



А. И. Гельгольц

ПОПУЛЯРНЫЯ РЪЧИ

Г. ГЕЛЬМГОЛЬЦА.

ПЕРЕВОДЪ

СЛУШАТЕЛЬНИЦЪ С. П. Б. ВЫСШИХЪ ЖЕНСКИХЪ КУРСОВЪ

ПОДЪ РЕДАКЦІЕЙ

О. Д. Хвольсона и С. Я. Терешина.

Часть I. БИБЛИОТЕКА
СТУДЕНТОВЪ-МЕДИКОВЪ

ИЗДАНИЕ ВТОРОЕ.

ПЕРЕСМОТРЪННОЕ И ИСПРАВЛЕННОЕ.

Новое издание

1972

1952 г.

Уч. № 165



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.

Издание К. Л. Риккера.

Невскій просп., № 14.

1898.

2012

5

ПЕРЕОБЛІК

1 р 20к

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ. 2 Сентября 1897 г.
Типографія В. Безобразова и Комп. (Вас. Остр., 8 линія, № 45).

ОГЛАВЛЕНІЕ.

	Стран.
О взаимодействіи силъ природы	1
О сохраненіи силы	35
О цѣли и объ успѣхахъ естествознанія	75
Современное развитіе взглядовъ Фарадея на электричество	105

О ВЗАИМОДѢИСТВІИ
СИЛЪ ПРИРОДЫ.

1925 05
18 28 22
5 05

Въ послѣднее время физика обогатилась открытіемъ, представляющимъ весьма большой интересъ; съ этимъ открытіемъ я стараюсь познакомить слушателей. Дѣло касается новаго, общаго закона природы, управляющаго всеми силами природы и взаимными ихъ отношеніями; этотъ законъ одинаково важенъ, какъ для теоретическаго объясненія явленій, такъ и для техническаго ихъ примѣненія.

Въ концѣ среднихъ вѣковъ естественныя науки стали быстро развиваться. Между техническими приложеніями, съ ними связанными, выдвинулась практическая механика развившаяся вмѣстѣ съ механикою теоретическою. Но характеръ ея въ то время былъ весьма отличенъ отъ современнаго. Пользуясь математикой, она дѣлала быстрые успѣхи, и, опьяненная ими, въ своемъ юношескомъ пылу, не отказывалась братья за рѣшеніе любой задачи, смѣло приступала къ самымъ труднымъ и сложнымъ. Такъ напр. весьма усердно стали работать надъ искусственнымъ раздраженіемъ живымъ организмамъ, животнымъ и людямъ, въ видѣ такъ называемыхъ автоматовъ. Чудами прошлаго столѣтія считалась утка *Vaucanson*'а, которая ѣла и переваривала, его-же игрокъ на флейтѣ, правильно шевелившій пальцами, пишущій мальчикъ старшаго и пьянистка младшаго *Droz*'а; послѣдняя слѣдила во время игры глазами за пальцами, а по окончаніи пьесы вѣжливо кланялась публикѣ. Было бы непостижимо, что люди, по изобрѣтательности не уступавшіе наиболѣе выдающимся умамъ нашего столѣтія, посвящали столько времени и труда, клали бездну остроумія на устройство этихъ автоматовъ — для насъ не болѣе какъ дѣтскихъ игрушекъ, если-бы они не вѣрили въ возможность полнаго рѣшенія задачи. Пишущій мальчикъ старшаго *Droz*'а въ Германіи еще не такъ давно показывался публикѣ.

Механизмъ его колесъ такъ сложенъ, что потребовалась-бы не дюжиная голова для одного разъясненія его устройства. Но, слушая разсказъ о томъ, что мальчикъ и его строитель обвинялись въ черной магіи, что они долгое время содержались въ тюрьмѣ испанской инквизиціи, и лишь съ трудомъ добились освобожденія, становится яснымъ, что сходство игрушки съ человѣкомъ было достаточно для того, чтобы явилось подозрѣніе о сверхестественномъ ея происхожденіи. И если тѣ механики вѣроятно и не питали надежды вдунуть въ свои созданія души, одаренныя нравственными совершенствами, то, они, какъ и многіе другіе, конечно охотно отказались-бы отъ нравственныхъ совершенствъ своихъ слугъ съ тѣмъ, чтобы лишить ихъ и нравственныхъ недостатковъ, сообщить имъ исправность механизма, замѣнить брейность тѣла выносливостью стали и мѣди. Такимъ образомъ цѣль, которую преслѣдовали изобрѣтатели прошлаго столѣтія, была смѣло намѣчена; къ ней упорно стремились и на достиженіе ея была потрачена бездна изобрѣтательности; наука обогатилась новыми, усовершенствованными механизмами, которыми и воспользовались, въ позднѣйшее время, для достиженія болѣе доступныхъ практическихъ цѣлей. Мы уже не стараемся строить машинъ, которыя выполняли бы тысячи разнообразныхъ дѣйствій одного человѣка, но, наоборотъ, требуемъ, чтобы одна машина, выполняя одно дѣйствіе, замѣняла тысячу людей.

Поштыки искусственно создать живое существо породили, тоже вслѣдствіе недоразумѣнія, новую идею—ставшую новымъ философскимъ камнемъ 17-го и 18-го столѣтій. Дѣло идетъ о «Perpetuum mobile», т. е. о механизмѣ, который, не нуждаясь въ двигательной силѣ или заводѣ, въ примѣненіи силы падающей воды, вѣтра или другихъ силъ природы, оставался бы самъ собою въ непрерывномъ движеніи, черпая двигательную силу изъ самого себя. Казалось, что живые организмы осуществляютъ эту идею; они двигаются пока живутъ и никто ихъ не заводитъ и не подталкиваетъ. Тогда еще ничего не знали о зависимости между питаніемъ и развитіемъ силы; пища казалась необходимою какъ бы для смазки колесъ живой машины, для того, чтобы пополнять затраченное, замѣнять отслужившее. Черпаніе силы изъ самого себя—вотъ что казалось существенною особенностью, сущностью органической жизни. Чтобы искусственно создать человѣка—нужно было сперва найти *perpetuum mobile*.

Но, повидимому, рядомъ съ этою, занимала второе мѣсто еще другая надежда, которая въ нашъ практическій вѣкъ заняла бы первенствующее положеніе въ головахъ людей. *Perpetuum mobile*

долженъ былъ дать неистощимый источникъ рабочей силы, безъ всякихъ затратъ на нее, т. е. изъ ничего. Но работа — деньги. Такимъ образомъ улыбалось издали рѣшеніе великой практической задачи, надъ которой работали хитрыя головы всѣхъ столѣтій — богатѣть безъ труда, добывать деньги изъ ничего. Сходство съ философскимъ камнемъ, котораго искали алхимики, полное; и этотъ камень долженъ былъ содержать въ себѣ сущность органической жизни и быть способнымъ дѣлать золото.

Велико было побужденіе, заставлявшее искать рѣшенія задачи и не слѣдуетъ умалять таланта тѣхъ, которые стремились къ этому рѣшенію. Задача была такова, что могла увлечь мудрѣйшія головы, годами водить ихъ въ замкнутомъ кругѣ новыхъ возникающихъ надеждъ; манить, казалось, постоянно приближающимся рѣшеніемъ ея и, наконецъ, доводить до безумія. Призракъ не давался въ руки. Было бы невозможно написать исторію этихъ неудачъ, такъ какъ лучшіе умы, между которыми былъ и старшій D'roz, убѣдившись въ тщетности своихъ попытокъ, не были склонны много говорить о нихъ; за то менѣе свѣтлыя головы нерѣдко возвѣщали, что великое открытіе сдѣлано, что тайна разгадана. Рядъ постоянныхъ разочарованій мало-по-малу укрѣпилъ мнѣніе, что задача не разрѣшима. Вскорѣ это мнѣніе подтвердилось наукою; теоретическая механика рѣшала одна за другою относящіяся сюда задачи и, наконецъ, дала строгое и общее доказательство того, что по крайней мѣрѣ при помощи чисто механическихъ силъ, невозможно построить *perpetuum mobile*.

Мы встрѣтились теперь съ понятіямъ о двигательной силѣ или работоспособности машины, съ которымъ будемъ имѣть дѣло и дальше. Отправленія машины нерѣдко отождествлялись съ работою человѣка и животныхъ. Работоспособность ея и до сихъ поръ измѣряется лошадиными силами. Между тѣмъ работника цѣнять не столько по запасу силъ, сколько за его ловкость и искусство. Нельзя въ короткое время сдѣлать работника ловкимъ; для приобрѣтенія ловкости нужны талантъ и опытъ, время и трудъ. Машины, хорошо исполняющія свое назначеніе, могутъ быть доставлены во всякое время и въ любомъ количествѣ экземпляровъ; за то онѣ вполнѣ лишены той особенности труда человѣка, благодаря которой въ нѣкоторыхъ производствахъ искусство машины не можетъ замѣнить искусства человѣка. Вотъ почему оцѣнку работоспособности машины ограничили измѣреніемъ развиваемой ею силы, и это тѣмъ болѣе важно, что дѣйствительно назначеніе большинства машинъ состоитъ въ томъ, чтобы могучествомъ своихъ дѣйствій превзойти животныхъ и человѣка. Вотъ почему въ меха-

никѣ понятіе о работѣ стало равносильно понятію о развиваемой силѣ; въ этомъ смыслѣ я и буду далѣе пользоваться этимъ понятіемъ.

Какъ измѣрить работоспособности различныхъ машинъ и какъ сравнить ихъ между собою?

Я долженъ провести васъ, возможно краткимъ путемъ, чрезъ рядъ скучныхъ, механико-математическихъ понятій, чтобы привести наконецъ къ мѣсту, съ котораго откроются болѣе обширныя горизонты; и если примѣръ водяной мельницы и желѣзнаго молота, которымъ я буду пользоваться, достаточно поэтиченъ, то я къ сожалѣнію долженъ отказаться отъ обзорѣнія темнаго лѣса, журчащаго ручья, кузницы, въ которой сверкають искры и движутся черные циклопы, и обратить ваше вниманіе на мало-поэтическія стороны самой машины. Она приводится въ движеніе водянымъ колесомъ, вращаемымъ падающими на него водяными массами. Ось водянаго колеса снабжена выступами, которые во время вращенія подхватываютъ тяжелые молоты, поднимають ихъ на нѣкоторую высоту, предоставляютъ свободному паденію и подхватываютъ снова. Падающій молотъ обрабатываетъ металлъ, подставленный подъ его удары. Работа машины въ этомъ случаѣ состоитъ въ преодоленіи силы тяжести молота, въ поднятій его на высоту. Подъемная сила, при одинаковыхъ прочихъ условіяхъ, должна быть пропорціональна вѣсу молота, т. е. должна быть удвоена для поднятій молота, который вдвое тяжелѣе. Но успѣшность обработки молотомъ металла зависитъ не только отъ тяжести его, но и отъ высоты паденія. Падая съ высоты равной 2-мъ футамъ, онъ производитъ дѣйствіе, вдвое бѣльшее, чѣмъ другой молотъ, падающій съ высоты, равной одному футу. Ясно, что если машина произвела нѣкоторую работу при поднятій молота на одинъ футъ, она должна произвести еще такую же для поднятій его еще на одинъ футъ. Такимъ образомъ, работа машины удваивается не только при удваиваніи вѣса молота, но и при поднятій его на высоту вдвое бѣльшую. Отсюда ясно, что работу должно измѣрять произведеніемъ вѣса поднятой тяжести на высоту поднятій. Такъ и поступаютъ въ дѣйствительности; механика единицу работы называетъ фунто-футомъ; это работа поднятій фунта на высоту одного фута.

Въ то время, какъ работа машины состоитъ въ поднятій тяжелыхъ молотовъ, источникомъ ея двигательной силы служатъ падающія массы воды. Не требуется, чтобы вода падала вертикально; она можетъ течъ и по отлогому руслу; но чтобы потокъ ея могъ двигать мельницу, необходимо, чтобы онъ стекалъ внизъ съ

возвышенности. Опыт и теорія одинаково доказываютъ, что для поднятiя на 1 футъ молота, вѣсомъ равнаго одному центнеру, необходима сила паденiя одного центнера воды съ высоты, равной одному футу, или 2-хъ ц. съ высоты, равной $\frac{1}{2}$ ф., или 4-хъ ц. съ высоты $=\frac{1}{4}$ ф. и т. д. Короче, если, измѣряя силу паденiя воды произведенiемъ ея вѣса на высоту паденiя, мы получили нѣкоторое число фунто-футовъ, то наибольшее количество работы, которое машина можетъ произвести, поднимая молотъ, равно этому-же числу фунто-футовъ работы, и никакъ не больше. На практикѣ равенство никогда не достигается; значительная часть работы падающей воды остается безъ примѣненiя, такъ какъ вообще охотно теряютъ часть работы, чтобы получить большую скорость.

Замѣчу еще, что это соотношенiе остается неизмѣннымъ, передается ли двигательная сила молоту непосредственно прилегающими къ нему водяными колесами или при посредствѣ другихъ промежуточныхъ зубчатыхъ колесъ, безконечныхъ винтовъ, блоковъ или канатовъ. Этими приспособленiями можно достигъ того, что сила, поднимающая при непосредственномъ дѣйствii молотъ, вѣсомъ въ 1 центнеръ, на нѣкоторую высоту, подыметъ молотъ въ 10 ц. или на высоту въ 10 разъ меньшую, или въ 10 разъ медленнѣе; однимъ словомъ, какъ бы ни были разнообразны величины дѣйствующей силы, потокъ, доставляющiй въ опредѣленное время опредѣленное количество воды, даетъ въ это время лишь опредѣленное число фунто-футовъ работы.

