Френель наблюдает явление интерференции при помощи бипризмы («бипризма Френеля»).
- 1828 г. Николь конструирует свою призму для наблюдения явлений поляризации света.
- 1829 г. Коши развивает строгую волновую теорию света и дает формулу по дисперсии света, носящую его имя.
- 1832 г. Гамильтон теоретически предсказывает явление «конической рефракции».
- 1838 г. Уитстон изобретает стереоскоп.
- 1841 г. Мозер изготовляет впервые карточки для стереоскопа.
- 1842 г. Допплер устанавливает принцип, носящий его имя.
- 1845 г. Фарадей наблюдает вращение плоскости поляризации в магнитном поле («намагничивание света»).
- 1847 г. Физо впервые измеряет длины волн ультракрасных лучей.
- 1847 г. Физо и Фуко впервые наблюдают интерференцию тепловых лучей.
- 1847 г. Солейль строит сахариметр.
- 1849 г. Физо изобретает установку для измерения скорости света и получает число для скорости света, близкое к тому, какое получил Рёмер.
- 1849 г. Якоби (8-го августа) производит опыт с вольтовой дугой в широком масштабе и освещает электрическим светом одну из площадей Петербурга.
- 1851 г. Гельмгольц изобретает глазное зеркало.

- 1851 г. Бунзен изобретает фотометр, в котором используется свойство масляного пятна.
- 1852 г. Стокс вводит термин «флуоресценция» и впервые делает ультрафиолетовую часть видимой.
- 1854 г. Фуко производит измерение скорости света в воде и достигнутыми результатами наносит удар теории истечения.
- 1854 г. Гельмгольц изобретает телестереоскоп.
- 1861 г. Максвелл развивает теорию о синтезе цветов при помощи трех основных цветов и высказывает идею о цветном фотографировании при помощи трех цветов.
- 1864 г. Максвелл выводит основные уравнения электродинамики.
- 1869 г. Альберт изобретает печатание при помощи света.
- 1871 г. Корню, несколько видоизменив метод Физо, вновь определяет скорость света.
- 1871 г. Максвелл развивает электромагнитную теорию света.
- 1873 г. Лодыгин изобретает угольную лампочку накаливания.
- 1873 г. Максвелл вычисляет величину давления света.
- 1876 г. Керр открывает явление, носящее его имя.
- 1877 г. 13-го октября Яблочков впервые освещает при помощи изобретенных им «свечей» Парижскую Оперу.
- 1879 г. Эдиссон берет патент на свою электрическую лампочку с угольной нитью.
- 1879 г. Гефнер-Альтенек изобретает дифференциальную дуговую лампу. Такими лампами впервые в том же году был освещен пассаж в Берлине.
- 1879 г. Стефан устанавливает закон лучеиспускания, носящий его имя.
- 1882 г. Г. А. Лоренц развивает электронную теорию электрических, магнитных и оптических явлений.
- 1884 г. Больцман выводит закон Стефана из второго принципа термодинамики.
- 1885 г. Ауэр изобретает горелку, носящую его имя.
- 1886 г. Михельсон и Морлей определяют скорость света в текучей воде и определяют степень «смещения эфира».
- 1887 г. Герц осуществляет на опыте электромагнитные волны, предсказанные электромагнитной теорией света.
- 1888 г. Герц при помощи стоячих электромагнитных волн измеряет их длину.
- 1889 г. Кельвин строит теорию эфира.
- 1893 г. Вин (Wien) устанавливает «Закон смещения» относительно спектра.
- 1895 г. П. Н. Лебедев получает очень короткие электромагнитные волны.
- 1895 г. Рентген открывает «X-лучи» и свойство их ионизировать воздух.

