

1230

ЧТЕНІЙ О СВѢТѢ

дом
выдается

КУРСЪ ЧИТАННЫЙ ВЪ АМЕРИКѢ

1872 — 1873.

ДЖОНА ТИНДАЛЯ

ПРОФЕССОРА ФИЗИКИ ВЪ КОРОЛЕВСКОМЪ ИНСТИТУТѢ ВЪ ЛОНДОНѢ.

Переводъ съ англійскаго

А. Драшусова.

МОСКВА.

1874.

00122

АНЦЫ ЦЕСАРЕВИЧА НИКОЛАЯ

20
IV

ШЕСТЬ ЧТЕНІЙ О СВѢТѢ.

КУРСЪ ЧИТАННЫЙ ВЪ АМЕРИКѢ,

1872 — 1873.

По инвентарной
описи № 2364

ДЖОНА ТИНДАЛЯ,

ПРОФЕССОРА ФИЗИКИ ВЪ КОРОЛЕВСКОМЪ ИНСТИТУТѢ ВЪ ЛОНДОНѢ.

Переводъ съ англійскаго

А. Драшусова.



1.7396

Протер. 1935



МОСКВА.

Въ Университетской типографіи (Катковъ и К°),
на Страстномъ бульварѣ.

1874.

ПРОЧЕНО
ТЕМПЕРАТУРСКОЕ

00422

ЧТЕНІЯ О СВѢТѢ.

ЧТЕНІЕ I.

Введеніе.—Къ чему служатъ наблюденія.—Первыя научныя свѣдѣнія.—Опытныя науки.—Свѣдѣнія древнихъ о свѣтѣ.—Недостатки нашего глаза.—Снаряды.—Прямолинейное распространеніе свѣта.—Законъ паденія и отраженія.—Средневѣковое невѣжество.—Преломленіе.—Открытіе Снеллія.—Частное и полное отраженіе.—Скорость свѣта.—Ремеръ, Брадлей, Фуко и Физо.—Начало наименьшаго дѣйствія.—Декартъ и радуга.—Опыты Ньютона надъ составомъ солнечнаго свѣта.—Его заблужденія касательно ахроматизма.—Составленіе бѣлаго свѣта.—Желтый и синій свѣтъ производять въ соединеніи свѣтъ бѣлый.—Цвѣта различныхъ тѣлъ природы.—Поглощеніе.—Сравненіе смѣшенія красокъ съ смѣшеніемъ разноцвѣтныхъ лучей.

Лѣтъ двѣнадцать тому назадъ я издалъ въ Англіи маленькую книжку подъ заглавіемъ „Альпійскіе ледники“, и вслѣдъ за нею, черезъ два года, я напечаталъ другую книжку—„Теплота какъ видъ движенія.“ За этими двумя томиками послѣдовали другіе, написанные также ясно и съ тою же цѣлью, а именно съ цѣлью развитъ и усилить связь между наукою и обществомъ людей ей чуждыхъ. Бесѣды съ мыслителями убѣдили меня что отчужденіе и взаимная холодность равно неблагопріятны и для науки и для обще-

ства. Чтобъ ослабить такое отчужденіе, по крайней мѣрѣ въ одной отрасли знанія, я покинулъ на время оригинальныя изслѣдованія, которыя составляли предметъ моихъ занятій и прелесть моей жизни.

Поименованныя выше сочиненія были перепечатаны въ Ньюйоркѣ подъ надзоромъ профессора Юмана, который неутомимо трудился надъ распространеніемъ въ Соединенныхъ Штатахъ здравыхъ научныхъ понятій и котораго рвеніе, искусство и умѣнье на этомъ трудномъ поприщѣ обратили на себя вниманіе многихъ англійскихъ ученыхъ. Цѣль этихъ сочиненій поняли и оцѣнили въ Соединенныхъ Штатахъ также скоро какъ и въ Англіи, и имъ я обязанъ многочисленными изъявленіями благорасположенія съ того берега Атлантическаго океана. Каждый годъ меня приглашали посѣтить Америку. Подобное приглашеніе, подписанное двадцатью пятью лицами, занимающими высокое положеніе въ наукѣ, въ литературѣ и въ администраціи, и полученное мною въ прошломъ году, было высказано такъ искренно что я рѣшился ему послѣдовать.

Въ приглашеніи доставленномъ мнѣ моимъ почтеннымъ другомъ филадельфійскимъ профессоромъ Лесли и въ предшествовавшемъ ему письмѣ Нестора американскихъ ученыхъ, извѣстнаго Жозефа Генри изъ Вашингтона, меня просили читать лекціи въ нѣсколькихъ главнѣйшихъ городахъ Союза. Я изъявилъ свое согласіе почти въ полномъ невѣдѣніи о томъ на какомъ соотвѣтствующемъ предметѣ остановить мой выборъ. На мои распросы мнѣ замѣтили, что рядъ чтеній показывающихъ значеніе опытовъ при изученіи естествознанія былъ бы существенно полезенъ для научнаго образованія американской публики. Хотя для такихъ чтеній нужно было заготовить тяжелыми и тонкими снарядами и перевозить ихъ съ мѣста на мѣсто, я не колеблясь рѣшился удовлетворить желаніе моихъ друзей, на сколько мнѣ то позволяютъ мои средства и мой досугъ.

Опыты приносятъ намъ двоякую большую пользу—они служатъ намъ для открытій и повѣрки, а также для наше-

го наученія. Давно уже опредѣлили опытъ какъ вопросъ предлагаемый изслѣдователемъ природѣ, на который она даетъ удобопонятный отвѣтъ. Эти отвѣты она произноситъ предъ вопрошающимъ такимъ шепотомъ, который не долетаетъ до уха публики. Но за изслѣдователемъ приходитъ учитель, обязанный усовершенствовать и измѣнить опыты своего предшественника въ такой мѣрѣ чтобъ они могли быть представлены публикѣ. Я постараюсь теперь исполнить эту второстепенную обязанность.

Остановимъ наше вниманіе на отдѣльной области естествознанія и покажемъ на ея примѣрѣ какъ разрастаются наши научныя свѣдѣнія подъ руководствомъ опыта. Въ это первое чтеніе я постараюсь познакомить васъ съ нѣкоторыми простѣйшими явленіями, потомъ покажу вамъ какъ укореняются и разцвѣтаютъ въ человѣческомъ умѣ тѣ теоретическія начала, которыми объясняются явленія, и наконецъ приложу эти начала ко всей совокупности знаній обнимаемыхъ нашими чтеніями. Наука оптики подчиняется какъ бы сама собою такому способу изложенія, и потому я предлагаю заимствовать изъ нея содержаніе настоящаго курса. Всего лучше начать съ простѣйшихъ, извѣстныхъ древнимъ, фактовъ о свѣтѣ, и потомъ перейти отъ нихъ, въ исторической постепенности, къ болѣе сложнымъ открытіямъ новѣйшаго времени.

Всѣ наши свѣдѣнія о природѣ, какъ бы они ни были возвышенны или наивны, основаны въ нѣкоторой мѣрѣ на опытѣ. Понятіе о личномъ изволеніи природы зиждется на немъ же. Въ бурныхъ порывахъ и спокойствіи естественныхъ явленій дикарь видѣлъ подобіе измѣчивыхъ расположеній своего духа, и потому приписалъ эти явленія существамъ такимъ же страстнымъ какъ онъ самъ, но несравненно болѣе могущественнымъ. Такимъ образомъ понятіе о *причинности*—предположеніе что вещи появляются не сами собою, а вслѣдствіе чего-то незримаго, предшествовавшаго—лежитъ въ корнѣ даже тѣхъ объясненій явленій природы, какія встрѣчаемъ у дикихъ. Изъ этой наклон-

ности человѣческаго ума отыскивать предшествовавшіе поводы явленій возникла вся наука.

Мы не станемъ восходить къ первымъ умственнымъ попыткамъ человѣка и не остановимся на тернистомъ изслѣдованіи о томъ какъ произошелъ самъ пытливый человѣкъ. Мы обратимся къ нему въ пору извѣстной степени его развитія, когда, вслѣдствіе ли послѣдовательнаго усовершенія, вслѣдствіе ли внезапнаго дара, онъ уже обладалъ способностію мышленія и пользовался ею. Въ продолженіе весьма долгаго по свидѣтельству исторіи времени человѣкъ довольствовался простымъ наблюденіемъ; онъ замѣчалъ что являетъ ему природа и этимъ ограничивалась его умственная дѣятельность. Прежде всего обратили на себя вниманіе пытливаго ума движенія солнца и звѣздъ, а потому астрономія была первою наукой. Медленно и съ трудомъ укоренилось въ человѣческомъ умѣ понятіе о силахъ природы. Это понятіе возникло не вдругъ и зародышъ его кроется въ наблюденіи электрическихъ и магнитныхъ притяженій и отталкиваній. Медленно и съ трудомъ развилась изъ этого понятія наука о механикѣ и медленно достигла наконецъ полнаго приложенія законовъ механики къ движенію небесныхъ тѣлъ. Мы видимъ какъ астрономія совершенствовалась при Гиппархѣ и Птоломѣѣ, а потомъ, послѣ долгаго перерыва, при Коперникѣ, Галилеѣ, Тихо-Браге и Кеплерѣ. Надъ высокимъ хребтомъ знанія, воздвигнутымъ трудами этихъ мужей, возносится вверхъ, какъ утесъ, имя Ньютона и преобладаетъ надъ всѣми именами съ своей господствующей высоты.

Не одни только движенія звѣздъ обратили на себя вниманіе древняго міра. Мы видимъ что въ самой глубокой древности умъ человѣка старался сколько нибудь объяснить себѣ столь обыкновенное явленіе свѣта. Но безъ помощи опыта, составляющаго принадлежность позднѣйшей степени научнаго развитія, были возможны лишь слабые успѣхи въ изученіи этого предмета. Поэтому древніе знали менѣе о свѣтѣ чѣмъ о движеніяхъ солнца и звѣздъ; тѣмъ не менѣе

они приобрѣли нѣкоторыя свѣдѣнія: они удостовѣрились что свѣтъ распространяется по направленію прямой линіи; они знали что свѣтъ отражается отъ гладкихъ поверхностей и что уголъ паденія лучей свѣта равенъ углу отраженія. Эти два результата древняго ученаго любопытства послужать исходною точкой для нашихъ чтеній.

Въ самомъ началѣ слѣдуетъ сказать нѣсколько словъ объ источникѣ свѣта, которымъ мы будемъ пользоваться въ нашихъ опытахъ. Ржавленіе желѣза есть, во всѣхъ отношеніяхъ и по всѣмъ послѣдствіямъ, медленное горѣніе желѣза. При ржавленіи развивается теплота, и сберегая эту теплоту мы можемъ достигнуть высокой температуры. Разрушеніе перваго телеграфическаго каната опущеннаго на дно Атлантическаго океана, вѣроятно, произошло этимъ путемъ. Вы можете жечь пластинки цинка въ свѣчномъ пламени, и жечь почти также легко какъ клочки бумаги. Но мы должны расширить наше опредѣленіе горѣнія и разумѣть подъ этимъ выраженіемъ не только горѣніе въ воздухѣ, но также и горѣніе въ жидкостяхъ. Такъ напримѣръ вода содержитъ въ себѣ запасъ кислорода, который можетъ соединиться съ погруженнымъ въ нее металломъ и сжечь его. Такого рода горѣніе доставить намъ свѣтъ и теплоту для нашихъ опытовъ.

Этотъ свѣтъ и эта теплота заслуживаютъ нашего вниманія. Передъ вами снарядъ—небольшая Вольтова батарея—гдѣ цинкъ погруженъ въ соотвѣтствующую жидкость. Въ немъ дѣйствуетъ теперь притяженіе между металломъ и кислородомъ жидкости, но оба вещества не вступаютъ въ соединеніе. Когда мы соединимъ оба конца батареи толстою проволокой, тогда притяженіе обнаруживаетъ дѣйствіе, кислородъ соединяется съ металломъ, цинкъ стареетъ, и обнаруживается теплота, какъ обычный результатъ горѣнія. Въ то же время черезъ проволоку проходитъ сила, которую, за неимѣніемъ лучшаго имени, мы называемъ электрическимъ токомъ.

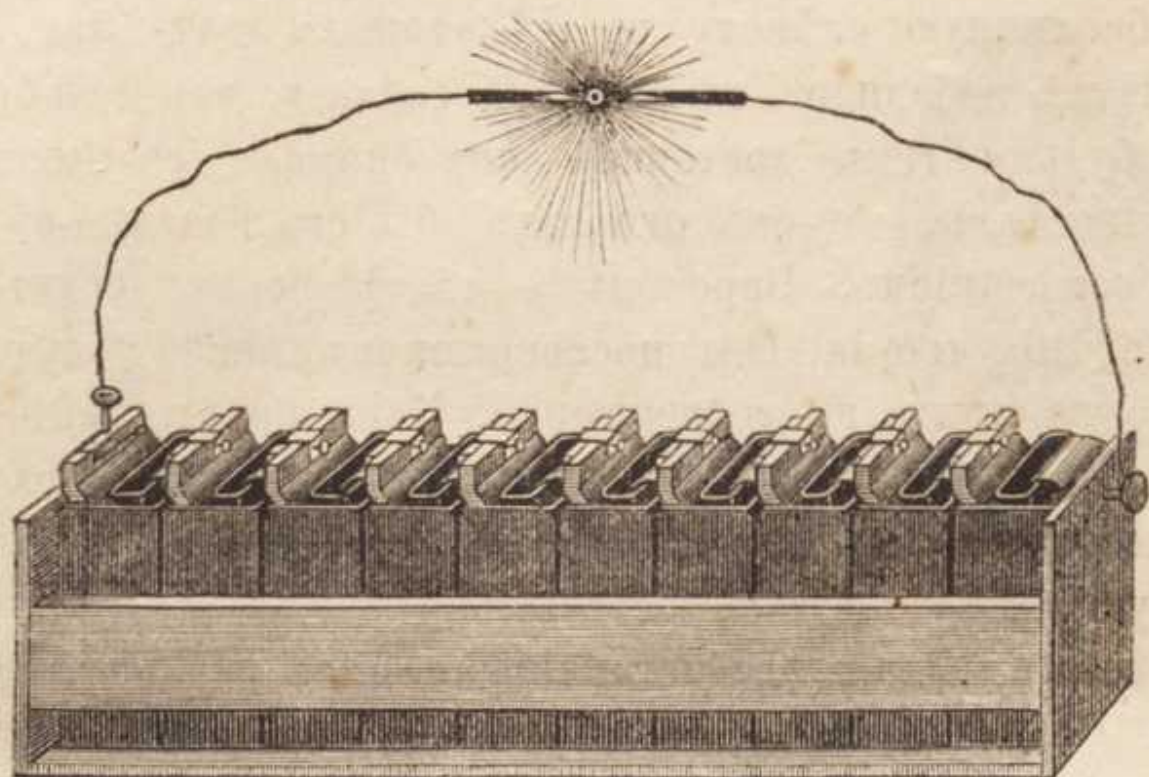
Перерѣжемъ толстую проволоку и соединимъ ее оба

отдѣленные другъ отъ друга конца тонкою проволокою. Последняя разогрѣвается до бѣлокалильнаго жара. Откуда взялась эта теплота? Такой вопросъ очень заслуживаетъ отвѣта. Положимъ что въ первомъ случаѣ, при толстой проволоцѣ, дѣйствіе длится до тѣхъ поръ пока сгоритъ 100 грановъ цинка; количество тепла возникшаго при этомъ въ батарее можетъ быть точно выражено числомъ. Продлимъ потомъ дѣйствіе пока, при тонкой проволоцѣ, снова сгоритъ 100 грановъ цинка. Разовьется ли въ батарее столько же тепла какъ и прежде? Нѣтъ, тепла окажется менѣе, именно на столько, сколько появилось тепла внѣ батареи въ тонкой проволоцѣ. Дѣйствительно, сложивъ вмѣстѣ внутреннюю теплоту въ батарее со внѣшнею въ проволоцѣ, мы получимъ всегда одинаковую сумму тепла, потребнаго для сгоранія 100 грановъ цинка. Мы встрѣчаемъ здѣсь прекрасный примѣръ закона сохраненія энергіи въ природѣ, установленіе котораго составляетъ величайшую заслугу новѣйшей философіи науки. Сообразно этому закону, мы можемъ сжечь цинкъ въ одномъ мѣстѣ и обнаружить дѣйствіе его горѣнія въ другомъ. Такъ, на примѣръ, наши рѣшетка и уголь могутъ лежать въ Ньюйоркѣ, а свѣтъ и тепло пламени могутъ быть показаны въ Санъ-Франциско.

Если мы, снявъ тонкую проволоку, привяжемъ къ обоимъ концамъ толстой проволоки двѣ заостренныя палочки кокса, то появится маленькая звѣзда свѣта. Свѣтъ, которымъ мы будемъ пользоваться при нашихъ чтеніяхъ, есть такая же звѣзда, только преувеличенная, производимая не десятью, но пятидесятью элементами. Этотъ сильный источникъ, поставленный въ соотвѣтствующемъ помѣщеніи, доставить намъ, при помощи надлежащаго собирательнаго стекла, весь потребный для нашихъ опытовъ свѣтъ.

Мнѣ припоминается здѣсь мимоходомъ обычное заблужденіе что произведенія природы, въ томъ числѣ и человѣческій глазъ, теоретически совершенны. Глазъ совершенствовался въ продолженіи длиннаго ряда тысячелѣтій, но ему можетъ быть предстоять еще многія тысячелѣтія даль-

нѣйшаго усовершенія. Вглядываясь въ блестящій свѣтъ нашей большой батарей я вижу свѣтлый кругъ, но никакъ



Черт. 1.

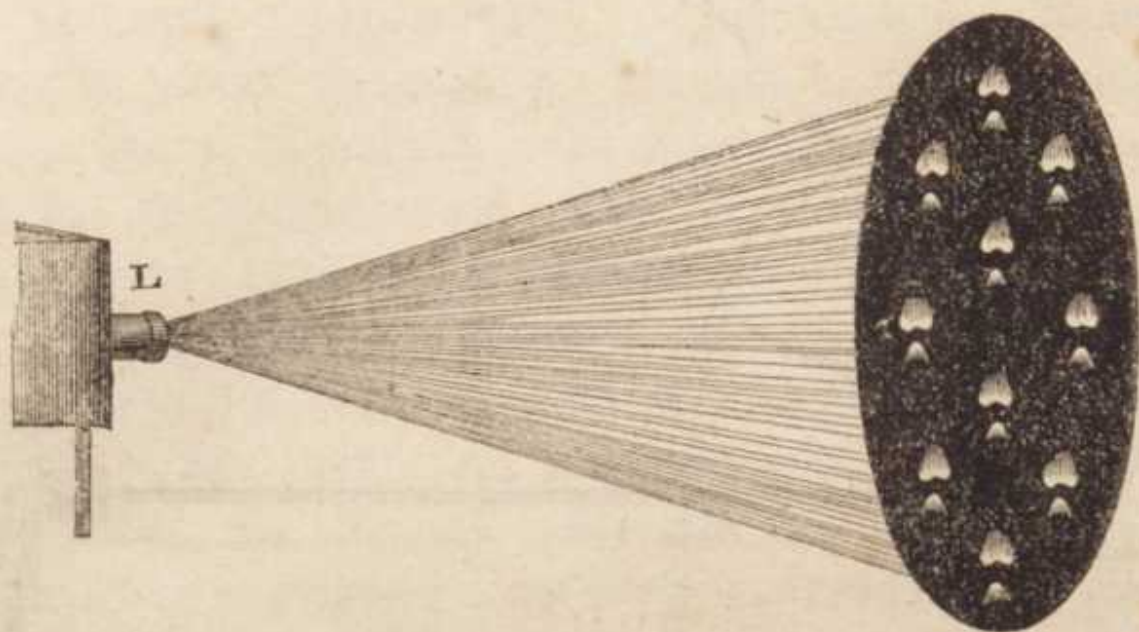
не могу разсмотрѣть форму заостренныхъ концовъ кокса изъ которыхъ истекаетъ свѣтъ. Причину этого можно обнаружить слѣдующимъ образомъ: на стоящій передъ вами экранъ пролагается изображеніе заостренныхъ концовъ коксовыхъ палочекъ, и для образованія этого изображенія мы воспользовались всею поверхностію собирательнаго стекла, помѣщеннаго спереди фонаря гдѣ стоитъ нашъ источникъ свѣта. Изображеніе неясно; оно окружено сіяніемъ, въ которомъ почти исчезаютъ острія кокса. Это происходитъ отъ несовершенства собирательнаго стекла, называемаго *сферическою аберраціей*, вслѣдствіе котораго лучи падающіе на его окранны и лучи центральные сходятся не въ одномъ и томъ же фокусѣ. Человѣческому глазу свойственъ тотъ же недостатокъ, вслѣдствіе чего, а также и по другимъ причинамъ, когда мы смотримъ невооруженнымъ глазомъ на свѣтъ отъ пятидесяти элементовъ, тогда пятно свѣта на сѣтчаткѣ затмеваетъ опредѣленное очертаніе изображенія кусочковъ кокса на

той же сѣтчаткѣ. Можно привести длинный списокъ недостатковъ открываемыхъ въ глазѣ—его непрозрачность, его неполную симметрію, его несовершенный ахроматизмъ, его абсолютную слѣпоту въ нѣкоторыхъ точкахъ. Все это вмѣстѣ побудило Гельмгольца сказать, что еслибы какой-нибудь оптикъ доставилъ ему снарядъ со столькими погрѣшностями, то онъ отослалъ бы его назадъ съ рѣзкимъ замѣчаніемъ. Впрочемъ о глазѣ нельзя судить съ точки зрѣнія теоріи. Онъ несовершененъ, какъ я выразился, но на пути къ усовершенію. Какъ практическій снарядъ, снабженный средствами къ исправленію своихъ погрѣшностей, глазъ навсегда останется чудомъ для мыслящаго ума.

Древнимъ было извѣстно прямолинейное распространеніе свѣта. Они знали что темное тѣло, поставленное между глазомъ и свѣтлою точкою, заслоняетъ свѣтъ этой точки. Прямые полосы, которыя, при извѣстномъ состояніи атмосферы, тянутся отъ солнца при его восходѣ и закатѣ, можетъ быть навели на выраженіе *лучъ*. Въ прямолинейномъ распространеніи свѣта можно увѣриться пропустивъ солнечный свѣтъ сквозь маленькое отверстіе въ оконной ставнѣ, въ темную комнату слегка наполненную дымомъ. Въ чистомъ воздухѣ луча видѣть нельзя, но въ дымѣ онъ дѣлается видимымъ, потому что свѣтъ, проходящій незримо сквозь воздухъ, разсѣвается и обнаруживается частицами дыма, между которыми лучъ продолжаетъ свой путь въ прямомъ направленіи.

Вотъ еще опытъ: сдѣлайте маленькое отверстіе въ оконной ставнѣ, передъ которою стоитъ домъ или дерево и поставьте въ темной комнатѣ, на нѣкоторомъ разстояніи отъ отверстія, бѣлый экранъ. Каждый прямой лучъ идущій отъ дома или дерева отпечатаетъ на экранѣ свой цвѣтъ, и совокупность всѣхъ лучей составитъ такимъ образомъ изображеніе предмета. Но какъ всѣ лучи перекрещиваются въ отверстіи то изображеніе выйдетъ превратное. Мы можемъ показать это здѣсь на слѣдующемъ примѣрѣ.

На передней сторонѣ нашего фонаря есть широкое отверстіе (черт. 2), съ котораго снято собирательное стекло и

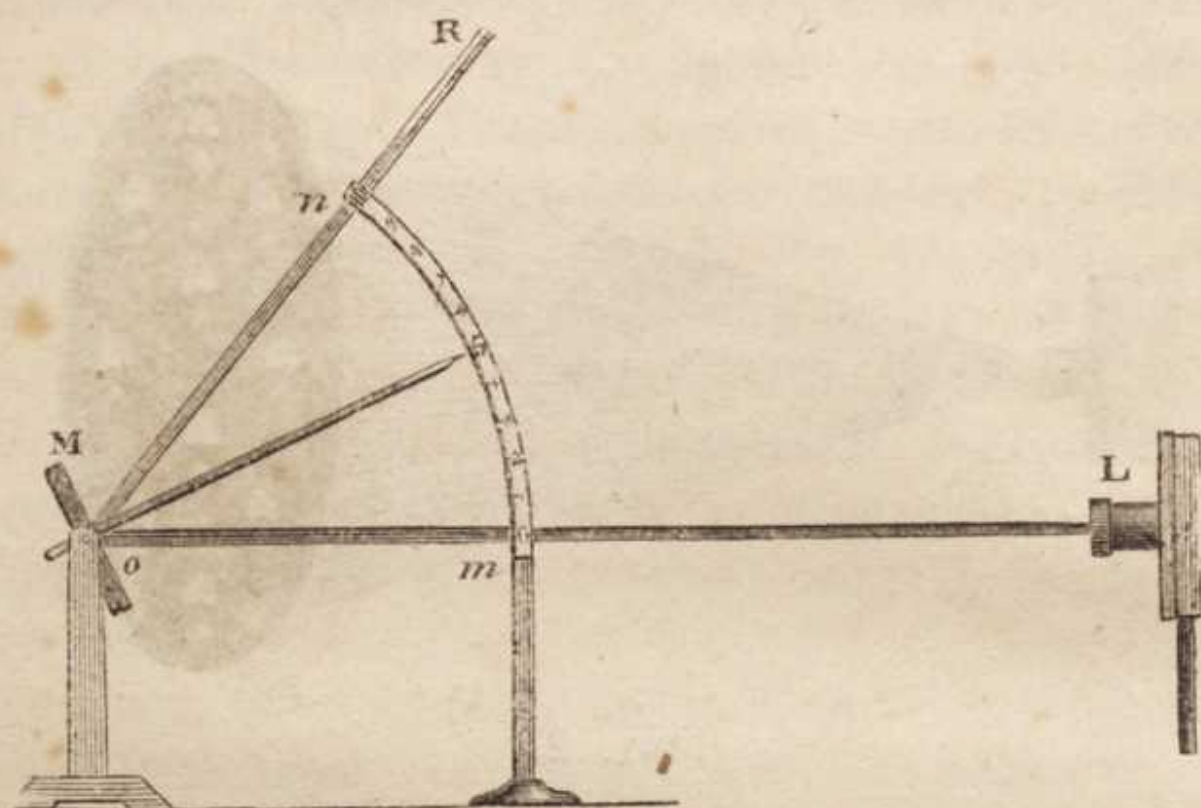


Черт. 2.

которое прикрыто свинцовымъ листочкомъ. Если мы проколемъ на листочкѣ маленькую дырочку швейною иглой, то на экранѣ появится обратное изображеніе заостренныхъ углей. Дюжина дырочекъ дастъ дюжину изображеній, сотня сотню, тысяча—тысячу. Чѣмъ ближе дырочки одна къ другой, то-есть по мѣрѣ уничтоженія свинцоваго листочка между отверстіями, изображенія все болѣе и болѣе ложатся одно на другое. Если мы вовсе удалимъ листокъ, то экранъ освѣщается равномерно. Слѣдовательно свѣтъ на экранѣ можно разсматривать какъ сліяніе безчисленнаго множества изображеній заостренныхъ углей. Такимъ образомъ свѣтъ на бѣлой стѣнѣ въ безоблачный день можно разсматривать какъ результатъ совмѣщенія безчисленнаго множества изображеній солнца.

Законъ равенства угла паденія съ угломъ отраженія связанъ съ теоріей, о которой мы будемъ говорить въ послѣдствіи, и потому желательно объяснить его здѣсь простымъ примѣромъ. Прямая стрѣлка (направленная къ цифрѣ 5 на черт. 3) прикрѣплена перпендикулярно, какъ указатель, къ небольшому зеркалу М, вращающемуся на своей оси. Лучъ свѣта падающій на зеркало, когда стрѣлка на-

правлена къ o , отражается назадъ по линіи своего паденія. Хотя лучи падающій и отраженный идутъ по противопо-



Черт. 3.