И такъ, назначенiе нашей машины состоитъ въ томъ, чтобы, пользуясь тяжестью падающей воды, преодолѣть тяжесть молота и, поднявъ его на нѣкоторую высоту, предоставить свободному паденiю. Отчего для обработки металла, недостаточно давленiя спокойно лежащаго на немъ молота? отчего необходимъ ударъ молота, падающаго съ высоты, — ударъ, который тѣмъ сильнѣе, чѣмъ съ большей высоты молотъ падаетъ и чѣмъ слѣдовательно паденiе быстрѣе? Мы находимъ, что работоспособность молота зависитъ отъ его скорости. И въ другихъ случаяхъ мы, увеличивая скорость движущихся массъ, достигаемъ бѣльшихъ результатовъ. Чтобы убѣдиться въ этомъ, достаточно вспомнить разрушающее дѣйствiе пули, вылетающей изъ ружья, представляющей столь невинный маленькiй предметъ въ состоянii покоя. Вѣтреная мельница прiобрѣтаетъ свою силу отъ движенiя воздуха. Намъ можетъ удивить, что движенiе, — эта, повидимому, столь измѣнчивая и временная способность матерii, можетъ быть источникомъ такихъ могучихъ дѣйствii. Но въ окружающихъ насъ явленiяхъ движенiе непостоянно, вслѣдствiе всевозможныхъ препятствii, которыя оно

встрѣчаетъ на своемъ пути, каковы треніе, сопротивленіе воздуха, столкновеніе съ другими движущимися или покоящимися предметами. Не встрѣчая препятствій, тѣло, разъ начавъ двигаться, движется вѣчно, сохраняя первоначальную скорость. Такъ небесныя тѣла пробѣгаютъ въ пространствѣ все тѣ же пути въ теченіи многихъ тысячелѣтій. Лишь сопротивляющіяся силы могутъ замедлить или остановить движеніе. Движущееся тѣло, напр. падающій молотъ или летящая пуля, ударяясь о другой предметъ, сплюсываютъ его или виѣдряются въ него, пока сумма сопротивляющихся силъ будетъ достаточно велика, чтобы остановить дальнѣйшее паденіе молота или полетъ пули. Способность движущейся массы производить работу называется ея живою силою; слово «живая» не имѣетъ здѣсь значенія органической жизни, но употреблено для отличія силы движенія отъ спокойнаго состоянія, въ которомъ находится тяжесть покоящагося тѣла, вызывающая непрерывное давленіе на его опору, но не вызывающая никакого движенія.

Мы имѣли рабочую силу въ видѣ падающей воды, въ видѣ приподнятаго на нѣкоторую высоту молота, въ видѣ живой силы молота, свободно падающаго. Эту третью форму можно было бы снова перевести во вторую, заставляя падать молотъ на весьма упругое стальное бревно, достаточно крѣпкое, чтобы противостоятъ удару. Но и при наиболѣе благопріятныхъ условіяхъ молотъ поднимется на высоту, съ которой упалъ и ни въ какомъ случаѣ не выше. Въ моментъ достиженія прежней высоты его масса представитъ первоначальное количество приподнятыхъ фунто-футовъ работы, т. е. живая сила можетъ дать количество рабочей силы, лишь равное тому, отъ котораго она возникла. Она ему эквивалентна.

Мы приводимъ въ движеніе стѣнные часы при помощи опускающихся гирь, карманные — при помощи закрученной пружины. Тяжесть, лежащая на полу или раскрученная упругая пружина не могутъ оказать никакого дѣйствія; чтобы получить его, надо приподнять тяжесть, закрутить пружину, что мы и дѣлаемъ при заводѣ часовъ. Человѣкъ, заводя часы, сообщаетъ гирямъ или пружинѣ нѣкоторый запасъ рабочей силы, который они и расходуютъ постепенно въ теченіе 24 часовъ; гири спускаются, пружина раскручивается, преодолевая треніе колесъ и сопротивленіе воздуха. Такимъ образомъ, часовой механизмъ не производитъ рабочей силы, но постепенно расходуетъ ту, которая была сообщена ему при заводѣ.

Въ прикладъ духоваго ружья мы нагнетаемъ при помощи воздушнаго насоса большое количество воздуха. Когда мы открываемъ

кранъ, сжатый воздухъ устремляется въ дуло ружья и выталкиваетъ вложенную въ него пулю съ быстротою, подобною той, которая достигается при воспламененіи пороха. Измѣривъ работу накачиванія воздуха, мы будемъ знать живую силу ядра, выброшеннаго изъ дула ружья: но послѣдняя никогда не превзойдетъ первой. Сжатый воздухъ передалъ ядру то количество рабочей силы, которое было сообщено ему нагнетательнымъ насосомъ. Накачиваніе воздуха продолжалось, можетъ быть, около $\frac{1}{4}$ часа; израсходована-же вся накопившаяся при этомъ рабочая сила въ одно мгновеніе выстрѣла: за то ядро приобрѣло скорость, которую нельзя сообщить ему, бросивъ его рукой.

Изъ этихъ примѣровъ уже ясно,—и далѣе математически доказано для всевозможныхъ дѣйствій чисто механическихъ силъ—что всѣ наши механизмы и аппараты не вырабатываютъ рабочей силы, но отдають лишь въ видоизмѣненной формѣ запасъ работы, сообщенный имъ какими либо силами природы, каковы напримѣръ сила паденія воды или вѣтра, или сила мускуловъ человѣка или животныхъ. Послѣ того, какъ эта истина была установлена великими математиками прошлаго столѣтія, лишь мало свѣдующія головы могли еще думать о вѣчномъ движеніи, которое происходило бы на счетъ чисто механическихъ силъ—каковы силы тяжести, упругости, давленія жидкостей и газовъ. Но существуетъ еще обширная область различныхъ силъ природы, которыя хотя не могутъ быть причислены къ явнымъ силамъ движенія—каковы теплота, свѣтъ, электричество, химическое сродство, но находятся въ тѣсной связи съ этими силами. Едва ли найдется явленіе, въ которомъ не участвуютъ механическія силы и которое, слѣдовательно, не могло бы служить источникомъ механической работы. Съ этой стороны вопросъ о «perpetuum mobile» оставался открытымъ и рѣшеніе его есть тотъ успѣхъ новѣйшей физики, о которомъ я обѣщалаъ рассказать.

Въ духовомъ ружьѣ выстрѣлъ происходитъ на счетъ работы, произведенной человѣкомъ при накачиваніи воздуха; въ обыкновенномъ огнестрѣльномъ оружіи—высокое давленіе газа, выбрасывающаго ядро, достигается инымъ путемъ, а именно сжиганіемъ пороха. Въ этомъ случаѣ продукты горѣнія суть газы, стремящіеся занять объемъ несравненно бѣльшій объема пороха; работа расширенія газа замѣняетъ работу мускуловъ человѣка при накачиваніи воздуха.

Наши наиболѣе сильныя машины—паровыя, также приводятся въ движеніе паромъ, стремящимся расшириться. Высокая упругость паровъ достигается и въ этомъ случаѣ не какою либо извнѣ

приложенною механическою силою, но образованіемъ массы пара въ замкнутомъ пространствѣ при нагрѣваніи воды въ герметически закрытомъ котлѣ. Такимъ образомъ, нагрѣваніе служитъ источникомъ механической силы. Источники тепла могутъ быть различны; наиболѣе употребительный есть горѣніе угля.

Но горѣніе есть химическій процессъ; кислородъ, одна изъ составныхъ частей воздуха, обладаетъ сильнымъ химическимъ средствомъ къ нѣкоторымъ составнымъ частямъ горючихъ веществъ, между прочимъ къ углю; соединеніе начинается при повышенной температурѣ. Когда часть горючаго вещества, напр. угля, достигла достаточно высокой температуры, химическій процессъ начинается и углеродъ весьма энергично соединяется съ кислородомъ атмосферы; продуктъ же его въ случаѣ сжиганія угля есть угольная кислота, тотъ самый газъ, который выдѣляется изъ шипучихъ напитковъ, каковы пиво и шампанское. При этомъ процессѣ появляются теплота и свѣтъ; вообще всякое соединеніе веществъ, имѣющихъ сильное химическое средство другъ къ другу, сопровождается выдѣленіемъ тепла, а въ случаѣ, когда нагрѣваніе вызываетъ накаливаніе—выдѣленіемъ свѣта. Такимъ образомъ, источникомъ колоссальной рабочей силы нашихъ паровыхъ машинъ служитъ химическій процессъ—горѣніе угля; источникомъ живой силы летящаго ядра—химическій процессъ сжиганія пороха.

Но тепло, служа источникомъ механической энергіи, можетъ быть само получено механическимъ путемъ: оно развивается при треніи, при ударѣ тѣлъ. Искусный кузнецъ можетъ до-красна раскалить желѣзо одними ударами молота. Оси колесъ нашихъ экипажей предохраняются отъ воспламенѣнія тщательнымъ смазываніемъ. Треніемъ, какъ источникомъ теплоты даже пользовались на нѣкоторыхъ заводахъ: избытокъ рабочей силы, напр. силы падающей воды, утилизировали для вращенія металлической плиты, насаженной на ось и плотно прелегающей къ другой неподвижной плитѣ; при вращеніи послѣдняя нагрѣвалась настолько, что служила источникомъ тепла; помещеніе отапливалось безъ топлива. Нельзя ли употребить развивающееся при этомъ тепло для отопленія маленькой паровой машины, которая въ свою очередь служила бы источникомъ механической силы, вращающей плиты? если это возможно, то круговой процессъ найденъ, *perpetuum mobile* построено. Вопросъ былъ поставленъ, но знаній было еще недостаточно для правильнаго его рѣшенія. Замѣчу заранѣе, что общій законъ, открытый въпослѣдствіи, рѣшилъ этотъ вопросъ отрицательно.

Аналогиченъ планъ одного американскаго изобрѣтателя, которымъ онъ произвелъ сенсацію въ промышленномъ мірѣ Европы. Публика знакома съ магнито-электрической машиной, какъ съ приборомъ, которымъ пользуются при леченіи ревматизма и паралича. Если привести магнитъ въ быстрое вращеніе, то получаются сильныя электрическіе токи. Пропуская ихъ черезъ воду, мы разлагаемъ ее на составныя части — кислородъ и водородъ. Сожигая водородъ не въ воздухѣ, но въ чистомъ кислородѣ и вводя въ его пламя кусочекъ мѣла, мы накаливаемъ его до бѣла, причеиъ получается яркій свѣтъ, называемый Друмондовымъ. Горѣніе водорода сопровождается сильнымъ выдѣленіемъ тепла. Американецъ задумалъ воспользоваться газами, полученными при разложеніи воды электрическимъ токомъ, полагая, что при ихъ сжиганіи выдѣляется количество тепла, достаточное для нагрѣванія паровой машины, которая въ свою очередь двигала бы колесо электрической машины, разлагала бы воду и такимъ образомъ сама бы себѣ приготовляла топливо. Это было бы недурное изобрѣтеніе, *perpetuum mobile*, которое кромѣ двигательной силы, служило бы прямымъ источникомъ свѣта. За каждымъ шагомъ къ осуществленію его слѣдили съ напряженнымъ вниманіемъ. Но люди, знакомые съ новѣйшими работами физиковъ по интересующему насъ вопросу, могли предсказать, что оно лишь увеличило число многочисленныхъ сказокъ сказочной Америки, что и оправдалось.

Изъ приведенныхъ примѣровъ уже видно, въ какой тѣсной связи электричество, магнетизмъ, теплота, свѣтъ и химическое средство находятся съ механическими силами. Исходя изъ каждаго изъ этихъ проявленій силъ природы, можно перейти къ любому изъ остальныхъ и притомъ, въ большинствѣ случаевъ, не однимъ только путемъ, но многими различными.

Ясно, что если бы удалось какимъ бы то ни было путемъ, вродѣ того, какъ это задумалъ нашъ американецъ, исходя изъ силъ механическихъ, переводя ихъ въ тепло, электричество или свѣтъ, иди далѣе, получить вновь механическую силу, но болѣе шую первоначальной, причеиъ составныя части машины не пострадали бы, т. е. выигрышъ въ количествѣ энергіи произошелъ бы не на ихъ счетъ, то часть энергіи пошла бы на дальнѣйшее круговое дѣйствіе, остальная—могла-бы быть употреблена, какъ рабочая сила. Весь вопросъ былъ въ томъ, чтобы разобраться въ этихъ явленіяхъ, столь тѣсно переплетенныхъ между собой, найти круговой путь отъ одного къ другому, и источникъ вѣчнаго движенія былъ-бы открытъ.

Но, умудренные тщетностью прежнихъ попытокъ, ученые отказались отъ новыхъ опытовъ и поставили вопросъ иначе; они уже не спрашивали, какъ воспользоваться извѣстными и неизвѣстными соотношеніями между явленіями природы, чтобы получить *perpetuum mobile*, но замѣнили этотъ вопросъ другимъ: если вѣчное движеніе не возможно, то какова должна быть зависимость между силами природы? Такою постановкою вопроса все было достигнуто; соотношеніе и взаимная связь были вскорѣ выяснены; оказалось, что они подтверждаютъ не только положенное въ основаніе предположеніе, но и нѣкоторыя новыя, дотога времени неизвѣстныя соотношенія, которыя нуждались еще въ подтвержденіи опытомъ; но оказались хотя одно изъ нихъ ошибочнымъ — *perpetuum mobile* было-бы осуществимо.

Первымъ вступилъ на этотъ путь французъ S. Carnot въ 1824 г. Не смотря на узкость нѣкоторыхъ его взглядовъ и ложное представленіе о природѣ тепла, приведшее его къ нѣкоторымъ ошибочнымъ заключеніямъ, его попытка была удачна и имъ первымъ былъ высказанъ законъ, который теперь носитъ его имя. Я скажу о немъ далѣе. Работа Carnot оставалась долгое время безъ вниманія. Лишь 18 лѣтъ спустя, въ 1842 г. зарождаются тѣ же мысли у ученыхъ различныхъ странъ, независимо другъ отъ друга.

Первымъ, вполне усвоившимъ и ясно формулировавшимъ законъ, о которомъ здѣсь идетъ рѣчь, былъ нѣмецкій врачъ, I. R. Mayer въ Гейльброннѣ въ 1842 году. Немного позднѣе, въ 1843 г. Colding, датчанинъ, представилъ Академіи въ Копенгагенѣ трактатъ, въ которомъ излагалъ тотъ же законъ, подтверждая его описаніемъ нѣкоторыхъ опытовъ. Одновременно Joule въ Англии производилъ рядъ опытовъ по тому же вопросу. Такимъ образомъ у различныхъ ученыхъ, независимо другъ отъ друга, возникли новыя и сходныя между собой представленія, что нерѣдко замѣчается въ исторіи науки, когда на разработку какого-нибудь вопроса наталкиваетъ предшествовавшій ходъ ея развитія.