- 1896 г. Беккерель открывает новые лучи.
- 1896 г. Зееман открывает явление, носящее его имя.
- 1897 г. Моор (Moore) изобретает новый источник света («свет Моора»).
- 1898 г. Супруги Кюри открывают новый элемент—«радий».
- 1898 г. Нернст изобретает лампу, носящую его имя.
- 1899 г. Дж. Дж. Томсон наблюдает поглощение рентгеновских лучей.
- 1900 г. П. Н. Лебедев на опыте наблюдает давление света.
- 1900 г. Планк дает формулу для лучеиспускания абсолютно черного тела.
- 1900 г. Рубенс и Пашен подтверждают формулу Планка на опыте.
-

УКАЗАТЕЛЬ ИМЕН

- Аббе 87—89, 90, 135.
Абней 157, 168.
Агрикола 101—104, 143.
Адамс 128.
Азу 95.
Альберт Великий 160.
Альхазен 33, 34, 45.
Амичи 90, 156.
Анаксагор 45.
Ангстрем 157.
Араго 95, 171, 173, 180, 181.
Аристотель 13, 22, 45.
Армати 36, 38.
Арнель 110.
Архенгольд 99.
Архимед 33, 45, 93.
Арчер 164, 167.
Ауэр 182.
Ашлей 109, 137.
- Баккара 100.
Баллард 167.
Бальмер 157.
Бартолин 73, 143.
Бацци 83.
Бекар 181.
Беккариа 128.
Беккерель, Эдмонд 167.
Бессель 95.
Бессемер 136.
Бестужев 127.
Био 171, 172.
Бицалия 44.
Бланкар-Эввар 167.
Бойль 72, 160.
Больцман 178, 182.
Бонтан 17, 109, 133.
Борелли 72.
- Борель 77, 78.
Брадлей 95, 122, 127.
Бриани 44.
Брюж 42.
Брюкке 90.
Брюстер 145—146, 150, 171, 181.
Буабодран 153.
Буге 125—128.
Бунзен 151, 156, 181.
Бэкон, Рожер 34, 35, 46.
- Васко да Гама 38.
Веджевуд 161.
Вейскопф 136.
Венгам 87.
Вивиани 54, 55.
Вин 154, 182.
Витрувий 45.
Вульстон (Wolleston) 147 —
148, 155, 162, 180.
- Гадлей 139.
Галилей 47, 53, 71, 74, 78—83.
Гамильтон 146, 181.
Гаррисон 168.
Гаскойнь 94, 98.
Гаусс 99.
Гаюи 144.
Гелло 127.
Гельмгольц 181.
Гераклид 45.
Герон 21, 45.
Герсон 46, 159.
Гертель 89, 95.
Гертц 175—176.
Герц 168.
Гершель, Вильям 129, 140—
142, 149.

- Гершель, Джон 134, 149, 156, 161.
 Гефнер-Альтенек 182.
 Глан 157.
 Глаубер 160.
 Гинан, Генрих 133.
 Гинан, Петр 97, 131—134, 136.
 Гоутон 127.
 Грегори 138.
 Гримальди 55, 61—63, 66.
 Гук 52, 66, 72, 85—86, 89, 98, 121, 138.
 Гюйгенс 43, 47, 55, 60, 66—71, 73, 85, 96, 121, 130, 144, 172.
 Дагерр 161—162, 164, 167.
 Деви, см. Дэви.
 Декарт 47, 55—57, 60—61, 72, 76, 89, 138.
 Делиль 127.
 Демисциан (Демисцианус) 71, 89.
 Дивини 89.
 Диоскорид 44.
 Доберейнер 136.
 Доллонд 86, 96, 98, 123—125.
 Допплер 181.
 Дрэпер 151, 156.
 Дюкен 136.
 Дю-Фэ 128, 144.
 Дэви 181.
 Евклид 21—23, 33, 45.
 Зигмонди 88, 90.
 Зидентоф 88, 90.
 Зеeman 177, 182.
 Кавальери 72.
 Кайзер 157.
 Какерэ 30, 44.
 Кампани 72, 98.
 Каранжо 129.
 Кардан 43.
 Келлер 90.
 Кельвин (лорд) 182.
 Кеплер 55—58, 71, 72, 82, 85, 91, 98.
 Керр 181.
 Кеттелер 157.
 Кирхгоф 151—153.
 Кирхер 73.
 Кларк (отец) 97.
 Кларк (сын) 97, 98.
 Клеомед 45.
 Клингенстьерна 128, 147.
 Коляцек 157.
 Коммон 142.
 Кордые 145.
 Коши 142.
 Крукс 153, 168.
 Кузанский, Николай 37.
 Кук 97.
 Кункель 47—49, 52, 104, 112.
 Кюри (супруги) 183.
 Лаксман 136.
 Лаланд 127.
 Ламберт 125—126, 128, 136.
 Лами 135.
 Ланглей 154, 157.
 Лебедев, П. Н. 175, 183.
 Леви бен Герсон, см. Герсон.
 Лекок 153.
 Леонардо да Винчи 43, 46, 158—159, 166.
 Лесли 177, 180.
 Липман 157.
 Липперсгей 71, 74—77.
 Ллойд 146.
 Лодыгин, А. Н. 170, 182.
 Локиер 154.
 Ломмель 157.
 Ломансов, М. В. 122—123, 128.
 Лоренц, Г. А. 177, 182.
 Луберс 137.
 Луммер 178.
 Люмьер 168.
 Маддокс 164, 168.
 Маёс 135.
 Максвелл 175, 182.
 Малюс 170—171, 180.