ложнымъ направленіемъ, но они не сталкиваются и не смѣщаютъ другъ друга. При передвиженіи стрѣлки зеркало вращается вмѣстѣ съ нею, и по сторонамъ ея мы видимъ лучи падающій Lo и отраженный oR , обозначающіе свой путь на плавающей въ комнатѣ пыли. Съ перваго взгляда на два угла, составляемые стрѣлкою съ лучами падающимъ и отраженнымъ, мы убѣждаемся въ ихъ равенствѣ. Маленькіе упругіе шарики, ударившись о зеркало, пошли бы по направленію отраженного свѣта. Когда карта поставлена ребромъ на столъ такъ что она не наклоняется къ нему ни вправо, ни влево, мы говоримъ что она перпендикулярна къ плоскости стола. Въ разсматриваемомъ нами случаѣ лучи падающій и отраженный всегда лежатъ въ плоскости перпендикулярной къ отражающей поверхности.

Этотъ простой снарядъ указываетъ намъ еще другой законъ, имѣющій весьма важное практическое значеніе, а именно, что при вращеніи зеркала угловая скорость отражаемаго имъ луча вдвое болѣе угловой скорости отражаю-

щающаго зеркала. Это ясно изъ простаго опыта. Дуга *mn* (черт. 3) раздѣлена на десять равныхъ частей. Когда стрѣлка и падающій лучъ пересѣкають нуль дѣленія, оба луча, падающій и отраженный, горизонтальны. Если мы подвижемъ стрѣлку зеркала до дѣленія 1, то отраженный лучъ пересѣчетъ дѣленіе 2, если мы подвижемъ стрѣлку до дѣленія 2, то отраженный лучъ пересѣчетъ дѣленіе 4; подвигая далѣе стрѣлку до дѣленій 3, 4 и 5, мы увидимъ что отраженный лучъ перейдетъ послѣдовательно черезъ дѣленія 6, 8 и 10. Уголъ описываемый отраженнымъ лучемъ всегда вдвое болѣе угла описываемаго зеркаломъ.

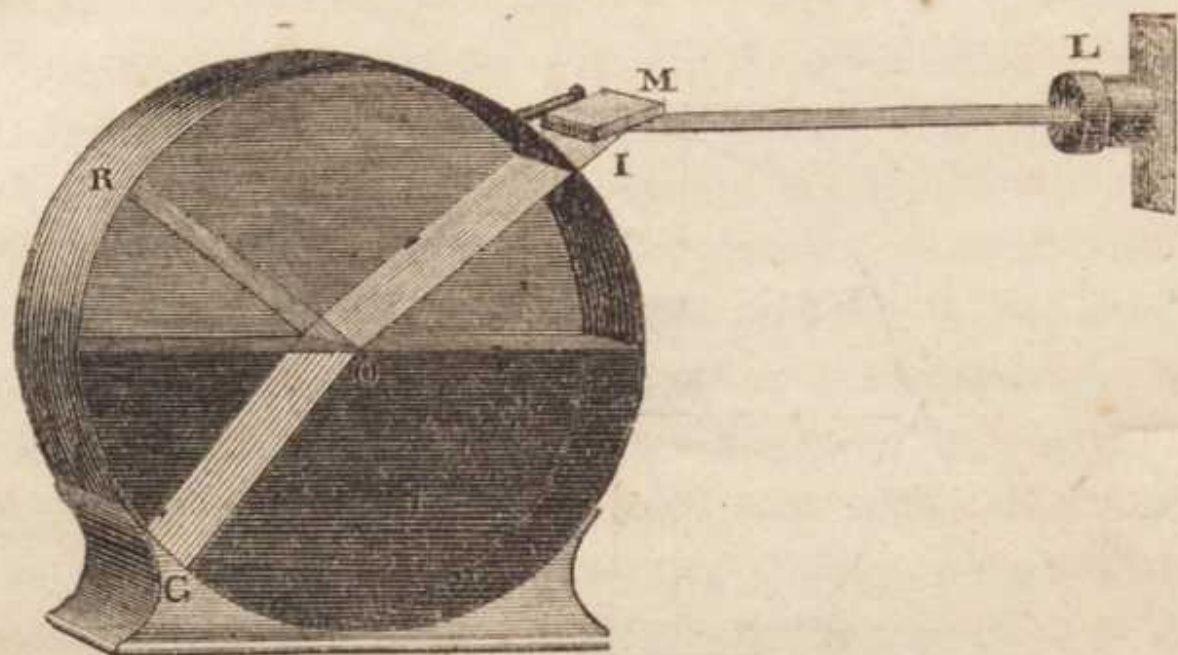
Наши успѣхи въ наукахъ зависятъ отъ рѣшенія ученой задачи имѣющей цѣлью пособить чувствамъ человѣка и перенести ихъ въ ту область которая, безъ такой помощи, осталась бы для нихъ навсегда недоступною. Чтобы проникнуть въ глубь пространства мы вооружаемъ глазъ телескопомъ; для изслѣдованія мельчайшихъ движеній и подробностей строенія мы прибѣгаемъ къ микроскопу. Приведенный законъ углового отраженія, въ соединеніи съ тѣмъ фактомъ что лучъ свѣта не имѣетъ вѣса, даетъ намъ средство увеличивать слабыя движенія до невѣроятной степени. Этимъ путемъ, прикрѣпляя зеркала къ висячимъ магнитамъ и наблюдая отражаемыя зеркалами изображенія дѣленій на масштабѣ, знаменитому Гауссу удалось открыть слабѣйшія колебанія въ измѣненіи силы земнаго магнетизма. Подобнаго же рода устройствомъ были обнаружены слабыя притяженія и отталкиванія діаманитной силы. Такимъ способомъ ничтожное удлинненіе металлической полосы отъ вліянія теплоты руки можетъ быть такъ увеличено что указательная стрѣлка передвинется отъ потолка до пола этой комнаты. Можно также доказать такимъ образомъ удлинненіе желѣзной полосы отъ намагничиванія. Гельмгольтцъ давно пользовался этимъ средствомъ чтобы показать своимъ слушателямъ классическіе опыты Дю-Буа-Раймона надъ животнымъ электричествомъ, а отражатель-

ный гальванометръ Уильяма Томсона есть одно изъ позднѣйшихъ приложений этого начала.

Въ продолженіе болѣе тысячи лѣтъ въ оптикѣ не было сдѣлано ни одного шага далѣе закона отраженія.... Къ надлежащему изслѣдованію преломленія свѣта приступилъ арабскій ученый Алгазень въ 1100 году. Послѣ того преломленіемъ послѣдовательно занимались Рожеръ Беконъ, Вителліо и Кеплеръ. Опредѣленіе посредствомъ точныхъ измѣреній количественныхъ отношеній въ явленіяхъ составляетъ главнѣйшую задачу науки. Достоинство такихъ измѣреній зависитъ, въ большой мѣрѣ, отъ искусства и добросовѣстности лица ихъ производящаго. Вителліо былъ искусенъ и добросовѣстенъ, а Кеплеръ любилъ рыться въ наблюденіяхъ своихъ предшественниковъ, разсматривать ихъ со всѣхъ сторонъ и извлекать такимъ образомъ изъ нихъ начала ихъ объединяющія. Такъ онъ трудился надъ астрономическими измѣреніями Тихо-Браге и вывелъ изъ нихъ знаменитые „законы Кеплера.“ Такъ онъ работалъ и надъ Вителліевыми измѣреніями преломленія, но въ этомъ случаѣ безуспѣшно. Законъ, самъ по себѣ простой, ускользнулъ отъ его вниманія и былъ открытъ въ первый разъ Виллебродомъ Снелліемъ около 1621 года.

Не желая особенно настаивать на подробностяхъ явленія, но желая представить его въ такомъ видѣ, который въ послѣдствіи сдѣлалъ бы для васъ понятными соображенія Ньютона, я покажу вамъ преломленіе. Я не стану чертить мѣломъ на черной доскѣ путь луча, но заставлю самый лучъ обозначить предъ вами свой бѣлый слѣдъ. Круглый сосудъ RIG (черт. 4), съ стеклянною стѣнкою, наполненъ вполнину водою, которая сдѣлана мутною примѣсью небольшого количества молока или щепотки мастики. Поставимъ этотъ сосудъ на его основаніе такъ чтобы стеклянная сторона была вертикальна. Посредствомъ плоскаго зеркала M и щели I въ ободѣ сосуда можно впустить въ него лучъ свѣта во всякомъ желанномъ направленіи. Онъ падаетъ на воду въ O и обозначаетъ свой слѣдъ въ жид-

кости рѣзкою широкою полосою OG. Сквозь воздухъ надъ водою лучъ проходить незримо, потому что воздухъ не раз-

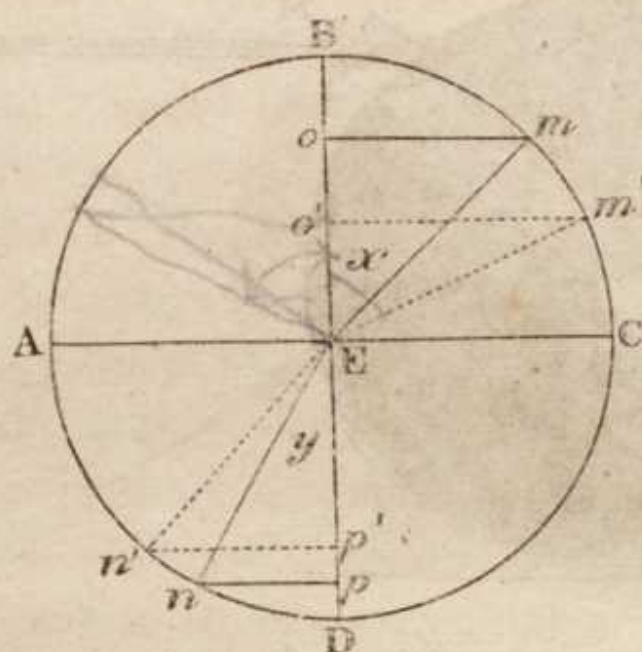


Черт. 4.

сѣваетъ свѣта. Впущенный въ это пространство клубъ табачнаго дыма тотчасъ обозначаетъ слѣдъ падающаго луча. Если паденіе вертикально, то лучъ не преломляется. Если паденіе косвенно то преломленіе луча въ поверхности воды прикосновенія и воздуха, въ O, явственно обнаруживается. При этомъ видно, что преломленіе сопровождается отраженіемъ по направленію OR, потому что лучъ въ точкѣ паденія раздѣляется на двѣ части, изъ коихъ одна преломляется а другая отражается.

Законъ, подъ который Снеллій подвелъ всѣ сдѣланныя до его времени измѣренія заключается въ слѣдующемъ. На прилагаемомъ чертежѣ ABCD представляетъ очертаніе нашего круглаго сосуда, а AC поверхность воды. Когда лучъ падаетъ въ направленіи BE, перпендикулярномъ къ AC, тогда нѣтъ преломленія. Если онъ падаетъ по линіи mE, то онъ преломляется, при чемъ изгибается въ точкѣ E и встрѣчаетъ кругъ въ n; если онъ падаетъ по линіи m'E, онъ также преломляется въ E и встрѣчается кругъ въ точкѣ n'. Проведемъ отъ концовъ падающихъ лучей перпендикуляры mo, m'o' на линію BD, а отъ концовъ преломленныхъ лучей перпендикуляры pn, p'n'. Измѣривъ длины

от pn и раздѣливъ одну изъ нихъ на другую, мы получимъ определенное частное. Раздѣливъ такимъ же обра-



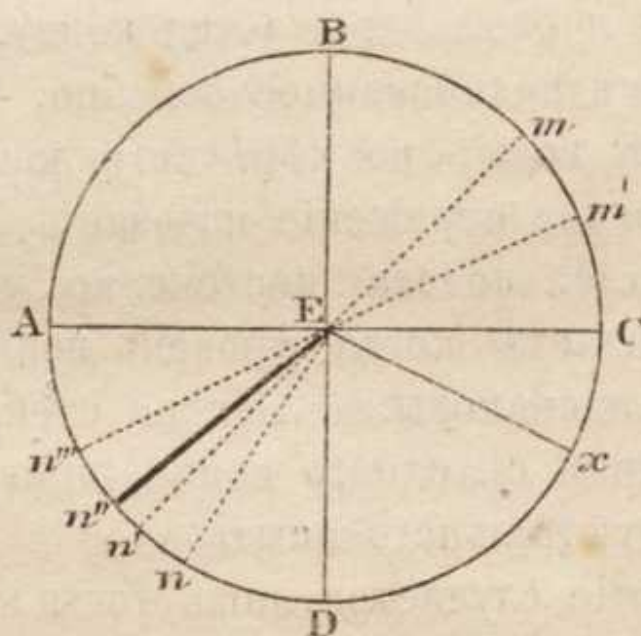
Черт. 5.

зомъ $m'o'$ на соотвѣтствующій перпендикуляръ $p'n'$ мы получимъ тоже самое частное. Снеллій нашелъ что это частное имѣеть для каждаго вещества *постоянную величину*, но измѣняется для различныхъ веществъ, онъ назвалъ его *показателемъ преломленія*.

Когда свѣтъ падаетъ изъ воздуха на поверхность твердаго или жидкаго тѣла, или, вообще, когда свѣтъ падаетъ изъ среды менѣе преломляющей на среду болѣе преломляющую, отраженіе бываетъ всегда *частное*. Вещества наиболѣе отражающія свѣтъ пропускаютъ или поглощаютъ часть падающаго на нихъ свѣта. При перпендикулярномъ паденіи вода изъ 1.000 лучей отражаетъ только 18, стекло 25, а ртуть 666. Отраженіе усиливается когда лучи падаютъ косвенно. Такъ на примѣръ, при наклоненіи въ 40° вода изъ 1.000 падающихъ лучей отражаетъ 22, при наклоненіи въ 60° она отражаетъ 65, при наклоненіи въ 80° она отражаетъ 333, а подъ угломъ въ $89\frac{1}{2}^\circ$, когда падающій лучъ почти скользитъ по поверхности, она отражаетъ 721 лучъ. Такимъ образомъ съ увеличеніемъ наклоненія отраженіе отъ воды приближается къ отраженію отъ ртути и дѣлаетъ

ся наконецъ совершенно ему равнымъ; но какъ бы ни былъ великъ уголъ паденія, отраженіе отъ воды, ртути и всякаго другаго вещества никогда не бываетъ полное.

Тѣмъ не менѣе полное отраженіе возможно. Чтобы понять въ послѣдствіи его приложеніе въ Николевой призмѣ необходимо объяснить когда оно имѣетъ мѣсто. Это приводитъ меня къ указанію начала лежащаго въ основаніи всѣхъ оптическихъ явленій—начала обратности *). Такъ въ случаѣ преломленія, когда лучъ переходитъ косвенно изъ воздуха въ воду, онъ наклоняется къ перпендикуляру; когда же онъ переходитъ изъ воды въ воздухъ онъ отклоняется отъ перпендикуляра и слѣдуетъ тому же пути, но въ обратномъ направленіи. Если лучъ свѣта при переходѣ изъ воздуха въ воду идетъ по ломаной линіи mEn (черт. 5), то изъ воды въ воздухъ онъ поидетъ по линіи nEm . Взглянемъ на послѣдствія этого начала. Допустимъ что свѣтъ падаетъ не по направленіямъ mE или $m'E$ (черт. 6), а по линіи такъ



Черт. 6.

близкой къ CE что предъ вступленіемъ въ воду свѣтъ почти скользитъ по ея поверхности. Послѣ преломленія онъ напра-

*) На этомъ основаніи Джонъ Гершель вывелъ весьма просто и изящно основныя законы отраженія (*Familiar Lectures*).

вится по пути En'' . Наоборотъ, если свѣтъ выходить изъ n'' и падаетъ въ E , то, по выходѣ изъ воды онъ будетъ почти скользить по ея поверхности. Раждается вопросъ: что послѣдуетъ когда выходящій изъ воды лучъ движется по линіи $n'''E$, болѣе отдаленной отъ перпендикуляра паденія DE чѣмъ $n''E$? Отвѣчаемъ: онъ не выдетъ изъ воды, но отразится *вполнѣ* по направленію Ex . Подъ поверхностію воды законъ остается тотъ же какъ и надъ ея поверхностію: уголъ паденія DEn''' равенъ углу отраженія DEx .

Вотъ простой примѣръ полнаго отраженія. Положите монету въ стаканъ съ водою и наклоняйте стаканъ пока свѣтъ отъ монеты не упадетъ подъ надлежащимъ угломъ на поверхность налитой поверхъ ея воды. Смотрите на эту поверхность снизу вверхъ и вы увидите монету также ясно какъ еслибы вы прямо глядѣли на нее. Опустите въ воду закрытую съ конца стеклянную трубку и наклоняйте ее. При достаточномъ наклоненіи падающій на трубку горизонтальный свѣтъ не можетъ проникнуть въ наполняющій трубку воздухъ и вполнѣ отражается книзу. Трубка кажется блестящею какъ полированное серебро. Наливайте понемногу въ трубку воды; по мѣрѣ того какъ она наполняется водою, полное отраженіе исчезаетъ, трубка теряетъ свой блескъ, свѣтлая полоса постепенно укорачивается и совершенно пропадаетъ когда уровень воды въ трубкѣ и внѣ ея дѣлается одинаковымъ. Всякая стеклянная трубка, плотно закупоренная съ одного конца, пригодна для этого прекраснаго и поучительнаго опыта.

Полное отраженіе случается лишь тогда когда лучъ стремится перейти изъ среды болѣе преломляющей въ среду менѣе преломляющую; но въ этомъ случаѣ оно, при достаточномъ наклоненіи, всегда имѣетъ мѣсто. Марево въ пустыняхъ и другія призрачныя явленія въ атмосферѣ происходятъ частію отъ этой причины. Когда, на примѣръ, солнце нагреваетъ пески, тогда слой воздуха соприкасающійся съ пескомъ дѣлается легче и слабѣе преломляетъ свѣтъ чѣмъ воздухъ надъ нимъ лежащій; поэтому лучи

отдаленныхъ предметовъ, падая въ очень косвенномъ направленіи на поверхность нагрѣтаго слоя, иногда вполне отъ него отражаются кверху и производятъ такія же изображенія какъ вода. На разогрѣтомъ берегу Нормандіи, близъ Авранша, я видѣлъ изображеніе утеса называемаго горою Томбелинъ; такими же обманчивыми призраками были искушаемы въ Египтѣ жаждущіе солдаты французской арміи.

Уголъ обозначающій собою предѣлъ за которымъ наступаетъ полное отраженіе называется *предѣльнымъ* угломъ (онъ указанъ на черт. 6 линіей E_n''). Этотъ уголъ очевидно уменьшается по мѣрѣ увеличенія показателя преломленія. Для воды онъ равняется $48\frac{1}{2}^\circ$, для флинтгласа $38^\circ 41'$ для алмаза $23^\circ 42'$. Поэтому весь свѣтъ падающій съ двухъ четвертей окружности собирается преломленіемъ въ алмазѣ въ угловомъ пространствѣ $47^\circ 22'$ (дважды $23^\circ 42'$). Большая преломляющая сила соединена въ алмазѣ съ сильнымъ разсѣяніемъ и сильнымъ отраженіемъ свѣта; такова причина чрезвычайной лучезарной игры этого драгоценнаго камня бѣлымъ и призматическимъ свѣтомъ *).

Въ 1676 году астрономія сильно подвинула впередъ оптику. Въ этомъ году ученый Датчанинъ, Олавъ Рёмеръ, занимался на парижской обсерваторіи наблюденіями надъ затменіями Юпитеровыхъ спутниковъ. Эта планета, отстоящая отъ солнца на 103.168.000 геогр. миль, имѣетъ четыре луны. Мы займемся теперь только ближайшею изъ нихъ къ планетѣ. Рёмеръ наблюдалъ эту луну, видѣлъ какъ она проходила передъ планетою, переходила на другую ея сто-

*) Вслѣдствіе полного отраженія низвергающаяся струя воды сверкаетъ иногда какъ расплавленная лава. Можно спросить: почему мы видимъ струю если отраженіе свѣта въ ней *полное и внутреннее*? Еслибъ вода была *чиста*, то она была бы невидима; свѣтъ въ этомъ случаѣ скрылся бы, по выраженію Эмерсона, въ прозрачности. Также какъ и въ опытѣ надъ отраженіемъ (черт. 4), путь луча виденъ вслѣдствіе разсѣянія свѣта частицами механически взвѣшанными въ водѣ.

рону и потомъ погружалась въ тѣнь Юпитера, гдѣ она меркла вдругъ какъ внезапно угасающая лампа. На другомъ краю тѣни она снова появлялась какъ лампа мгновенно вспыхнувшая. Такимъ образомъ эта луна являлась предъ астрономомъ какъ сигнальный огонь и позволила ему опредѣлить съ точностію время ея обращенія. Періодъ времени между двумя послѣдовательными вспыхиваніями этой небесной лампы оказался равнымъ 42 часамъ, 28 минутамъ и 35 секундамъ.

Измѣреніе времени было сдѣлано такъ точно, что зная въ какое мгновеніе луна вышла изъ тѣни, можно опредѣлить когда она появится изъ тѣни въ сотый разъ. Дѣйствительно это послѣдуетъ спустя сто разъ 42 часа, 28 минутъ и 35 секундъ послѣ перваго наблюденія.

Первое наблюденіе было сдѣлано Рёмеромъ въ то время когда земля находилась въ ближайшей къ Юпитеру части своей орбиты. Шесть мѣсяцевъ спустя, когда земля пришла на противоположную сторону своей орбиты, оказалось что при своемъ сотомъ появленіи изъ тѣни луночка запоздала и показалась на 15 минутъ позже вычисленнаго времени. Это запаздываніе появленія изъ тѣни возрастало постепенно по мѣрѣ того какъ земля приходила въ болѣе отдаленныя отъ Юпитера части своей орбиты. Рёмеръ рассуждалъ такъ: „еслибъ я могъ остаться на другой сторонѣ земной орбиты, то луночка всякій разъ появлялась бы изъ тѣни въ назначенное время; наблюдатель находящійся тамъ увидалъ бы луночку 15-ю минутами ранѣе; замедленіе въ этомъ случаѣ происходитъ оттого что свѣтъ употребляетъ 15 минутъ на прохожденіе разстоянія отъ мѣста моего перваго наблюденія до моего теперешняго положенія.“

Вслѣдъ за этой геніальною догадкой въ умѣ Рёмера блеснула другая мысль: „если мое предположеніе правильно“, рассуждалъ онъ, „то по мѣрѣ моего приближенія къ Юпитеру на другой сторонѣ земной орбиты, замедленіе должно постепенно умахаться и совершенно исчезнуть когда я достигну мѣста перваго наблюденія.“ Это подтвердилось, и

такимъ образомъ Рёмеръ не только доказалъ что свѣтъ требуетъ времени для прохожденія пространства, но и опредѣлилъ скорость его распространенія.

Скорость свѣта, по опредѣленію Ремера, составляетъ 41.500 геогр. миль въ секунду.

Нѣкоторое время не довѣряли наблюденіямъ и умозаключеніямъ Рёмера. Въ нихъ сомнѣвались Кассини, Фонтенель и Гукъ. Въ послѣдствіи англійскій астрономъ Брайль неожиданно подтвердилъ открытіе Рёмера. Брайль замѣтилъ что неподвижныя звѣзды въ дѣйствительности не представляются неподвижными, но ежегодно описываютъ на небѣ маленькія орбиты. Этотъ фактъ очень занималъ его; но Брайль былъ одаренъ умомъ проницательнымъ и способнымъ отличить въ малѣйшемъ явленіи подобіе явленія самаго важнаго. Однажды, плывя въ лодкѣ по Темзѣ, онъ замѣтилъ, что пока лодка слѣдовала тому же пути, флюгеръ на мачтѣ показывалъ что вѣтеръ дуетъ постоянно въ одномъ направленіи, и что направленіе вѣтра повидимому измѣнялось вмѣстѣ съ перемѣною въ направленіи лодки. „Это указало ему“, говоритъ Юэлль, „подобіе занимавшаго его явленія. Лодка представляла движущуюся по своей орбитѣ землю, а вѣтеръ изображалъ свѣтъ звѣзды.“

Къ чему послужили бы Брайлю флюгеръ и вѣтеръ, еслибъ онъ не имѣлъ способности возсоздать въ умѣ своемъ „образъ“ явленія? Они остались бы чѣмъ были—флюгеромъ и вѣтромъ. Вы сейчасъ уразумѣете значеніе открытія Брайля. Представьте себѣ что вы сидите въ неподвижномъ желѣзно-дорожномъ поѣздѣ подъ отвѣсно падающимъ дождемъ. Съ того мгновенія когда поѣздъ пришелъ въ движеніе капли дождя начинаютъ наклоняться, и чѣмъ съ большею скоростію движется поѣздъ, тѣмъ косвеннѣе падаютъ капли. Точно такимъ же образомъ отъ движенія земли наклоняются лучи свѣта идущіе изъ звѣзды. Зная скорость поѣзда и наклоненіе падающаго дождя можно вычислить скорость капель; равнымъ образомъ, зная скорость

движенія земли по ея орбитѣ и происходящее отъ этой причины наклоненіе лучей можно вычислить также легко скорость свѣта. Брадлей рѣшилъ эту задачу, и изъ своего открытія, извѣстнаго подъ названіемъ абберраціи свѣта, нашель для скорости свѣта, почти въ точности, такую же величину, какую вывелъ Рёмеръ изъ наблюденій совершенно другого рода. Въ послѣдствіи Физо опредѣлилъ скорость свѣта, употребляя для того не разстоянія планетъ и звѣздъ, а только протяженіе города Парижа. Послѣ него Фуко, человѣкъ съ геніальными механическими способностями, рѣшилъ задачу не выходя изъ своей комнаты. Вслѣдствіе ошибки въ разстояніи земли отъ солнца, скорость свѣта найденная Рёмеромъ и Брадлеемъ слишкомъ велика. Весьма близко къ истинѣ можно считать ее равною 40.000 милямъ въ секунду.

Мнѣніе что свѣтъ распространяется мгновенно, поддерживаемое Декартомъ и принятое Гукомъ, было опровергнуто открытіемъ Рёмера. Доказанная скорость свѣта въ звѣздномъ пространствѣ привела къ предположеніямъ о его скорости въ прозрачныхъ земныхъ веществахъ. Показатель преломленія луча на пути изъ воздуха въ воду равняется $\frac{4}{3}$. По этимъ числамъ Ньютонъ заключилъ что скорость свѣта въ водѣ равняется 4, а въ воздухѣ 3, и вывелъ изъ этого предположенія явленія преломленія. Въ послѣдствіи было доказано что, на оборотъ, скорость свѣта въ водѣ равняется 3, а въ воздухѣ 4; но какъ во время Ньютона, такъ и въ наше, путь свѣта, во всѣхъ случаяхъ, былъ опредѣляемъ и опредѣляется на основаніи одного и того же великаго начала. Переходя изъ точки въ точку, свѣтъ, какія бы онъ ни встрѣчалъ тѣла на своей дорогѣ и какимъ бы онъ ни подвергался отраженіямъ, всегда избираетъ тотъ путь, на прохожденіе котораго потребно *наименѣе времени*. Такъ, принимая въ соображеніе его скорость въ воздухѣ и въ водѣ, свѣтъ скорѣе дойдетъ изъ *I* въ *G* (черт. 4), если онъ направится сперва въ *O* и потомъ измѣнитъ свой путь, какъ слѣбъ онъ двинулся прямо изъ *I* въ *G*. Это ясно

изъ того что въ послѣднемъ случаѣ ему пришлось бы описать большее пространство въ водѣ, гдѣ его скорость замедляется.

Снелліевъ законъ преломленія служитъ оптикѣ краеугольнымъ камнемъ и приложенія его теперь неизчислимы. Тотчасъ послѣ его открытія Декартъ воспользовался имъ для объясненія радуги. Лучъ солнечнаго свѣта, падая косвенно на каплю воды, при вступленіи въ каплю преломляется. Часть его отражется [отъ задней стороны капли, и при выхожденіи изъ нея снова преломляется. Вслѣдствіе такихъ двухъ преломленій, при вступленіи и при выхожденіи, лучъ свѣта разлагается и выходитъ изъ капли раздѣленнымъ на свои цвѣтныя составныя части. Въ этомъ видѣ свѣтъ доходитъ до глаза обращеннаго спиною къ солнцу наблюдателя, который смотритъ на каплю.