Я тоже вступилъ на этотъ путь, ничего не зная о работахъ Maier'a и Colding'a и ознакомившись съ опытами Joule'a лишь по окончаніи своей работы, въ которой я старался открыть неизвѣстную связь между различными силами природы. Результаты моихъ изысканій я опубликовалъ въ 1847 г. въ статьѣ, озаглавленной: «О сохраненіи силы».

Съ тѣхъ поръ интересъ къ этимъ вопросамъ все болѣе и болѣе возрасталъ. Многіе выводы изъ новыхъ воззрѣній, нуждавшіеся при появленіи первыхъ, теоретическихъ работъ въ экспе-

риментальномъ доказательствѣ, были подтверждены опытами Joule'a въ Англии, а въ послѣдніе годы и опытами выдающагося французскаго физика Regnault, который произвелъ ихъ, изучая теплоспособность газовъ. Нѣкоторые существенные выводы еще нуждаются въ опытной проверкѣ, но, въ общемъ, число подтвержденныхъ выводовъ такъ велико, что я считаю своевременнымъ познакомить съ ними непосвященную публику.

Какъ былъ рѣшенъ поставленный вопросъ—уже ясно изъ предыдущаго. Изъ процессовъ, происходящихъ въ природѣ, нельзя составить такого круговаго пути, при которомъ механическая сила могла-бы быть выиграна безъ соотвѣтствующей затраты; perpetual mobile невозможно. Но тѣмъ самымъ наши разсужденія получаютъ особый интересъ.

До сихъ поръ мы разсматривали проявленіе силъ природы съ точки зрѣнія примѣненія ихъ на пользу человѣка, для приведенія въ движеніе машинъ. Теперь мы дошли до обобщеннаго закона, существующаго независимо отъ отношенія человѣка къ силамъ природы; поэтому, формулируя его, мы должны особенно ясно выразить его общность. Мы уже знаемъ, что машины служатъ для того, чтобы по желанію расходовать нѣкоторый опредѣленный запасъ рабочей силы, полученный насчетъ какой либо силы природы. Спрашивается, если сила не можетъ быть выиграна въ количествѣ, то можетъ ли она быть утрачена или уменьшена? Для машиннаго дѣла это несомнѣнно, если мы упускаемъ случай воспользоваться запасомъ силы; но, какъ доказано опытами, потеря силы не абсолютная.

Прежде механики думали, что при ударѣ и треніи живыя силы исчезаютъ, но я уже привелъ примѣры того, что всякій ударъ и всякое треніе служатъ источниками тепла. Joule показалъ на опытѣ, что каждому фунто-футу работы соотвѣтствуетъ опредѣленное количество теплоты, и что когда тепло служитъ источникомъ механической силы, то каждый фунто-футъ работы пріобрѣтается насчетъ такого-же количества тепла. Количество тепла, необходимое для нагрѣванія 1 ф. воды на 1° стоградусаго термометра, эквивалентно работѣ поднятія 1 фунта на высоту 425 метровъ. Эту величину называютъ механическимъ эквивалентомъ теплоты. Я прошу обратить ваше вниманіе на противорѣчіе этихъ данныхъ прежнему воззрѣнію на теплоту, какъ на тончайшую невѣсомую матерію, наполняющую пространство между частицами тѣла, и на согласіе ихъ съ новымъ ученіемъ о теплотѣ—какъ о движеніи частицъ матеріи, аналогичномъ движеніямъ свѣтовому и звуковому. При ударѣ и треніи, видимое движеніе всей массы

переходить въ невидимое, но ощущаемое движеніе ея мельчайшихъ частицъ; при образованіи механической силы насчетъ теплоты, наоборотъ, движеніе мельчайшихъ частицъ — въ движеніе всей массы.

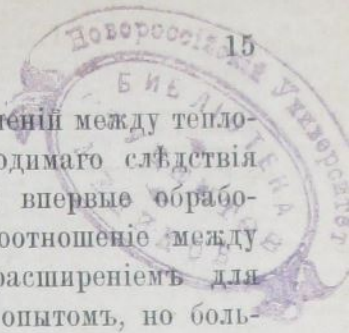
Химическія соединенія служатъ также источникомъ тепла, приче́мъ количество выдѣляющагося тепла не зависитъ ни отъ продолжительности, ни отъ хода реакціи, если только она не сопровождается производствомъ работы. Если она сопровождается машинною работою, напр. расширеніемъ пара, какъ въ паровой машинѣ, то тепла выдѣлится менѣе на количество, эквивалентное произведенной работѣ. Работоспособность химическихъ процессовъ, вообще говоря, очень велика. Одинъ фунтъ чистаго угля, сгорая, выдѣляетъ количество тепла, достаточное для нагрѣванія 8086 ф. воды на 1° С. Отсюда мы вычисляемъ, что величина химическаго притяженія между частицами одного фунта угля и частицами соотвѣтствующаго количества кислорода эквивалентна работѣ поднятія 100 ф. воды на высоту $4\frac{1}{2}$ миль. Къ сожалѣнію, мы въ нашихъ паровыхъ машинахъ можемъ утилизировать лишь небольшую часть этой работы; остальная утрачивается въ видѣ теплоты. Наши лучшія паровыя машины даютъ лишь 18% выдѣляющагося тепла въ видѣ двигательной силы.

Аналогичное изученіе всѣхъ извѣстныхъ физическихъ и химическихъ явленій привело насъ къ заключенію, что природа обладаетъ нѣкоторымъ опредѣленнымъ запасомъ работоспособной силы, который не можетъ ни возрастать, ни уменьшаться: онъ также вѣченъ и неизмѣненъ, какъ запасъ вещества. Въ этомъ смыслѣ законъ, управляющій видоизмѣненіями силъ природы, былъ названъ мною принципомъ сохраненія силы.

Мы, люди, не имѣемъ возможности создать механической силы, мы можемъ лишь черпать ее изъ открытой для всѣхъ сокровищницы природы. Лѣсной ручей, вѣтеръ, двигающій наши мельницы, лѣсъ и уголь, служащіе топливомъ для нашихъ паровыхъ котловъ, согрѣвающие наши жилища, суть носители незначительной части большаго запаса силы, находящагося въ природѣ.

Мы пользуемся имъ для нашихъ нуждъ, расходуя его сообразно нашей волѣ и умѣнью. Мельникъ считаетъ силу водъ и вѣтра своею собственностью; эти незначительныя частицы запаса силъ природы составляютъ главную цѣнность его имущества.

Но изъ того, что механическая работа не можетъ исчезнуть абсолютно, не слѣдуетъ, что она вся можетъ быть обращена на пользу человѣка. Въ этомъ отношеніи важны слѣдствія, выведенныя Thomson'омъ изъ закона Carnot.



Законъ этотъ, открытый при изученіи соотношеній между тепло-
той и работой, не представляетъ собой необходимаго слѣдствія
принципа сохраненія силы и въ этомъ смыслѣ впервые обрабо-
танъ Clausius'омъ. Законъ Carnot даетъ соотношеніе между
сжимаемостью, теплоемкостью и тепловымъ расширеніемъ для
всѣхъ тѣлъ; онъ не вполне еще подтвержденъ опытомъ, но боль-
шую достовѣрность придаютъ ему нѣкоторыя явленія, предска-
занныя на основаніи его и затѣмъ полученныя опытнымъ путемъ.
Carnot далъ свой законъ въ видѣ математической формулы; сло-
вами онъ можетъ быть выраженъ такъ: «Лишь при переходѣ
теплоты отъ тѣла болѣе теплаго къ болѣе холодному часть ея
можетъ быть превращена въ механическую силу».

Теплота тѣла, которое не можетъ быть болѣе охлаждено, не
можетъ уже служить источникомъ какой либо изъ дѣятельныхъ
формъ энергіи — механической, электрической или химической.
Такъ, въ паровыхъ машинахъ мы переводимъ часть тепловой
энергіи раскаленного угля въ механическую, сообщая первую
холодной водѣ; если бы всѣ тѣла имѣли одинаковую температуру,
то механическая энергія не могла бы быть получена изъ тепло-
вой. Сообразно съ этимъ, весь міровой запасъ силы можетъ быть
раздѣленъ на двѣ части — одна есть тепловая и останется тако-
вою, другая — состоитъ изъ избытка тепловой энергіи болѣе на-
грѣтыхъ тѣлъ и совокупности энергій электрической, механиче-
ской, магнитной и химической; она способна претерпѣвать все-
возможныя видоизмѣненія, отъ которыхъ зависитъ все богатство
и разнообразіе явленій природы.

Но избытокъ теплоты тѣлъ болѣе нагрѣтыхъ стремится луче-
испусканіемъ, или непосредственной передачей, распредѣлиться
равномѣрно между тѣлами, менѣе нагрѣтыми. Съ другой стороны,
при всѣхъ движеніяхъ и столкновеніяхъ земныхъ предметовъ,
часть ихъ механической силы переходитъ въ тепло, одна лишь
часть котораго можетъ быть снова переведена въ механическую
или какую-либо другую силу. Отсюда слѣдуетъ, что часть міро-
ваго запаса дѣятельной силы, пребывающей неизмѣнно въ видѣ
тепла, постоянно возрастаетъ насчетъ другой, видоизмѣняющейся,
такъ что, если ничто не нарушитъ спокойнаго теченія физиче-
скихъ процессовъ въ мірѣ, настанетъ время, когда будетъ лишь
одинъ видъ дѣятельной силы — теплота, произойдетъ полное урав-
неніе температуры, физическіе процессы прекратятся, а съ ними
и органическая жизнь. Растенія, люди и животныя прекратятъ
свое существованіе, такъ какъ солнце не будетъ давать ни тепла,
ни свѣта; земная кора утратитъ химическую силу, и міръ погру-

зится въ вѣчный покой. Эти выводы изъ закона Carnot получаютъ достовѣрность, когда онъ будетъ вполне подтвержденъ дальнѣйшими опытами; до сихъ поръ однако все говоритъ въ его пользу. Во всякомъ случаѣ, достойнъ удивленія проницательный умъ Thomson'a, сумѣвшаго прочесть судьбу міра въ знакахъ математическаго уравненія, связывающаго теплоемкость, объемъ и упругость тѣлъ.

Я предупреждалъ васъ, что намъ придется идти по безотрадному, усѣянному терніями пути механико-математическихъ соображеній. Путь этотъ оконченъ. Основной принципъ, съ которымъ я старался ознакомить васъ, открываетъ обширные горизонты мірозданія и даетъ возможность любоваться тѣми изъ нихъ, которые насъ наиболѣе привлекаютъ. Знакомство съ физической лабораторіей, съ ея мелочною дѣятельностью и запутанными отвлеченіями, не такъ заманчиво, какъ обзоръ небснаго пространства, лѣсовъ, рѣкъ и живыхъ организмовъ, насъ окружающихъ. Мы обобщаемъ физическіе законы, изученные на землѣ, признавая ихъ приложимыми и къ небеснымъ тѣламъ. Такъ, сила, которую мы называемъ силою тяжести, дѣйствуетъ, между небесными тѣлами, какъ сила тяготѣнія. Она подчиняется тѣмъ же законамъ, какъ и сила тяжести, и дѣйствуетъ, какъ между землею и луною, такъ и между наиболѣе отдаленными двойными звѣздами.

Свѣтъ и теплота земныхъ предметовъ ничѣмъ существенно не отличаются отъ свѣта и теплоты солнца и наиболѣе удаленныхъ звѣздъ. Анализъ аэролитовъ, попадающихъ въ атмосферу земли, показываетъ, что они состоятъ изъ тѣхъ же элементовъ, какъ и вещества на землѣ. Изъ этого, конечно, не слѣдуетъ, что всѣ дѣйствующіе на землѣ физическіе законы имѣютъ силу и на другихъ планетахъ; мы займемся обзоромъ лишь тѣхъ изъ нихъ, которые завѣдуютъ сокровищницей дѣятельныхъ силъ природы.

Множество поразительныхъ особенностей въ строеніи нашей планетной системы указываетъ на то, что когда-то она представляла одну цѣлую, шарообразную, вращающуюся массу. Безъ этого допущенія нельзя объяснить того, что всѣ планеты имѣютъ поступательное движеніе вокругъ солнца въ одномъ и томъ же направленіи, что всѣ онѣ въ одномъ направленіи вращаются около своихъ осей, что плоскости ихъ орбитъ, а также орбитъ ихъ спутниковъ и колець приблизительно совпадаютъ, и что орбиты суть кривыя, близкія къ окружностямъ круговъ. По этимъ признакамъ, возстановляющимъ картину прошлаго, астрономы создали теорію происхожденія нашей планетной системы; по природѣ вещей она всегда останется гипотезой, но въ отдѣльныхъ чертахъ, она такъ

хорошо подтверждается фактами, что заслуживаетъ полнаго вниманія, тѣмъ болѣе, что впервые возникла на отечественной почвѣ, въ стѣнахъ этого города. Она создана Кантомъ. Интересуясь описаніями земли и небесныхъ тѣлъ, онъ такъ углубился въ изученіе трудовъ Ньютона, настолько усвоилъ его идеи, что возымѣлъ геніальную мысль приписать образованіе солнечной системы дѣйствию той же силы, которая теперь поддерживаетъ вѣковое, неизмѣнное движеніе планетъ вокругъ солнца.

Эта сила собрала вѣсомую матерію, разсѣянную по всей вселенной, образовала солнце и планеты. Позднѣе, тѣ же мысли, независимо отъ Канта, возникли у Лапласа, великаго автора «Небесной механики», и онъ познакомилъ съ ними астрономовъ.

По его теоріи, началомъ солнечной системы была туманная масса, занимавшая часть пространства, въ которой движутся теперь вокругъ солнца планеты, простираясь далеко за предѣлы орбиты наиболѣе удаленной изъ нихъ, Нептуна. До сихъ поръ наблюдаются, на большихъ разстояніяхъ отъ насъ, туманные пятна, свѣтъ которыхъ, по даннымъ спектральнаго анализа, есть свѣтъ раскаленныхъ газовъ, между которыми находится водородъ и азотъ.

Но, и въ предѣлахъ нашей солнечной системы кометы, падающія звѣзды и зодіакальный свѣтъ являются слѣдами пылеобразной матеріи, движущейся по законамъ тяготѣнія. Она мало-по-малу удерживается массами небесныхъ тѣлъ и присоединяется къ нимъ, что происходитъ, на примѣръ, съ падающими звѣздами и аэролитами, попадающими въ атмосферу земли.