- Манзель 47, 52.
 Мариотт 73.
 Маркус Марций 72, 155.
 Маскар 156.
 Мейер 128.
 Меллони 177.
 Меньян 72.
 Мерсенн 138.
 Мерц 97.
 Меций 75—77.
 Мечерлих 177.
 Мозер 181.
 Моор (Moore) 183.

 Негу 47, 48, 51, 52.
 Нейман 146.
 Николай Кузанский, см. Ку-
 занский.
 Николь 181.
 Ньепс (старший) 161--162, 164.
 Ньепс (младший) 164.
 Ньютон 47, 48, 53, 55, 63—
 66, 72—73, 121, 122, 127,
 138—139, 147, 155, 169, 172,
 176.

 Оуэнс 110, 137.

 Пакстон 119.
 Пелла 108, 136.
 Петров, В. В. 180.
 Петроний 18.
 Петухов, С. П. 109.
 Пецваль 165, 167.
 Плавт 21.
 Планк 154, 178.
 Платер 46.
 Платон 22.
 Плиний 13, 14, 35, 45, 101.
 Плюкер 151.
 Порта 43, 46, 75, 159.
 Птолемей 21, 34, 45, 56, 57,
 59, 94.
 Пуатевен 164.

 Равенскофт 73.
 Рамзай 153.

 Рамзден 96, 98, 129.
 Райтер 49.
 Рафаэль 38.
 Реди 36.
 Ремер 70, 73.
 Рен (Wren) 95.
 Рентген 176, 182.
 Ривольто 36.
 Ридберг 157.
 Риттер 147, 155, 176.
 Робинэ 109,
 Роже 134.
 Роуланд 154.
 Рубенс 183.
 Рудольф 165.
 Румфорд 125.
 Руссель 168.

 Савонарола 36.
 Секки 154.
 Селлиг 87.
 Сенебье 129.
 Сенека 35.
 Сиверт 106.
 Сименс, Фридрих 105—106,
 136.
 Стенон 143.
 Стефан 178, 182.
 Стокс 182.
 Страсс 136.
 Струве 95.

 Тальбот 149, 156, 167.
 Тацит 14.
 Тевар 51, 52.
 Тевтоникус 46.
 Тейлер 99.
 Теофил 29, 44, 100.
 Теофраст 13.
 Тиберий 18.
 Тихо де Браге 93.
 Томсон, Дж. Дж. 183.
 Торричелли 47, 53, 54,
 Тутмозис III 14, 44.

 Уатт 179.
 Убальди 46.

- Уитстон 149, 150, 156, 181.
Утшнейдер 136.
- Фабрициус 46, 166.
Фаварро 83.
Фарадей 134—133, 181.
Фартинг 106, 136.
Фейль 134.
Фирордт 157.
Фонтана 85, 95, 98.
Форбс 150, 156.
Фраунгофер 99, 133 — 134,
148—149, 155.
Френель 146, 171—173, 181.
Фуко 150—151, 154, 156, 181,
182.
- Хеггинс 154, 156.
Холл 127, 128.
- Цейсс, Карл 88, 90, 135, 137.
Цшимер 137.
- Шевалье 87, 90, 161.
Шейнер 72, 91, 98.
Шелле 128, 161.
Шотт 112, 135, 165.
Штейнгейль 99, 165, 168.
Шюрер 44.
- Эдисон 182.
Эйлер 89, 96, 122, 128.
Эмпедокл 21.
- Юнг 169—170.
- Яблочков 182.
Якоби 181.
Янсен 46, 74, 77, 84, 89.
-