Вообразите линію проведенную отъ солнца къ глазу наблюдателя и продолженную далѣе. Вообразите другую линію, составляющую съ линіей идущею отъ солнца уголъ въ $42\frac{1}{2}^{\circ}$ и продолженную до падающаго дождя. По этой второй линіи отъ капли дождя, находящейся на ея дальнемъ концѣ и освѣщенной солнцемъ, направляется красный лучъ. Въ каждой другой каплѣ, имѣющей подобное положеніе, то-есть въ каждой каплѣ удаленной отъ означенной линіи на угловое разстояніе въ $42\frac{1}{2}^{\circ}$, повторяется то же явленіе. Такимъ образомъ составляется круглая полоса краснаго свѣта, которую можно разсматривать какъ часть основанія конуса, коего вершина находится въ глазѣ наблюдателя, а оболочка составлена изъ образующихъ полосъ лучей. По причинѣ величины солнца угловая ширина красной полосы равна полуградусу.

Вообразите отъ глаза наблюдателя другую линію, составляющую съ линіей проведенною отъ глаза къ солнцу уголъ не въ $42\frac{1}{2}^{\circ}$, а въ $40\frac{1}{2}^{\circ}$. По этой линіи падающій на каплю солнечный лучъ пошлетъ въ глазъ лучъ фіолетовый. Это повторяется во всѣхъ капляхъ, находящихся въ томъ же угловомъ разстояніи, вслѣдствіе чего мы видимъ фіоле-

товую полосу одинаковой ширины съ красною. Эти двѣ полосы составляютъ предѣльные цвѣта радуги, между которыми располагаются полосы соотвѣтствующія другимъ цвѣтамъ.

Такимъ образомъ линія проведенная отъ наблюдателя въ средину радуги составляетъ съ линіей идущей отъ наблюдателя къ солнцу уголъ почти въ 41° . Важныя затрудненія въ объясненіи причины этого явленія оставались неразрѣшенными до временъ Декарта.

Взявъ перо и опредѣливъ, по закону Снеллія, путь каждаго луча проходящаго чрезъ каплю, Декартъ нашелъ что, при извѣстной величинѣ угла, лучи выходящіе изъ капли *почти параллельны между собою*. Такимъ образомъ они сохраняютъ свою напряженность на большомъ протяженіи въ атмосферѣ. При всякомъ другомъ углѣ, лучи выходятъ изъ капли *расходящимися*, и вслѣдствіе того такъ ослабляются что не могутъ быть усмотрѣны глазомъ. Уголъ при которомъ лучи остаются параллельными оказался равнымъ сорока одному градусу, именно той величинѣ, которая, какъ доказано наблюденіемъ, неразрывно связана съ явленіемъ радуги.

Остановимся здѣсь на вопросѣ, не разъ подававшемъ поводъ къ преніямъ, именно—почему мы никогда не видимъ отраженія въ водѣ радуги, которая опирается своими концами на спокойную поверхность озера? Если бы вы вырѣзали изъ картона дугу такой видимой ширины какъ радуга и расписали ее ея цвѣтами, то такая нарисованная дуга, поставленная надъ водою въ неслишкомъ большомъ разстояніи, безъ сомнѣнія отразилась бы въ водѣ. Цвѣтные лучи исходили бы изъ такой дуги во всѣхъ направленіяхъ, и тѣ изъ нихъ которые упали бы на воду подъ соотвѣтствующимъ угломъ и отразились въ глазъ, составили бы изображеніе дуги. Но дѣйствующие лучи настоящей радуги испускаются только въ одномъ направленіи, подъ угломъ въ 41° , лучи же разсѣваемые каплями не представляютъ необходимаго условія параллельности, а потому хотя облако, на которомъ

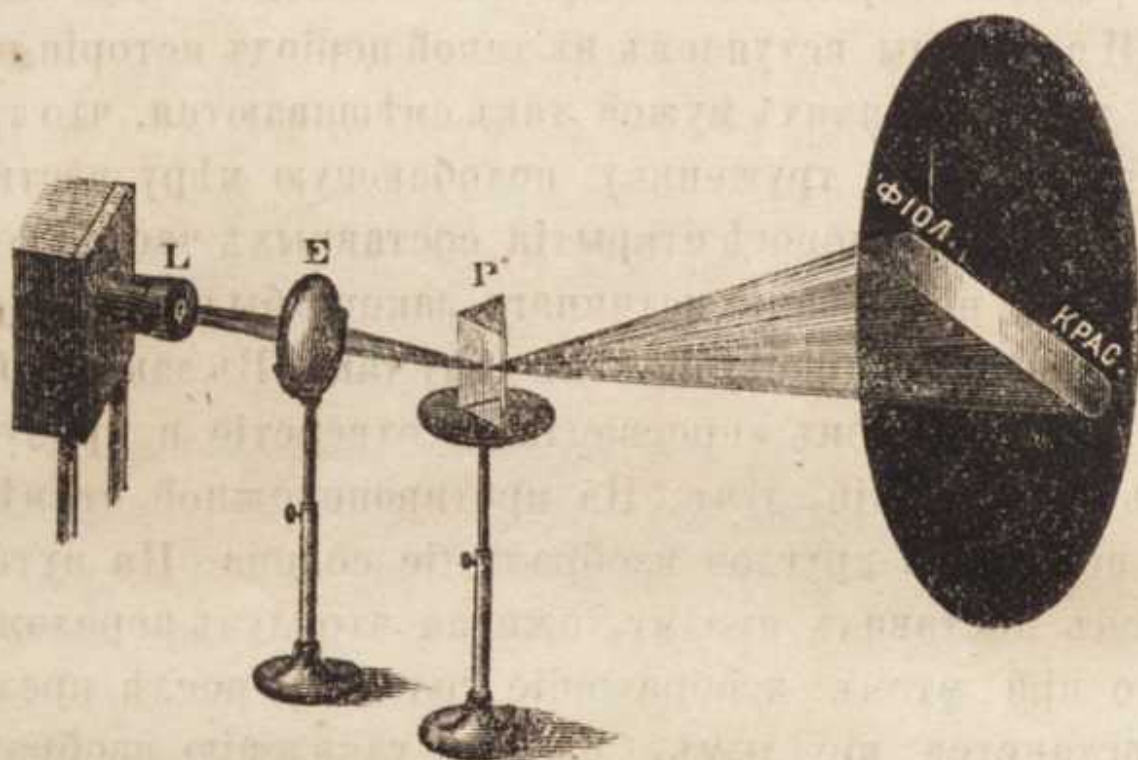
рисуеться радуга, отражается въ водѣ—сама радуга не отражается.

Въ радугѣ открывается намъ новое явленіе—явленіе цвѣтовъ. И здѣсь мы вступаемъ въ такой періодъ исторіи науки, когда труды великихъ мужей такъ смѣшиваются, что трудно воздать каждому труженику подобающую мѣру чести. Декартъ стоялъ на порогѣ открытія составныхъ частей солнечнаго свѣта, но указаніе истиннаго закона было предоставлено Ньютону. Онъ приступилъ къ дѣлу такъ. Въ закрытой комнатной ставнѣ онъ просверлилъ отверстіе и пропустилъ сквозь него тонкій лучъ. На противоположной стѣнѣ комнаты появилось круглое изображеніе солнца. На пути луча Ньютонъ поставилъ призму, ожидая что лучъ переломится, но что при этомъ изображеніе солнца и послѣ преломленія останется круглымъ. Къ его удивленію изображеніе вытянулось, и его длина сдѣлалась въятеро болѣе ширины. Притѣмъ оно оказалось не бѣлымъ, но подраздѣлилось на разноцвѣтныя полосы. Это вытянутое изображеніе открыло ему что однѣ составныя части свѣта отклоняются въ призмѣ болѣе чѣмъ другія, и онъ заключилъ что бѣлый солнечный лучъ есть смѣшеніе разноцвѣтныхъ лучей различной преломляемости.

Сдѣлаемъ этотъ знаменитый опытъ. На экранѣ рисуется теперь свѣтлый кружокъ, заступающій мѣсто Ньютонова изображенія солнца. Пропуская пучокъ лучей изъ кругаго отверстія L (черт. 7) сквозь собирательное стекло Е, дающее изображеніе отверстія, и потомъ сквозь призму Р, мы получаемъ Ньютонovo цвѣтное изображеніе, съ концами краснымъ и фіолетовымъ, называемое *спектромъ*. Ньютонъ раздѣлилъ спектръ на семь частей—красную, оранжевую, желтую, зеленую, голубую, синюю и фіолетовую—которыя обыкновенно называются простыми или призматическими цвѣтами. Разложеніе бѣлаго свѣта на его составныя цвѣта называется *разстѣпаніемъ*.

Такъ Ньютонъ разложилъ въ первый разъ свѣтъ; но ученый любитъ повѣрку и никогда отъ нея не отказывается

если она возможна. Ньютонъ дополнилъ свое доказательство и слѣдующимъ образомъ снова соединилъ разложенный

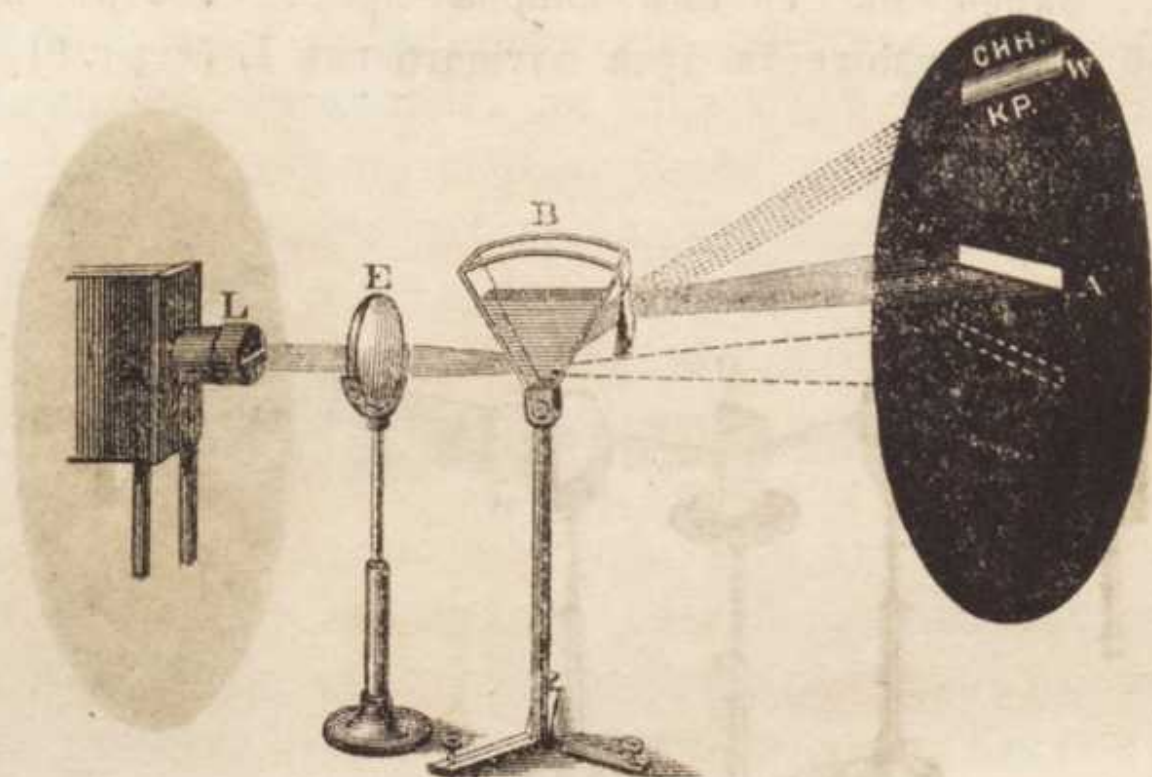


Чер. 7.

свѣтъ. Спектръ предъ вашими глазами произведенъ стеклянною призмою. Если мы пропустимъ разложенный лучъ сквозь другую такую же призму, но поставленную такъ, что цвѣтные лучи преломляются въ обратную сторону и снова смѣшиваются, то мы увидимъ опять свѣтлый бѣлый кружокъ.

Въ этомъ случаѣ преломленіе и разсѣяніе уничтожаются совмѣстно. Всегда ли бываетъ такъ? Можетъ ли произойти одно безъ другаго? Ньютонъ заключилъ, что нѣтъ. Въ этомъ онъ ошибался, и его заблужденіе, въ которомъ онъ пребылъ до конца своей жизни, было причиною замедленія въ успѣхахъ оптики. Въ послѣдствіи Доллонъ доказалъ, что при помощи двухъ родовъ стекла можно уничтожить цвѣта и вмѣстѣ съ тѣмъ удержать часть преломленія. Онъ воспользовался этимъ остальнымъ преломленіемъ для приготовленія своихъ ахроматическихъ объективовъ, такихъ объективовъ, которые не даютъ цвѣтовъ, что Ньютонъ считалъ невозможнымъ. Для примѣра возьмемъ призму изъ воды—призматическій сосудъ В съ стеклянными сторонами наполо-

ненный водою (черт. 8)—и съ правой стороны ея подвѣсимъ стеклянную призму. Положеніе непреломленныхъ лу-



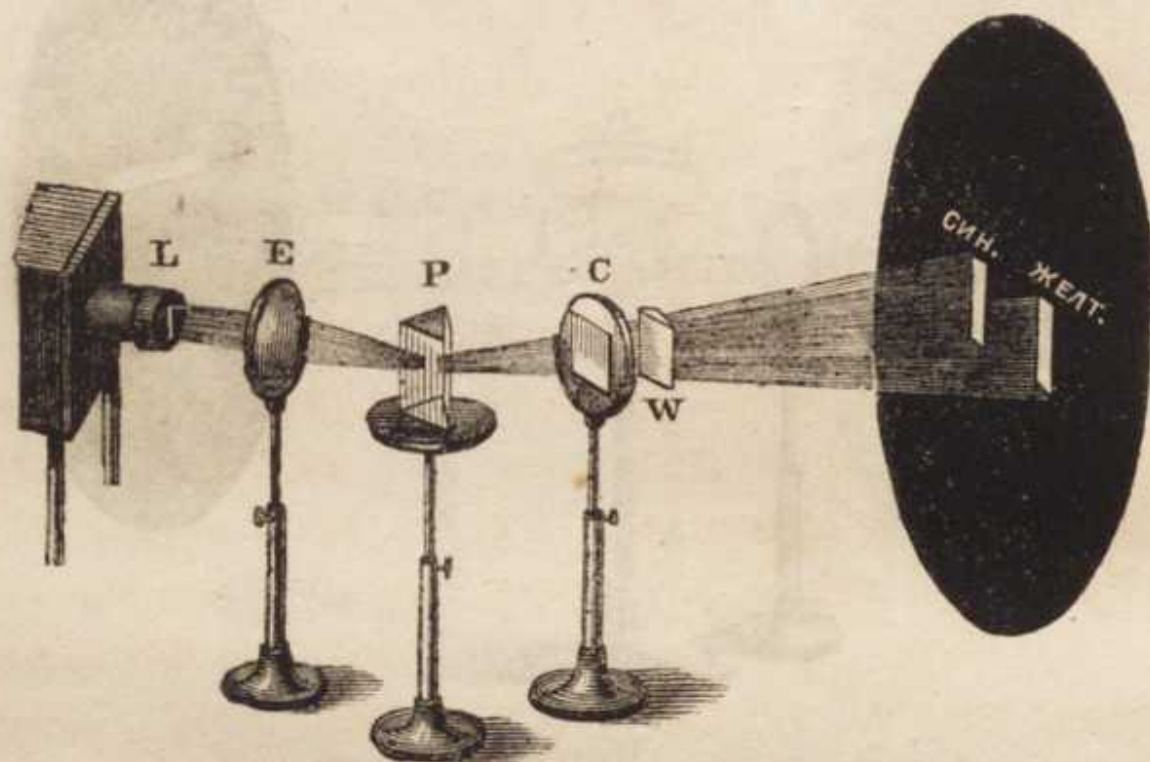
Чер. 8

чей показано на экранѣ точечными линіями; вверху вы видите узкій спектръ W происшедшій отъ воды. Отъ дѣйствія призмы изъ флинтгласа лучъ преломляется въ обратную сторону такъ, что въ A всѣ цвѣта исчезаютъ. Изображеніе щели сдѣлалось бѣлымъ, и хотя разсѣяніе уничтожено, остается, какъ вы видите, весьма замѣтная доля преломленія.

Здѣсь слѣдуетъ объяснить одно обстоятельство, вліяющее на снаряды, которыми мы будемъ пользоваться при нашихъ чтеніяхъ. Тѣла весьма различны между собою въ своей преломляющей и разсѣвающей силѣ. Замѣьте на экранѣ положеніе спектра отъ воды. Если, не измѣняя ни въ чемъ призматическаго сосуда, вы наполните его, вмѣсто воды, прозрачнымъ двусѣрнистымъ углеродомъ, вы усмотрите что лучъ отбросится много выше, а цвѣта сдѣлаются гораздо ярче. Для увеличенія размѣровъ спектра мы пользуемся при этомъ опытѣ не круглымъ отверстіемъ, а щелью L *).

*) Слабая разсѣвающая сила воды скрываетъ, какъ замѣтилъ Гельмгольтцъ, несовершенство въ ахроматизмѣ нашего глаза. Не-

Синтезъ бѣлаго луча можно произвести троякимъ образомъ, и на этомъ слѣдуетъ теперь остановить наше вниманіе. Здѣсь мы видимъ сперва яркій спектръ происшедшій отъ разложенія луча идущаго изъ L (черт. 9). Одна



Чер. 9.

сторона призмы Р прикрыта (непоказанною на чертежѣ) діафрагмою съ разрѣзомъ, сквозь который свѣтъ проникаетъ въ призму. На другой сторонѣ ея свѣтъ выходитъ разложенный. Я пропускаю цвѣта сквозь цилиндрическое стекло С, которое такъ собираетъ ихъ вмѣстѣ, что на экранѣ

вооруженнымъ глазомъ я вижу отдаленный синій кружокъ рѣзко очерченнымъ, а красный нѣтъ. Линіи обозначающія верхній и нижній предѣлы горизонтально преломленного спектра то же кажутся мнѣ рѣзкими на синемъ концѣ и неясными на красномъ. Когда свѣтлый кружокъ пролагается на экранѣ, при чемъ одно полукружіе отверстія прикрыто краснымъ стекломъ, а другое синимъ, то разница въ видимой величинѣ двухъ полукружій для меня и множества другихъ лицъ поразительна. Многіе люди замѣчаютъ разницу между видимыми величинами двухъ полукружій въ превратномъ смыслѣ. Если я исправляю театральною трубкою разсѣяніе красного свѣта на сѣтчаткѣ, то теряется рѣзкость изображенія для голубаго свѣта. Съ этой стороны недостатки въ ахроматизмѣ глаза дѣйствительно представляются весьма грубыми.

показывается рѣзко очерченное прямоугольное изображеніе вертикальной трещины L. Въ этомъ изображеніи цвѣта снова смѣшались, и вы видите что оно совершенно бѣлое. Между призмою и цилиндрическимъ стекломъ можно усмотрѣть цвѣта обозначающіеся на плавающей въ комнатѣ пыли. Если мы заслонимъ картою болѣе преломляющіеся лучи, то прямоугольникъ сдѣлается краснымъ; если же мы заслонимъ менѣе преломляющіеся лучи, то прямоугольникъ сдѣлается синимъ. Посредствомъ тонкой стеклянной призмы W, я отклоняю одну часть цвѣтовъ и предоставляю свободный путь другой части. При этомъ на экранѣ появляются два цвѣтные прямоугольника. Эти цвѣта называются *дополнительными* и соединяясь вмѣстѣ производятъ цвѣтъ бѣлый. При надлежащей установкѣ призмы одинъ изъ этихъ цвѣтовъ дѣлается *желтымъ*, а другой *синимъ*. Когда я удаляю призму, желтый цвѣтъ тотчасъ смѣшивается съ синимъ и изъ соединенія ихъ образуется цвѣтъ *бѣлый*. Этимъ опытомъ мы опровергаемъ ложное мнѣніе, что смѣшеніе желтаго свѣта съ синимъ производитъ свѣтъ зеленый. Заблужденіе обнаружено въ первый разъ Гельмгольтцомъ.

Взявъ круглое отверстіе мы опять получаемъ спектръ сходный съ спектромъ Ньютона. При помощи собирательнаго стекла цвѣта соединяются и образуютъ вмѣстѣ свѣтлое бѣлое изображеніе не отверстія, а самыхъ заостренныхъ концовъ углей.

Наконецъ, вслѣдствіе того что впечатлѣнія сѣтчатой оболочки имѣютъ нѣкоторую продолжительность, мы можемъ, при помощи вращающагося круга, котораго секторы расписаны цвѣтами спектра, смѣшивать призматическіе цвѣта *въ самомъ глазѣ*, и возбуждать такимъ образомъ впечатлѣніе бѣлизны.

Распознавъ смѣшанныя вмѣстѣ составныя части бѣлаго свѣта мы должны теперь изслѣдовать какъ вліяетъ этотъ дѣятель на природу вслѣдствіе своего состава. Мы обязаны ему всѣми явленіями цвѣта, но не ему одному, потому что должно существовать нѣкоторое соотношеніе между поверх-

ностными частицами естественныхъ тѣлъ и бѣлымъ свѣтомъ, позволяющее имъ заимствовать изъ него прелесть цвѣта. Способность тѣлъ при этомъ *избирательная*, а не *творческая*. Ни одно естественное тѣло не производитъ цвѣта. Бѣлый солнечный свѣтъ осыпаетъ естественныя тѣла совокупностію всевозможныхъ цвѣтовъ, и дѣйствіе тѣлъ ограничивается тѣмъ, что онѣ какъ бы просѣваютъ всю массу падающаго на нихъ свѣта, выбираютъ изъ него цвѣта имъ свойственные и отбрасываютъ остальные. Чтобы дать вамъ опредѣленное понятіе объ этомъ предметѣ, я долженъ при-совокупить, что тѣла получаютъ свой цвѣтъ отъ той части свѣта, которую онѣ отбрасываютъ, а не отъ той, которую онѣ усваиваютъ себѣ.

Начнемъ наши опыты изслѣдованія съ вопроса: что значить чернота? Проведите черную ленту по цвѣтамъ спектра—они всѣ на ней меркнутъ. Это объясняетъ намъ, что значить чернота—она результатъ поглощенія всѣхъ составныхъ частей солнечнаго свѣта. Проведите по спектру красную ленту. Въ красномъ свѣтѣ лента дѣлается ярко красною. Почему? Потому что свѣтъ, падающій на ленту, не меркнетъ или поглощается, но большая часть его отбрасывается назадъ къ глазу. Та же лента въ зеленой части спектра черна какъ уголь. Она поглощаетъ зеленый свѣтъ, и мѣсто, которое онъ занимаетъ, кажется очень чернымъ. Положите зеленую ленту на зеленую полосу спектра—она ярко сіяетъ своимъ собственнымъ цвѣтомъ; перенесите ленту на красную полосу—она дѣлается черна какъ уголь. Здѣсь она поглощаетъ весь падающій на нее свѣтъ, и предъ глазомъ остается только мракъ.

Такимъ образомъ, при бѣломъ свѣтѣ, красныя тѣла просѣваютъ его помрачая въ немъ зеленые лучи, а зеленые тѣла просѣваютъ его помрачая въ немъ красные лучи. Оба тѣла принимаютъ цвѣтъ остальныхъ лучей. Поэтому естественныя тѣла приобрѣтаютъ свои цвѣта посредствомъ *отрицательнаго* процесса. Цвѣта образуются чрезъ выдѣленіе, а не чрезъ прибавленіе. Это красное стекло красно,

потому что оно уничтожаетъ всѣ болѣе преломляемые лучи спектра. Эта синяя жидкость синя, потому что она уничтожаетъ всѣ менѣе преломляемые лучи. Оба тѣла сопоставленные вмѣстѣ дѣлаются непрозрачными, потому что свѣтъ пропускаемый однимъ изъ нихъ поглощается другимъ. Этимъ путемъ соединяя два прозрачныя вещества мы получаемъ въ ихъ совокупности тѣло темное какъ смоль для солнечнаго свѣта. Наконецъ вотъ жидкость пунцовая, потому что она уничтожаетъ лучи зеленые и желтые, но пропускаетъ безпрепятственно крайніе цвѣта спектра. Этотъ великолѣпный пунцовый цвѣтъ произошелъ отъ смѣшенія синяго съ краснымъ.

Для точности сдѣлаемъ еще шагъ впередъ. Падающій на тѣло свѣтъ раздѣляется на двѣ части, изъ коихъ одна отражается отъ его поверхности; эта отражаемая часть имѣетъ тотъ же цвѣтъ какъ и падающій свѣтъ. Если падающій цвѣтъ бѣлый, то отраженный отъ поверхности свѣтъ будетъ также бѣлый. Солнечный свѣтъ отраженный отъ поверхности черного тѣла остается бѣлымъ. Самый черный дымъ камфина, когда въ темную комнату пропущенъ солнечный лучъ сквозь отверстіе въ ставнѣ, обозначаетъ слѣдъ луча бѣлою полосою, вслѣдствіе отраженій свѣта отъ поверхностей частицъ копоти. Луна кажется намъ одѣтою бѣлою шелковою тканью, по выраженію поэта; но еслибъ она была обтянута наичернѣйшимъ чернымъ бархатомъ, она все бы висѣла на небесахъ въ видѣ свѣтлаго круга и въ извѣстной мѣрѣ освѣщала бы землю.

Другая часть свѣта проникаетъ въ тѣло, и отъ вліянія тѣла на эту часть зависитъ его цвѣтъ. Разсмотримъ дѣйствіе красокъ на свѣтъ. Каждая краска состоитъ изъ частицъ размѣщенныхъ въ средѣ ихъ связывающей; какъ бы частицы ни были скучены, онѣ остаются частицами раздѣленными между собою промежутками, хогя и чрезмѣрно малыми, но тѣмъ не менѣе промежутками. Выражаясь ученымъ языкомъ, краска въ оптическомъ отношеніи не есть нѣчто сплошное. Но тамъ, гдѣ сплошное состояніе прерывается и

свѣтъ переходитъ изъ одной среды въ другую онъ всегда отражается. По причинѣ безчисленныхъ отраженій при поверхностяхъ ограничивающихъ частицы, свѣтъ не можетъ пройти сквозь стекло или каменную соль, когда эти прозрачныя вещества измелчены въ порошокъ. Свѣтъ истощается здѣсь во множествѣ отраженій, а не меркнетъ отъ настоящаго поглощенія. Такого же рода отраженіе дѣлаетъ непроницаемымъ для свѣта грозовое облако. Подобное облако составлено изъ частицъ воды, перемѣшанныхъ съ частицами воздуха, которыя, въ отдѣльности, сами по себѣ прозрачны, но послѣ такого смѣшенія дѣлаются въ дѣйствительности непрозрачными.

Слѣдовательно, падая на краски, свѣтъ *отражается* отъ поверхностей, ограничивающихъ частицы, но частію *поглощается* внутри частицъ. Отраженіе необходимо, чтобы свѣтъ могъ дойти отъ тѣла до глаза, а поглощеніе необходимо для приданія тѣлу его цвѣта. Эти замѣчанія прилагаются и къ цвѣткамъ растеній. Роза кажется намъ красною не въ силу свѣта отразившагося отъ ея поверхности, но вслѣдствіе того свѣта, который проникъ въ ея вещество, отразился отъ внутреннихъ поверхностей и, возвращаясь къ глазу *сквозь* ея вещество, утратилъ на пути свои зеленые лучи. Такимъ же образомъ въ плотныхъ зеленыхъ листьяхъ меркнутъ красные лучи, и отъ листьевъ доходитъ до глазъ зеленый свѣтъ.

Всѣ тѣла, даже самыя прозрачныя, болѣе или менѣе поглощаютъ свѣтъ. Возьмите для примѣра воду: въ небольшой массѣ она не дѣйствуетъ замѣтно на свѣтъ. Сосудъ чистой воды, поставленный на пути нашего луча не измѣняетъ замѣтнымъ образомъ цвѣтовъ получаемого изъ него спектра. Тѣмъ не менѣе при этомъ произошло поглощеніе, хотя и нечувствительное. Чтобы сдѣлать его ощутительнымъ стоитъ только увеличить глубину воды, сквозь которую проходитъ свѣтъ. вмѣсто сосуда толщиною въ одинъ дюймъ, возьмемъ слой воды толщиною въ десять или пятнадцать футовъ: тогда цвѣтъ воды явственно обнаружится. Съ уве-

личеніемъ толщины слоя усиливается поглощеніе, и при очень большой толщинѣ поглощается весь свѣтъ. Сажа и деготь не въ силахъ сдѣлать болѣе; вся разница между ними и водою заключается въ томъ, что достаточно весьма тонкаго слоя этихъ веществъ, чтобы погасить весь свѣтъ. Различіе между самою сильною прозрачностію и самою сильною непрозрачностію касается только степени.