Вычисляя плотность матеріи для того времени, когда она была туманообразной массой, простиравшейся до орбитъ наиболѣе удаленныхъ планетъ, мы убѣждаемся, что многіе миллионы кубическихъ миль могли содержать не болѣе грана вѣсомой матеріи. Сила притяженія заставляла матерію уплотняться, стягиваться; шарообразная масса, постепенно уменьшаясь въ объемѣ, пріобрѣтала все болѣшую вращательную скорость, что по законамъ механики было неизбѣжнымъ при допущеніи первичнаго вращательнаго движенія. Развивающаяся при этомъ центробѣжная сила, наибольшая у экватора, должна была, отъ времени до времени, отрывать массы, которыя, по закону инерціи, и подчиняясь силѣ тяготѣнія, пріобрѣтали свое собственное движеніе вокругъ центральной вращающейся массы; такимъ образомъ, образовывались планеты, и такъ продолжалось до тѣхъ поръ, пока центральная масса ни сгустилась до состоянія, въ которомъ находится теперь солнце. Происхожденіе тепла и свѣта не объясняются этой теоріей.

Но когда эта туманная масса отделилась от остальной первичной массы, заполнявшей вселенную, въ ней уже заключалось не только все количество матеріи, изъ которой впоследствии образовались солнце, земля и планеты, но, по установленному нами закону, и весь запасъ рабочей силы, обнаружившей впоследствии ту созидательную творческую дѣятельность, возможность которой была заложена въ первичномъ взаимномъ притяженіи частицъ. Эта сила, дѣйствуя на землѣ какъ сила тяжести, проявляется въ небесномъ пространствѣ въ видѣ притяженія между небесными тѣлами. Она носитъ названіе всемірнаго тяготѣнія. Сила тяжести, заставляя предметы падать на землю, производитъ нѣкоторую работу, вызывая живую силу паденія; то-же надо сказать о дѣйствіи этой силы въ пространствѣ, когда она приближаетъ другъ къ другу частицы разсѣянной матеріи. Вѣроятно былъ на лицо и запасъ химическихъ силъ; но такъ какъ проявленіе ихъ возможно лишь при достаточно тѣсномъ соприкосновеніи частицъ, то химическіе процессы могли начаться лишь позднѣе, при достаточномъ уплотненіи вещества.

Существовала ли часть энергіи въ видѣ тепловой, — мы не знаемъ, но и не нуждаемся въ этой гипотезѣ для объясненія происхожденія тепла. Богатый источникъ свѣта и тепла указанъ закономъ эквивалентности тепла и механической работы. Дѣйствительно, живая сила движенія частицъ, при ихъ столкновеніи между собой, уничтожалась, переходя въ тепло. Уже въ древнія времена думали, что столкновеніе космическихъ массъ должно было развивать теплоту, но далеко еще было до возможности, хотя приблизительно, опредѣлить ея количество. При современномъ положеніи науки, мы въ состояніи выразить его точными числами.

Принимая, что плотность первообразной матеріи была ничтожно мала сравнительно съ плотностью солнца и планетъ, мы можемъ вычислить работу уплотненія ея, а также часть этой работы, существующей донинѣ въ видѣ механической силы, проявляющейся въ притяженіи планетъ солнцемъ и въ живой силѣ ихъ движенія — и заключить отсюда о количествѣ ея, превратившемся въ теплоту.

Результаты вычисленій ¹⁾ показываютъ, что лишь $\frac{1}{443}$ всего запаса механическихъ силъ нашей системы продолжаетъ существовать въ видѣ механической силы; остальная перешла въ тепловую и образовала колоссальное количество тепла, достаточное

¹⁾ Смотря добавленіе въ концѣ этой рѣчи, стр. 30.

для того, чтобы нагрѣть массу воды, равную массамъ солнца и планетъ, на 28 милліоновъ градусовъ стоградуснаго термометра. Чтобы составить себѣ нѣкоторое понятіе о подобной температурѣ, замѣтимъ, что наивысшая изъ доступныхъ намъ температуръ приблизительно равна 2000°—температура, достигаемая въ струѣ кислорода; она плавить и обращаетъ въ паръ платину и лишь немногія вещества способны противостоятъ ей. Каковы же должны быть дѣйствія температуры, равной 28 милл. градусовъ? Если бы вся масса вещества солнечной системы состояла изъ одного угля, то, сгорая, она дала бы лишь $\frac{1}{3500}$ этого запаса тепла. Ясно, что развитіе такого количества тепла было препятствіемъ къ уплотненію вещества, и лишь послѣ того, какъ бѣольшая часть ея разсѣялась въ видѣ лучистой теплоты, стало возможнымъ образованіе такихъ плотныхъ тѣлъ, каковы солнце и планеты. Но и въ первое время своего образованія, небесныя тѣла могли существовать лишь въ видѣ раскаленныхъ жидкихъ массъ; это предположеніе подтверждается для земли многими геологическими данными; для всѣхъ же планетъ вообще — ихъ формою сплюснутаго шара, формою, которую принимаетъ вращающаяся жидкая масса. Я сказалъ объ утратѣ нашею планетною системою значительной части тепла; это положеніе не противорѣчитъ установленному принципу сохраненія силы, такъ какъ утрата произошла лишь для нашей солнечной системы, но не для вселенной; въ пространствѣ она продолжаетъ свой путь въ видѣ лучистой теплоты, и неизвѣстно имѣеть-ли среда, способная распространять тепловыя колебанія частицъ, предѣлъ, гдѣ лучи должны отразиться и идти назадъ, или имъ суждено продолжать свой путь до безконечности.

Но и имѣющійся на лицо запасъ механической силы нашей системы эквивалентенъ колоссальному количеству тепла. Если-бы земной шаръ могъ мгновенно прекратить свое поступательное движеніе вокругъ солнца, что впрочемъ не угрожаетъ ему при существующемъ порядкѣ вещей, то живая сила этого движенія дала-бы количество тепла, равное тому, которое выдѣляется при сжиганіи объема угля, въ 14 разъ бѣольшаго объема земнаго шара; оно было бы достаточно для нагрѣванія такой же массы воды на 112000°, т. е. достаточно для того, чтобы расплавить массу земнаго шара и бѣольшую его часть обратить въ пары. Живая сила паденія земли на солнце, которое было бы необходимымъ слѣдствіемъ сдѣланнаго предположенія, породила бы количество теплоты, еще въ 400 разъ бѣольшее.

Аналогичныя явленія повторяются въ мѣньшихъ размѣрахъ и донинѣ. Врядъ-ли можно сомнѣваться въ томъ, что падающія

звѣзды, огненные шары, аэролиты суть тѣла, двигавшіяся во-кругъ солнца подобно планетамъ. Подъ вліяніемъ силы притяженія бѣльшей массы они вошли въ атмосферу земли и стали видимы. Свѣщеніе этихъ метеоровъ и высокую температуру кусковъ, падающихъ на землю, съ давнихъ временъ объясняли треніемъ, которое они претерпѣваютъ въ атмосферѣ. Теперь мы въ состояніи вычислить, что скорость, равная 3000 ф. въ секунду, достаточна для того, чтобы раскалить массу аэролита до красна. Въ дѣйствительности же скорость падающихъ звѣздъ и метеоровъ въ 50 разъ болѣе, т. е. достигаетъ 4—6 миль въ секунду; значительная часть тепла, выдѣляющагося при этомъ движеніи, удерживается сгущенною массою воздуха, которую метеоръ гонитъ передъ собою. Слѣдъ, который оставляетъ за собою метеоръ, объясняется отрываніемъ раскаленныхъ частицъ съ его поверхности, а взрывы, которые иногда происходятъ—быстротою накаливанія; этимъ же объясняется и то явленіе, что метеоры горячи лишь въ моментъ паденія, затѣмъ они быстро охлаждаются, такъ какъ раскалиться успѣваетъ лишь наружный его слой.

Такимъ образомъ, паденіе метеоровъ возстановляетъ намъ картину прошлаго, повторяя одно изъ явленій, игравшихъ видную роль въ образованіи нашей планетной системы; оно позволяетъ перейти отъ гипотезы къ научной достовѣрности. Впрочемъ, въ изложенной теоріи, гипотезою можетъ быть названо лишь предположеніе Канта и Лапласа, что вещество было разѣяно въ пространствѣ въ видѣ тумана. Воспользуемся случаемъ указать на полное согласіе выводовъ науки съ древнѣйшими преданіями человѣчества и съ фантазіей поэта. Мефистофель говоритъ о себѣ:

Я часть той части, что вначалѣ все была,
Той тьмы, что свѣтъ произвела—
Свѣтъ, съ ночью-матерью посмѣвшіи въ глупомъ чванствѣ
О первенствѣ ужъ спорить, о пространствѣ!

Теорія эта близка и къ ученію Моисея, особенно если обратить вниманіе на то, что небомъ Моисей называетъ не видимый голубой куполь, а вселенную, землю же и глубиною водъ, раздѣленныхъ Богомъ—матерію, въ ея первичномъ состояніи.

«Въ началѣ сотвори Богъ небо и землю. Земля же была невидима и неустроена и тьма царила надъ бездною и Духъ Божій носился надъ водою. И сказалъ Богъ: «да будетъ свѣтъ»: и былъ свѣтъ».

Но свѣтъ свѣтящагося туманообразнаго шара и юной огненно-расплавленной земли по ученію современной космогоніи не былъ еще свѣтомъ солнца и звѣздъ, время еще не раздѣлилось на дни и ночи, что произошло лишь по охлажденіи земли.

«И отдѣлилъ Богъ свѣтъ отъ тьмы. И назвалъ Богъ свѣтъ—днемъ, а тьму—ночью, и былъ вечеръ, и было утро—день первый».

Лишь позже, когда вода собралась въ моря, и земля обсохла, могли возникнуть растенія и животныя; такъ какъ они одинаково нуждаются и въ днѣ, и въ ночи.

Наша земля носить еще очевидные слѣды своего, когда то расплавленнаго состоянія. Гранитныя основы ея горъ имѣютъ строеніе, которое могло образоваться лишь при кристаллическомъ затвердѣваніи расплавленныхъ массъ. Изслѣдованіе температуры въ трещинахъ горъ и въ глубокихъ буровыхъ скважинахъ показываетъ, что съ глубиною температура возрастаетъ, и если это возрастаніе идетъ равномернo, то на глубинѣ 10 миль должна быть температура, достаточно высокая для того, чтобы расплавить всѣ горныя породы. До сихъ поръ продолжаются вулканическія изверженія расплавленныхъ массъ, свидѣтельствующихъ о раскаленномъ состояніи земного ядра; но остывшая кора земного шара уже достаточно толста, чтобы предохранить его поверхность отъ вліянія внутренней высокой температуры; сравнительно съ вліяніемъ солнца, оно ничтожно и повышаетъ температуру поверхности земли не болѣе, какъ на $\frac{1}{30}^{\circ}$. Такимъ образомъ, вліяніе той части первичнаго запаса дѣятельныхъ силъ природы, которая заключается внутри земли въ видѣ тепла, на явленія, происходящія на поверхности земли, ограничено вулканическими изверженіями. Эти явленія происходятъ почти исключительно подъ вліяніемъ другихъ небесныхъ тѣлъ, главнымъ образомъ подъ вліяніемъ тепла и свѣта солнца; нѣкоторыя же явленія на землѣ вызываються исключительно вліяніемъ притяженія солнца и луны.

Наиболѣе богата область явленій, зависящихъ отъ тепла и свѣта, которые мы получаемъ отъ солнца. Оно нагрѣваетъ нашу атмосферу неравномернo; нагрѣтые слои воздуха, расширяясь, поднимаются кверху и на ихъ мѣсто стремятся слои болѣе холодные. Это явленіе болѣе рѣзко у экватора; теплое теченіе распространяется отсюда до полюса, замѣняющій-же его потокъ свѣжаго воздуха образуетъ пассаты. Когда солнце остынетъ, вѣтры прекратятся. Та же причина вызываетъ морскія теченія, отъ направленія которыхъ зависитъ ихъ различное вліяніе на климатъ странъ: такъ, одно изъ нихъ приноситъ теплую воду Атлантическаго океана къ берегамъ Британіи и обусловливаетъ мягкость и однообразіе ея климата; тѣмъ же путемъ переносятся ледяныя массы и съ ними большіе холода къ берегамъ Ньюфаундленда. Нагрѣтая солнцемъ, часть воды испаряется, поднимается въ верхніе слои атмосферы, образуетъ туманы, которые сгущаются

въ облака и ниспадають въ видѣ дождя и снѣга, которые снова собираются въ ручьи и рѣки и стекають обратно въ моря, подточивъ по пути скалы, унося съ собою рыхлую землю и сдѣлавъ свое дѣло въ геологическихъ преобразованіяхъ земли. Исчезни теплота солнца и на землѣ останется лишь одно движеніе водныхъ массъ: приливы и отливы, зависящіе отъ притяженія солнца и луны.