УКАЗАТЕЛЬ ПРЕДМЕТОВ

- Аберрация света 122.
Анастигмат двойной 168,
164—165.
Антипланат 168.
Апохромат Цейсса 90.
Аппарат фотографич. 43, 166
(см. Камера-обскура).
Армиллярная сфера 92.
Астигматизм глаза 180.
Астрофизика 154.
Ахроматизм 123—124, 127, 128.
- Бипризма Френеля 181.
Болометр 154.
Бромо-желатинный процесс
164, 167.
Бумага светочувств. 164, 166,
167.
Бутылка 31, 107 110, 136.
- Волновая теория 73, 66—70,
169, 174.
Волшебный фонарь 73.
Вольтова дуга 179—181.
Вращение плоскости поляри-
зации 171, 181.
- Гелиостат 72.
Гипотеза об эфире, см. Эфир.
Глаз, см. Зрение.
Глазное зеркало 181.
Гномон 92.
Гониометр 129.
- Давление света 175.
Дагерротипия 161, 163—167.
Двойное преломление света
128, 143.
- Диоптрика Кеплера 55.
Дисперсия 64—65, 72, 128,
156, 157, 181.
Диффракция света 62.
Диффракционная решетка
149.
Дихроизм 145.
Длина свет. волны 65, 176,
181.
- Законы лучеиспускания 176,
178, 182.
Законы отражения 23, 68.
Законы преломления 24, 53,
55—61, 69—70, 72.
Зеркало вогнутое 24.
Зеркало для микроскопа 86,
89.
Зеркало плоское 31, 50—52,
Зеркальный телескоп, см. Ре-
флектор.
Зрение (теория) 22, 46.
Зрительная труба, см. Труба.
- Иммерсионная система для
микроскопа 87.
Интерференция света 72, 171,
181.
Истечение света, см. Теория
истечения.
Источники света 179—180,
181.
- Камера-обскура 43, 46, 158—
170, 166.
Квадрант 93.
Коллоидный процесс 164,
167.

- Кристаллооптика 143—146.
Кронгласс 112, 134.
- Лампа Гефнера - Альтенека 182.
Лампа Дэви 181.
Лампа накаливания 180, 182.
Линза двояковыпуклая, см. Стекло.
Линии Фраунгоферовы 148 — 151.
Лупа, см. Двояковыпуклое стекло.
Лучеиспускание 177 — 178, 180, 182.
Лучи Беккереля 182.
Лучи Гертца 175.
Лучи инфракрасные 147.
Лучи тепловые 147, 176, 180.
Лучи Рентгена 176.
Лучи ультрафиолетовые 147.
- Машина Оуэнса 110.
Микрометр 94—95.
Микроскоп 44, 71, 84—90.
Микроскоп Гука 85—86.
Микроскоп Цейсса 88—89.
- Насос Робинэ 109.
- Объектив 46, 53, 90, 99, 166—168.
Объектив Пецваля 165, 167.
Объектив Штейнгейля 165, 167.
Окуляр Гюйгенса 96.
Окуляр Литрова 99.
Окуляр Рамздена 96.
Оптика Альхазена 33.
Оптика Гюйгенса 66—70.
Оптика древних 25, 32—34.
Оптика Евклида 22—23.
Оптика Ньютона 63—66.
Ортостигмат 168.
Отражение света 68.
Очки 35—38, 43, 46.
- Параллактическая линейка 92.
Паутинки в рефракторе 95.
Перспектива 23, 45, 46.
Печатание фотографий, см. Бумага.
Печь стеклоплавильная 101—104, 131—132.
Показатель преломления 58, 61, 180.
Полихроизм 145, 146.
Полное внутреннее отражение 55.
Поляризация света 70, 144, 145, 170—171, 172, 181.
Принцип Гюйгенса 67—68.
Производство бутылок, см. Бутылка.
Производство оконного стекла, см. Оконное стекло.
Производство стекла, см. Стеклоделие.
- Радуга 53, 63, 72.
Распространение света 66—67.
Рефлектор 138—142.
Рефрактор 55, 74—83, 91—99.
Рефракция, см. Преломление.
Рефракция коническая 146.
- Самоцветы Страсса 136.
Сахариметр 181.
Свеча Яблочкова 182.
Секстант 93.
Силуэт 160.
Скорость света 70, 71, 73, 174, 181.
Солнечные пятна 81.
Спектральный анализ 153—154.
Спектр Сириуса 155.
Спектр Солнца 73—64, 151, 154.
Спектр химических соединений 156.