Поэтому, если слой воды настолько глубокъ, что можетъ погасить весь свѣтъ, и если ни одинъ лучъ не доходитъ изъ массы воды до глаза, въ такомъ случаѣ осуществляется условіе необходимое для того чтобъ она казалась черною. Въ Атлантическомъ океанѣ есть такія мѣста, гдѣ вода, если смотрѣть на нее надлежащимъ образомъ, не представляетъ почти никакихъ слѣдовъ цвѣта: глазъ едва-едва отличаетъ тамъ темную синеву. Въ сущности вода *черна*, и это служитъ признакомъ ея глубины и чистоты. Дѣло совершенно измѣняется когда вода океана содержитъ въ себѣ твердыя частицы, взвѣшенныя въ ней механически и способныя отражать къ глазу свѣтъ.

Бросьте бѣлый камешекъ въ самую черную воду Атлантического океана; по мѣрѣ своего погруженія онъ станетъ все болѣе и болѣе зеленѣть, и предъ исчезновеніемъ приметъ яркій синезеленый цвѣтъ. Разбейте камень на кусочки — каждый изъ нихъ покажетъ тоже что и вся масса; сотрите камень въ порошокъ — каждая частица отразитъ не много зеленыхъ лучей, и если частицы такъ мелки что остаются взвѣшанными въ водѣ, то отбрасываемый ими свѣтъ придаетъ морю равномерный зеленый цвѣтъ. Отсюда происходитъ зеленоватость воды надъ отмѣлями. Если вы ложась на кораблѣ спать видите что кругомъ васъ вода Атлантического океана черна, а просыпаясь утромъ замѣчаете что она сдѣлалась ярко зеленою, то вы можете безошибочно заключить что вы переплываете черезъ Ньюфаундландскую отмель. Такая вода, какъ оказывается, наполнена мелкимъ веществомъ механически въ ней взвѣшеннымъ. Свѣтъ идущій отъ дна можетъ иногда вліять на явленіе, но не

составляетъ необходимаго для него условія. Подводная пѣна, взбиваемая винтомъ или колесными лопатками парахода, также кажется ярко зеленою. Пѣна образуетъ при этомъ *отражающія поверхности*, а вода между нею и глазомъ *поглощающую среду*. X

Нельзя представить себѣ болѣе великолѣпнаго зеленого цвѣта какъ цвѣтъ волнъ Атлантическаго океана при благопріятныхъ для проявленія цвѣтности условіяхъ. Пока волна не разбивается, цвѣтовъ не замѣтно; но когда гребень ея опоясывается пѣною, какъ Альпійскія вершины снѣгомъ, то подъ этимъ поясомъ часто появляется самый роскошный, металлическаго блеска зеленый цвѣтъ. Сперва освѣщается пѣна и разбрасываетъ свѣтъ по всѣмъ направленіямъ; до глаза доходить только свѣтъ пробѣгающій сквозь верхнюю часть волны и придаетъ этой части ея чистый яркій цвѣтъ. Рябь на волнѣ образуетъ рядъ продольныхъ возвышеній и углубленій, которыя, дѣйствуя подобно цилиндрическимъ стекламъ, производятъ измѣненія въ напряженности свѣта, и этимъ самымъ значительно увеличиваютъ красоту явленія.

Теперь мы можемъ разсмотрѣть подробнѣе обстоятельство упомянутое выше, относительно котораго долго сохранялось въ заблужденіе. Во многихъ книгахъ говорится что отъ смѣшенія синяго свѣта съ желтымъ получается свѣтъ зеленый. Но мы сейчасъ доказали что цвѣта синій и желтый цвѣта дополнительные, производящіе по смѣшеніи вмѣстѣ цвѣтъ бѣлый. Смѣсь *красокъ* синей съ желтою конечно будетъ зеленая, но смѣшеніе *красокъ* совершенно отлично отъ смѣшенія лучей.

Гельмгольтцъ доказавшій первый что цвѣта желтый и синій дополнительные, объяснилъ почему смѣсь такихъ *красокъ* выходитъ зеленая. Въ природѣ нѣтъ чистыхъ цвѣтовъ. Синяя жидкость, или синій порошокъ пропускаютъ сквозь себя не одни лишь синіе лучи, но также и часть смежныхъ съ ними зеленыхъ. Желтый порошокъ прозраченъ не для одного только желтаго свѣта, но также и для смежнаго съ нимъ зеленого. Въ смѣси синяго вещества съ жел-

тымъ, синее задерживаетъ лучи желтые, оранжевые и красные, а желтое, съ другой стороны, задерживаетъ лучи фіолетовые, синіе и голубые. Оба вещества прозрачны только для зеленыхъ лучей, а потому, при паденіи свѣта на смѣсь желтаго порошка съ голубымъ, къ глазу отбрасываются лишь зеленые лучи. Я уже показывалъ вамъ что ярко-синій растворъ аммоніакальной мѣди пропускаетъ большую часть зеленыхъ лучей, но задерживаетъ всѣ менѣе преломляемые лучи. Желтый растворъ пикриновой кислоты тоже пропускаетъ зеленые лучи, но гаситъ всѣ болѣе преломляемые лучи. Что послѣдуетъ когда мы пропустимъ лучъ сквозь обѣ жидкости? Отвѣтъ опыта передъ вами: на экранѣ осталась только зеленая полоса спектра.

Недавно г. Вудбьюри указалъ мнѣ какъ поразительно нечисты цвѣта въ природѣ. Разсматривая при солнечномъ свѣтѣ зеленые листья сквозь синее стекло, онъ замѣтилъ что свѣтъ отражаемый поверхностями листьевъ былъ синій, но что свѣтъ исходящій изъ самаго ихъ тѣла былъ красный. По разслѣдованіи, я нашелъ что употребляемое для этого опыта стекло пропускало лучи обоихъ концовъ спектра, красные и синіе, но поглощало средніе. Этимъ объяснялось наблюденіе. Нѣжная весенняя листва поглощаетъ почти всѣ синіе лучи и отражаетъ къ глазу желто-зеленый свѣтъ съ нѣкоторою примѣсью краснаго. Если смотрѣть на такую зелень сквозь фіолетовое стекло, то зеленые и желтые лучи задерживаются, и до глаза доходятъ только красные. Поэтому, при такомъ наблюденіи, листья принимаютъ подобіе нѣжно алѣющихъ розъ и представляютъ собою прелестное зрѣлище. Явленіе не обнаруживается при наблюденіи сквозь растворъ аммоніакальной мѣди, который не пропускаетъ красныхъ лучей.

Позднѣ лѣтомъ алый цвѣтъ постепенно грубѣетъ и переходитъ въ мѣднокрасный. Въ темныхъ листьяхъ стараго плюща онъ вовсе незамѣтенъ. Если мы, въ темной комнатѣ, направимъ сосредоточенный лучъ бѣлаго свѣта на свѣжія листья и станемъ попеременно смотрѣть на нихъ про-

стымъ глазомъ и сквозь фіолетовое стекло, то листья будутъ удивительно мѣняться въ цвѣтъ, изъ зеленыхъ въ красные, и изъ красныхъ опять въ зеленые. Въ маѣ дуга сквозь фіолетовое стекло кажутся ярко пунцовыми. При употребленіи раствора кислаго марганцовокислаго поташа, который, задерживая средніе лучи спектра, еще болѣе удобопроницаемъ для крайнихъ лучей чѣмъ фіолетовое стекло, тоже усматриваются разительныя перемѣны въ цвѣтъ *).

Вопросъ о поглощеніи, рассматриваемый въ связи съ его молекулярнымъ механизмомъ, есть одинъ изъ труднѣйшихъ вопросовъ физики. Мы еще не въ силахъ приступить къ нему, но мало по малу онъ сдѣлается для насъ доступнымъ. Теперь же полезно оглянуться на то сплетеніе соотношеній, которое раскрыли намъ эти опыты. Во первыхъ, мы узнаемъ что солнечный свѣтъ есть дѣятель чрезвычайно сложный, составленный изъ безчисленнаго множества элементовъ имѣющихъ различную преломляемость. Во вторыхъ, мы находимъ что атомы или частицы тѣлъ одарены способностію просѣвать свѣтъ самымъ разнообразнымъ образомъ и производить этимъ путемъ цвѣта усматриваемые нами въ природѣ и въ искусствѣ. Для исполненія такой работы молекулярное строеніе тѣлъ должно быть не менѣе сложно чѣмъ строеніе самаго свѣта. Въ третьихъ, намъ представляются глазъ и мозгъ человѣка съ такою организаціей, которая даетъ ему средство воспринимать и различать по-

*) Какъ листья такъ и цвѣты растеній представляютъ разительныя различія въ поглощеніи свѣта. Такъ напримѣръ мѣдный букъ и зеленый букъ поглощаютъ различные лучи. Самый ростъ дерева зависитъ отъ вбираемыхъ такимъ образомъ лучей. Одинаковы ли поэтому химическіе лучи въ мѣдномъ и зеленомъ букѣ? Одинаковы ли химически дѣйствующіе лучи въ примулѣ и въ фіалкѣ, которыхъ поглощенія, если судить, по цвѣтамъ, почти дополнительные? Общія отношенія цвѣта къ химическому вліянію заслуживаютъ того чтобы приложить къ ихъ изслѣдованію способъ, которымъ Драперъ такъ убѣдительно доказалъ химическую силу желтыхъ лучей.

рождаемая этимъ путемъ впечатлѣнія. Слѣдовательно свѣтъ, при исхожденіи, является сложнымъ; чтобы просѣять его и сдѣлать изъ него выборъ, тѣла природы тоже должны имѣть сложное устройство; чтобы воспріять производимыя этимъ путемъ впечатлѣнія, глазъ и мозгъ человѣка, какъ бы мы ни упрощали наши понятія объ ихъ дѣйствіи, *) дол-

*) Йонгъ, Гельмгольтцъ и Максвелъ сводятъ все разнообразіе цвѣтовъ къ сочетаніямъ, въ различномъ количествѣ, трехъ первоначальныхъ цвѣтовъ. Доказано опытомъ что при помощи лучей красныхъ, зеленыхъ и фіолетовыхъ можно воспроизвести всѣ прочіе цвѣта спектра.

Уитстонъ недавно обратилъ мое вниманіе на сочиненіе Христіана Эрнста Вюнша, изданное въ Лейпцигѣ въ 1792 году, гдѣ авторъ утверждаетъ что первоначальныхъ цвѣтовъ въ бѣломъ свѣтѣ не пять и не семь, а только три. При помощи пяти призмъ и пяти малыхъ отверстій Вюншъ произвелъ пять спектровъ и смѣшивалъ цвѣта, сперва попарно, а потомъ въ другихъ сочетаніяхъ и въ разной пропорціи. Въ результатѣ оказалось что красный лучъ простой, не подлежащій составленію изъ другихъ; что оранжевый лучъ составленъ изъ яркаго краснаго луча и блѣднаго зеленаго; что желтый лучъ есть соединеніе яркаго краснаго луча съ яркимъ зеленымъ лучемъ; что зеленый лучъ простой; что голубой составленъ изъ темнозеленаго и темнофіолетоваго; что синій есть смѣшеніе темнофіолетоваго съ блѣднозеленымъ, и что фіолетовый лучъ простой. Онъ нашелъ также что желтый лучъ съ синимъ производятъ въ смѣшеніи бѣлый свѣтъ. Желтый лучъ съ яркоголубымъ также даютъ бѣлый свѣтъ, но съ зеленоватымъ оттѣнкомъ, между тѣмъ какъ отъ смѣшенія этихъ двухъ красокъ всегда получается болѣе или менѣе красивая зеленая краска. Вюншъ весьма настойчиво отличаетъ смѣшенія красокъ отъ смѣшенія лучей свѣта. Объясняя образованія желтаго луча, онъ говоритъ: „я употребляю выраженія *красный и зеленый свѣтъ*, потому что говорю о цвѣтахъ свѣта, а не о краскахъ“. Не смотря на всѣ теоретическія заблужденія Вюнша, его опыты, въ главныхъ основаніяхъ, точны и убѣдительны. Десять лѣтъ спустя Йонгъ допустилъ три первоначальные цвѣта—красный, зеленый и фіолетовый, и полагалъ что каждый такой лучъ способенъ воз-

жны имѣть чрезвычайно сложную организацію. Откуда происходитъ такая троякая сложность? Еслибъ имѣлись въ виду только такъ называемыя матеріальныя цѣли, то для нихъ былъ бы достаточенъ механизмъ несравненно простѣйшій. Но вмѣсто простоты предъ нами роскошное обиліе соотношеній и примѣненій, повидимому направленныхъ лишь къ тому чтобы мы видѣли предметы въ пышномъ убранствѣ цвѣтовъ. Не явствуешь ли что въ природѣ таится намѣреніе приготовить насъ воспитаніемъ къ инымъ наслажденіямъ, помимо тѣхъ которыя доставляютъ ѣда и питье? Во всякомъ случаѣ, каковы бы ни были преднамѣренія природы—судить же о томъ чего она домогается было бы дерзко—мы находимъ себя какъ отпрыскъ ея дѣйствій, одаренный не только способностію наслаждаться тѣмъ что вещественно полезно, но и другими способностями, безграничными въ своей силѣ и въ своемъ примѣненіи, которыя даны намъ только для постиженія красоты и истины.

буждать три ощущенія, изъ которыхъ одно преобладаетъ надъ двумя другими. Гельмгольтцъ принялъ, разъяснилъ и развилъ это понятіе.

Ч Т Е Н І Е II.

Происхожденіе физическихъ теорій.—Удѣль воображенія.—Нью-тонъ и теорія истеченія.—Повѣрка физическихъ теорій.—Свѣтоносный эфиръ.—Теорія волнъ свѣта.—Томасъ Йонгъ.—Френель и Араго.—Понятіе о движеніи волнъ.—Интерференція волнъ.—Строеніе волнъ звука.—Сходство звука со свѣтомъ.—Примѣры волнообразнаго движенія.—Интерференція волнъ звука.—Примѣры изъ оптики.—Мракъ и свѣтъ.—Длина волнъ свѣта и скорость сотрясенія частицъ эфира.—Интерференція свѣта.—Явленія возбуждшія первую мысль о теоріи волнъ.—Бойль и Гукъ.—Цвѣта тонкихъ пластинокъ.—Мыльные пузыри.—Ньютоновы кольца.—Теорія „припадокъ“.—Выводимое изъ нея объясненіе колецъ.—Опроверженіе этой теоріи.—Диффракція свѣта.—Цвѣта образуемые диффракціей.—Цвѣта перламутра.

Мы можемъ безгранично разнообразить наши опыты надъ свѣтомъ; которые безъ сомнѣнія способны доказать что мы удивительно обладали явленіемъ. Но этимъ путемъ мы ознакомимся только со внѣшнею стороною дѣателя, а не съ самымъ дѣтелемъ. Умъ человѣческій такъ устроенъ и поставленъ воспитаніемъ въ такое соотношеніе съ предметами природы, что никогда не можетъ удовольствоваться познаніемъ ихъ только съ этой наружной стороны. Нашъ умъ расширяется и освѣжается когда его озаряетъ свѣтъ началъ показывающихъ что явленія природы соединены органическою связью.

Постараемся же узнать что такое мы производили, отражали, преломляли и изслѣдовали.²

Такое изученіе покажетъ намъ что естествоиспытатель живетъ двойкою жизнію. Исполняя свое призваніе, онъ живетъ жизнію чувствъ и пользуется для своихъ опытовъ своими руками, глазами и ушами; но вопросъ подобный нашему переносить его за предѣлы чувствъ. Онъ не можетъ ни вникнуть въ вопросъ: „что такое свѣтъ?“ ни тѣмъ болѣе отвѣчать на него, не увлекаясь мысленно за границы чувственного міра въ другой міръ, изъ котораго истекаютъ всѣ оптическія явленія по закону строгой необходимости. Для осуществленія этого, если можно такъ выразиться, надчувственного міра умъ долженъ обладать нѣкотораго рода живописною способностію. Онъ долженъ создать себѣ опредѣленные образы предметовъ содержащихся въ надчувственномъ мірѣ и заключить, что если въ этомъ мірѣ существуетъ тотъ или другой порядокъ вещей, то изъ этого порядка вещей необходимо истекаютъ всѣ явленія усматриваемыя въ нашемъ мірѣ. Если картина вѣрна, то она даетъ отчетъ въ явленіяхъ, и возникаетъ физическая теорія, которая совокупляетъ явленія въ одно цѣлое и всѣ ихъ объясняетъ.

Созиданіе физической теоріи требуетъ, какъ вы видите, содѣйствія воображенія. Не пугайтесь этого слова, которое, кажется, смущаетъ многихъ почтенныхъ людей въ рядахъ ученыхъ и внѣ ихъ. Смущеніе людей ученыхъ, по моему мнѣнію, доказываетъ что они вовлечены въ заблужденіе обыкновеннымъ опредѣленіемъ этой великой способности, а не наблюдали ея дѣйствія на свой умъ. Безъ воображенія мы не можемъ ступить шага за границы чисто животнаго міра, и вѣроятно даже не дойдемъ до его предѣла. Выражаясь такъ о воображеніи, я разумѣю не ту бурную способность, которая произвольно обращается съ фактами, но ту правильную и подчиненную порядку способность, которая служитъ только для созданія представлений повелительно требуемыхъ разумомъ. Воображеніе такимъ образомъ построенное никогда не выходитъ изъ міра фактовъ. Изъ этого запаса оно почерпаетъ всѣ свои

картины, и волшебная сила его искусства заключается не въ созданіи новыхъ вещей, но въ такомъ измѣненіи величины, положенія и другихъ соотношеній предметовъ чувственнаго міра, которое принаравливаетъ ихъ къ требованіямъ разума въ мірѣ надчувственномъ *).

Декартъ предполагалъ что пространство наполнено чѣмъ, то такимъ что передаетъ свѣтъ мгновенно. Впервыхъ—потому что по его наблюденію не оказывалось измѣримаго промежутка времени между появленіемъ пламени въ какомъ бы то ни было отдаленіи и его дѣйствіемъ на сознаніе; вторыхъ, потому что, какъ ему показывалъ опытъ, никакая физическая сила не переносится изъ мѣста въ мѣсто безъ посредствующей среды. Его воображеніе, опираясь на примѣры заимствованные изъ міра фактовъ, увлекло его да-

*) Маклорень, въ своемъ изложеніи открытій Ньютона, высказалъ, въ 1728 году, по этому поводу слѣдующія замѣчательныя слова, указанныя мнѣ покойнымъ другомъ моимъ, секретаремъ Королевскаго Института, Бенсомъ Джонсомъ:

„Въ каждомъ родѣ величинъ есть такая степень или такой видъ, съ которыми соразмѣрены наши чувства и которыя отличить и познать человѣку чрезвычайно полезно. На этомъ основано естествознаніе, ибо хотя умозрительному изслѣдованію равно подлежатъ всѣ степени, но только съ тѣхъ изъ нихъ, которыя соразмѣрены съ нашими чувствами, естествоиспытатель начинаетъ свои изслѣдованія, восходя потомъ вверхъ или спускаясь внизъ какъ того требуютъ его изысканія. Разсматривая предметы съ разныхъ сторонъ и пособляя недостаткамъ чувствъ правильно настроеннымъ воображеніемъ, онъ поступаетъ благоразумно. Онъ не связанъ предѣлами въ пространствѣ и времени; но такъ какъ познаніе природы основывается на наблюденіи чувственныхъ предметовъ, то съ нихъ онъ и долженъ начинать и къ нимъ обязанъ часто возвращаться, чтобы повѣрять свои успѣхи. Такая предосторожность оградить его путь отъ опасностей; и если, исходя изъ этого начала, онъ не станетъ часто оглядываться со вниманіемъ на пройденные шаги, то можетъ заблудиться въ лабиринтѣ природы.“

лѣе. „Когда,“ говоритъ онъ, „человѣкъ идетъ въ потьмахъ съ палкою въ рукѣ, то рука его мгновенно чувствуетъ когда нижній конецъ палки ударяется о препятствіе. Это объясняетъ странное, съ перваго взгляда, предположеніе, что свѣтъ отъ солнца доходить до насъ мгновенно. Я желаю чтобы ты увѣрился, что свѣтъ въ тѣлахъ, которыя мы называемъ свѣтящимися, есть не иное что какъ весьма быстрое и сильное движеніе, которое воздухомъ или другою прозрачною средою передается глазу, точно также какъ толчекъ доходить по палкѣ до руки слѣпца. Это совершается мгновенно и совершилось бы мгновенно и тогда, когда бы раздѣляющее разстояніе было болѣе разстоянія между землею и небомъ. Поэтому, нѣтъ надобности чтобы что-либо вещественное перенеслось въ глазъ изъ свѣтящагося предмета, точно также какъ нѣтъ необходимости чтобы что-нибудь истекло изъ земли въ руку слѣпца когда онъ ощущаетъ толчокъ своей палки.“ Знаменитый Робертъ Гукъ сначала сомнѣвался въ справедливости этого понятія Декарта, но потомъ согласился съ нимъ въ главныхъ основаніяхъ. Вѣра во мгновенное распространеніе свѣта разсѣяна открытіемъ Ремера, о которомъ мы говорили въ предшествующее чтеніе.

Примѣръ самага Ньютона подтверждаетъ еще убѣдительнѣе, что при составленіи физическихъ теорій мы заимствуемъ наши матеріалы изъ міра фактовъ. Прежде чѣмъ онъ приступилъ къ изслѣдованію свѣта онъ вполне ознакомился съ законами столкновенія упругихъ тѣлъ, всѣмъ вамъ болѣе или менѣе извѣстными изъ игры на билліардѣ. Ньютонъ зналъ что при столкновеніи вещественныхъ массъ уголъ паденія равенъ углу отраженія, и что опытъ, показанный нами въ предшествовавшее чтеніе (черт. 3), обнаруживаетъ тотъ же законъ въ свѣтѣ. Такимъ образомъ онъ нашелъ въ своихъ прежнихъ свѣдѣніяхъ матеріалы для теоретическихъ соображеній. Ему оставалось только измѣнить размѣры готовыхъ въ его умѣ понятій, чтобы придти къ теоріи истеченія свѣта. Онъ предположилъ что свѣтъ составленъ

изъ невообразимо мелкихъ упругихъ частицъ выбрасываемыхъ съ неимоверною скоростію изъ свѣтящихся тѣлъ. Такія частицы, при паденіи на гладкія поверхности, должны отразиться сообразно закону столкновенія упругихъ тѣлъ. Оптическое отраженіе дѣйствительно совершается такъ какъ еслибы свѣтъ состоялъ изъ подобныхъ частицъ, и это оправдываетъ Ньютона въ томъ что онъ предположилъ ихъ существованіе.

Но этого мало. Прежнія свѣдѣнія Ньютона повліяли еще въ другомъ важномъ отношеніи на его соображенія о природѣ свѣта. Размышляя о явленіяхъ тяготѣнія онъ вполнѣ освоился съ дѣйствіями этой всемірной силы. Быть можетъ въ то время эти понятія такъ живо и сильно овладѣли его умомъ, что мѣшали ему составить себѣ независимое отъ нихъ сужденіе о природѣ свѣта. Онъ развилъ свои соображенія съ самою строгою послѣдовательностію. При отвѣсномъ паденіи на поверхность земли движеніе тѣла ускоряется по мѣрѣ его приближенія къ землѣ. Когда свѣтъ падаетъ такимъ же образомъ на горизонтальную поверхность, сквозь воздухъ, стекло или воду, то, по мнѣнію Ньютона, скорость свѣтовыхъ частицъ тоже увеличивается въ близкомъ отъ поверхности разстояніи. Если свѣтъ приближается къ такой поверхности въ косвенномъ направленіи, то частицы подошедшія къ ней весьма близко притягиваются ею, полагалъ онъ, также какъ брошенное тѣло привлекается тягестію къ поверхности земли. Это уклоненіе, слѣдуя Ньютону, и составляетъ преломленіе, которое мы показали въ предыдущее чтеніе (черт. 4). Наконецъ предполагалось, что различіе въ цвѣтѣ зависитъ отъ разницы въ величинѣ частицъ. Такова была физическая теорія свѣта, которую возвѣстилъ и защищалъ Ньютонъ. Вы видите, что она есть не болѣе какъ перенесеніе понятій вынесенныхъ изъ міра чувствъ въ міръ надчувственный.

Но если область физической теоріи лежитъ за предѣлами міра чувствъ, то повѣрка теоріи дѣлается въ этомъ мірѣ. Принимая теоретическія понятія за корень вещей, мы опре-

дѣляемъ строгимъ выводомъ какія явленія должны необходимо произрасти изъ этого корня. Если выводимыя такимъ образомъ явленія согласны съ явленіями вещественнаго міра, то теорія этимъ подтверждается. Если открываемые новые ряды явленій также оказываются сообразными съ теоретическимъ выводомъ, то теорія подтверждается еще болѣе. Если, наконецъ, теорія одаряетъ изслѣдователя пророческимъ предвидѣніемъ, и онъ, на основаніи ея, предсказываетъ существованіе никогда невиданныхъ явленій, и если предсказанія, послѣ строгой повѣрки, оказываются правильными, то убѣжденіе въ истинѣ теоріи становится непреодолимымъ.

Трудясь надъ ограниченнымъ числомъ фактовъ, геній, своею обобщающею силою, достигаетъ такого понятія, которое обнимаетъ собою всѣ факты. Изъ всѣхъ дѣйствій разума это самое удивительное, но мы не можемъ дать себѣ въ немъ отчета. Какъ о Духѣ писанія,—никто не вѣдаетъ откуда онъ исходитъ. Переходъ отъ факта къ началу иногда совершается медленно, иногда быстро и всегда служитъ источникомъ умственной радости. При быстротѣ радость сосредоточивается и обращается въ нѣкотораго рода восторгъ или упоеніе. Для каждаго испытавшаго такую радость, хотя въ умѣренной степени, понятенъ поступокъ Архимеда, который выскочилъ изъ бани и бѣгалъ нагой по улицамъ Сиракузъ, восклицая: „эврика!“

Какъ посчастливилось теоріи истеченія при сличеніи ея выводовъ съ естественными явленіями? Повѣрка на опытѣ показала что она пригодна для объясненія многихъ фактовъ, и авторъ ея съ геніальнымъ остроуміемъ старался объяснить ею всѣ явленія. Онъ успѣлъ настолько, что знаменитые Лапласъ, Малюсъ, жившій до 1812 года, Біо и Брюстеръ, дожившіе до нашего времени, были его послѣдователями.

Тѣмъ не менѣе въ ранній періодъ существованія теоріи истеченія мы встрѣчаемъ одно или два великихъ имени заявившихъ противъ нея протестъ. Этимъ еще разъ подтвер-

дилось то правило что при составленіи теорій воображеніе ученаго должно черпать свои матеріалы изъ міра фактовъ и опытовъ. Давно было извѣстно что звукъ передается по воздуху волнами или пульсаціями. Лишь только эта истина укоренилась въ умѣ, она тотчасъ обратилась въ теоретическое понятіе. Предполагали что свѣтъ, подобно звуку, можетъ также быть продуктомъ волнообразнаго движенія. Но изъ какого матеріала образуются въ этомъ случаѣ волны? Для волнъ звука есть нашъ атмосферическій воздухъ; порывъ же воображенія наполнявшій все пространство *свѣтоноснымъ эфиромъ*, приводимымъ въ сотрясеніе волнами свѣта, былъ такъ смѣлъ, что пугалъ робкіе умы. Въ одномъ изъ моихъ послѣднихъ разговоровъ съ Давидомъ Брюстеромъ онъ сказалъ мнѣ, что главное его возраженіе противъ теоріи волнъ заключается въ томъ что Творецъ не можетъ быть повиненъ въ такомъ грубомъ устройствѣ, каково наполненіе пространства эфиромъ для произведенія свѣта. При этомъ вопросъ, кажется мнѣ, переносится на очень опасную почву; споръ науки съ Брюстеромъ объ этомъ предметѣ, равно какъ и со многими достойными уваженія людьми о другихъ предметахъ, заключается въ томъ что они похваляются слишкомъ близкимъ знакомствомъ съ мыслями Творца.