Чѣмъ же объяснить способность передвиженія живыхъ существъ, и въ чемъ источникъ ихъ силы? Строителямъ автоматовъ люди и животныя казались механизмами, ненуждающимися въ заводѣ, т. е. носящими въ себѣ источникъ двигательной силы; они не знали еще о зависимости, которая существуетъ между принятіемъ пищи и возстановленіемъ силъ. Но послѣ того, какъ мы познакомились съ источникомъ двигательной силы паровыхъ машинъ, приходится спросить, не происходитъ ли чего-либо подобнаго и у людей? Въ дѣйствительности, сохраненіе жизни находится въ прямой зависимости отъ пищи, которая, будучи переварена, продолжаетъ свою дѣятельность, переходя въ кровь и подвергаясь въ легкихъ медленному окисленію; продукты его почти тѣ же, что при горѣніи на открытомъ воздухѣ. А такъ какъ количество выдѣляющейся теплоты не зависитъ ни отъ хода, ни отъ продолжительности реакцій, то, зная количество принятой пищи, можно вычислить въ точности количество выдѣлившейся теплоты, а слѣдовательно и эквивалентное ему количество работы. Къ сожалѣнію затрудненія при производствѣ соотвѣтствующихъ опытовъ еще очень велики; однако сдѣланное до сихъ поръ вполне подтверждаетъ это количественное отношеніе. Такимъ образомъ, живые организмы отличаются отъ паровыхъ машинъ не источниками двигательной силы, а цѣлями и способами ея примѣненія. Далѣе, они въ выборѣ горючаго матеріала болѣе ограничены, чѣмъ паровая машина. Послѣдняя съ одинаковымъ успѣхомъ можетъ быть истоплена сахаромъ, крахмаломъ, масломъ или углемъ и дровами. Животный организмъ долженъ искусственно растворить свое топливо, распредѣлить его между различными органами; сверхъ того, онъ долженъ постоянно возобновлять легко утрачивающійся матеріалъ своихъ органовъ и, не имѣя возможности выработать нужныя для того вещества, — принимать ихъ извнѣ. Либихъ былъ первый, обратившій вниманіе на существенно различныя назначенія принятой пищи. Для возстановленія израсходованнаго матеріала могутъ служить, какъ оказалось, одни лишь бѣлковыя вещества, вырабатываемыя растеніями и составляющія повидимому главную составную часть животнаго организма. Но они представляютъ собою лишь незначительную часть пищи; бѣльшая часть состоитъ изъ

сахара, крахмала, жировъ — это топливо, при сгораніи котораго вырабатывается живая сила нашихъ органовъ и, можетъ быть, оно потому лишь не можетъ быть замѣнено углемъ, что послѣдній нерастворимъ.

Если процессы въ организованныхъ тѣлахъ въ этомъ отношеніи ничѣмъ не отличаются отъ неорганическихъ, то возникаетъ вопросъ: откуда доставляются имъ питательныя вещества, служащія для нихъ источникомъ силы?—Изъ царства растений,—такъ какъ лишь растенія и мясо травоядныхъ животныхъ могутъ быть употребляемы въ пищу. Травоядныя представляютъ промежуточную ступень, посредствомъ которой плотоядныя, къ которымъ надо отнести и человѣка, получаютъ тотъ необходимый для питанія матеріалъ, котораго они непосредственно переварить не могутъ. Сѣно и трава содержатъ тѣ же питательныя вещества, что и рожь, но въ меньшемъ количествѣ. А такъ какъ пищеварительныя органы человѣка не въ состояніи извлечь малаго количества цѣннаго матеріала изъ нерастворимой массы, то мы подвергаемъ его сперва обработкѣ со стороны могучихъ органовъ питанія рогатаго скота, предоставляемъ ему скопиться въ его мышцахъ, для того, чтобы затѣмъ воспользоваться ими въ болѣе пріятной и удобопереваримой формѣ. Такимъ образомъ, для разрѣшенія нашего вопроса, надо обратиться къ міру растений. Изученіе органической жизни растений указываетъ, что они живутъ на счетъ продуктовъ горѣнія, выдѣляемыхъ животными. Они вдыхаютъ изъ воздуха сгорѣвшій уголь въ видѣ углекислоты, сгорѣвшій водородъ—въ видѣ воды, азотъ въ его простѣйшихъ соединеніяхъ, напр. въ видѣ амміака, и вырабатываютъ изъ этихъ соединеній, при помощи немногихъ веществъ, получаемыхъ изъ почвы, питательныя вещества для царства животныхъ—бѣлокъ, сахаръ, крахмалъ и маслѣ. Такимъ образомъ, мы пришли къ нѣкоторому круговороту, къ кажущемуся неизсякаемому источнику силъ. Растенія заготовляютъ горючія и питательныя вещества, животныя ихъ потребляютъ, перевариваютъ и подвергаютъ медленному окисленію, продукты котораго идутъ вновь на пищу растений. Одни служатъ вѣчнымъ источникомъ химическихъ процессовъ, другія — механической силы. Можетъ быть совокупность двухъ органическихъ міровъ и дать искомое вѣчное движеніе? Но такого рода заключеніе было бы слишкомъ поспѣшнымъ. Дальнѣйшія изысканія показываютъ, что растенія способны вырабатывать горючія вещества лишь при содѣйствіи солнечныхъ лучей. Оказывается, что нѣкоторая часть солнечныхъ лучей обладаетъ особенною способностью вызывать химическія соединенія и разложенія; часть эта состоитъ преиму-

щественно изъ голубыхъ и фіолетовыхъ лучей, которыя носятъ названіе химическихъ. Мы пользуемся ими для фотографіи, подвергая соединенія серебра ихъ дѣйствию. Тѣ же солнечныя лучи преодолеваютъ въ зеленыхъ листьяхъ растений могучее химическое сродство содержащагося въ углекислотѣ угля къ кислороду, возвращаютъ послѣдній атмосферѣ и способствуютъ вступленію угля въ новыя соединенія, въ крахмаль, древесину, смолы и масла. Солнечный свѣтъ, падая на зеленныя части растений, совершенно утрачиваетъ химическіе лучи; потому-то листья на фотографіяхъ выходятъ черными: исходящій изъ нихъ свѣтъ не содержитъ голубыхъ и фіолетовыхъ лучей и, слѣдовательно, лишенъ способности разлагать соединенія серебра. Кромѣ голубыхъ и фіолетовыхъ лучей, выдающуюся роль въ жизни растений играютъ желтые; они также поглощаются листьями.

Такимъ образомъ, дѣятельная сила солнечныхъ лучей исчезаетъ въ то время, какъ въ растеніяхъ образуется и накапливается горючій матеріалъ, и мы можемъ считать весьма вѣроятнымъ, что это исчезновеніе является причиною послѣдняго. Надо замѣтить, что мы не имѣемъ еще опытовъ, подтверждающихъ эквивалентность живой силы исчезнувшихъ солнечныхъ лучей и накопившагося запаса химической силы, и пока ихъ нѣтъ, нельзя эту эквивалентность считать доказанной. Если это предположеніе подтвердится на опытѣ, то мы будемъ имѣть лестную для насъ увѣренность въ томъ, что источникъ жизни, которою живетъ и движется нашъ организмъ, заключается въ лучахъ солнца и что, слѣдовательно, въ благородствѣ происхожденія мы все не уступаемъ китайскому императору, величающему себя сыномъ неба. Но то же эфирное происхожденіе раздѣляютъ съ нами и низшія существа, жабы и пиявки, весь міръ растений и даже топливо, скопившееся вѣками или вновь растущее, употребляемое для нашихъ печей и паровыхъ машинъ.

Такимъ образомъ мы видимъ, что все безконечное разнообразіе явленій, метеорологическихъ, климатическихъ, геологическихъ и органическихъ, зависитъ почти исключительно отъ освѣщающихъ и нагрѣвающихъ лучей солнца: это замѣчательный примѣръ того, до какого разнообразія могутъ достигать дѣйствія одного фактора природы, подъ вліяніемъ измѣняющихся внѣшнихъ условій. Но, кромѣ того, земля испытываетъ особыя вліянія центральнаго свѣтила — солнца и своего спутника, луны, проявляющіяся въ замѣчательныхъ явленіяхъ прилива и отлива.

Подъ вліяніемъ движенія каждаго изъ этихъ двухъ свѣтилъ, образуются на водахъ океановъ двѣ колоссальныя волны, дви-

жушіяся вокругъ земли по направленію кажущагося движенія свѣтилъ. Двѣ волны, образуемыя притяженіемъ луны, вслѣдствіе ея близости къ землѣ, въ $3\frac{1}{2}$ раза выше волнъ, образуемыхъ солнцемъ. Одна изъ этихъ волнъ достигаетъ наибольшей высоты на той четверти земнаго шара, которая обращена къ лунѣ, другая—на противоположной. Когда на этихъ двухъ четвертяхъ земной поверхности происходятъ приливы, то на двухъ промежуточныхъ наблюдаются отливы, и хотя въ открытомъ морѣ высота прилива едва достигаетъ трехъ футовъ, и лишь въ нѣкоторыхъ узкихъ каналахъ, стѣсняющихъ движеніе водъ — высоты 30 фут., то все-же сила явленія такъ велика, что по вычисленію Весселя, четверть земнаго шара, испытывающая приливъ, содержитъ воды на 200 куб. миль болѣе той, на которой происходитъ отливъ, т. е. такая громадная масса воды перемѣщается съ одной четверти земли на другую въ теченіи $6\frac{1}{4}$ часовъ.

По замѣчанію, сдѣланному Маіер'омъ, явленія прилива и отлива находятся въ связи съ закономъ сохраненія силы и имѣютъ замѣчательное отношеніе къ вопросу о продолжительности существованія нашей планетной системы. По законамъ движенія небесныхъ тѣлъ, найденнымъ Ньютономъ, тѣло, движущееся вокругъ солнца въ пустотѣ, подъ вліяніемъ силы притяженія, должно совершать свое движеніе вѣчно. Но вокругъ солнца движутся многія тѣла, и результатомъ ихъ взаимодействія являются нѣкоторыя измѣненія ихъ орбитъ. Лапласъ въ своемъ большомъ трудѣ, озаглавленномъ «Небесная механика», доказалъ, что измѣненія эти періодичны, но не переходятъ нѣкоторыхъ предѣловъ и, слѣдовательно, не угрожаютъ существенными измѣненіями въ движенія нашей планетной системы. Но, чтобы движеніе продолжалось вѣчно, необходимы два условія: абсолютная пустота пространства и твердое состояніе движущихся тѣлъ. Первое выполнено настолько, что въ предѣлахъ времени, доступныхъ изученію, не замѣчено измѣненій въ движеніи планетъ, что несомнѣнно случилось бы при существованіи сопротивляющейся среды. Однако наблюдаются измѣненія въ путяхъ, описываемыхъ малыми тѣлами; такъ комета Энке описываетъ все мѣншіе и мѣншіе эллипсы вокругъ солнца.

Если это замедленіе зависитъ отъ присутствія сопротивляющейся среды, то несомнѣнно настанетъ время, когда эта комета упадетъ на солнце; вѣроятно та же участь постигнетъ и планеты, но лишь черезъ промежутокъ времени, о которомъ мы не можемъ составить себѣ представленія. И если бы существованіе противодействующей среды въ пространствѣ казалось намъ сомнитель-

нымъ, то все же несомѣнно то, что планеты не состоятъ исключительно изъ неизмѣнно связанныхъ между собою частицъ. Признаки атмосферъ найдены на солнцѣ, Венерѣ, Марсѣ, Юпитерѣ и Сатурнѣ; признаки воды и льда—на Марсѣ; что касается земли, то бѣльшая часть ея поверхности покрыта водой и можетъ быть еще бѣльшая часть ея массы находится въ расплавленномъ состояніи. Явленіе прилива и отлива въ моряхъ и атмосферахъ сопровождается треніемъ; каждое треніе происходитъ на счетъ живой силы и въ данномъ случаѣ утрата можетъ происходить лишь на счетъ живой силы движенія планеты. Мы приходимъ, такимъ образомъ, къ заключенію, что приливы и отливы, хотя и весьма медленно, но непрестанно и неотвратно истощаютъ запасъ механической силы солнечной системы, а слѣдовательно, замедляютъ вращательное движеніе соответственныхъ планетъ вокругъ оси. Замедленіе въ движеніи земли доказано новѣйшими изслѣдованіями движенія луны, произведенными Hansen'омъ, Adams'омъ и Delaunay. По вычисленію Hansen'a звѣздныя сутки со времени Гиппарха увеличились на $\frac{1}{81}$ секунды, а продолжительность столѣтія на $\frac{1}{8}$ часа. По вычисленіямъ Adams'a и Thomson'a, замедленіе движенія оказалось почти вдвое больше. Правильные часы черезъ сто лѣтъ идутъ впередъ на 22 секунды. Лапласъ отрицалъ подобное измѣненіе въ движеніи земли, но чтобы замѣтить его, нужно было болѣе точное изученіе движенія луны, чѣмъ это было возможно въ его время. Конечнымъ результатомъ замедленія вращательнаго движенія земли (но лишь черезъ многія тысячелѣтія и то если до тѣхъ поръ не произойдетъ замерзанія морей), будетъ прекращеніе этого движенія, причемъ одна половина земли обратится къ солнцу, и будетъ освѣщена и, слѣдовательно, пользоваться вѣчнымъ днемъ, другая же погрузится въ вѣчную тьму. Таково положеніе луны относительно земли, и другихъ спутниковъ относительно ихъ планетъ. Возможно, что оно есть результатъ приливовъ и отливовъ, происходившихъ на этихъ свѣтилахъ, когда они находились въ огненно-расплавленномъ состояніи.

Я бы не сталъ говорить здѣсь объ этихъ выводахъ, если бы за ними не было полной достовѣрности. Физико-механическіе законы служатъ телескопами для нашихъ духовныхъ очей, посредствомъ которыхъ они проникаютъ въ тьму прошедшаго и будущаго.

Другой существенный вопросъ будущаго нашей планетной системы есть вопросъ о ея температурѣ и освѣщеніи. Такъ какъ внутренняя температура земного шара не вліяетъ на его поверх-

ность, то степень нагрѣтости зависитъ исключительно отъ лучей, посылаемыхъ ему солнцемъ.