- Спектроскоп 154.
Спектроскопия 147—157.
Спектрофотометр 155, 157.
Стекло баритовое 112.
Стекло двояковыпуклое 34, 43, 45, 89.
Стекло египетское 15.
Стекло иенское 99, 112.
Стекло калийное 52.
Стекло литое 50.
Стекло оконное, см. Оконное стекло.
Стекло оптическое 130—137.
Стекло прессованное 100, 136, 137.
Стекло рубиновое 49.
Стекло свинцовое 48, 52, 71, 112.
Стекло Фарадея 112, 135.
Стекло Шотта 135.
Стеклоделие в Богемии 41.
Стеклоделие в Венеции 28, 39, 40.
Стеклоделие в Византии 27—28.
Стеклоделие у египтян 14—16.
Стеклоделие у древних римлян 17—19.
Стеклоделие в Средние века 27—31.
Стеклоделие в XVII ст. 47—52.
Стеклоделие во Франции 41—42.
Стеглянная шерсть 136.
Стереоскоп 181.
Телескоп, см. Рефрактор и Рефлектор.
Телестереоскоп 182.
Теодолит 127.
Теорема Герона 24—25, 45.
Теория волнения, см. Волновая теория.
Теория истечения 63, 121—122, 169—174.
Теория квант 179.
Теория света 169—179.
Труба Галилея 78—84.
Труба зрительная 71, 74—83.
Труба Кеплера 91—92.
Увеличительное стекло, см. Стекло двояковыпуклое.
Ультрамикроскоп 88.
Флинтглас 97, 112, 134.
Фокус главный 46, 72.
Фонарь для маяков 182.
Фотографирование силуэтов 160.
Фотографический аппарат, см. Аппарат.
Фотография 158—168.
Фотография цветная 157.
Фотометрия 126—127.
Фотомикроскоп 90.
Чувствительность солей к свету 127, 128, 161, 166—168.
Электромагнитная теория света 175, 176.
Эмиссионная теория, см. Теория истечения.
Эфир 45, 173, 182.
Явление Зеемана 177, 182.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Глава 1.	Стеклоделие у древних культурных народов	13
Глава 2.	Оптика древних культурных народов	20
Глава 3.	Стеклоделие в Средние века	27
Глава 4.	Оптика древних арабов	32
Глава 5.	Кто изобрел очки	35
Глава 6.	Стеклоделие в XV и XVI веках	39
	Летопись открытий по стеклоделию до начала XVII стол.	44
	Летопись открытий по оптике до начала XVII стол.	45
Глава 7.	Стеклоделие в XVII стол.	47
	Летопись открытий по стеклоделию в XVII стол.	52
Глава 8.	История оптики в XVII столетии	53
	Летопись открытий по оптике в XVII стол.	71
Глава 9.	История зрительной трубы	74
Глава 10.	История микроскопа	84
	Летопись открытий, связанных с конструкцией микроскопа	89
Глава 11.	История рефрактора	91
	Летопись открытий, связанных с конструкцией рефрактора	98
Глава 12.	Очерк истории стекла в XVIII и XIX стол.	100
Глава 13.	История оптики в XVIII стол.	121
	Летопись открытий по оптике в XVIII стол.	127
Глава 14.	История оптического стекла в XIX веке	130
	Летопись открытий по стеклоделию в XVIII и XIX стол.	136
Глава 15.	История рефлектора	138
Глава 16.	История кристаллооптики	146
Глава 17.	История спектроскопии	147
	Летопись открытий по спектроскопии.	155
Глава 18.	История фотографии и фотографического объектива	158
	Летопись открытий по фотографии и фотогр. объективу	166
Глава 19.	Световые теории в XIX веке	169
	Летопись открытий по оптике в XIX веке	180
	Указатель имен	184
	Указатель предметов	189