Понятіе объ эфирѣ отстаивалъ и приложилъ къ объясненію многихъ оптическихъ явленій знаменитый астрономъ Гюйгенсъ; этого понятія придерживался и защищалъ его знаменитый математикъ Эйлеръ. Противъ обонхъ противусталъ Ньютонъ, котораго авторитетъ въ то время, взялъ надъ ними верхъ. Но одному ли авторитету Ньютонъ былъ обязанъ своею побѣдою? Не совсѣмъ такъ. Теорія Ньютона сдѣлалась господствующею частію потому что Гюйгенсъ и Эйлеръ, хотя въ сущности и были правы, не имѣли достаточно фактовъ для доказательства своей правоты. Человѣческій авторитетъ, какъ бы онъ ни былъ великъ, не можетъ противустоять голосу природы когда она высказывается въ опытѣ. Но вслѣдствіе скудости фактовъ голосъ природы

можетъ быть невнятенъ. Такъ было и въ то время, а потому авторитетъ Ньютона одержалъ верхъ надъ всѣми противниками.

Великая теорія истеченія, державшаяся такъ долго, походила на одинъ изъ тѣхъ круговъ, которые, по словамъ Американца Эмерсона, сила генія періодически обводитъ вокругъ дѣйствій разума, но которые иногда разрываются отъ напора сзади. Въ 1773 году родился, въ Мильвертонѣ, въ Сомерсетшейрѣ, одинъ изъ замѣчательнѣйшихъ мужей Англіи. Воспитаніемъ хотѣли сдѣлать изъ него врача, но умъ его оказался слишкомъ могучимъ для практическаго поприща. Онъ предался изученію естественныхъ наукъ и сталъ ученымъ во всѣхъ ихъ отрасляхъ. Онъ былъ также свѣдущъ въ литературѣ. Древніе и новые языки вмѣщались въ его головѣ, и, по словамъ эпитафіи, „онъ первый проникнулъ мракъ скрывавшій долгіе вѣки египетскіе іероглифы.“ Ему довелось открыть въ оптикѣ факты необъяснимые по теоріи Ньютона, и онъ углубился умомъ въ отысканіе такой теоріи, которая бы ихъ объяснила. Онъ ознакомился со всѣми явленіями движенія волнъ и со всѣми явленіями звука; труды его въ этой области были успѣшны и привели его къ оригинальнымъ открытіямъ. Такія свѣдѣнія и такая подготовка сдѣлали его способнымъ раскрыть во всѣхъ подробностяхъ сходства между явленіями свѣта и явленіями волнообразнаго движенія. Онъ отыскалъ такія сходства, и поощряемый этимъ открытіемъ продолжалъ свои умозрѣнія и опыты до тѣхъ поръ, пока успѣлъ положить непоколебимыя основанія теоріи волнъ для объясненія свѣта.

Основателемъ этой великой теоріи былъ Томасъ Йонгъ, котораго имя вамъ можетъ быть не довольно знакомо, но вполне заслуживаетъ извѣстности. Позвольте мнѣ дать вамъ понятіе о великости этого человѣка геометрическимъ построеніемъ, которымъ я однажды воспользовался въ Лондонѣ. Представьте, что Ньютонъ и Йонгъ возпосятся каждый въ свое время. Проведите отъ Ньютона къ Йонгу прямую линію прикасающуюся къ головамъ обоихъ. Эта линія

отъ Ньютона къ Йонгу будетъ опускаться внизъ, потому что изъ нихъ двухъ Ньютонъ конечно выше. Но наклоненіе будетъ не крутое, потому что разница въ ростѣ не чрезмѣрна. Линія отъ Ньютона къ Йонгу пойдетъ легкою покатостію. Поставьте подъ эту линію самаго великаго человека родившагося въ промежуткѣ времени между ними двумя. Сомнительно чтобы кто-либо досталъ линію головою, потому что тогда онъ оказался бы по уму выше Йонга, а вѣроятно никто изъ этихъ людей не превзошелъ его въ этомъ отношеніи. Впрочемъ мнѣ не нужно оцѣнивать предъ вами значеніе Йонга свидѣтельствомъ Англичанъ; вотъ какъ выразился объ немъ Нѣмецъ Гельмгольтцъ, сродственный ему по дарованію: „Умъ его принадлежалъ къ числу самыхъ глубокихъ какіе когда-либо видѣнъ свѣтъ; но къ своему несчастію онъ слишкомъ опередилъ свой вѣкъ. Онъ возбуждалъ удивленіе своихъ современниковъ, которые однако не могли слѣдовать за нимъ на тѣ высоты, надъ которыми привыкъ парить его смѣлый разумъ. Поэтому его важнѣйшія мысли оставались погребенными и забытыми въ фоліантахъ Королевскаго Общества, пока новое поколѣніе, постепенно и съ трудомъ, пришло къ тѣмъ же открытіямъ, и доказало точность его положеній и истину его доказательствъ“.

Йонгъ дѣйствительно опередилъ свой вѣкъ, какъ говоритъ Гельмгольтцъ; но при этомъ нужно припомнить еще одно обстоятельство представляющее собою примѣръ той отвѣтственности, которая падаетъ на нашихъ журналистовъ. Въ продолженіе двадцати лѣтъ этотъ геніальный человекъ, котораго соотечественники не смогли разумно оцѣнить по достоинству, оставался въ тѣни и былъ почитаемъ за мечтателя, вслѣдствіе ѣдкихъ сарказмовъ писателя, который пользовался тогда довѣріемъ публики и въ *Эдинбургскомъ Обозрѣніи* осыпалъ насмѣшками Йонга и его изслѣдованія. Возстановленіемъ своихъ правъ онъ обязанъ знаменитымъ Французамъ Френелю и Араго, потому что они, особенно Френель, какъ сказалъ Гельмгольтцъ, сдѣлали вновь сами

его открытія и значительно ихъ расширили. Изучавшіе творенія Йонга давно уже уразумѣли ихъ истинное значеніе; но въ эти темные двадцать лѣтъ публика мало обращала на него вниманія и увлекалась сперва славою Деви, его сотоварища по Королевскому Институту, а потомъ славою Фарадея. Карлейль приводитъ замѣчаніе Новалиса, что самонадѣянность человѣка непомѣрно возрастаетъ когда онъ убѣждается что другіе въ него вѣрятъ. Если противное замѣчаніе справедливо, если общественное недовѣріе ослабляетъ силы человѣка, то трудно изчислить насколько эти двадцать лѣтъ небреженія повредили производительности Йонга въ качествѣ изслѣдователя. Остается присовокупить, что противникомъ Йонга былъ Генри Брумъ, въ послѣдствіи лордъ канцлеръ Англіи.

Передъ нами теперь самая тяжелая часть нашего труда. Способность къ тяжелому труду зависитъ въ значительной мѣрѣ отъ предшествующаго настроенія нашей воли; поэтому я приглашаю васъ препоясать ваши чресла къ предстоящей умственной работѣ. Если намъ удастся сегодня вечеромъ взобраться на возвышающійся предъ нами холмъ, то затрудненія ожидающія насъ впереди не будутъ для насъ непреодолимы.

Въ первыхъ сочиненіяхъ древнихъ мы встрѣчаемъ понятіе, что звукъ переносится воздухомъ. Аристотель далъ выраженіе этому понятію, а великій архитекторъ Витрувій сравнилъ волны звука съ волнами воды. Но дѣйствительный механизмъ волнообразнаго движенія укрылся отъ древнихъ и не былъ разъясненъ до временъ Ньютона. Существенное затрудненіе заключалось въ различіи между движеніемъ самой волны и движеніемъ частицъ составляющихъ волну въ данный моментъ.

Станьте на берегу моря и наблюдайте надвигающіеся валы пока они еще не обезображены треніемъ о дно. Каждая волна имѣетъ чело и тыль, и если вы всмотритесь хорошенько въ форму движущейся волны, то вы увидите, что всѣ частицы воды въ челѣ волны поднимаются вверхъ тогда

какъ въ то же время всѣ частицы въ тылу ея опускаются внизъ. Частицы чела послѣдовательно настигаются гребнемъ волны и когда гребень миновалъ начинаютъ падать. Чрезъ нихъ проходить тылъ волны и онѣ не могутъ опуститься ниже. Немедленно за тѣмъ онѣ настигаются челомъ слѣдующей волны, поднимаются вверхъ, пока достигнуть гребня и потомъ опять опускаются внизъ. Такимъ образомъ пока волна передвигается горизонтально, отдѣльныя частицы просто колышутся вверхъ и внизъ въ отвѣсномъ направленіи. Посмотрите на морскую птицу, или, если умѣете плавать, предоставьте самихъ себя дѣйствию волнъ: онѣ не унесутъ васъ впередъ, а просто станутъ качать васъ вверхъ и внизъ. Передвиженіе волны есть передвиженіе формы, а не перенесеніе вещества образующаго волну.

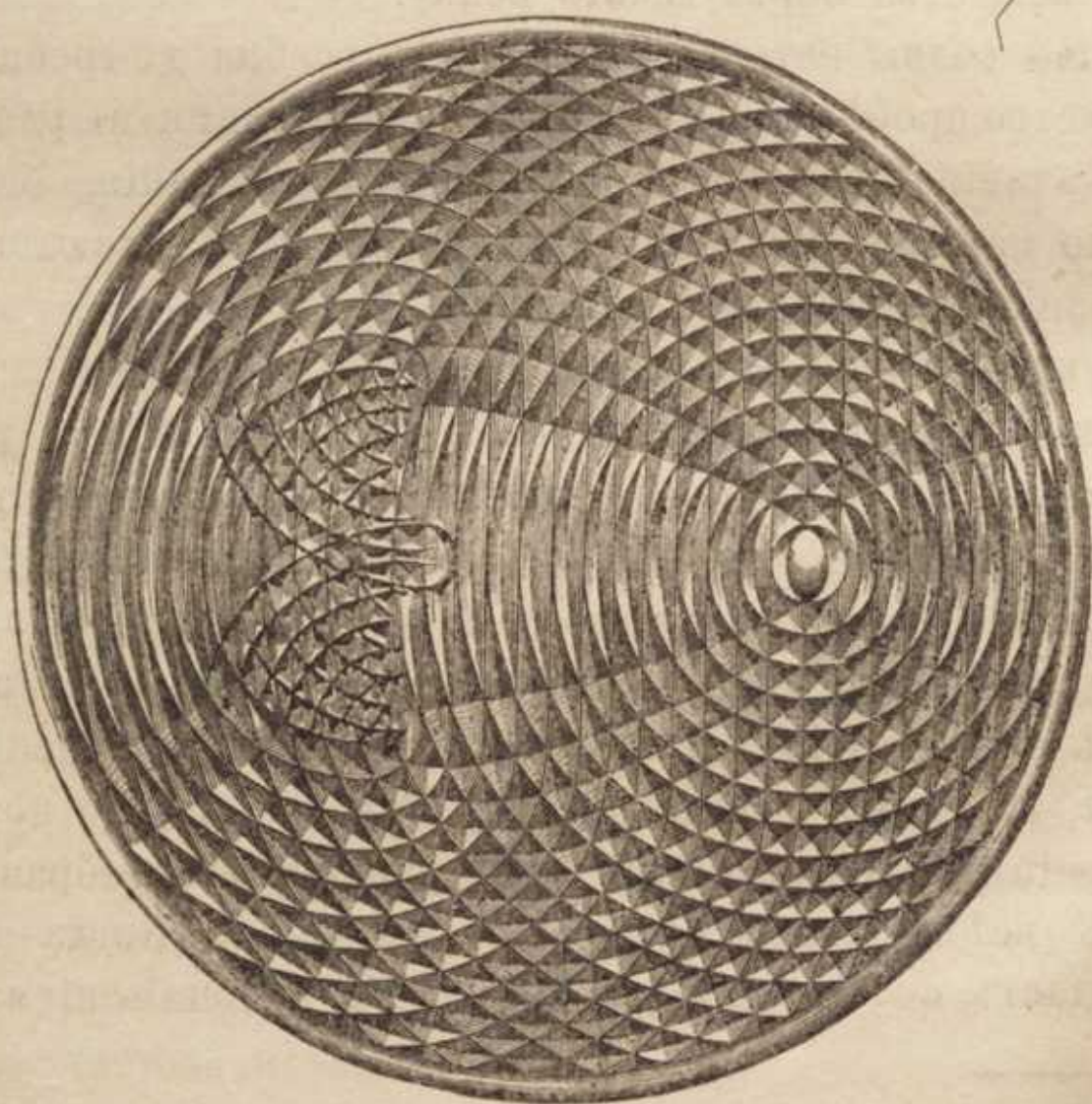
Длина волны есть разстояніе отъ гребня до гребня; пространство пробѣгаемое отдѣльными частицами въ размахахъ ихъ качаній называется *амплитудою* качанія. Замѣтьте что по нашему описанію частицы воды колышутся поперегъ линіи распространенія волнъ *).

Ступимъ теперь еще шагъ впередъ—это будетъ шагъ самый важный. Представьте себѣ двѣ серіи волнъ, распространяющихся по одной и той же водѣ изъ двухъ различныхъ начальныхъ точекъ. Если вы, напримѣръ, бросите въ спокойную воду два камня, то кольцеобразныя волны выходящія изъ двухъ центровъ возмущенія воды пересѣкаютъ одна другую. Какъ бы ни были многочисленны эти волны, въ нихъ всегда соблюдается законъ, по которому движеніе каждой частицы воды равняется алгебраической суммѣ всѣхъ сообщенныхъ ей движеній. Когда гребень совпадаетъ съ гребнемъ, а пониженіе и пониженіемъ, тог-

*) Я не хочу занутивать понятія подробностями движенія, но желалъ бы обратить вниманіе на снарядъ профессора Лимана, показывающій что волны образуются отъ круговаго движенія частицъ. Братья Веберъ доказали что таково въ дѣйствительности движеніе частицъ въ волнахъ воды.

да волна поднимается на двойную высоту; если пониженіе совпадаетъ съ гребнемъ, то движенія противоположны, и сумма ихъ равна нулю. Въ послѣднемъ случаѣ вода *спокойна*, и мы сейчасъ увидимъ что въ свѣтѣ это соотвѣтствуетъ *темнотѣ*. Такое дѣйствіе волны на волну называется интерференціей.

Для глаза человѣка знакомаго съ этими началами пересѣченія ряби на водѣ представляютъ чрезвычайно замѣчательное зрѣлище. Вслѣдствіе интерференціи волнъ пересѣкаемая поверхность иногда подергивается самою прелестною мозаикою, которая сотрясается въ тактъ, какъ бы отъ нѣкотораго рода видимой музыки. Если волны возбуждены искусно во ртути, налитой на блюдо, то, при освѣ-



Черт. 10.

щеніи блестящей поверхности яркимъ свѣтомъ, въ отраженіи на экранѣ обнаруживаются движенія жидкаго металла

ла. Отъ формы сосуда зависитъ видъ появляющихся при этомъ фигуръ. Такъ, на примѣръ, на кругломъ блюдѣ, возмущеніе въ центрѣ распространяется рядами кольцеобразныхъ волнъ, которыя, по отраженіи, снова встрѣчаются въ центрѣ. Если точка возмущенія немного удалена отъ центра, то, отъ интерференціи прямыхъ волнъ съ отраженными, образуется великолѣпный словно вычеканенный рисунокъ представленный на прилагаемомъ чертежѣ *). Свѣтъ отраженный отъ такой поверхности рисуетъ неимовѣрно красивый узоръ. Если ртуть слегка потрясена остриемъ иглы въ направленіи концентрическомъ съ поверхностію сосуда, то линіи свѣта разбѣгаются кругомъ спутанными нитями, которыя дивно сплетаются и расплетаются между собою. Если сосудъ квадратный, то отъ пересѣченія прямыхъ и отраженныхъ волнъ образуется родъ диковинной шахматной доски. Такимъ образомъ въ движеніи волнъ самая обыкновенная причина рождаетъ чудныя явленія.

Самый поразительный примѣръ дѣйствія волнъ на волны я видѣлъ близъ Ніагары. На разстояніи около полумили ниже водопада рѣка течетъ спокойно въ размытой ею ложбинѣ. Русло потомъ суживается и углубляется, вслѣдствіе чего скорость воды увеличивается. Въ мѣстѣ называемомъ „Быстринами Водоворота“ рѣка имѣла на мой глазъ 300 футовъ въ ширину, что подтвердили и мѣстные жители. Припомнивъ, что на этомъ пространствѣ собраны воды орошающія почти половину сѣвероамериканскаго материка, легко себѣ представить съ какимъ порывомъ вырывается рѣка изъ этой тѣснины.

Здѣсь явно дѣйствуютъ два рода движенія, движеніе поступательное и волнообразное—теченіе рѣки чрезъ тѣснину и большія волны воздымаемыя ея столкновеніемъ со встрѣчаемыми на пути препятствіями. Въ срединѣ тока теченіе и волненіе самыя сильныя; во всякомъ случаѣ здѣсь рѣзко обнаруживается бурная мощь отдѣльныхъ волнъ.

*) Чертежъ заимствованъ изъ *Wellenlehre* братьевъ Веберъ.

Обширные пирамидальные холмы безпрестанно выступают изъ рѣки, нѣкоторые съ такою силою, что разбрасываютъ свои вершины въ воздухѣ, среди котораго онѣ мелькаютъ какъ купы жидкаго жемчуга, и, при освѣщеніи солнцемъ, блистаютъ невыразимою красотою.

Съ перваго взгляда дѣйствительно кажется что, согласно общепринятому объясненію этихъ быстринь, середина русла рѣки загромождена большими валунами, и что столкновение, воздыманіе и дикое бушеваніе воды происходитъ здѣсь отъ напора на эти препятствія. На мѣстѣ я пришелъ къ совсѣмъ иному объясненію. Валуны скатившіеся съ прилежащихъ утесовъ видимо загромождаютъ окраины рѣки. Напирая на нихъ вода поднимается и опускается въ тактъ, но бурно, и на ней воздымаются большія волны. Въ образованіи каждой волны непосредственно участвуютъ и волнообразное движеніе и теченіе рѣки. Рябь, которая на спокойной водѣ распространяется изъ центра возмущенія круглыми кривыми, идетъ по рѣкѣ косвенно, и вслѣдствіе того на срединѣ совокупляются вмѣстѣ волны образовавшіяся собственно на окраинахъ. Пересѣченіе волнъ можно видѣть, въ маломъ размѣрѣ, во всякомъ водопріемникѣ, послѣ дождя, или просто вливая въ него воду изъ широкого горлаго сосуда. Въ первомъ случаѣ предъ нами сочетаніе волнообразнаго движенія съ движеніемъ рѣки; здѣсь же смѣшеніе волнъ съ волнами. Гдѣ гребень пересѣкаетъ пониженіе, тамъ движеніе уничтожается; гдѣ пониженіе совпадаетъ съ пониженіемъ, тамъ рѣка взрывается глубже, а гдѣ гребень наплываетъ на гребень, тамъ мы усматриваемъ такой взмахъ воды кверху что связь въ гребнѣ разрывается и онъ разбрасывается въ воздухѣ. Явленія наблюдаемыя въ Быстринахъ Водоворота дѣйствительно представляютъ одинъ изъ самыхъ крупныхъ примѣровъ начала интерференціи.

Приложеніе начала интерференціи къ свѣту составляетъ главнѣйшее открытіе Томаса Йонга въ оптикѣ. Задолго до его времени италіянскій естествоиспытатель Гримальди по-

казалъ что, при нѣкоторыхъ обстоятельствахъ, два тонкіе луча свѣта, производящіе каждый въ отдѣльности свѣтлый кружокъ на бѣлой стѣнѣ, отчасти помрачаютъ одинъ другаго, когда вліяютъ вмѣстѣ, и дѣлаютъ кружокъ темнымъ. Это наблюденіе имѣло само по себѣ чрезвычайно важное значеніе, но для разъясненія его нужны были открытія и гений Йонга. Вотъ какъ онъ пришелъ къ нимъ. Вы знаете что воздухъ сжимаемъ, что отъ давленія онъ дѣлается гуще, а отъ разширенія рѣже. Приведенный въ надлежащее движеніе камертонъ звучитъ теперь внятно для всѣхъ васъ и многіе изъ васъ знаютъ что воздухъ, чрезъ который проходитъ звукъ, подраздѣляется на пространства гдѣ воздухъ гуще и на смежныя съ ними пространства, гдѣ воздухъ рѣже. Эти сгущенія и разжиженія воздуха образуютъ собою такъ называемыя *волны* звука. Представьте себѣ что черезъ воздухъ комнаты пробѣгаетъ рядъ такихъ волнъ, и вообразите что чрезъ тотъ же воздухъ пробѣгаетъ другой рядъ волнъ, въ такомъ порядкѣ относительно перваго ряда, что сгущеніе совпадаетъ съ сгущеніемъ а разжиженіе съ разжиженіемъ. Вслѣдствіе такого совпаденія произойдетъ болѣе громкій звукъ чѣмъ отъ каждой системы волнъ въ отдѣльности. Но можно вообразить такой порядокъ вещей, при которомъ сгущенія одной системы совпадаютъ съ разжиженіями другой. Въ этомъ случаѣ системы уничтожаютъ одна другую. Каждая изъ нихъ отдѣльно производитъ звукъ, обѣ же въ совокупности не производятъ никакого звука. Такимъ образомъ, присоеди- няя звукъ къ звуку, мы производимъ молчаніе, подобно тому какъ Гримальди въ своемъ опытѣ произвелъ темноту, прибавляя свѣтъ къ свѣту.

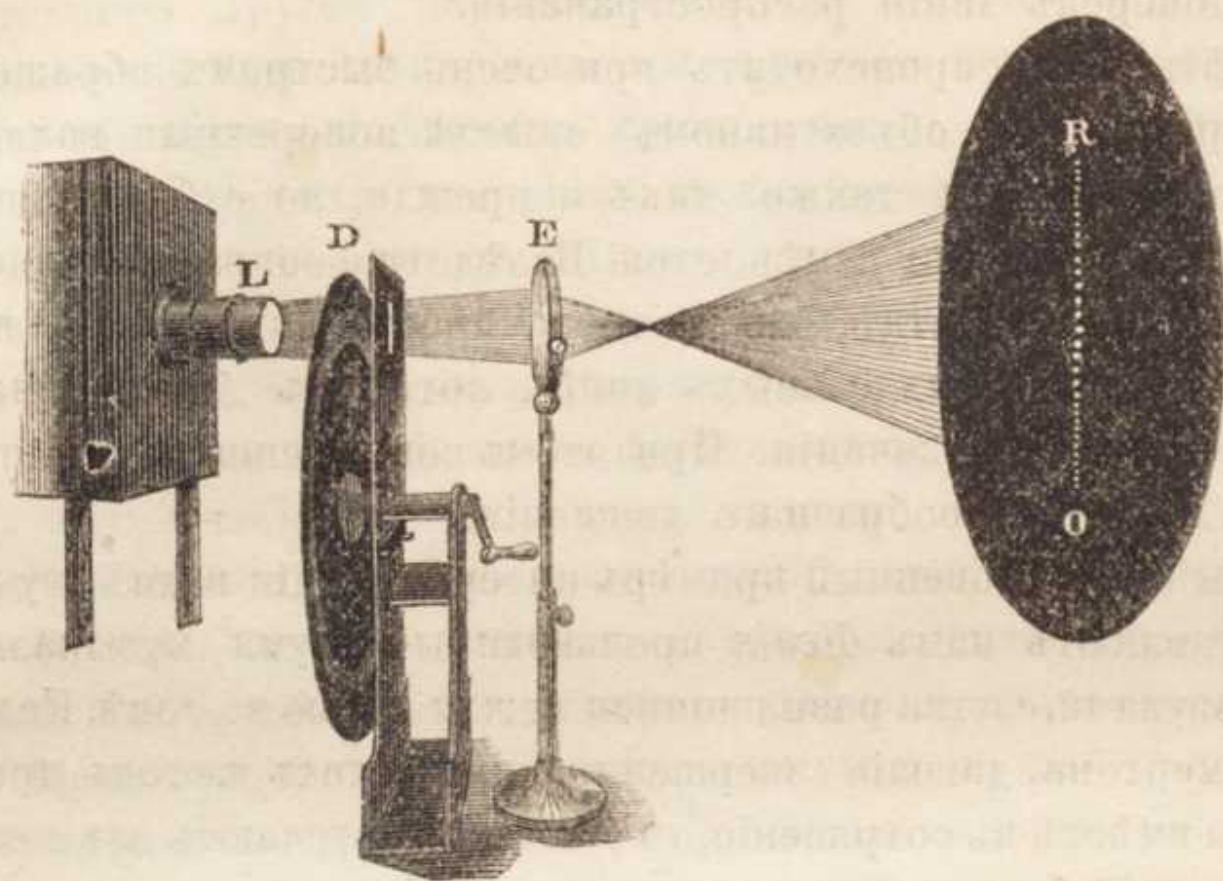
Здѣсь сходство между звукомъ и свѣтомъ бросается въ глаза. Йонгъ обобщилъ это наблюденіе. Онъ открылъ множество подобныхъ случаевъ и строго опредѣлилъ условія, при которыхъ они возникаютъ. Предположеніемъ что свѣтъ есть волнообразное движеніе объяснялись всѣ его опыты надъ интерференціей; предположеніемъ что свѣтъ состо-

ить изъ летящихъ частицъ, ничего не объяснялось. Во времена Гюйгенса и Эйлера допускали среду для распространения волнъ свѣта; на это Ньютонъ возражалъ, что еслибы свѣтъ былъ составленъ изъ волнъ такой среды, то не было бы тѣней. Онъ утверждалъ что волны огибали бы непрозрачныя тѣла и производили бы позади ихъ движеніе свѣта, точно также какъ звукъ заходитъ за уголь, или какъ волны воды плещутся вокругъ утеса. Было доказано что приводимое Ньютономъ загибаніе за края непрозрачныхъ тѣлъ дѣйствительно имѣетъ мѣсто, но что загибающіеся лучи уничтожаютъ одинъ другаго своею взаимною интерференціей. Притомъ Йонгъ усмотрѣлъ существенное различіе между волнами свѣта и волнами звука. Еслибы вы могли видѣть воздухъ, чрезъ который проходятъ волны звука, то вы замѣтили бы что каждая отдѣльная частица воздуха качается взадъ и впередъ въ направленіи распространения волнъ. Еслибы вы могли видѣть свѣтоносный эфиръ, вы тоже замѣтили бы что каждая свѣтоносная частица дѣлаетъ маленькіе размахи изъ стороны въ сторону; но здѣсь движеніе, также какъ и упомянутое выше движеніе водяныхъ частицъ, совершается поперекъ линіи распространения. Качанія воздуха *продольны*, качанія же эфира *поперечны*.