Можно измѣрить количество тепла, падающее на нѣкоторую площадь земли въ опредѣленный промежутокъ времени, а слѣдовательно, и количество тепла, утрачиваемое солнцемъ. Вычисления эти сдѣланы французскимъ физикомъ Pouillet; оказалось, что солнце ежечасно теряетъ количество тепла, равное тому, которое выдѣлилось бы при сгораніи слоя угля, толщиною въ 10 фут. и, слѣдовательно, въ теченіи года—количество теплоты, выдѣляемое слоемъ угля приблизительно въ $3\frac{1}{2}$ мили толщины. Предполагая равномерность истеченія тепла, мы находимъ, что потеря его въ вышеприведенныхъ размѣрахъ ежегодно понижала бы температуру солнца на $1\frac{1}{4}^{\circ}$, полагая теплоемкость его равной теплоемкости воды. Эти данныя даютъ возможность судить о потерѣ тепла по отношенію къ поверхности и объему солнца но они ничего не говорятъ о томъ, происходитъ-ли она на счетъ первичнаго запаса дѣятельныхъ силъ солнечной массы, или пополняется химическими процессами, происходящими на его поверхности. Во всякомъ случаѣ, по закону сохранения силы, ни одинъ изъ процессовъ, аналогичныхъ тѣмъ, которые происходятъ на землѣ, не можетъ служить неизсякаемымъ источникомъ тепла и свѣта; но съ другой стороны тотъ-же законъ учитъ насъ, что запасъ силы, имѣющійся на лицо, и существующій уже въ видѣ тепла, или могущій перейти въ него, достаточно великъ, чтобы обезпечить солнечную систему на неизмѣримо большой промежутокъ времени. О запасѣ химической силы солнца мы ничего опредѣленнаго не знаемъ, и о количествѣ тепла, въ немъ скрытомъ, можемъ судить лишь гадательно. Но, присоединяясь къ весьма вѣроятному мнѣнію, что найденная астрономами поразительно малая, для столь большого тѣла какъ солнце, плотность, есть слѣдствіе его высокой температуры, и что со временемъ она можетъ увеличиться, мы можемъ вычислить, что сгущенію солнечной массы, въ результатѣ котораго получилось бы уменьшеніе его діаметра на $\frac{1}{10000}$, соотвѣтствуетъ выдѣленіе количества тепла, достаточнаго для покрытія его убыли за 2100 лѣтъ. Столь малое измѣненіе діаметра могло бы быть замѣчено лишь при наиболѣе точныхъ наблюденіяхъ и то съ величайшимъ трудомъ.

На дѣлѣ температура поверхности земли лишь незначительно понизилась за то время, о которомъ мы имѣемъ историческія свѣдѣнія, т.-е., приблизительно за 4000 лѣтъ. Не сохранились, конечно, измѣренія термометромъ, но есть данныя о распространеніи нѣкоторыхъ растений, напримѣръ, винограда и маслины, весьма

чувствительныхъ къ колебаніямъ средней годичной температуры. Оказывается, что во времена Авраама и Гомера растенія эти разводились приблизительно въ тѣхъ же странахъ, какъ и теперь, откуда мы заключаемъ о постоянствѣ климатическихъ условій этихъ мѣстностей.

Какъ на противорѣчіе этому, указывали на то, что въ былое время нѣмецкіе рыцари выдѣлывали и пили въ Пруссіи вино, какого теперь уже нѣтъ, заключая отсюда, что съ тѣхъ поръ стало холоднѣе; но на это возражалъ уже *Dove* выдержками изъ старинныхъ хроникъ: онѣ свидѣтельствуютъ о томъ, что въ нѣкоторые особенно теплые годы, мѣстная виноградная лоза утрачивала свою обычную кислоту, и, такимъ образомъ, дѣло идетъ здѣсь объ измѣненіи, не климатическихъ условій, но вкусовъ у нѣмцевъ.

Но хотя запасъ механической силы нашей планетной системы такъ великъ, что расходованіе его въ теченіе многихъ вѣковъ существованія рода человѣческаго не причинило замѣтной убыли; хотя мы не въ состояніи обнять періода времени, необходимаго для того, чтобы эти измѣненія стали замѣтными,—однако немолчимые законы механики свидѣтельствуютъ о томъ, что все же настанетъ время, когда запасъ силы, убывая постоянно и никогда не пополняясь, истощится. Должно-ли это насъ пугать? Мы имѣемъ обыкновеніе судить о мудрости и величіи мірозданія по той продолжительности и тому счастью, которое оно обезпечиваетъ человѣчеству. Но изученіе прошлаго земного шара приводитъ къ заключенію, что все существованіе человѣческаго рода есть лишь краткій эпизодъ его исторіи. Глиняные сосуды вендовъ, мечи римлянъ вызываютъ представленіе о глубокой древности; съ молчаливымъ изумленіемъ осматриваемъ мы памятники Египта и Ассиріи, хранящіеся въ европейскихъ музеяхъ, и отказываемся отъ возможности составить себѣ представленіе о столь отдаленной эпохѣ; а между тѣмъ и пирамиды и Ниневія могли быть построены лишь послѣ многихъ тысячелѣтій жизни человѣчества. Мы приписываемъ исторіи человѣчества давность 6,000 лѣтъ, и какъ ни великъ этотъ періодъ времени, онъ все же ничтожно малъ сравнительно съ той эпохой, когда земля носила роскошную и богатую, вымершую теперь породу растеній и животныхъ, когда на нашей родинѣ зеленѣло янтарное дерево, роняя въ почву и воды свою драгоцѣнную смолу; когда въ Сибири, Европѣ и Сѣв. Америкѣ росли тропическія пальмы и селились гигантскія ящерицы и слоны, остатки которыхъ, до сихъ поръ сохраняются почвою. Многіе геологи, исходя изъ различныхъ соображеній, опредѣляли продолжительность этой промежуточной эпохи періодомъ отъ 1

до 9 мил. лѣтъ. Но періодъ возникновенія на землѣ органической жизни ничтожно малъ сравнительно съ тѣмъ временемъ, въ теченіе котораго земля находилась въ расплавленномъ состояніи. Изъ опытовъ *Bischoffa*, произведенныхъ надъ расплавленнымъ базальтомъ, слѣдуетъ, что на охлажденіе земли отъ 2000° до 200° потребовалось около 350 мил. лѣтъ, и наши догадки окончательно теряются передъ опредѣленіемъ времени, потребовавшагося для образованія планетной системы изъ первоначальной туманообразной массы. Исторія человѣчества является до сихъ поръ лишь короткой волной океана временъ. Въ теченіе гораздо большаго ряда тысячелѣтій, чѣмъ тотъ, который пережилъ родъ человѣческій, все въ мірѣ обѣщаетъ остаться неизмѣннымъ и сулитъ жизнь множествамъ поколѣній. Но еще продолжается дѣятельность силы вѣтровъ, водъ и подземныхъ изверженій, которыя вызвали когда-то геологическіе перевороты и погребли длинный рядъ органическихъ жизней. Онѣ скорѣе могутъ призвать послѣдній день человѣчества, чѣмъ отдаленныя космическія измѣненія, и принудить насъ уступить мѣсто другимъ, болѣе совершеннымъ формамъ, какъ и намъ въ свое время уступили его мамонты и гигантскія ящерицы.

Такимъ образомъ, нить, которая началась отъ искателей вѣчнаго движенія, привела насъ къ открытію общаго закона природы, освѣтившаго давно прошедшее и далекое будущее исторіи вселенной. Онъ обѣщаетъ человѣческому роду долгое, хотя не вѣчное существованіе, и угрожаетъ ему днемъ суда, наступленіе котораго, къ счастью, отъ насъ сокрыто. Человѣчество, какъ и отдѣльная личность, должно примириться съ мыслью о смерти и утѣшиться тѣмъ, что на него возложены высшія, духовныя задачи, въ исполненіи которыхъ заключается его назначеніе.

ДОВАВЛЕНІЕ.

Я долженъ еще указать на способъ вычисленія количества тепла, которое, по принятой гипотезѣ, должно было выдѣлиться при сгущеніи туманообразнаго вещества, разсѣяннаго въ пространствѣ, въ уплотненную массу, и при образованіи изъ него нашей планетной системы. Остальныя вычисленія, данными которыхъ я пользовался, находятся частью у R. Mayer'a и Joule'я, частью они легко получаютъ извѣстными научными методами изъ установленныхъ наукою фактовъ.

За мѣру работы сгущенія нѣкотораго вещества изъ состоянія бесконечно малой плотности принять потенциалъ сгущенныхъ массъ самихъ на себя. Этотъ потенциалъ V имѣеть для однороднаго шара массы M , радіуса R , если принять массу земли равною m , радіусъ ея $= r$, ускореніе силы тяжести у поверхности земли $= g$, слѣдующее значеніе:

$$V = \frac{3}{5} \cdot \frac{r^2 M^2}{R \cdot m} \cdot g.$$

Принимая планеты нашей системы за тѣла шарообразныя, находимъ, что работа уплотненія выражается суммою ихъ потенциаловъ самихъ на себя. Но такъ какъ потенциалы различныхъ планетъ пропорціональны величинѣ $\frac{M^2}{R}$, то они оказываются весьма малыми сравнительно съ величиною потенциала солнца; величина потенциала наибольшей изъ планетъ, Юпитера, составляетъ лишь $\frac{1}{100000}$ потенциала солнца; вотъ почему въ вычисленіяхъ мы можемъ ограничиться послѣднимъ.

Чтобы повысить температуру нѣкоторой массы M , теплоемкость которой σ , на t^0 , потребно количество тепла $= M \sigma t$; оно

эквивалентно работѣ $AgM\sigma t$, гдѣ Ag есть механической эквивалентъ единицы тепла.

Чтобы найти повышение температуры, вызванное уплотненіемъ массы солнца, полагаемъ.

$$AgM\sigma t = V, \text{ тогда}$$

$$t = \frac{3}{5} \cdot \frac{r^2 M}{A.R.m.\sigma}$$

Для массы воды, равной массѣ солнца, имѣемъ $\sigma = 1$; подставляя значенія величинъ A , M , R , m и r , получаемъ

$$t = 28611000^\circ \text{ C.}$$

Масса солнца въ 738 разъ болѣе массы остальныхъ планетъ вмѣстѣ взятыхъ; приравнивая массу воды массѣ всей системы, мы должны умножить t на $\frac{738}{739}$, что очень мало измѣнитъ его величину.

Измѣненіе температуры, вызванное сжатіемъ шаровидной массы радіуса R_0 до радіуса R_1 , выразится слѣдующимъ образомъ:

$$\begin{aligned} \vartheta &= \frac{3}{5} \cdot \frac{r^2 M}{A.m\sigma} \left\{ \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_0} \right\} = \\ &= \frac{3}{5} \cdot \frac{r^2 M}{AR_1 m\sigma} \left\{ 1 - \frac{R_1}{R_0} \right\}. \end{aligned}$$

Считая, что вещество въ первоначальномъ состояніи занимало объемъ шара не безконечно большаго радіуса, а приблизительно равнаго радіусу орбиты Нептуна, т. е. въ 6000 разъ большему радіусу солнца, получаемъ, что $\frac{R_1}{R_0} = \frac{1}{6000}$.

На такую сравнительно незначительную величину пришлось бы уменьшить выше найденное значеніе t .

Изъ тѣхъ же формулъ вытекаетъ, что уменьшеніе радіуса солнца на $\frac{1}{10000}$ можетъ служить источникомъ работы эквивалентной количеству тепла, потребнаго для нагрѣванія массы воды, равной массѣ солнца, на 2861° . А такъ какъ по Pouillet ежегодно утрачивается количество тепла, эквивалентное нагрѣванію такой массы воды на $1\frac{1}{4}^\circ$, то отсюда слѣдуетъ, что сжатіе солнца на $\frac{1}{10000}$ его радіуса достаточно для покрытія расхода тепла на 2289 лѣтъ.

Если плотность солнца не равномерна, если, какъ представляется вѣроятнымъ, плотность увеличивается къ центру, то потенциалъ его массы и количество выдѣляемаго имъ тепла должны быть еще больше.

Изъ вычисленныхъ значеній механической силы слѣдуетъ, что живая сила вращенія небесныхъ тѣлъ вокругъ ихъ оси ничтожно мала сравнительно съ остальными величинами, и что ею можно пренебречь; живая сила вращенія вокругъ солнца и работоспособность притягательной силы его, если μ — масса какой либо планеты, и ρ — разстоянiе ея отъ солнца, выражаются формулою:

$$L = \frac{gr^2 M \mu}{m} \left\{ \frac{1}{R} - \frac{1}{2\rho} \right\}.$$

Отбрасывая $\frac{1}{2\rho}$, какъ величину весьма малую сравнительно съ $\frac{1}{R}$, и раздѣливъ на найденное значенiе V , получаемъ:

$$\frac{L}{V} = \frac{5}{3} \frac{\mu}{M}.$$

Масса всѣхъ планетъ, вмѣстѣ взятыхъ, составляетъ $\frac{1}{738}$ массы солнца; слѣдовательно значенiе L для всей системы:

$$L = \frac{1}{443} V.$$

Добавленiе (1883). Пользуясь новыми опредѣленiями массъ планетъ и солнца, и разстоянiя солнца отъ земли, получаемъ для ежегоднаго пониженiя температуры, вмѣсто $1\frac{1}{4}^{\circ}$ С, приведеннаго выше, число $1,96^{\circ}$ С и для полнаго повышенiя температуры t число 26845000° С.

О СОХРАНЕНИИ СИЛЫ.

1925 05 22

Глубокочитимое собраніе!

Рѣшившись прочесть вамъ рядъ лекцій, я считаю своею главнѣйшею задачею, на сколько съумѣю, разъяснить, на подходящемъ примѣрѣ, характеръ, свойственный тѣмъ наукамъ, изученію которыхъ я себя посвятилъ. Въ теченіе послѣднихъ четырехъ столѣтій естественныя науки, частію вслѣдствіе практическихъ примѣненій ихъ выводовъ, частію вслѣдствіе ихъ нравственнаго вліянія, такъ сильно и съ такою возрастающею быстрою преобразовали жизнь цивилизованныхъ націй, такъ увеличили богатство, возможность наслаждаться жизнью и обезпечить здоровье, такъ расширили средства торговыхъ и общественныхъ сношеній и даже политическое могущество націй, что всякій образованный человѣкъ, стремящійся познать силы, управляющія міромъ, въ которомъ онъ живетъ, если онъ и не можетъ углубиться въ изученіе спеціальныхъ вопросовъ, все-же долженъ интересоваться методами той умственной работы, которая дѣйствуетъ и творитъ въ этихъ наукахъ.

Мнѣ уже однажды пришлось разъяснить характерное различіе научныхъ методовъ, употребляемыхъ при разработкѣ естественныхъ и психологическихъ наукъ. Я старался доказать, что это различіе обуславливается главнымъ образомъ вездѣ обнаруживающеюся и сравнительно легко доказываемою закономѣрностью естественныхъ явленій. Я не хочу этимъ сказать, что отрицаю присутствіе закономѣрности въ явленіяхъ психической жизни индивидуумовъ и народовъ, поскольку они составляютъ предметъ философскихъ, филологическихъ, историческихъ, нравственныхъ и соціальныхъ наукъ. Но въ духовной жизни совокупность взаимно переплетающихся вліяній такъ сложна, что лишь весьма

рѣдко оказывается возможнымъ опредѣленно и ясно указать на ихъ законы. Въ природѣ какъ разъ наоборотъ. Для многихъ весьма обширныхъ группъ естественныхъ явленій удалось такъ точно и полно отыскать законы, по которымъ они возникаютъ и происходятъ, что мы съ величайшею точностью можемъ предсказать ихъ возникновеніе, а тамъ, гдѣ имѣемъ власть надъ причинами, обусловливающими ихъ появленіе, можемъ заставить ихъ происходить по нашему желанію. Величайшимъ примѣромъ того, въ какой мѣрѣ человѣческой разумъ можетъ воспользоваться хорошо изученнымъ закономъ естественныхъ явленій, служить современная астрономія. Простой законъ тяготѣнія управляетъ движеніями небесныхъ тѣлъ не только нашей планетной системы, но также чрезвычайно удаленныхъ отъ насъ двойныхъ звѣздъ, съ которыхъ даже скорѣйшій изъ всѣхъ вѣстниковъ, свѣтовой лучъ, долженъ мчаться цѣлые годы, прежде чѣмъ достигнетъ нашего глаза; вотъ эта-то простота закона и позволяетъ вычислить движеніе названныхъ тѣлъ, несмотря на сложность выкладокъ, съ точностью до нѣкоторой доли минуты, за цѣлые прошедшіе и послѣдующіе года и даже столѣтія. На этой полной законности покоится та увѣренность, съ которою мы можемъ покорять буйную силу пара, превращая его въ покорнаго раба служащаго нашимъ потребностямъ. Далѣе, эта же законность возбуждаетъ главнымъ образомъ тотъ интересъ, который приковываетъ естествоиспытателя къ его предмету. Это интересъ отличный отъ того, который возбуждается психологическими науками. Къ послѣднимъ насъ привлекаетъ человѣкъ, изучаемый въ различныхъ направленіяхъ его духовной дѣятельности. Всякій подвигъ, о которомъ повѣствуетъ намъ исторія, всякая сильная страсть, которую изображаетъ намъ искусство, всякое описаніе обычая, государственнаго устройства, культуры отдаленныхъ отъ насъ, или древнихъ народовъ, захватываетъ и интересуется насъ, даже если мы знакомимся съ ними и безъ научной послѣдовательности. Мы во всякомъ случаѣ находимъ въ нихъ связь и аналогію съ нашими собственными представленіями и чувствами; мы научаемся распознавать тѣ сокровенныя способности и движенія нашей собственной души, которыя не проявляются при обыкновенномъ спокойномъ ходѣ жизни цивилизованнаго народа. Нельзя отрицать, что естественныя науки не представляютъ интереса подобнаго рода. Всякій отдѣльный фактъ, взятый самъ по себѣ, конечно, можетъ возбудить наше любопытство и изумленіе или быть намъ полезнымъ въ практическомъ отношеніи. Но умственное удовлетвореніе доставляетъ только совокупность явленій, когда открыты связующіе ихъ законы. Мы

называемъ разумомъ присущую намъ способность открывать и разумно примѣнять законы. Для примѣненія силъ, свойственныхъ чистому разуму, во всей ихъ опредѣленности и обширности, едва ли найдется болѣе подходящее поприще, нежели естествовѣдѣніе въ широкомъ смыслѣ слова, включая сюда и математику. И за эту работу насъ вознаграждаетъ не только радость, которую мы чувствуемъ при успѣшной дѣятельности одной изъ главныхъ нашихъ душевныхъ способностей и при побѣдонесномъ подчиненіи, частью чуждаго, частью враждебнаго намъ ви́шняго міра подѣ власть нашей мысли и воли; появляется, кромѣ того, такъ сказать, нѣчто вродѣ художественнаго удовлетворенія, когда мы доходимъ до возможности обозрѣвать неизмѣримое богатство природы, какъ нѣчто цѣлое, распредѣленное по извѣстному закону, какъ космосъ, какъ отраженіе логическаго мышленія нашего собственнаго разума.

Послѣдніе десятки лѣтъ развитія естественныхъ наукъ привели насъ къ познанію новаго общаго закона всѣхъ естественныхъ явленій. Вслѣдствіе своей необыкновенно широкой приложимости и вслѣдствіе той связи, которую онъ указываетъ между естественными явленіями всѣхъ родовъ, и даже отдаленнѣйшихъ временъ и мѣстъ, этотъ законъ особенно удобенъ для того, чтобы дать вамъ понятіе о выше описанныхъ свойствахъ естественныхъ наукъ; поэтому я его и выбралъ предметомъ сегодняшняго чтенія.

Этотъ законъ называется закономъ сохраненія силы¹⁾; смыслъ этого названія мнѣ еще предстоитъ объяснить. Онъ не абсолютно новъ; для ограниченной области явленій онъ былъ уже высказанъ въ прошломъ вѣкѣ Ньютономъ и Bernoulli; важныя его приложенія въ ученіи о теплотѣ открыли Rumford и Humphrey Davy. Возможность всеобщей его примѣнимости впервые высказалъ нѣмецъ, врачъ J. R. Maier (теперь живущій въ Гейльброннѣ) въ 1842 году²⁾; почти одновременно, но совершенно независимо отъ него, англійскій техникъ James Prescott Joule въ Манчестерѣ произвелъ рядъ важныхъ и сложныхъ опытовъ для опредѣленія отношенія теплоты къ механическимъ силамъ, и тѣмъ наполнилъ главный пробѣлъ въ новой теоріи: отсутствіе опытныхъ подтвержденій ея основныхъ положеній.

¹⁾ Въ настоящее время этотъ законъ называется закономъ сохраненія энергіи. Принято болѣе строго отличать термины: сила, работа и энергія; послѣдняя опредѣляется тою работою, которую разсматриваемая система тѣла или отдѣльное тѣло могутъ совершить. О. X.

²⁾ «Замѣтки о силахъ неодушевленной природы» въ «Liebig's Annalen», XLII; дальнѣйшее изложеніе въ статьѣ «Органическое движеніе въ зависимости отъ обмѣна матеріи», Neilbronn 1845; «Приложенія къ динамикѣ неба», тамъ же 1848.

Законъ, о которомъ мы говоримъ, гласить, что количество силы ¹⁾ находящейся во всей природѣ и способной дѣйствовать, остается постояннымъ и не можетъ быть ни увеличено, ни уменьшено. Моею первою задачею будетъ разъяснить вамъ, что надо понимать подъ терминомъ «количество силы», или какъ его чаще обозначаютъ по отношенію къ его техническому употребленію «величина работы».

Понятіе о работѣ машины или естественнаго процесса взято изъ сравненія ихъ съ дѣятельностью человѣка, и потому, изучая работу человѣка, мы яснѣе всего поймемъ, о чемъ здѣсь идетъ рѣчь. Когда мы говоримъ о работѣ машинъ или силъ природы, то мы, конечно, не должны при этомъ сравненіи обращать вниманіе на то, что въ работѣ человѣка относится къ дѣятельности его интеллекта. Человѣкъ способенъ также къ суровой и усиленной работѣ мышленія, которая утомительна не менѣе мускульной работы. Но все то, что въ работѣ машины является результатомъ дѣятельности человѣческаго ума, принадлежитъ, конечно, генію ихъ изобрѣтателя и не можетъ причисляться къ работѣ самага прибора.

Внѣшняя работа человѣка весьма разнообразна, смотря по силѣ или легкости, по формѣ и быстротѣ сопровождающихъ ее движеній, и смотря по потребнымъ при ея выполненіи инструментамъ. Но и рука кузнеца, сыплящаго тяжелыя удары могучимъ молотомъ, и рука скрипача, умѣющаго вызывать малѣйшія измѣненія звука, и рука швеи, производящей тонкую работу едва видимыми нитками, — все онѣ заимствуютъ приводящую въ движеніе силу одинаковымъ образомъ и у одного и того же органа,—именно у мышцъ, расположенныхъ въ рукѣ. Рука съ онѣмѣлыми мышцами не способна къ совершенію работы; въ ней должна дѣйствовать двигательная сила мышцъ, а послѣдніе должны повиноваться импульсу идущихъ отъ мозга нервовъ; въ этомъ только случаѣ рука способна къ разнообразнѣйшимъ движеніямъ, можетъ управлять различными инструментами и производить разнообразныя работы.

То же самое относится и къ машинамъ. Онѣ употребляются нами для различныхъ работъ; ими мы вызываемъ безконечное разнообразіе движеній съ различной степенью силы или быстроты, начиная отъ могучихъ молотовъ и валовъ, которыми мы или разрѣзаемъ или формируемъ, какъ воскъ, огромныя массы желѣза,

¹⁾ Въмѣсто «количество силы» теперь говорятъ «количество энергій».

и кончая ткацкими и прядильными машинами, дающими ткань, которая может поспорить съ паутиной. Современная техника обладает богатѣйшимъ выборомъ способовъ переносить движеніе вертящихся колесъ на другія колеса съ увеличенной или уменьшенной скоростью; или переводить вращательное движеніе колесъ въ колебательное движеніе рукоятки поршня, ткацкаго челнока, падающаго молота, толкача и т. д. и наоборотъ; или преобразовывать равномерное движеніе въ движеніе съ переменнѣйшей скоростью и т. д. Отсюда и получается возможность примѣнять машины ко всѣмъ чрезвычайно разнообразнымъ отраслямъ промышленности. Но, не смотря на все разнообразіе машинъ, у нихъ есть одно общее свойство: всѣ онѣ требуютъ движущей силы, которая ихъ приводитъ въ движеніе и поддерживаетъ это движеніе, подобно тому, какъ всякая работа человѣческой руки требуетъ движущей силы мускуловъ.

Но, какъ работа кузнеца требуетъ гораздо большаго и сильнѣйшаго напряженія мышцъ, чѣмъ работа скрипача, такъ и въ машинахъ существуетъ подобная же разница въ величинѣ и интенсивности силы, потребной для приведенія ихъ въ движеніе. Эту разницу, которая соотвѣтствуетъ различной степени напряженія мышцъ при работѣ человѣка, и надо подразумѣвать, говоря о количествѣ работы, произведенной машиной. Такимъ образомъ, вводя это понятіе, мы не принимаемъ въ расчетъ всего разнообразія въ дѣйствіяхъ машинъ; мы имѣемъ въ виду только затрату силы.

Весьма употребительный терминъ «затрата силы», обозначающій, что сила, которою мы пользовались, была израсходована, потеряна, приводитъ насъ къ дальнѣйшей и характерной аналогіи между примѣненіями человѣческой руки и машины. Чѣмъ сильнѣе напряженіе и чѣмъ болѣе его продолжительность, тѣмъ болѣе устаетъ человѣческая рука, тѣмъ полнѣе временно истощается запасъ ея двигательной силы. Мы увидимъ, что это свойство, исчерпываться при производствѣ работы, принадлежитъ также дѣйствующимъ силамъ неорганической природы, такъ что способность человѣческой руки уставать отъ работы есть одно изъ слѣдствій того всеобщаго закона, съ которымъ мы имѣемъ дѣло. Съ наступленіемъ усталости въ нашихъ мышцахъ является необходимость въ восстановленіи утраченнаго. Мы его находимъ въ спокойствіи и въ пищѣ; когда силы неорганической природы утрачиваютъ способность дѣйствовать, мы также найдемъ возможность ихъ восстановленія, но должны будемъ примѣнять другія средства, чѣмъ для руки человѣка.

На основаніи ощущенія напряженія и усталости нашихъ мышцъ мы можемъ себѣ составить вообще представленіе о томъ, что надо понимать подъ величиной работы; но прежде всего мы должны, вмѣсто основаннаго на сравненіяхъ неяснаго опредѣленія, дать ясное и твердое понятіе о мѣрѣ, которою будемъ измѣрять величину рабочей силы.

Для этого лучше обратиться къ простѣйшимъ неорганическимъ дѣйствующимъ силамъ, чѣмъ къ дѣятельности нашихъ мышцъ, которыя представляютъ чрезвычайно сложный аппаратъ, приспособленный для весьма разнообразныхъ отправленій.

Допустимъ, что двигательной силой служитъ простѣйшая и наиболѣе намъ извѣстная сила — тяжесть. Она дѣйствуетъ напр. въ тѣхъ стѣнныхъ часахъ, которые приводятся въ движеніе гирею. Эта гиря, прикрѣпленная къ цѣпи, которая намотана на блокъ, соединенный съ первымъ зубчатымъ колесомъ часоваго механизма, не можетъ двигаться подъ вліяніемъ силы тяжести, не приводя въ движеніе весь часовой механизмъ. Но я прошу васъ обратить вниманіе на слѣдующее обстоятельство: гиря можетъ приводить въ движеніе часы не иначе, какъ опускаясь все ниже и ниже. Если бы она не двигалась сама, то не могла бы приводить часовъ въ движеніе, а ея движеніе при этомъ можетъ быть только такимъ, какое обуславливается дѣйствіемъ тяжести. Такимъ образомъ, въ дѣйствующихъ часахъ гиря опускается, пока не разматается цѣпь; тогда часы останавливаются и способность гири къ дѣятельности исчерпана. Тяжесть гири не потерялась, не уменьшилась; какъ сначала, такъ и теперь гиря съ одинаковой силой притягивается землею, но способность гири приводить въ движеніе часовой механизмъ потеряна; тяжесть удерживаетъ лишь гирю на той точкѣ, гдѣ она остановилась, но заставить ее двигаться далѣе она не можетъ.

Но мы можемъ завести часы силою нашей руки, снова поднимая гирю. Когда мы это сдѣлаемъ, то гиря снова получитъ свою первоначальную работоспособность и можетъ снова привести часы въ движеніе.

Отсюда мы видимъ, что поднятая гиря обладаетъ двигательной силой и что она непремѣнно должна опускаться, когда эта двигательная сила дѣйствуетъ; вслѣдствіе этого двигательная сила исчерпывается, но, при помощи посторонней двигательной силы, именно силы нашей руки, способность ея дѣйствовать можетъ быть снова восстановлена.