Я хочу дать вамъ ясное и наглядное понятіе о характерѣ волнообразнаго движенія въ эфирѣ и въ воздухѣ. Съ этою цѣлью я покажу вамъ опытъ, въ которомъ частицы воздуха представлены маленькими свѣтлыми точками RO (черт. 11). Эти точки произошли отъ свѣтлой спирали, начерченной на кругѣ D изъ законченнаго стекла, такъ что при вращеніи круга точки движутся по экрану послѣдовательными рядами *). Въ этомъ опытѣ вы ясно видите предъ собою какъ ряды непрерывно бѣгутъ впередъ, между тѣмъ какъ производящія ихъ частицы совершаютъ качанія изъ

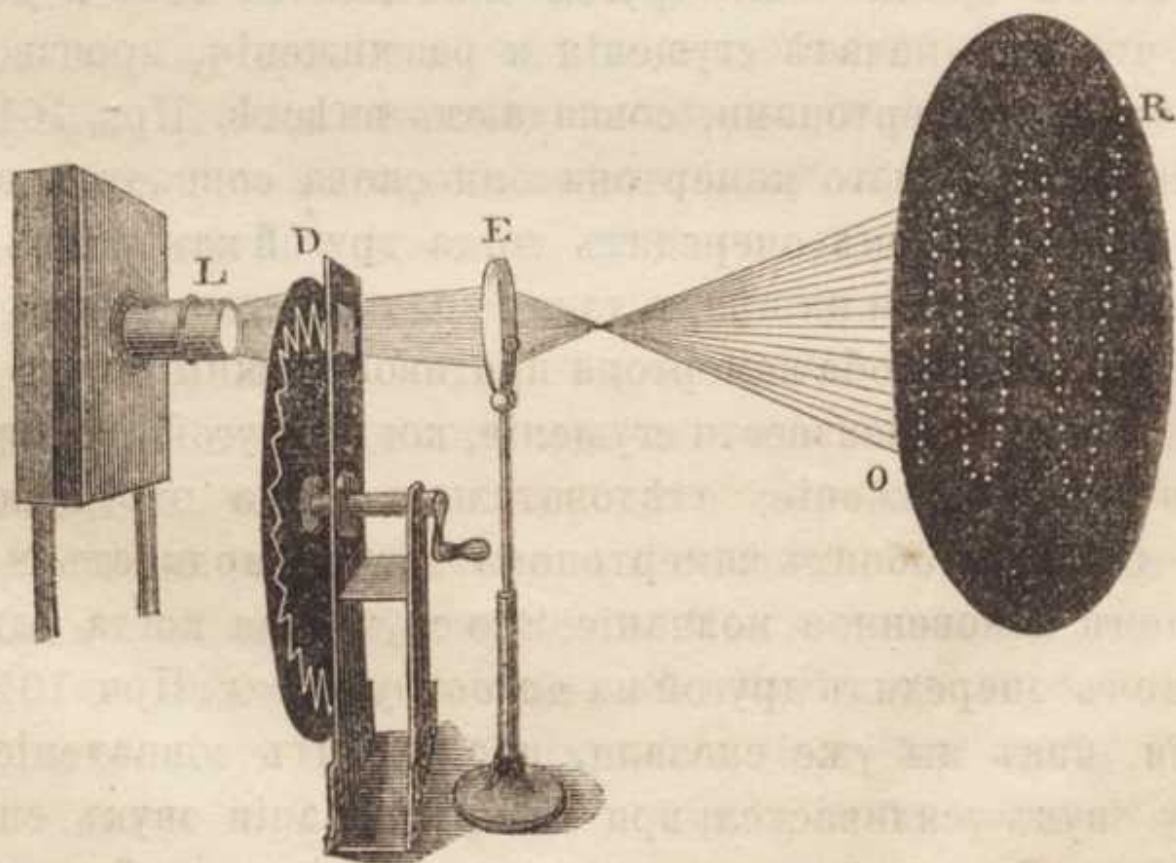
*) Этотъ снарядъ устроенъ искуснымъ акустическимъ механикомъ Рудольфомъ Кенигомъ, въ Парижѣ.

стороны въ сторону. Предъ вами изображеніе волны звука, въ которомъ сотрясенія продольны. Другой стеклянный



Черт. 11.

кругъ D (черт. 12) покажетъ намъ изображеніе поперечной волны OR, и мы усмотримъ что волны послѣдователь-



Черт. 12.

но пробѣгаютъ по экрану, между тѣмъ какъ каждая отдѣльная точка свѣта совершаетъ размахи изъ стороны въ сторону поперекъ линіи распространенія.

Замѣьте что происходитъ при очень быстромъ обращеніи круга. Въ объективномъ смыслѣ поперечныя волны распространяются также какъ и прежде, но субъективно явленіе совершенно измѣняется. Вслѣдствіе сохраненія впечатлѣній на сѣтчаткѣ, точки свѣта просто описываютъ на экранѣ ряды параллельныхъ линій, которыхъ длины означаютъ амплитуду качанія. При этомъ совершенно исчезаетъ впечатлѣніе волнообразнаго движенія.

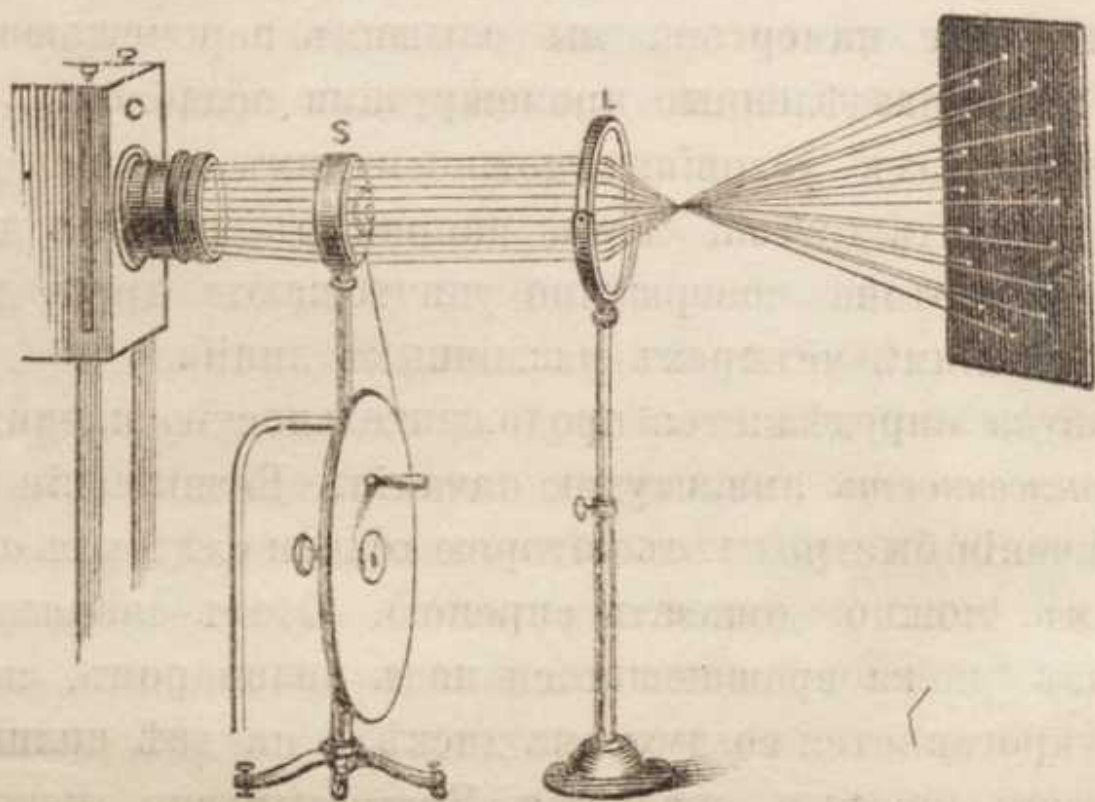
Самый обыкновенный примѣръ интерференціи волнъ звука представляютъ намъ *біенія* производимые двумя музыкальными звуками, слегка разнящимися между собою въ тонѣ. Если два камертона, дающіе совершенно одинъ и тотъ же тонъ, приведены вмѣстѣ въ сотрясеніе, то оба звука истекаютъ изъ нихъ мягко, какъ бы составляя одинъ звукъ. Но если мы къ какой нибудь вѣтви одного изъ нихъ прилѣпимъ воскомъ маленькую гирьку, то онъ станетъ качаться медленнѣе чѣмъ другой. Положимъ что одинъ камертонъ дѣлаетъ 101 качаніе въ то время какъ другой оканчиваетъ 100, и допустимъ что при началѣ сгущенія и разжиженія, производимыя обоими камертонами, совпадаютъ вмѣстѣ. При 101-мъ качаніи быстрѣйшаго камертона они снова совпадутъ вмѣстѣ, потому что онъ опередитъ тогда другой камертонъ на цѣлое качаніе, или на цѣлую длину волны. Легко понять что при 50-мъ качаніи оба камертона противоположны: одинъ изъ нихъ стремится произвести сгущеніе, когда другой стремится произвести разжиженіе; слѣдовательно тогда отъ совокупнаго дѣйствія обоихъ камертоновъ звукъ умолкаетъ и мы ощущаемъ мгновенное молчаніе. Это случается когда одинъ камертонъ опередилъ другой на *половину волны*. При 101-мъ качаніи, какъ мы уже сказали, происходитъ совпаденіе, а потому звукъ усиливается; при 150-мъ качаніи звукъ снова умолкаетъ. Тогда одинъ камертонъ опередилъ другой на *три полуволны*. Говоря вообще, волны усиливаютъ другъ друга,

когда одинъ рядъ волнъ обгоняетъ другой на *четное* число полуволнъ, и взаимно уничтожаются когда одинъ рядъ обгоняетъ другой на *нечетное* число полуволнъ. Употребляя такіе два камертона мы слышимъ перемежающіеся усиленія звука раздѣленные промежутками ослабленія. При соотвѣтствующихъ условіяхъ можно однимъ звукомъ даже вполне погасить другой. Такъ напримѣръ качанія двухъ концовъ камертона совершенно уничтожаютъ другъ друга по направленіямъ четырехъ различныхъ линій.

Тонъ звука опредѣляется продолжительностію качанія, а его *напряженность* амплитудою качанія. Возвышеніе тона при увеличеніи быстроты, съ которою толчки слѣдуютъ одинъ за другимъ, можно доказать сиреною. Этотъ снарядъ состоитъ изъ диска вращающагося надъ цилиндромъ, сквозь который прогоняется воздухъ; въ дискѣ и на днѣ цилиндра просверлены круглыя отверстія. Когда дырочки диска совпадаютъ съ дырочками цилиндра сквозь нихъ прорывается дуновеніе воздуха, и если такіа дуновенія слѣдуютъ одно за другимъ достаточно быстро, то изъ впечатлѣній ихъ на слуховой нервъ слагается непрерывная музыкальная нота. Чѣмъ быстрѣ вращеніе диска, тѣмъ скорѣ повторяются дуновенія и тѣмъ выше тонъ музыкальной ноты. Помощію сирены можно съ точностію опредѣлить число сотрясеній изъ которыхъ слагается музыкальная нота, какъ въ инструментѣ, такъ и въ человѣческомъ голосѣ.

Предъ нашимъ фонаремъ стоитъ небольшой такого рода снарядъ G (черт. 13). Просверленный дискъ приводится въ вращеніе колесомъ и шнуромъ, и когда обѣ серіи дырочекъ совпадаютъ, тогда сквозь собирательное стекло L на экранѣ рисуется рядъ рѣзкихъ свѣтлыхъ пятнушекъ, расположенныхъ по окружности круга. При медленномъ обращеніи диска мы видимъ мельканія вслѣдствіе послѣдовательнаго задерживанія и пропуска свѣта. Въ то же время воздухъ прогоняется въ сирену чрезъ трубку *t* и слышенъ прерывистый звукъ соотвѣтствующій мельканіямъ свѣта. Съ увеличеніемъ скорости вращенія, свѣтъ хотя и задерживается по

прежнему, но кажется совершенно постояннымъ вслѣд-
ствіе сохраненія впечатлѣній на клѣтчаткѣ. Когда опти-



Черт. 13.

ческія впечатлѣнія начинаютъ дѣлаться непрерывными, тогда впечатлѣніе на слухъ становится таковымъ же; дуновенія изъ сирены совокупаются въ непрерывную музыкальную ноту, которой тонъ поднимается съ увеличеніемъ скорости вращенія. При движеніи головы изображенія пятнушекъ скользятъ по сѣтчаткѣ, отчего показываются узловатая линія; то же самое усматривается при потрясеніи собирательнаго стекла, на которое падаютъ тонкіе лучи выходящіе изъ сирены.

Что въ акустикѣ тонъ для уха, то въ теоріи волнъ для глаза цвѣтъ. Хотя волнъ свѣта никто не видалъ, но длины ихъ были опредѣлены. Существованіе волнъ доказывается *ихъ дѣйствіями*, и по этимъ дѣйствіямъ можно опредѣлить съ точностію ихъ длину. Это можно сдѣлать многими способами, и по сравненіи различныхъ выводовъ оказывается что найденныя величины вполне согласны между собою. Такое согласіе результатовъ составляетъ одинъ изъ самыхъ сильныхъ доводовъ въ пользу теоріи волнъ.

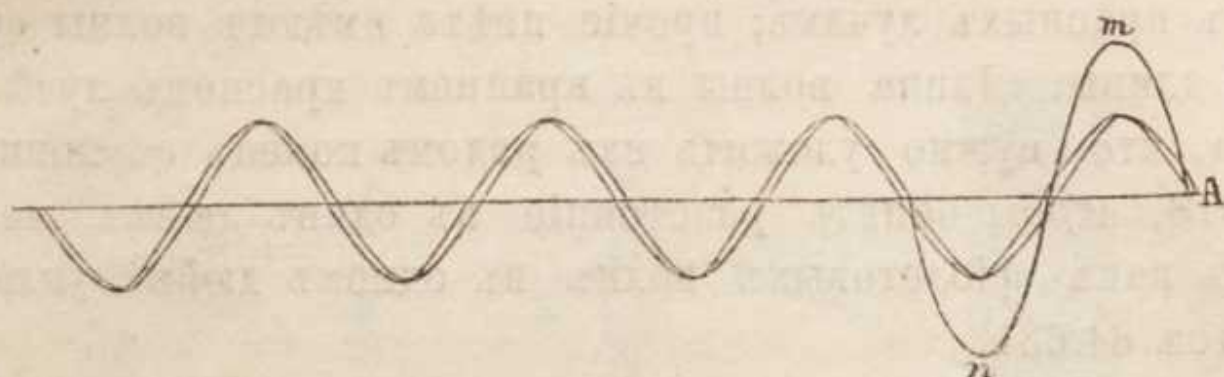
Самыя короткія волны видимаго спектра свойственны фіолетовымъ лучамъ; самыя длинныя встрѣчаются въ крайнихъ красныхъ лучахъ; прочіе цвѣта имѣютъ волны средней длины. Длина волны въ крайнемъ красномъ лучѣ такова, что нужно уложить ихъ рядомъ конецъ съ концомъ 36.918, чтобы занять разстояніе въ одинъ дюймъ, между тѣмъ какъ фіолетовыхъ волнъ въ одномъ дюймѣ укладывается 64.631.

Скорость свѣта, въ круглыхъ числахъ равняется 41.000 геогр. миль въ секунду. Приведа эту длину въ дюймы и помноживъ потомъ ее на 36.918, мы найдемъ число крайнихъ красныхъ волнъ лежащихъ на протяженіи 41.000 миль. *Всѣ эти волны входятъ въ глазъ и ударяютъ въ стѣчатку на задней сторонѣ глаза въ продолженіе одной секунды.* Слѣдовательно число ударовъ въ секунду, необходимыхъ для возбужденія ощущенія краснаго цвѣта, равняется четыреста пятидесяти одному билліону. Такимъ же образомъ найдемъ что число ударовъ соотвѣтствующее ощущенію фіолетоваго цвѣта равняется семистамъ восьмидесяти девяти билліонамъ.

Все пространство наполнено веществомъ приводимымъ въ такія сотрясенія. Изъ каждой звѣзды исходятъ волны сказанныхъ размѣровъ и со скоростью свѣта разбѣгаются впередъ сферическими поверхностями. Въ эфирѣ, также какъ и въ водѣ, движеніе каждой частицы есть алгебраическая сумма всѣхъ сообщенныхъ ей отдѣльныхъ движеній. При всемъ томъ одно движеніе не останавливаетъ другое; если въ какой либо точкѣ оно прекращается, то это строго вознаграждается въ другой точкѣ. Каждая звѣзда свидѣтельствуеъ своимъ свѣтомъ о своей неприкосновенной индивидуальности, какъ будто бы она одна пронизывала пространство своими лучами.

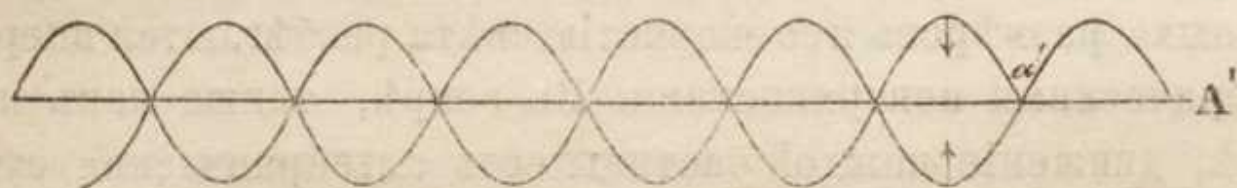
Начало интерференціи, въ томъ видѣ какъ оно было указано Йонгомъ, одинаково прилагается къ волнамъ свѣта какъ къ волнамъ воды и къ волнамъ звука. Условія интерференціи для всѣхъ трехъ случаевъ одинаковы. Если двѣ серіи волнъ свѣта равной длины выходятъ въ одно и то же

мгновеніе изъ общаго начала A (черт. 14), то гребень совпадаетъ съ гребнемъ, а хлябъ съ хлябю, и обѣ системы



Черт. 14.

сливаются въ одну систему Amn , которой волны имѣютъ двойную амплитуту. Если обѣ системы исходятъ въ то же мгновеніе, и одна изъ нихъ при началѣ впереди другой на цѣлую длину волны, то системы также складываются, и свѣтоносное дѣйствіе ихъ усиливается. Это случается, также какъ въ звукѣ, когда одна система волнъ впереди другой на *четное* число полуволнъ. Но если одна система впереди другой на длину одной полуволны, какъ въ $A'a'$ (черт. 15) или вообще на *нечетное* число полуволнъ, то гребни одной системы падаютъ на хляби другой; въ одной систе-



Черт. 15.

мѣ частицы ээира стремятся *подняться* въ тѣхъ самыхъ мѣстахъ гдѣ въ другой онѣ стремятся опуститься; поѣтому, вслѣдствіе совокупнаго дѣйствія такихъ противоположныхъ силъ (означенныхъ стрѣлками), свѣтоносный ээиръ остается въ совершенномъ покоѣ. Покой ээира есть то что мы называемъ мракомъ; она соотвѣтствуетъ въ случаѣ водяныхъ волнъ какъ мы уже сказали, гладкому уровню.

Въ первомъ чтеніи, говоря о цвѣтахъ, происходящихъ отъ поглощенія, мы замѣтили что при этомъ дѣйствіе тѣль избирательное, а не творческое, что онѣ погашаютъ нѣ-

которыя составныя части бѣлаго солнечнаго свѣта и принимаютъ цвѣтъ непогашеннаго свѣта. Такъ какъ при интерференціи свѣтъ самъ себя гаситъ, то возникаетъ мысль что явленіе это можетъ порожждать цвѣта. Для этого достаточно чтобы нѣкоторыя составныя части свѣта погасли отъ интерференціи, между тѣмъ какъ остальные остались въ своей силѣ. Такъ дѣйствительно и бываетъ, и цвѣтность зависитъ вполне отъ разницы въ длинѣ волнъ свѣта.

Этотъ предметъ поясняется тѣмъ разрядомъ явленій, который навелъ Гука на теорію волнъ—цвѣтами тонкихъ прозрачныхъ слоевъ всякаго рода, извѣстными подъ названіемъ *цветовъ тонкихъ пластинокъ*. Въ этомъ отношеніи нѣтъ въ мірѣ предмета болѣе любопытнаго для науки какъ обыкновенный мыльный пузырь. Позвольте указать здѣсь одно изъ тѣхъ затрудненій, которыя встрѣчаетъ среди практическаго общества, каково американское или англійское, ученый занимающійся отвлеченною наукою. Можно ли ожидать чтобы такое общество глубоко сочувствовало трудамъ, повидимому столь далекимъ отъ всякаго полезнаго приложенія какъ многія работы мужей науки? Представьте себѣ что вашъ ученый докторъ Драперъ употребляетъ свое время на пусканіе мыльных пузырей и изученіе ихъ цвѣтовъ! Станете ли вы благодушно смотрѣть на его изслѣдованія и дадите ли вы ему нужное вспоможеніе? А между тѣмъ этотъ предметъ занималъ великіе умы Бойля, Ньютона и Гука, и на такихъ опытахъ основана теорія, которой послѣдствія неизчислимы. Во избѣжаніе недоразумѣнія, профаны въ наукѣ должны предоставить ученому выборъ предмета для изслѣдованій, и вѣрить приговору мужей науки, на судъ которыхъ онъ приносить свои труды.

Откуда берутся цвѣта въ мыльномъ пузырьѣ? Представьте себѣ что лучъ бѣлаго свѣта падаетъ на пузырь. Когда онъ достигаетъ наружной поверхности пленки извѣстная часть свѣта отражается назадъ; но большая часть луча проникаетъ въ пленку, достигаетъ ея внутренней поверх-

ности и снова частию отражается. Волны такимъ образомъ поворачиваютъ назадъ отъ внутренней поверхности и бѣгутъ вслѣдъ за волнами отпрянувшими отъ наружной поверхности. Если толщина пленки такова что оказывается надлежащее замедленіе, то обѣ системы волнъ интерферируютъ одна съ другою и производятъ, смотря по обстоятельствамъ, усиленіе или ослабленіе свѣта.

Но такъ какъ волны имѣютъ различную длину, то ясно что для самопогашенія болѣе длинныхъ волнъ потребна бѣльшая толщина пленки чѣмъ для самопогашенія волнъ короткихъ; вслѣдствіе чего, при разныхъ толщинахъ пленки, должны появляться различные цвѣта.

Вылейте въ прудъ бутылку терпентина, и вы увидите что поверхность воды заиграетъ радужными цвѣтами. Въ маломъ видѣ можно показать ихъ слѣдующимъ образомъ: обыкновенную чайную полоскательную чашку наливаютъ водою и опускаютъ въ нее сифонъ, котораго загнутый кверху конецъ съ тонкимъ отверстіемъ не доходитъ до поверхности воды. Падающій на воду лучъ отражается на экранъ. Вливаемый въ сифонъ терпентинъ стекаетъ внизъ, поднимается въ загнутый конецъ и выходитъ изъ отверстія маленькими каплями, которыя одна за другою всплываютъ на поверхность. Когда капля достигаетъ поверхности она мгновенно расплывается въ плеву, и на экранѣ появляются яркіе цвѣта. Цвѣта эти мѣняются по мѣрѣ того какъ утоняется плева отъ испаренія, и расположены круглыми поясами, потому что толщина плевы постепенно уменьшается отъ центра къ окружности.

Всякая пленка производитъ такіе цвѣта. Въ слоѣ воздуха между сжатыми вмѣстѣ стеклянными пластинками появляются, какъ показалъ Гукъ, цвѣтныя каймы. Вы видите передъ собою прекрасный примѣръ такихъ коемъ. Не нужно даже воздуха; достаточно нарушенія оптической непрерывности. Отъ удара топоромъ по черному прозрачному льду подъ мореною ледника (ледъ этотъ черенъ, потому что чистъ и очень глубокъ), образуются внутри его

трещины, въ которыя воздухъ не можетъ проникнуть и которыя иногда сверкають, какъ огнемъ, цвѣтами тонкихъ пластинокъ. Но все наиболѣе любопытное въ исторіи науки ведетъ свое начало, какъ сказано, отъ мыльнаго пузыря. При помощи составовъ, употребленныхъ знаменитымъ слѣпымъ естествоиспытателемъ Плато, для его изслѣдованій надъ сдѣленіемъ фигуръ образуемыхъ тонкими плевами, можно пускать въ спокойномъ воздухѣ пузыри отъ 10 до 12 дюймовъ въ діаметрѣ. Станете ли вы смотрѣть на самый пузырь или на его проложеніе на экранъ, вы увидите яркіе цвѣта расположенные поясами. Если пучокъ лучей сдѣланъ параллельнымъ и направляется послѣдовательно на бока, дно или верхушку пузыря, то по экрану разбѣгаются вѣера роскошныхъ цвѣтовъ, по мѣрѣ того какъ лучъ обводится по окружности пузыря. Этимъ опытомъ разительно обнаруживаются и внутреннія движенія въ плевѣ.

Великія теоріи вырабатываются не вдругъ: сперва наблюдательные умы ставятъ на видъ тѣ факты, которые требуютъ теоріи, а за періодомъ наблюденій слѣдуетъ періодъ обсужденія и попытокъ къ объясненію. Такими усиліями умъ человѣческій постепенно готовится къ окончательному озаренію свѣтомъ теоріи. Такъ, напримѣръ, цвѣта тонкихъ пластинокъ обратили на себя вниманіе знаменитаго Роберта Бойля. Въ своей „Опытной Исторіи Цвѣтовъ“ онъ оспариваетъ мнѣнія послѣдователей того ученія, согласно которому утверждали что цвѣтъ есть „проницающее свойство, досягающее самыхъ внутреннихъ частицъ тѣлъ“, и приводитъ противныя факты. „На первый случай“, говоритъ онъ, „достаточно напомнить вамъ сказанное мною въ началѣ этого трактата о цвѣтахъ синемъ, красномъ и желтомъ, которые можно произвести на кускѣ отпущенной стали, такъ какъ эти цвѣта, хотя и очень яркіе, оказываются, при разломѣ украшаемой ими стали, только поверхностными.“ Далѣе онъ описываетъ, въ выраженіяхъ доказывающихъ какое удовольствіе онъ находилъ въ своемъ трудѣ, слѣдующій прекрасный опытъ:

„Мы взяли кусокъ чистаго свинца, расплавили его на жаркомъ огнѣ и тотчасъ вылили въ чистый сосудъ приличной формы и изъ надлежащаго вещества (мы употребили сосудъ желѣзный, чтобъ онъ не испортился отъ сильнаго и внезапнаго тепла); снявъ потомъ осторожно и проворно плававшую на верху пѣнку, мы замѣтили, какъ мы того ожидали, что гладкая и блестящая поверхность расплавленнаго вещества украсилась великолѣпнымъ цвѣтомъ; цвѣтъ этотъ, столь же преходящій какъ и прекрасный, почти немедленно уступилъ мѣсто другому яркому цвѣту, за которымъ также скоро послѣдовалъ третій, а этотъ былъ какъ бы прогнанъ четвертымъ. Такимъ образомъ дивно-яркіе цвѣта послѣдовательно появлялись и исчезали пока металлъ столько утратилъ тепла что это пріятное зрѣлище прекратилось. Цвѣта, украшавшіе поверхность при остываніи свинца, на ней остались, но были такъ тонки, что при наипростейшемъ скобленіи поверхности, съ нея соскабливался весь цвѣтъ. Это навело меня, присовокупляеть Бойль, на такія мысли или мечты, которыя мнѣ некогда вамъ разказывать“ *).

Онъ распространилъ свои наблюденія на химическія летучія масла и на винный спиртъ „Если ихъ на столько взболтать“, говоритъ онъ, „чтобы въ нихъ появилось большее количество пузырьковъ, то эти пузырьки (при внимательномъ разсмотрѣніи) представляются украшенными разнообразными и пріятными цвѣтами, которые немедленно исчезаютъ, когда жидкость составляющая оболочку этихъ пузырьковъ сливается съ остальнымъ масломъ.“ Онъ упоминаетъ также о цвѣтахъ мыльных пузырей и тонкихъ пленкахъ стекла. „Я зналъ человека искуснаго въ издѣліяхъ изъ стекла, который раздувалъ его на лампѣ иногда таеъ сильно что оно лопалось; сцѣпленіе стекла оказывалось при этомъ столь крѣпкимъ, что прежде чѣмъ оно лопалось,

*) *Boyle's Works*, изданіе Берча, стр. 675.

оно растягивалось въ пленки такой чрезвычайной тонины что на ихъ поверхностяхъ постоянно играли цвѣта радуги^{*)} *).

Послѣ Бойля занялся цвѣтами тонкихъ пластинокъ знаменитый Робертъ Гукъ, въ сочиненіяхъ котораго мы видимъ зарю теоріи волнъ. Онъ очень отчетливо описываетъ цвѣта появляющіеся въ тонкихъ слояхъ „московскаго стекла“ (слюды) и окружающихъ трещины въ кристаллахъ, гдѣ нарушается оптическая непрерывность. Онъ очень ясно показываетъ зависимость цвѣта отъ толщины пленки и доказываетъ микроскопическими наблюденіями, что пластинки равномерной толщины окрашиваются равномерными цвѣтами. „Возьмите“, говоритъ онъ, „кусочекъ московскаго стекла и расколите его нѣсколько разъ, иглою или другимъ подходящимъ инструментомъ, на болѣе и болѣе тонкія пластинки; вы замѣтите, что пока вы не дойдете до опредѣленной тонины, всѣ эти пластинки будутъ прозрачны и безцвѣтны; продолжая далѣе раскалываніе и раздѣленіе, вы наконецъ увидите что каждая пластинка принимаетъ очень пріятную окраску или проникается опредѣленнымъ цвѣтомъ. Далѣе, если вы какимъ нибудь способомъ такъ надломите довольно толстый кусочекъ, что одна часть немного отколется отъ другой, и промежутокъ между ними наполнится какою-нибудь прозрачною средою, то такія слоистыя или прозрачныя тѣла, наполняющія собою этотъ промежутокъ, представляютъ многія радужныя или цвѣтныя полосы, которыхъ цвѣта распредѣляются соотвѣтственно различной толщинѣ разныхъ частей пластинки.“—Затѣмъ онъ подробно и ясно описываетъ упомянутый выше опытъ со сжатыми стеклами:

„Возьмите два обточенные кусочка полированного зеркальнаго стекла, каждый величиною въ шиллингъ, вытрите ихъ на-сухо и крѣпко сожмите пальцами вмѣстѣ; вы увидите что когда они сходятся между собою очень близко, тогда появляются радужныя или цвѣтныя полосы, также какъ и въ московскомъ стеклѣ. Вы можете легко измѣнить

*) Стр. 743.

всякій цвѣтъ въ каждой части положеннаго между ними тѣла, сжимая пластинки плотнѣе вмѣстѣ или допуская между ними болѣе простора, то-есть вы можете части окрашенныя краснымъ цвѣтомъ, сдѣлать желтыми, синими, зелеными, пунцовыми и т. п. Всякое вещество, если оно тонко и прозрачно, покажетъ эти цвѣта.“—Подобно Бойлю, Гукъ видѣлъ ихъ въ пленкахъ стекла и производилъ ихъ въ пузырькахъ изъ дегтя, смолы, канифоли, терпентина, изъ растворовъ различныхъ камедей, каковъ растворъ аравійской камеди въ водѣ, изъ всякихъ клейкихъ жидкостей, какъ солодъ; изъ вина, виннаго спирта, терпентиннаго масла, слизи улитокъ и проч.

Сочиненія Гука показываютъ что даже въ его время во многіе умы вкоренилась мысль, что свѣтъ и теплота суть виды движенія. „Во первыхъ“, говоритъ онъ, „охотно согласятся се мною что во всѣхъ *тѣлахъ горящихъ пламенемъ* частицы приходятъ нѣ движеніе. Въ другомъ мѣстѣ я показалъ что искра вылетающая изъ кремня и стали находится вѣроятно въ быстромъ движеніи.... Вообще допускается что теплота (какъ сказано выше) условливаетъ движеніе внутреннихъ частицъ.... а что во всѣхъ чрезвычайно горячихъ свѣтящихся тѣлахъ есть очень быстрое движеніе, производящее тепло, можно заключить изъ скорости съ которою тѣла распускаются. Далѣе, движеніе должно быть *качательное*“. Замѣчаніе Гука касательно тонкаго движенія свѣта и болѣе грубаго движенія тепла чрезвычайно мѣтко; но его взгляды лучше разсужденій, потому что приводимыя имъ доказательства тому что свѣтъ есть „качательное движеніе“ не имѣютъ особеннаго значенія въ рѣшеніи этого вопроса.

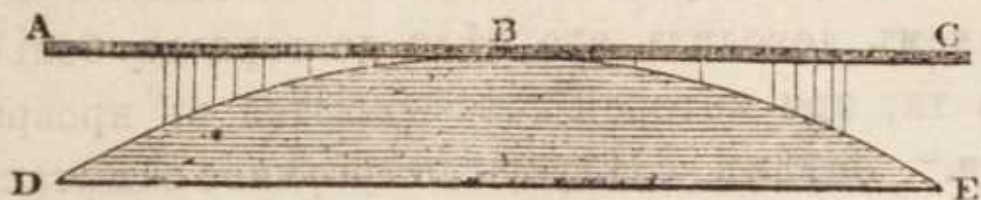
Тѣмъ не менѣе теорія волнъ несомнѣнно мелькала въ умѣ этого замѣчательнаго человѣка. При объясненіи цвѣтовъ въ тонкихъ пластинкахъ онъ снова указываетъ на отношеніе цвѣта къ толщинѣ; онъ останавливается на фактѣ, что пленка обнаруживающая такіе цвѣта должна быть прозрачна и доказываетъ это тѣмъ что непрозрачное тѣло,

до какой бы оно ни было доведено тонины, не даетъ цвѣтовъ. „Я часто“, говоритъ онъ, „сдавливалъ маленькій шарикъ ртути между двумя гладкими стеклянными пластинками, при чемъ доводилъ это тѣло до гораздо большей тонины чѣмъ та, при которой показываются въ прозрачномъ тѣлѣ цвѣта.“ Затѣмъ слѣдуетъ остроумное замѣчаніе, что для произведенія цвѣтовъ „къ нижней или дальней сторонѣ пленки или пластинки должно прилегать тѣло съ значительною отражательною способностію, ибо я всегда находилъ что чѣмъ сильнѣе это отраженіе, тѣмъ ярче появляющіеся цвѣта...Изъ этихъ наблюденій явствуется, продолжаетъ онъ, что отраженіе отъ нижней или дальней стороны тѣла составляетъ главную причину образованія этихъ цвѣтовъ.“

Гукъ правильно изобразилъ на чертежѣ отраженіе отъ обѣихъ поверхностей пленки; но здѣсь кончается ясность его пониманія. Онъ приписываетъ цвѣта сліянію или смѣшенію двухъ отраженныхъ пульсацій. Не зная начала интерференціи, онъ не могъ идти далѣе на пути объясненія. Онъ присовокупляетъ однако чрезвычайно важное замѣчаніе „Опредѣленіе наибольшей и наименьшей толщины потребной для такихъ дѣйствій составляетъ въ этой гипотезѣ дѣло чрезвычайной важности; но несмотря на мои частыя попытки я не могъ добиться успѣха: такъ чрезмѣрно тонки эти цвѣтистыя пластинки и такъ еще несовершенны наши микроскопы.

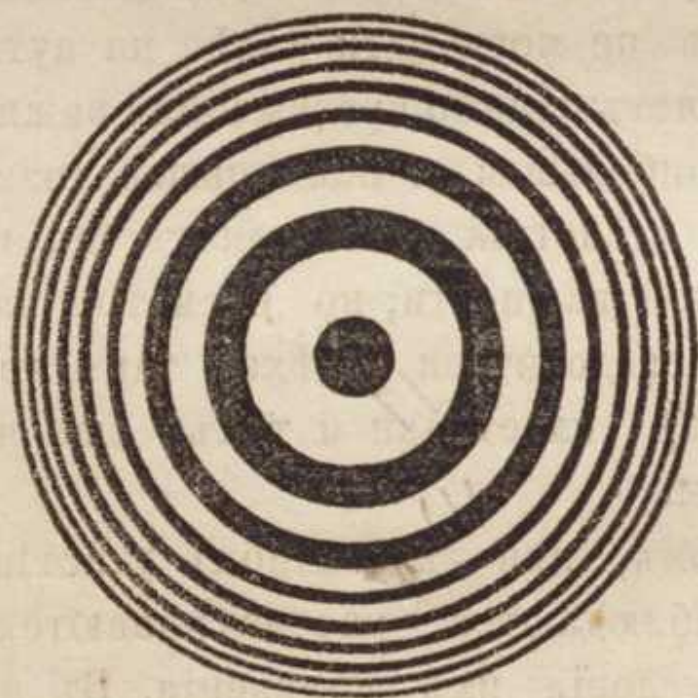
Такимъ образомъ, при дѣятельномъ участіи различныхъ умовъ, факты наблюдаются, рассматриваются и опредѣляются точныя условія ихъ появленія. Въ наукѣ вся эта работа служить подготовкою къ другой работѣ, и усилія Бойля и Гука расчистили для Ньютона путь на его оптическомъ поприщѣ. Онъ превозмогъ затрудненія казавшіяся Гуку непреодолимыми и опредѣлилъ точными измѣреніями отношеніе толщины пленки къ обнаруживаемымъ ею цвѣтамъ. Онъ началъ съ того что добылъ себѣ слой съ переменною и удобовычислимою толщиной. На плосковыпуклое

стекло DBE (черт. 16) съ весьма слабою кривизною онъ положилъ стеклянную пластинку AC съ плоскою поверх-



Черт. 16.

ностію, и получилъ слой воздуха постепенно возрастающей толщины отъ точки прикосновенія В кнаружи. Разсматривая этотъ слой при одноцвѣтномъ свѣтѣ, онъ увидалъ, съ тою радостію которую доставляетъ сбывшееся предвидѣніе, вокругъ точки прикосновенія рядъ свѣтлыхъ колецъ, раздѣленныхъ одно отъ другаго темными кольцами и тѣмъ тѣснѣе между собою сближенныхъ чѣмъ болѣе ихъ разстояніе отъ точки прикосновенія (черт. 17). При крас-



Черт. 17.

номъ свѣтѣ кольца его имѣли опредѣленные діаметры; при голубомъ свѣтѣ ихъ діаметры были менѣе. Вообще съ увеличеніемъ преломляемости свѣта размѣры колецъ уменьшались. Перенося свои стекла изъ красныхъ лучей спектра въ голубые, онъ замѣтилъ что кольца постепенно суживались, и что они расширялись при переходѣ изъ голу-

быхъ лучей въ красные. Этотъ опытъ очень красивъ и доставилъ собою Ньютону большое удовольствіе. Когда на стекла падалъ бѣлый свѣтъ, то образовался рядъ радужныхъ круговъ, на сколько цвѣта не налагались одинъ на другой. Предъ вами увеличенное изображеніе *Ньютоновыхъ колецъ*; при послѣдовательномъ употребленіи краснаго, голубаго и бѣлаго свѣта вы видите всѣ явленія усмотрѣнныя Ньютономъ. Замѣьте что при одноцвѣтномъ свѣтѣ кольца сближаются между собою все тѣснѣе и тѣснѣе по мѣрѣ ихъ удаленія отъ центра. Это происходитъ отъ того что на нѣкоторомъ разстояніи отъ центра толщина слоя воздуха возрастаетъ быстрѣе чѣмъ близъ центра. При бѣломъ свѣтѣ, вслѣдствіе такого сближенія колецъ, различные цвѣта совпадаютъ, такъ что, перейдя извѣстную толщину слоя, они сливаются вмѣстѣ въ бѣлый свѣтъ, и кольца исчезаютъ. Съ перваго взгляда понятно что цвѣта тонкихъ пластинокъ никогда не бываютъ несмѣшанные или одноцвѣтные.

Ньютонъ сравнилъ получаемые этимъ путемъ цвѣта съ цвѣтами мыльныхъ пузырей и вычислилъ соотвѣтствующія толщины. Какъ это было имъ сдѣлано можно объяснить такъ: Представьте себѣ что вода океана совершенно гладка; она представитъ тогда въ точности кривую поверхность земли. Положимъ что совершенно горизонтальная плоскость соприкасается съ этою поверхностію въ какой-нибудь точкѣ. Зная діаметръ земли, каждый инженеръ или математикъ скажетъ вамъ на сколько поверхность моря будетъ лежать ниже этой плоскости въ разстояніи десяти, ста или тысячи футъ отъ точки соприкосновенія съ моремъ. При нивелировкахъ часто приходится принимать въ соображеніе кривизну земли. Точно такого рода были вычисленія Ньютона. Его плоское стекло соприкасалось съ выпуклымъ. Зная показатель преломленія и фокусное разстояніе стекла, онъ опредѣлилъ діаметръ шара, котораго его выпуклое стекло было отрѣзкомъ; потомъ онъ измѣрилъ разстояніе колецъ отъ точки соприкосновенія и вычислилъ

глубину между касательною плоскостію и кривою поверхностію, точно также какъ инженеръ вычислилъ бы разстояніе между касательною плоскостію и поверхностію моря. Надо удивляться что Ньютонъ, при помощи находившихся въ его распоряженіи средствъ, опредѣлилъ съ такою диковинною точностію столь чрезмѣрно малыя разстоянія.

Въ объясненіи этихъ колецъ представилось Ньютону величайшее изъ всѣхъ встрѣченныхъ имъ затрудненій. Онъ вполне понималъ трудность. Его орлиный взоръ не былъ прикрытъ пеленою, и въ его соображеніяхъ не оставалось неопредѣленности. Его теорія, при самомъ началѣ, подвергалась испытанію вопросомъ: почему при паденіи луча на прозрачное тѣло нѣкоторыя частицы свѣта отражаются, а нѣкоторыя пропускаются? Потому ли что есть два рода частицъ, однѣ приспособленныя къ прохожденію сквозь тѣла, а другія приспособленныя къ отраженію? Этого не можетъ быть, потому что свѣтъ отраженный отъ одного куска стекла и падающій потомъ на другой кусокъ, по общему правилу, тоже подраздѣляется на часть отражаемую и на часть проходящую сквозь стекло. Слѣдовательно части однажды отраженныя не всегда отражаются, и части однажды пропущенныя сквозь тѣло не всегда сквозь него пропускаются. Ньютонъ все это усматривалъ; онъ зналъ что ему слѣдуетъ объяснить почему одна и та же частица въ одно мгновеніе отражается, а въ слѣдующее за тѣмъ мгновеніе пропускается. Это можетъ произойти лишь вслѣдствіе *какой-нибудь перемѣны въ состояніи самой частицы*. Онъ утверждалъ что одна и та же частица подвергается *припадкамъ* (fits) легкаго прохожденія сквозь тѣло, или легкаго отраженія отъ его поверхности.

Если вы будете слѣдить за мною въ моей попыткѣ объяснить умозрительныя основанія этой теоріи *припадковъ*, то такое умственное упражненіе, надѣюсь, вознаградитъ васъ за напряженное вниманіе. Ньютонъ высказывался весьма осторожно о томъ что онъ считалъ причиною *припадковъ*, но едва ли можно сомнѣваться что въ своемъ

пониманіи онъ находилъ основаніе въ физической причинѣ. Нельзя сомнѣваться и въ томъ что здѣсь, также какъ и во всѣхъ своихъ попыткахъ составленія теоріи, онъ былъ принужденъ обратиться къ наблюденію за матеріалами для теоріи. Постараемся возсоздать ходъ его мыслей и наблюденій. Магнитъ далъ ему понятіе о притягиваемыхъ и отталкиваемыхъ полюсахъ; привыкшій находить въ видимомъ подобіе невидимаго, онъ естественно долженъ былъ допустить такіе полюсы въ своихъ частицахъ свѣта. Когда частицы обращены къ прозрачному веществу своими притягиваемыми полюсами, онѣ втягиваются и проходятъ, а когда обращены своими отталкиваемыми полюсами—отбрасываются и отражаются. Такимъ образомъ, приписавъ частицамъ полюсы, можно объяснить почему одна и та же частица то пропускается, то отражается.

Взглянувъ на Ньютоновы кольца при чистомъ красномъ свѣтѣ, вы видите что они поочередно свѣтлыя и темныя. Слой воздуха, соотвѣтствующій послѣднему наружному кольцу, не толще обыкновеннаго мыльнаго пузыря, и постепенно утоняется съ приближеніемъ къ центру; тѣмъ не менѣе Ньютонъ измѣрилъ толщину слоя соотвѣтствующаго каждому кольцу и показалъ на сколько она измѣняется отъ одного кольца до другаго. Обратите вниманіе на результатъ. Пусть a означаетъ толщину слоя воздуха соотвѣтствующаго первому темному кольцу. Ньютонъ нашелъ что второму темному кольцу соотвѣтствуетъ толщина $2a$, третьему — толщина $3a$, десятому — толщина $10a$, и т. д. Конечно есть скрытая причина почему это маленькое разстояніе a такъ постоянно повторяется. Легко понять съ какимъ напряженнымъ вниманіемъ размышлялъ Ньютонъ о ея значеніи. Посмотрите на вѣроятный ходъ его мыслей. Онъ одарилъ свои свѣтовые частицы полюсами, но теперь онъ вынужденъ допустить еще понятіе о *периодическомъ возвращеніи*. По своей способности переходить отъ чувственнаго къ надчувственному, ему не трудно было заключить что свѣтовые частицы имѣ-

ютъ не одно только поступательное движеніе, но также и вращательное. Астрономическія свѣдѣнія усвоили Ньютону всякія этого рода представленія. Земля имѣетъ подобное двоякое движеніе. Въ то время какъ по своей орбитѣ она пробѣгаетъ 325.000 географическихъ миль, то-есть въ 24 часа, наша планета совершаетъ полное обращеніе около своей оси. Слѣдовало предположить что во время потребное на прохожденіе разстоянія d Ньютонова свѣтовая частица тоже совершаетъ полное обращеніе. Правда, свѣтовая частица менѣе планеты, и разстояніе d равняется не 325.000 миль, а чуть-чуть болѣе $\frac{1}{90000}$ части дюйма; но съ умозрительной точки зрѣнія оба понятія тождественны.

Вообразите что частица входитъ въ слой воздуха въ томъ мѣстѣ гдѣ онъ имѣетъ именно эту толщину. Чтобы проникнуть въ слой частица должна быть обращена къ нему своимъ притягиваемымъ концомъ. Въ слой она дѣлаетъ одинъ полный оборотъ, и при другой сторонѣ слоя опять обращена къ ней своимъ притягиваемымъ полюсомъ; поэтому частица на противоположной сторонѣ слоя входитъ въ стекло и *пропадаетъ для глаза*. Вокругъ точки прикосновенія, на всемъ пространствѣ гдѣ слой имѣетъ такую же толщину, свѣтъ исчезаетъ, и вслѣдствіе того образуется темное кольцо.

Тѣмъ же самымъ предположеніемъ объясняются и свѣтлыя кольца. Они появляются между темными кольцами, тамъ гдѣ толщина слоя есть средняя между толщинами соотвѣтствующими сосѣднимъ темнымъ кольцамъ. Возьмемъ первое свѣтлое кольцо. Толщина слоя равняется здѣсь $\frac{1}{2}d$. На такомъ протяженіи вращающаяся частица совершаетъ только половину своего оборота. Поэтому, достигая второй поверхности, она обращена къ ней своимъ отталкиваемымъ полюсомъ; вслѣдствіе чего она отбрасывается назадъ и доходитъ до глаза. На всѣхъ разстояніяхъ вокругъ центра соотвѣтствующихъ этой толщинѣ повторяется то же дѣйствіе, и такимъ образомъ возникаетъ свѣтлое кольцо. Также объясняются и другія

свѣтлыя кольца. Во второмъ кольцѣ, гдѣ толщина равняется $1\frac{1}{2}d$, частицы оканчиваютъ полтора оборота; въ третьемъ—два съ половиною оборота; и во всѣхъ этихъ мѣстахъ частицы направлены къ нижней поверхности слоя своими отталкиваемыми полюсами. Поэтому онѣ отбрасываются назадъ въ глазъ и производятъ въ немъ впечатлѣніе свѣта. Такое разслѣдованіе, хотя и сопряженное съ затрудненіями при ближайшемъ разсмотрѣніи, показываетъ намъ какимъ образомъ могла развиться и утвердиться въ умѣ Ньютона теорія „припадковъ“.

Мы уже сказали что въ теоріи истеченія приписывалась свѣту бѣлая скорость въ стеклѣ и въ водѣ чѣмъ въ воздухѣ и въ звѣздномъ пространствѣ, и что въ этомъ отношеніи она прямо противорѣчила теоріи волнъ, по которой скорость свѣта въ воздухѣ и въ звѣздномъ пространствѣ болѣе чѣмъ въ стеклѣ или въ водѣ. Посредствомъ опыта, который предложилъ Араго, а Фуко и Физо произвели съ удивительнымъ искусствомъ, этотъ вопросъ былъ подвергнутъ рѣшительному испытанію и рѣшенъ въ пользу теоріи волнъ.

Въ настоящемъ случаѣ обѣ теоріи тоже несогласны между собою. Ньютонъ допустилъ что дѣйствіе производящее послѣдовательныя свѣтлыя и темныя кольца совершается на *одной поверхности*, а именно на второй поверхности слоя. Теорія волнъ утверждаетъ что кольца образуются отъ интерференціи волнъ отражаемыхъ обѣими поверхностями. Это было также доказано опытомъ. При надлежащемъ расположеніи опыта, можно, какъ мы узнаемъ въ послѣдствіи, уничтожить отраженіе отъ одной изъ поверхностей слоя, и тогда кольца совершенно исчезаютъ.

Пропущенный свѣтъ тоже образуетъ слабыя кольца. Теорія волнъ приписываетъ ихъ интерференціи волнъ прошедшихъ *прямо* черезъ слой съ волнами подвергнувшимися въ слой двумъ отраженіямъ, и такимъ образомъ объясняетъ ихъ вполне.

Утверждаютъ что Ньютонъ, принявъ теорію истеченія,

тѣмъ самымъ замедлилъ научныя открытія. Но еще вопросъ: не имѣютъ ли заблужденія великихъ людей вообще послѣдствіемъ то что успѣхи человѣческаго ума принимаютъ какъ бы періодическій характеръ, а не движутся впередъ равномернымъ ходомъ, такъ что „замедленіе“ всегда служитъ приготовленіемъ къ болѣе энергическому шагу впередъ. Мы должны избѣгать не столько ошибокъ сколько смутнаго пониманія и застоя. Хотя теорія волнъ и была на нѣкоторое время задержана, но она, въ промежуткѣ, накопила столько силъ, и ея развитіе въ послѣднее полустолѣтіе было такъ быстро и побѣдоносно, что въ полѣ у нея не осталось противницы. Перейдемъ теперь къ изслѣдованію новаго разряда явленій, которыя объясняются удовлетворительно только теоріей волнъ.

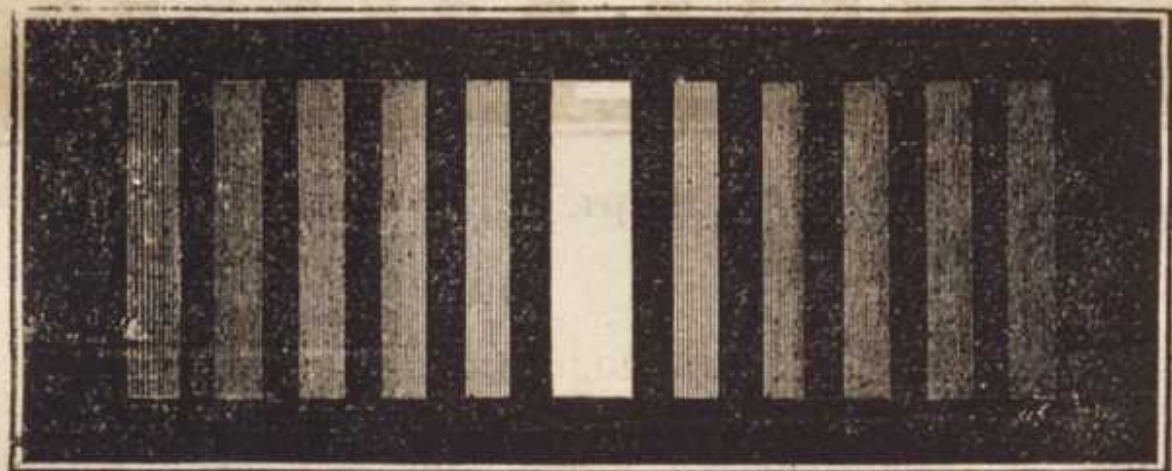
Ньютонъ, усвоивъ себя понятіе объ эфирѣ и пользуясь имъ для нѣкоторыхъ своихъ умозрительныхъ выводовъ, возражалъ, какъ замѣчено выше, что еслибы свѣтъ состоялъ изъ волнъ, то не существовало бы тѣней, потому что волны обогнули бы края непрозрачныхъ тѣлъ и взволновали бы лежащій позади ихъ эфиръ. Онъ былъ правъ утверждая что свѣтъ огибалъ бы препятствіе, но ошибался предполагая что этого не бываетъ. Огибаніе дѣйствительно существуетъ, но во всѣхъ обыкновенныхъ случаяхъ оно маскируется дѣйствіемъ интерференціи. Это загибаніе свѣта получило названіе *диффракціи*.

При изученіи явленія диффракціи необходимо пользоваться свѣтомъ исходящимъ изъ физической точки, или тонкой линіи, потому что при употребленіи свѣтлыхъ поверхностей, волны выходящія изъ различныхъ ихъ точекъ помрачаютъ и нейтрализуютъ одна другую. Мы получимъ *точку* очень яркаго свѣта пропустивъ параллельные лучи солнца сквозь отверстіе въ оконной ставнѣ и сосредоточивъ ихъ собирательнымъ стекломъ съ короткимъ фокусомъ. Маленькое изображеніе солнца въ фокусѣ даетъ надлежащій свѣтъ. Пригодно также изображеніе солнца, хотя и не столь яркое, составляющееся на выпуклой поверхности сте-

клянаго шарика, или законченаго съ нижней стороны часового стекла. Чтобы получить яркую свѣтлую линію пропускаютъ сквозь щель солнечный лучъ и пропускаютъ его сквозь сильное цилиндрическое стекло, въ фокусѣ коего слой свѣта сосредоточивается въ физическую линію. Стекланная трубка, законченная внутри и выставленная на свѣтъ, отражаетъ отъ своей поверхности свѣтлую линію, хотя и не столь яркую, но тоже соотвѣтствующую цѣли.

Въ опытѣ къ описанію котораго мы приступаемъ, вертикальная щель съ измѣряемою по произволу шириною ставится предъ электрическою лампой, и на эту щель смотрятъ, съ нѣкотораго разстоянія, сквозь другую, тоже вертикальную и перемѣнной ширины щель, которую держать въ рукѣ.

Сдѣлавъ свѣтъ лампы одноцвѣтнымъ и поставивъ для того предъ щелью чистое красное стекло, мы увидимъ необыкновенное явленіе если приведемъ глазъ въ направленіе прямой линіи проходящей сквозь обѣ щели (черт. 18). Щель предъ лампою покажется намъ яркимъ прямоуголь-



Черт. 18.

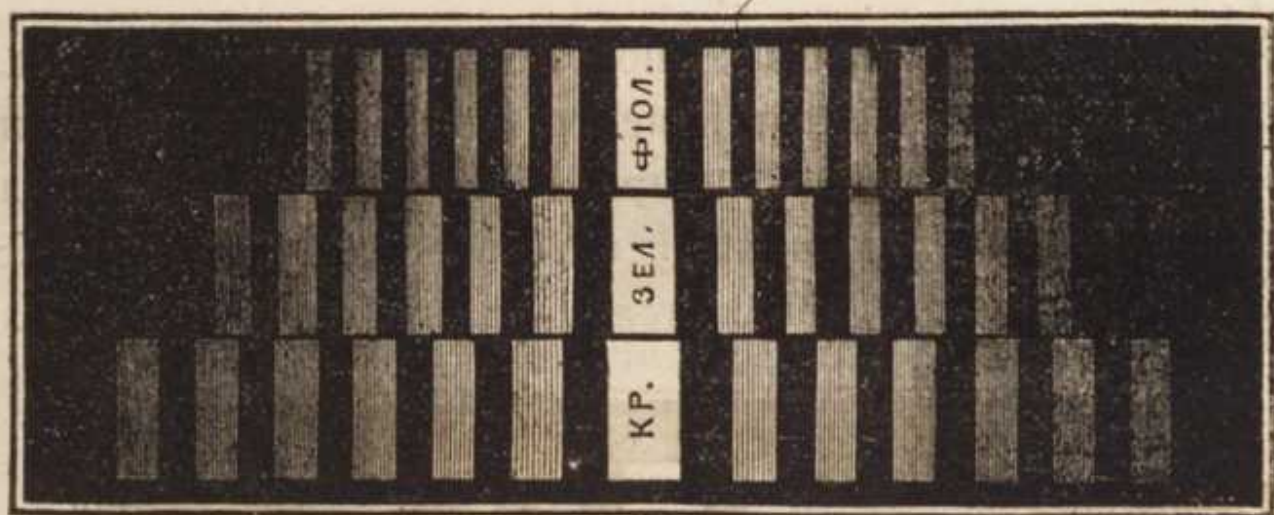
никомъ свѣта, а справа и слѣва отъ него мы усмотримъ длинный рядъ прямоугольниковъ, постепенно слабѣющаго свѣта, раздѣленныхъ другъ отъ друга совершенно темными промежутками.

Ширина этихъ полосъ измѣняется вмѣстѣ съ шириною щели предъ глазомъ. При расширеніи щели полосы суживаются и тѣснѣе скучиваются вмѣстѣ; при суживаніи щели

полосы расширяются и расходятся далѣе одна отъ другой, оставляя между собою болѣе широкіе темные промежутки.

Не измѣняя ничего въ опытѣ, возьмемъ синее стекло или растворъ аммоніакальной мѣди, дающей весьма чистый синій цвѣтъ, и поставимъ его на пути свѣта. Мы увидимъ, совершенно также какъ и въ первомъ случаѣ, рядъ синихъ прямоугольниковъ, съ тою лишь разницею что синіе прямоугольники будутъ уже красныхъ и *тѣсныя сгущены вмѣстѣ*.

Если мы употребимъ лучи промежуточной преломляемости, освѣщая щель различными цвѣтами спектра, то мы усмотримъ полосы средней ширины, занимающія среднее



Черт. 19.

положеніе сравнительно съ полосами происходящими отъ краснаго или синяго свѣта. На чертежѣ 19 представлено изображеніе полосъ отъ краснаго, зеленаго и фіолетоваго свѣта. Поэтому когда сквозь щель проходитъ бѣлый свѣтъ, то различные цвѣта не налагаются одинъ на другой, и вмѣсто ряда одноцвѣтныхъ полосъ, раздѣленныхъ темными промежутками, мы видимъ рядъ сопоставленныхъ цвѣтныхъ спектровъ. Существенно тѣ же явленія усматриваются когда дальняя щель освѣщена пламенемъ свѣчи, вмѣсто болѣе сильнаго электрическаго свѣта, или когда платиновая проволока раскаляется добѣла электрическимъ токомъ.

Что значать эти опыты и отчего происходят боковыя изображенія щели? Эти явленія, равно какъ и многія другія, не могутъ быть удовлетворительно объяснены теоріей истеченія. Посмотримъ какъ ихъ объясняетъ теорія волнъ.

Чтобы достигнуть при этомъ полной ясности я долженъ обратиться къ той способности, важное значеніе которой я старался доказать какъ здѣсь, такъ и при другихъ случаяхъ—къ воображенію. Представьте себѣ что вы стоите на берегу моря и смотрите на приближающуюся правильную волну. Возьмите рядъ частицъ въ челѣ волны, подъ гребнемъ: всѣ въ равномъ отъ него разстояніи. Всѣ эти частицы поднимаются одинаковымъ образомъ и съ равною скоростію. Возьмите такой же рядъ частицъ въ тылу волны: онѣ всѣ одинаково опускаются съ равною скоростію. Возьмите рядъ частицъ вдоль гребня: онѣ всѣ въ одинаковомъ положеніи относительно движенія волны. Это справедливо и для ряда частицъ вдоль понижающейся части волны.

Частицы, имѣя въ каждомъ изъ этихъ случаевъ одинаковое положеніе относительно движенія, волны находятся въ одинаковой *фазѣ* качанія. Но если вы сравните частицу чела волны съ частицею ея тыла, или вообще сравните двѣ частицы занимающія въ волнѣ неодинаковое положеніе, то условія ихъ движенія не будутъ одинаковы и фазы ихъ качанія будутъ различны. Если одна частица лежитъ на гребнѣ, а другая въ низкой части волны, то въ то время когда одна изъ нихъ начинаетъ подниматься, другая начинаетъ опускаться, и тогда фазы ихъ качанія противоположны.

Остается объяснить еще одно обстоятельство, чрезвычайно важное для нашего предмета. Положимъ что точка *O* (черт. 20) поверхности спокойной воды производитъ, по возмущеніи, рядъ круглыхъ волнъ: необходимое для возбужденія этихъ волнъ возмущеніе заключается въ простомъ качаніи точки *O* вверхъ и внизъ. Положимъ что *m* представляетъ въ данный моментъ положеніе гряды этихъ волнъ, а *m'n'* ея положенія секунду или двѣ спустя. Каждая ча-

стица воды, при такомъ передвиженіи волны, качается, какъ мы видѣли, вверхъ и внизъ. Поэтому, если такое ка-



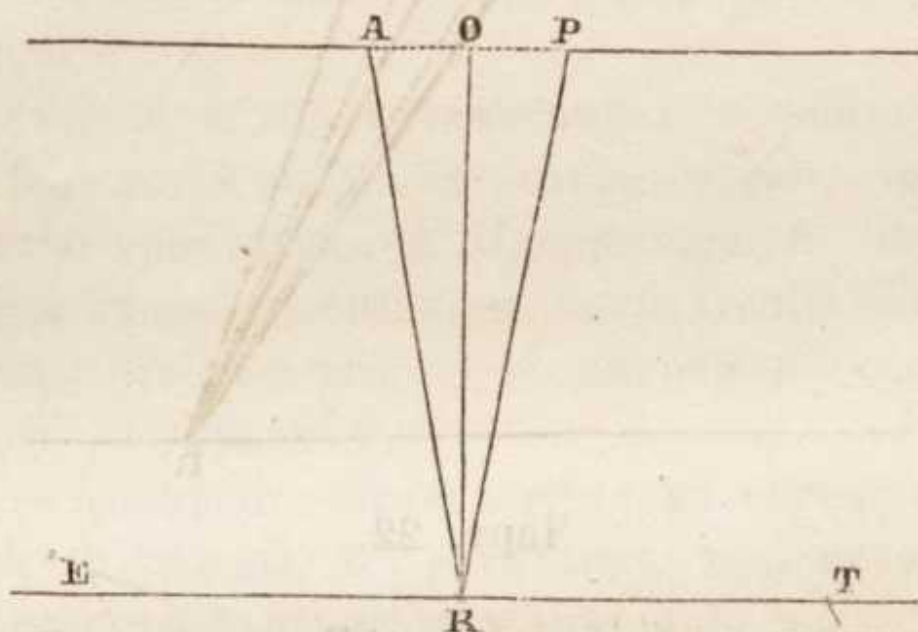
Черт. 20.

чаніе составляетъ достаточную причину волнообразнаго движенія, то каждая отдѣльная частица волны mn должна служить такою же причиною и порождаетъ ряды круглыхъ волнъ. Въ этомъ заключается то обстоятельство съ которымъ я желалъ васъ познакомить. Каждая частица волны mn дѣйствуетъ такимъ образомъ. Если мы примемъ каждую частицу за центръ и окружимъ ее круглою волною имѣющею радіусомъ разстояніе между mn и $m'n'$, то отъ вліянія всѣхъ этихъ маленькихъ волнъ образуется точно такая большая гряда $m'n'$, какую мы находимъ въ природѣ. Въ сущности мы старались разложить движеніе волны на его элементы, и успѣвъ въ этомъ мы не встрѣтимъ особенныхъ затрудненій въ приложеніи нашихъ свѣдѣній къ оптическимъ явленіямъ.

Возвратимся къ нашей щели, и для простоты рассмотримъ сперва случай съ одноцвѣтнымъ свѣтомъ. Представьте себѣ ряды волнъ ээира идущихъ отъ первой щели ко второй и наполняющихъ собою наконецъ вторую щель. Пройдя сквозь послѣднюю, каждая волна не только движется по прямому пути къ сѣтчаткѣ, но расходится вправо и влево, стремясь привести въ движеніе всю массу ээира за

щелью. Дѣйствительно, какъ мы сейчасъ объяснили, каждая точка волны наполняющей щель служитъ сама центромъ новой системы волнъ, которая распространяется во всѣхъ направленіяхъ по ээиру за щелью. Таково знаменитое начало Гюйгенса. Разсмотримъ теперь какъ дѣйствуютъ одна на другую эти второстепенныя волны.

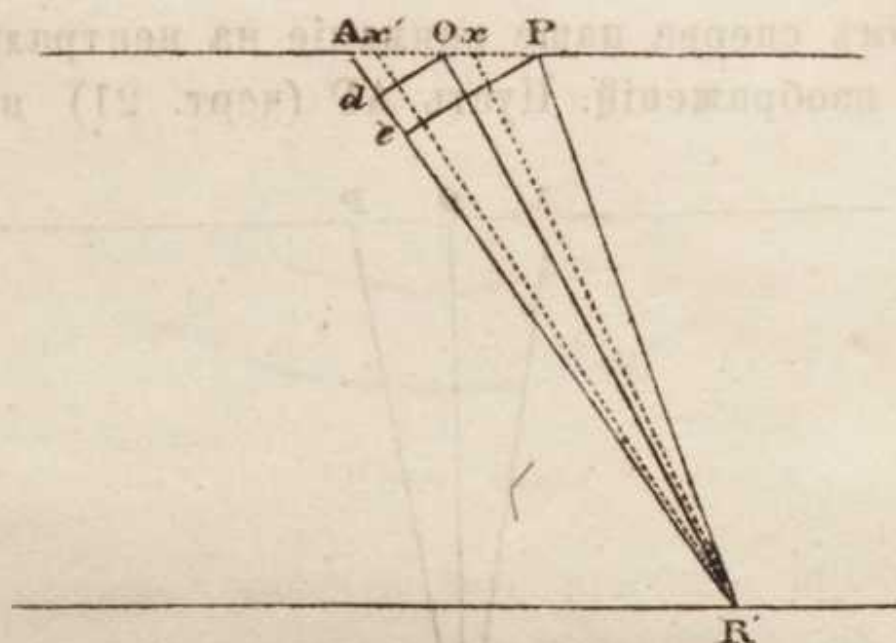
Остановимъ сперва наше вниманіе на центральной полосѣ нашихъ изображеній. Пусть AP (черт. 21) представля-



Черт. 21.

етъ, въ весьма преувеличенномъ видѣ, отверстіе предъ глазомъ, пусть точки поперекъ отверстія означаютъ частицы ээира находящіяся всѣ въ одинаковой фазѣ качанія, и пусть ET представляетъ часть сѣтчатки. Опустимъ мысленно изъ середины щели O перпендикуляръ RO на сѣтчатку. Движеніе сообщаемое точкѣ R составляется изъ суммы всѣхъ движеній распространяемыхъ въ этомъ направленіи всѣми находящимися въ щели частицами ээира. Принимая въ соображеніе чрезмѣрно малую ширину отверстія, можно, безъ ощутительной погрѣшности, допустить что всѣ точки волны AP равно удалены отъ R . Ни одна изъ частныхъ волнъ не отстаетъ отъ другихъ, а потому въ точкѣ R и въ ближайшемъ ея сосѣдствѣ свѣтъ не ослабѣваетъ замѣтно вслѣдствіе интерференціи. Такой неуменьшенный свѣтъ производитъ въ изображеніи блестящую срединную полосу.

Разсмотримъ теиерь волны распространяющіяся за щелью въ косвенномъ направленіи. Въ этомъ случаѣ волны идущія отъ обѣихъ сторонъ щели, чтобы сойтись на сѣтчаткѣ должны пробѣжать неравныя разстоянія. Пусть AP (черт. 22) будетъ опять ширина второй щели. Разсмотримъ дѣй-



Черт. 22.

ствіе различныхъ частей волны AP на точку R' сѣтчатки, лежащую не на линіи соединяющей щели. Остановимся на томъ частномъ случаѣ когда разность путей отъ крайнихъ точекъ A и P до сѣтчатки равняется цѣлой длинѣ волны краснаго свѣта. Какъ должна вліять такая разница на окончательное освѣщеніе клѣтчатки?

Обратимъ вниманіе на косвенную линію проведенную изъ середины O щели къ точкѣ R' сѣтчатки. Длины пути для волнъ идущихъ по этой линіи и для волнъ идущихъ по линіямъ проведеннымъ отъ обоихъ краевъ щели разнятся между собою на длину полуволны. Отложимъ разстояніе eR' равное PR' , соединимъ точки P и e , и проведемъ линію Oa параллельно Pe . Ae будетъ длина волны свѣта, а Aa длина полуволны. Мы ясно усматриваемъ съ перваго взгляда что не только волны идущія отъ центра щели и отъ ея краевъ несогласны между собою, но что каждой линіи волнъ xR' на одной сторонѣ OR' соотвѣтствуетъ на другой сторонѣ OR' такая линія $x'R'$, на которой длина пути раз-

нися на полуволну, и съ которой слѣдовательно линія волнъ xR' находится въ полномъ разногласіи. Вслѣдствіе этого свѣтъ на одной сторонѣ центральной линіи вполне уничтожается свѣтомъ на другой сторонѣ этой линіи, и отъ взаимно-дѣйствія ихъ оказывается въ результатѣ совершенный мракъ. Такимъ образомъ объясняется первый темный промежутокъ нашего ряда полосъ. Онъ возникаетъ вслѣдствіе такого косвеннаго направленія при которомъ длины путей для волнъ идущихъ отъ разныхъ краевъ щели разнятся между собою на длину *цѣлой волны*.

Когда разность между путями волнъ идущихъ отъ краевъ щели равняется *половинѣ длины волны*, тогда свѣтъ только частію уничтожается. Напряженность свѣта соотвѣтствующая такому косвенному направленію немного меньше половины (въ точности 0,4) напряженности свѣта не ослабленнаго диффракціей.

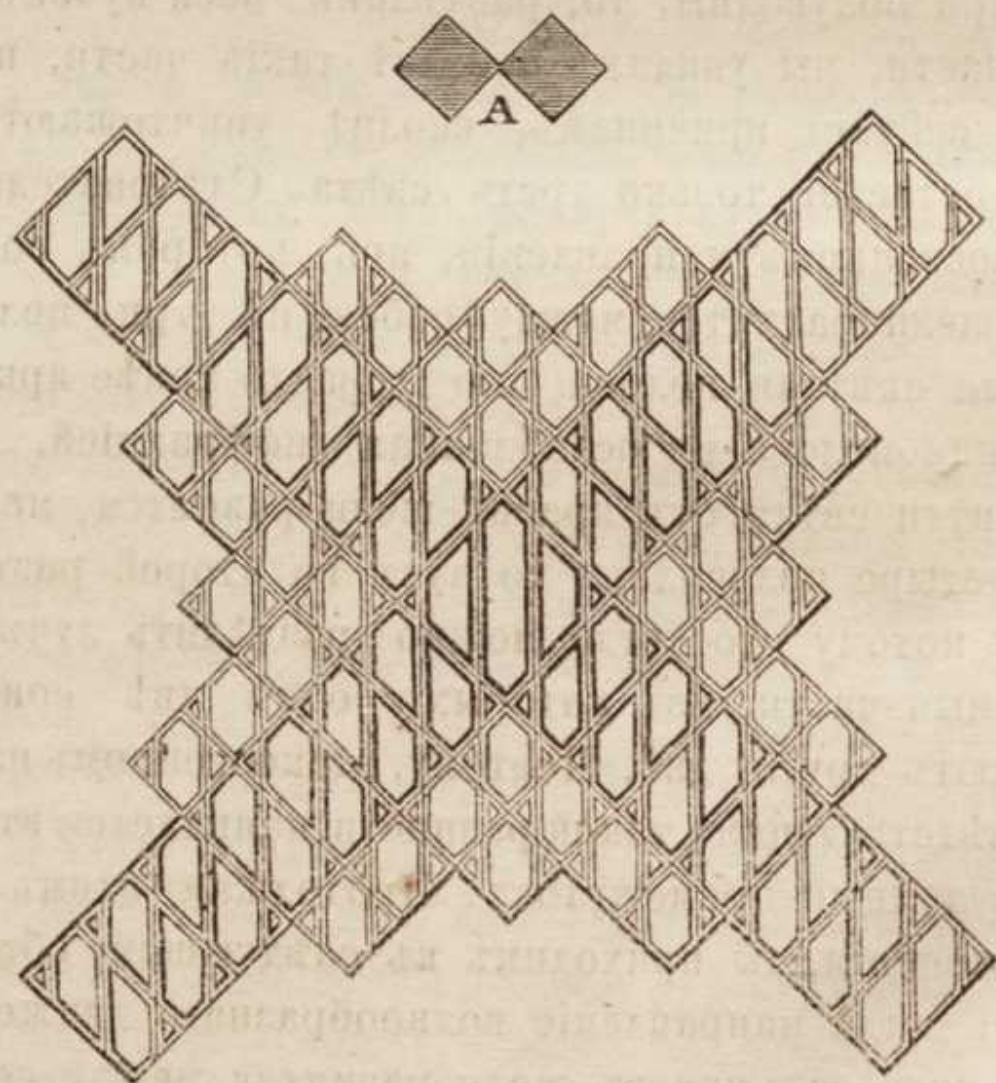
Если пути волнъ отъ краевъ щели разнятся между собою на три полуволны, то, раздѣливъ весь пучокъ на три равныя части, мы увидимъ что двѣ такія части, по изложеннымъ сейчасъ причинамъ, вполне уничтожаютъ другъ друга, и остается только треть свѣта. Слѣдовательно, при такомъ косвенномъ направленіи, при которомъ волны отъ краевъ щели разнятся между собою на три полуволны, образуется свѣтлая полоса, но гораздо меньше яркая чѣмъ центральная полоса не ослабленная диффракціей.

Когда пути свѣта отъ краевъ щели разнятся между собою на четыре полуволны, то лучъ во второй разъ вполне угасаетъ, потому что тогда можно раздѣлить лучъ на четыре равныя части, изъ которыхъ однѣ двѣ совершенно уничтожаютъ другія двѣ. Поэтому, въ косвенномъ направленіи, соотвѣтствующемъ такой разности, появляется второй совершенно темный промежутокъ. Продолжая этимъ путемъ наши объясненія, мы приходимъ къ слѣдующему общему заключенію: когда направленіе волнообразнаго движенія таково что пути отъ краевъ щели разнятся между собою на *четное* число полуволнъ, свѣтъ гаснетъ вполне; когда же

пути отъ краевъ разнятся между собою на *нечетное* число полуволнъ, тогда уничтожается нѣкоторое количество свѣта, а оставшая часть луча образуетъ свѣтлую полосу.

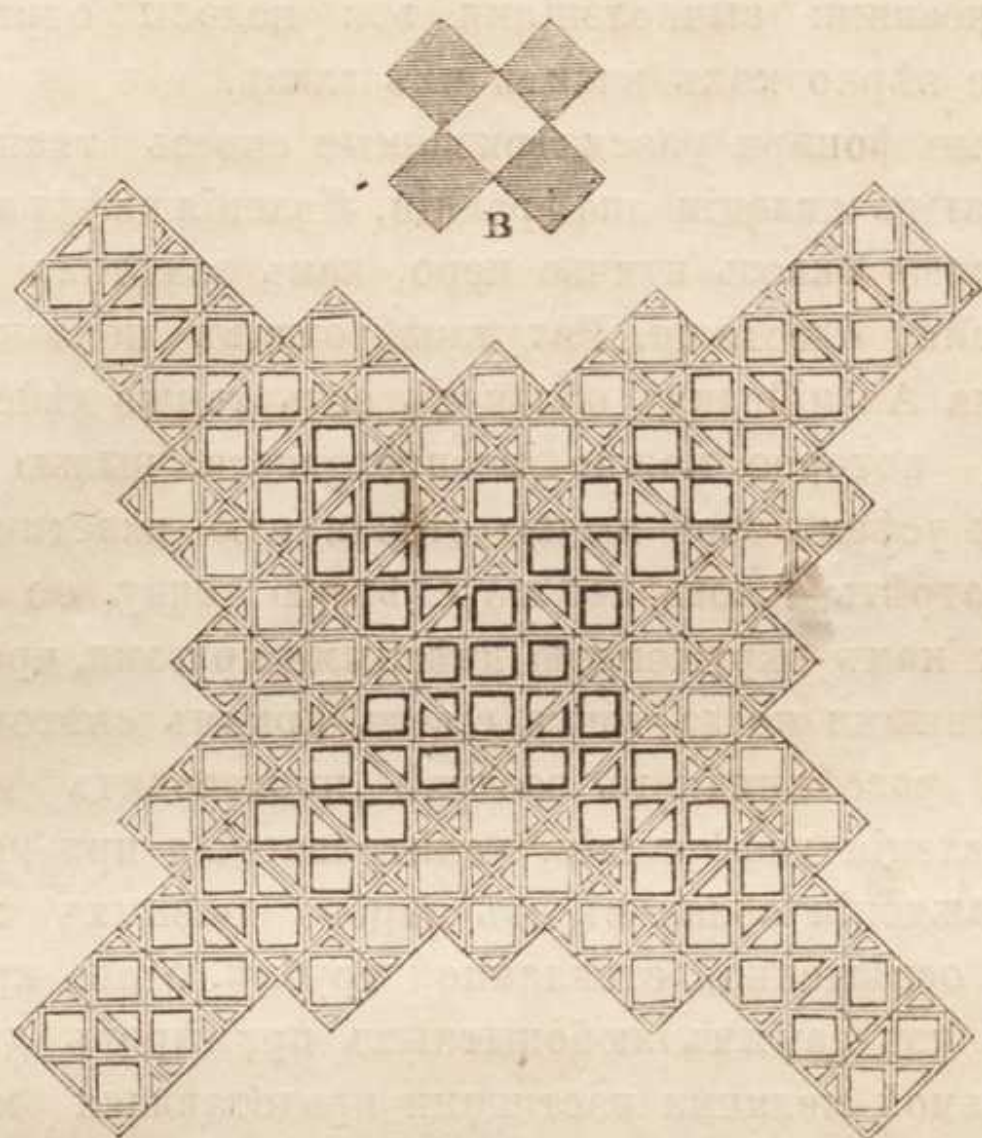
При самомъ поверхностномъ размышленіи оказывается что чѣмъ шире щель, тѣмъ при менѣе косвенномъ направленіи обнаруживается необходимая разность въ длинѣ путей. Поэтому, при широкой щели, полосы, какъ было сказано, тѣснѣе скучены вмѣстѣ, чѣмъ при узкой щели. Ясно также что чѣмъ короче волна, тѣмъ при менѣе косвенномъ направленіи происходитъ надлежащее замедленіе; вслѣдствіе чего наибольшія и наименьшія величины фіолетоваго свѣта падаютъ ближе къ центру чѣмъ наиболѣе и наименьшія величины краснаго свѣта. Наибольшія и наименьшія величины другихъ цвѣтовъ размѣщаются между этими крайними предѣлами. Вотъ какъ просто и полно объясняетъ теорія волнъ странныя описанныя выше явленія.

Если мы будемъ смотрѣть сквозь щель не простымъ



Черт. 23.

глазомъ, а въ зрительную трубу, то явленіе представится намъ въ увеличенномъ и болѣе блестящемъ видѣ. Отдаленная



Черт. 24.

точка свѣта съ маленькимъ круглымъ предъ нею отверстіемъ кажется въ трубѣ окруженною рядомъ цвѣтныхъ полосъ. При одноцвѣтномъ свѣтѣ кольца поочередно свѣтлыя и темныя, а при бѣломъ свѣтѣ они принимаютъ радужные цвѣта. Если щель укорочена и образуетъ собою квадратное отверстіе, то показываются два спектра пересекающіе другъ друга подъ прямымъ угломъ. Явленіе можно разнообразить до бесконечности измѣняя величину, форму и число отверстій сквозь которыя наблюдается свѣтлая точка. Сквозь два квадратныя отверстія соприкасающіяся углами въ А, Швердъ видѣлъ фигуру представленную на черт. 23. По присоединеніи къ нимъ еще двухъ отверстій, какъ въ В, фигура приняла видъ изображенный на черт. 24. Положеніе каждой полосы свѣта и тѣни въ этихъ фигурахъ

было вычислено Френелемъ, Фрауенгоферомъ, Гершелемъ и Швердомъ, и оказалось совершенно согласнымъ съ опытомъ. Теоретическими вычисленіями эти полосы опредѣляются столь же вѣрно какъ видить ихъ глазъ.

Уличные фонари разсматриваемые сквозь ткань платка показываютъ явленія диффракціи. Явленія диффракціи когда смотришь сквозь птичье перо, какъ замѣтилъ Швердъ, чрезвычайно блестящи. Радужный отливъ показывающійся иногда на Альпійскихъ облакахъ есть также дѣйствіе диффракціи, которое можно воспроизвести пылью плавуна. Если мы усѣмъ этой пылью стеклянную пластинку и станемъ смотрѣть сквозь нее на свѣтлую точку, то она представится намъ окруженною цвѣтными кругами, чрезвычайно великолѣпными когда точка сіяетъ яркимъ свѣтомъ. Пыль плавуна разсѣянная въ воздухѣ производитъ то же дѣйствіе. Явленія диффракціи, усматриваемыя при искусственномъ осажденіи облаковъ изъ паровъ разныхъ жидкостей въ ярео освѣщенной стеклянной трубкѣ, очень красивы.

Одинъ изъ самыхъ любопытныхъ примѣровъ диффракціи порождаемой мелкими частицами представился мнѣ въ художникѣ, которому мерещились въ глазахъ яркоцвѣтные круги. Онъ очень боялся лишиться зрѣнія, потому что круги становились все шире, а цвѣта ихъ блестяще. Я приписалъ цвѣта присутствію мелкихъ частицъ въ жидкостяхъ глаза и позволилъ себѣ обнадежить художника, на томъ основаніи что увеличеніе размѣровъ и яркости круговъ доказываютъ что производящія диффракцію частицы дѣлаются *мельче* и могутъ быть окончательно поглощены. Предвидѣніе мое оправдалось. Безполезно распространяться о томъ какъ необходимо знаніе оптики практическому окулисту.

Не вступая въ область цвѣтныхъ явленій въ кристаллахъ, мы можемъ упомянуть здѣсь еще о двухъ источникахъ цвѣтовъ. Араго показалъ что отъ интерференціи въ земной атмосферѣ свѣтъ звѣзды самъ себя гаситъ; мерцаніе звѣздъ и сопровождающіе его переливы цвѣтовъ проис-

ходить отъ этой причины. Посмотрите на звѣзду сквозь театральную трубочку и потряхните стекломъ, такъ чтобы изображеніе звѣзды быстро скользнуло по сѣтчаткѣ: вы увидите рядъ цвѣтныхъ точекъ, промежутки между которыми соотвѣтствуютъ періодамъ погашенія свѣта. Тонкія царапины проведенныя по стеклу или полированному металлу отражаютъ волны свѣта отъ своихъ сторонъ; при этомъ волны отраженныя отъ противоположныхъ боковъ одной и той же бороздки интерферируютъ между собою и гасятъ одна другую. Но то косвенное направленіе отраженія при которомъ гаснутъ волны болѣе короткія не можетъ погасить волнъ болѣе длинныхъ, отчего появляются цвѣта. Это такъ-называемые цвѣта *исчерченныхъ поверхностей*. Прекрасный примѣръ ихъ мы видимъ въ перламутрѣ. Перламутръ раковины состоитъ изъ тончайшихъ слоевъ, которые при полированіи раковины, разрѣзываясь поперекъ, выступаютъ своими краями и образуютъ потребныя для появленія цвѣтовъ маленькія правильныя бороздки. Убѣдительно доказательство тому что цвѣта происходятъ отъ механическаго состоянія поверхности предложилъ Брюстеръ, который искусно снялъ отпечатокъ раковины на черномъ сургучѣ; при этомъ бороздки переносятся на сургучъ, и онъ играетъ цвѣтами перламутра.

Ч Т Е Н І Е І І І.

Отношеніе теоріи къ опытамъ. — Происхожденіе понятія о притяженіи. — Понятіе о полярности, откуда оно возникаетъ. — Полярность атомовъ. — Расположеніе частицъ вслѣдствіе полярности. — Строеніе кристалловъ, рассматриваемое какъ введеніе къ изслѣдованію ихъ вліянія на свѣтъ. — Приложеніе понятія о полярности атомовъ къ строенію кристалловъ. — Примѣры изъ опыта. — Кристаллизація воды. — Расширеніе отъ тепла и холода. — Разсмотрѣніе и объясненіе дѣйствія тепла на воду. — Вліяніе кристаллизаціи на оптическія явленія. — Преломленіе. — Двойное преломленіе. — Дѣйствіе турмалина. — Свойства лучей выходящихъ изъ исландскаго шпата. — Поляризація простымъ преломленіемъ и отраженіемъ. — Деполяризація.

Въ послѣднее наше чтеніе мы обратили особенное вниманіе на объясненіе того какъ составляются научныя теоріи. Прежде всего онѣ возникаютъ изъ желанія ума проникнуть въ причины явленій. Съ самаго своего зарожденія въ давноминувшіе вѣка, это желаніе, въ началѣ едва замѣтное, росло, усиливалось и обратилось наконецъ въ повелительное требованіе природы человѣческаго разума. Оно въ древности побудило Кесаря признаться что онъ отдалъ бы всѣ свои побѣды чтобы взглянуть на источники Нила; оно сказалося въ атомистическихъ теоріяхъ Лукреція; оно увлекло Дарвина въ тѣ смѣлыя умозаключенія которыя въ послѣднее время такъ взволновали общественное мнѣ-

Цена 1 руб. 25 коп.