Работа, которую совершаетъ гиря идущихъ часовъ, конечно, не велика. Она должна постоянно преодолевать небольшое сопро-

тивленіе, которое оказываютъ движенію колесъ треніе осей и зубцовъ и воздухъ; кромѣ того часть силы затрачивается на небольшіе толчки и звуковыя колебанія, производимыя маятникомъ при каждомъ колебаніи. Если снять гирю, то, конечно, маятникъ будетъ качаться еще нѣкоторое время, прежде, чѣмъ онъ остановится; но его движеніе при этомъ постепенно ослабѣваетъ и наконецъ совершенно прекращается, поглощаясь вышеупомянутыми сопротивленіями. Поэтому-то и необходима, хотя малая, но постоянно дѣйствующая сила, чтобы поддержать движеніе часоваго механизма. Эту силу и доставляетъ вѣсъ гири.

Кромѣ того изъ нашего примѣра легко вытекаетъ мѣра величины работы. Пусть нѣкоторые часы приводятся въ движеніе однофунтовой гирей, которая за 24 часа опускается на 5 футовъ. Если вы повѣсите 10 часовъ такой же конструкціи, съ 1 фунт. гирей каждые, то эти десять часовъ будутъ приводиться въ движеніе въ продолженіи 24 часовъ; и такъ какъ каждые должны побороть одно и то-же сопротивленіе въ одно и то-же время, то при этомъ будетъ совершена удесятиренная работа, причемъ 10 фунтовъ опустятся на 5 футовъ. Отсюда мы заключаемъ, что, при одинаковой высотѣ паденія, работа увеличивается пропорціонально вѣсу.

Если же мы такъ удлинимъ цѣпь, что гири будутъ опускаться на 10 фт., то и часы будутъ идти уже не день, а два, и, при удвоенной высотѣ паденія, гиря и на другой день будетъ преодолевать еще разъ то-же самое сопротивленіе, какъ и въ первый, такъ что въ общемъ совершить работу вдвое большую той, которую она совершила, опускаясь на 5 фут. Значитъ, при той же самой тяжести, работа растеть пропорціонально высотѣ паденія. Отсюда слѣдуетъ, что за мѣру работы мы должны принять, по крайней мѣрѣ въ этомъ случаѣ, произведеніе вѣса на высоту паденія. На самомъ дѣлѣ примѣненіе такой мѣры не ограничивается однимъ этимъ случаемъ, но вообще всѣ техники за единицу при измѣреніи величины работы ¹⁾ принимаютъ фунто-футъ, т. е. работу, которую можетъ совершить фунтъ, поднятый на 1 футъ. Мы можемъ на самомъ дѣлѣ примѣнить эту мѣру работы ко всевозможнымъ сортамъ машинъ, ибо всѣ онѣ могутъ приводиться въ движеніе соотвѣтственной гирей, дѣйствующей непосредственно на нѣкоторый валъ. Такимъ образомъ величину двигательной силы для любой машины мы всегда можемъ выразить

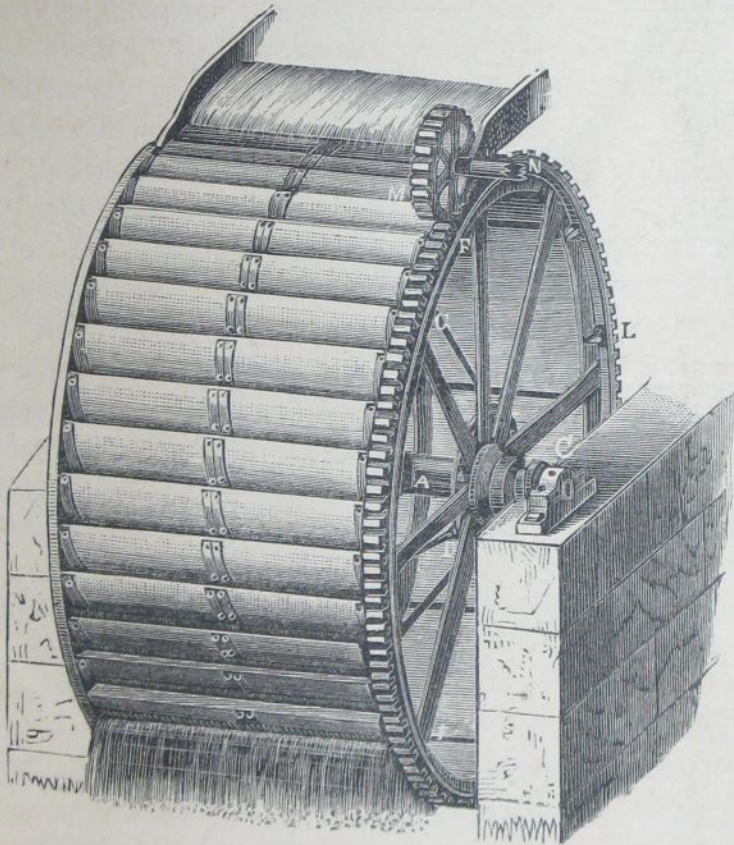
¹⁾ Вышеприведенная единица работы техническая; чтобы перевести ее въ научную единицу, мы должны еще умножить ее на напряженіе тяжести.

при помощи величины груза и высоты, съ которой онъ долженъ опускаться для того, чтобы при данномъ устройствѣ машины поддерживать ея движеніе, пока она совершитъ извѣстную работу. Поэтому и примѣняютъ вездѣ измѣреніе работы въ фунто-футахъ.

На практикѣ, конечно, было бы не выгодно примѣненіе гири, какъ дѣйствующей силы, въ тѣхъ случаяхъ, когда мы принуждены поднять ее силой нашей собственной руки; тутъ было бы проще привести машину въ движеніе непосредственно нашею рукой. Въ часахъ мы примѣняемъ гири для того, чтобы не стоять самимъ цѣлый день у механизма, какъ мы это должны были-бы сдѣлать, если-бы захотѣли непосредственно приводить ихъ въ движеніе. Заводя часы, мы имъ сообщаемъ запасъ силы, достаточный для расходованія въ теченіе сутокъ. Нѣсколько иное получается, когда сама природа поднимаетъ на нѣкоторую высоту тяжесть, которую мы и можемъ заставить производить для насъ работу. Конечно, природа рѣдко поднимаетъ на высоту твердыя тѣла, по крайней мѣрѣ, на столько правильно, чтобы мы могли этимъ воспользоваться; но за то она въ громадныхъ размѣрахъ совершаетъ подниманіе воды, которая метеорологическими процессами собирается на высотахъ горъ, и затѣмъ снова стекаетъ съ нихъ. Тяжесть воды мы употребляемъ, какъ дѣйствующую силу, въ водяныхъ мельницахъ, наиболѣе непосредственно въ такъ называемыхъ водяныхъ наливныхъ колесахъ; такое колесо изображено на фиг. 1. Эти колеса имѣютъ вдоль окружности ящики для воды, повернутые отверстиями къверху на сторонѣ, обращенной къ читателю, а по другую, — отверстиями внизъ. Около М вода вливается сверху въ ящики, находящіеся на передней части колеса, а около F, гдѣ отверстия ящиковъ начинаютъ поворачиваться внизъ, она изъ нихъ выливается. Такимъ образомъ ящики, находящіеся на окружности колеса, наполнены на сторонѣ, обращенной къ читателю, и пусты на противоположной; первые обременены наполняющей ихъ водою, другіе же нѣтъ. Поэтому тяжесть воды постоянно дѣйствуетъ только на одну сторону колеса, заставляя ее опускаться, и такимъ образомъ она приводитъ колесо въ движеніе; противоположная сторона колеса не оказываетъ никакого сопротивленія, т. к. она не содержитъ воды. Здѣсь прежде всего дѣйствуетъ тяжесть опускающейся воды, которая доставляетъ дѣйствующую силу и приводитъ въ движеніе мельницу. Но вамъ понятно, что и здѣсь вода, которая приводитъ въ дѣйствіе мельницу, непременно должна при этомъ опускаться, и что, когда вода опустилась совсѣмъ, то она не потеряла своей тяжести, но, не смотря на это, уже не въ состояніи вертѣть колесо, пока пу-

темъ затраты силы человѣческой руки или какой-нибудь силы природы она не будетъ снова приведена въ верхнюю часть своего русла. Если по выходѣ изъ мельничнаго колеса вода падаетъ еще ниже, то ею можно приводить въ движеніе еще и другія колеса. Но когда наконецъ она достигаетъ самаго глубокаго мѣста своего пути — моря, то ея работоспособность, которую она обладаетъ вслѣдствіе своей тяжести, т. е. вслѣдствіе притяженія земли, совершенно исчерпана, и она своею тяжестью уже не можетъ производить работы, если мы снова не поднимемъ ее вверхъ. А такъ

Фиг. 1.

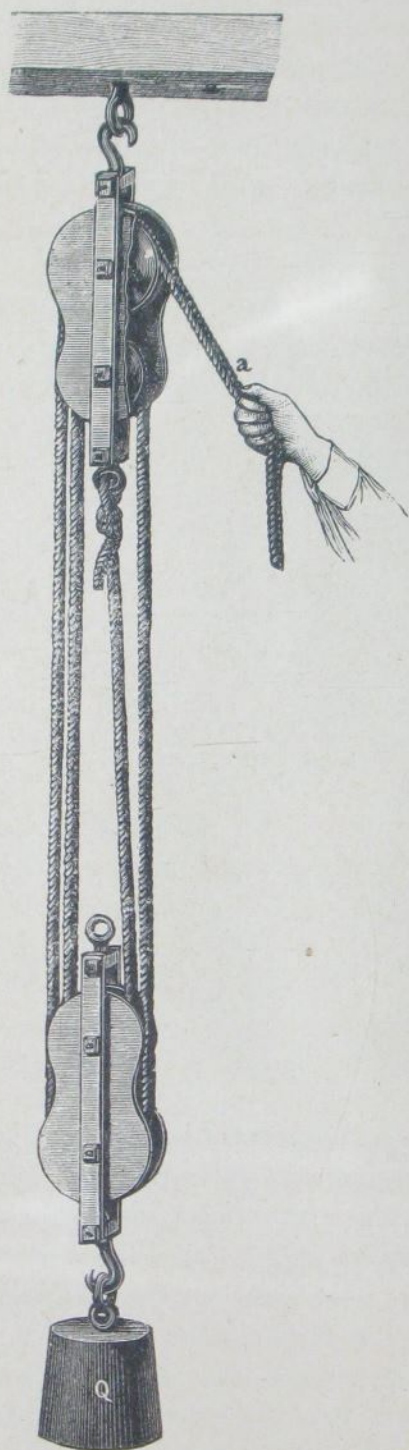


какъ это совершается чрезъ посредство метеорологическихъ процессовъ, то отсюда вы можете легко заключить, что намъ придется разсматривать эти процессы, какъ источники рабочей силы.

Сила воды — первая изъ неорганическихъ силъ, которою научился человѣкъ замѣнять собственную или же силу домашнихъ животныхъ. По Страбону примѣненіе ея уже было извѣстно знаменитому своимъ естественными познаніями королю Митридату Понтійскому, около дворца котораго находилось водяное колесо. У римлянъ примѣненіе этой силы было введено во времена первыхъ императоровъ. И по-сію пору мы находимъ водяныя мель-

ницы во всѣхъ горныхъ долинахъ или около быстро текущихъ и правильно наполняющихся водою ручьевъ и потоковъ. Мы употребляемъ силу воды для всевозможныхъ цѣлей, которыхъ только можно достигнуть при помощи машинъ и для которыхъ она можетъ дать необходимый запасъ рабочей силы. Она приводитъ въ движеніе мельницы, которыя мелютъ зерно, далѣ пилы, молоты и толчеи, прядильные и ткацкіе станки и т. д. Это самая дешевая изъ всѣхъ двигательныхъ силъ; она сама собою постоянно течетъ изъ неиссякаемыхъ запасовъ природы къ человѣку; но она прикрѣплена къ мѣсту и только въ гористыхъ мѣстностяхъ она встрѣчается въ изобиліи.

Фиг. 2.



Прежде чѣмъ перейти къ описанію другихъ дѣйствующихъ силъ, я долженъ разсѣять одно сомнѣніе, которое легко можетъ возникнуть. Мы всѣ знаемъ, что существуютъ различныя машины, полиспасты, рычаги, краны, при помощи которыхъ можно, пользуясь сравнительно незначительной силой, поднять на высоту очень тяжелые грузы. Каждый изъ насъ конечно былъ свидѣтелемъ, какъ одинъ или два работника поднимаютъ воротомъ тяжелый камень, который поднять непосредственно они были-бы совершенно не въ силахъ; или какъ одинъ или два человѣка при помощи крана выгружаютъ громадные и тяжелые ящики съ корабля на берегъ. И такъ, если двигателемъ машины служить

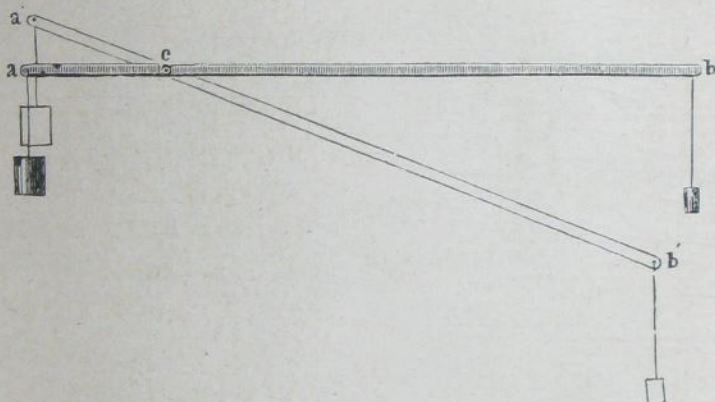
тяжелый грузъ, не явится ли возможности помощью полиспаста

или крана, затративъ меньшій трудъ, снова поднять этотъ грузъ такъ, чтобы онъ опять могъ служить двигательной силой, и такимъ образомъ приобрести большую двигательную силу, не затрачивая соответствующей работы при поднятіи груза?

На это мы отвѣтимъ, что эти инструменты, на сколько они уменьшаютъ силу, настолько же увеличиваютъ продолжительность ея дѣйствія, такъ что при ихъ посредствѣ ничего рѣшительно не выигрывается въ работѣ силы.

Положимъ, что 4 работника должны при помощи каната, перекинутого черезъ валъ, поднять грузъ въ 400 пуд. вѣсомъ. Каждый разъ, какъ они вытянутъ 4 фута веревки, грузъ подымается на 4 фута. Повѣсимъ для сравненія такой-же точно грузъ на

Фиг. 3.



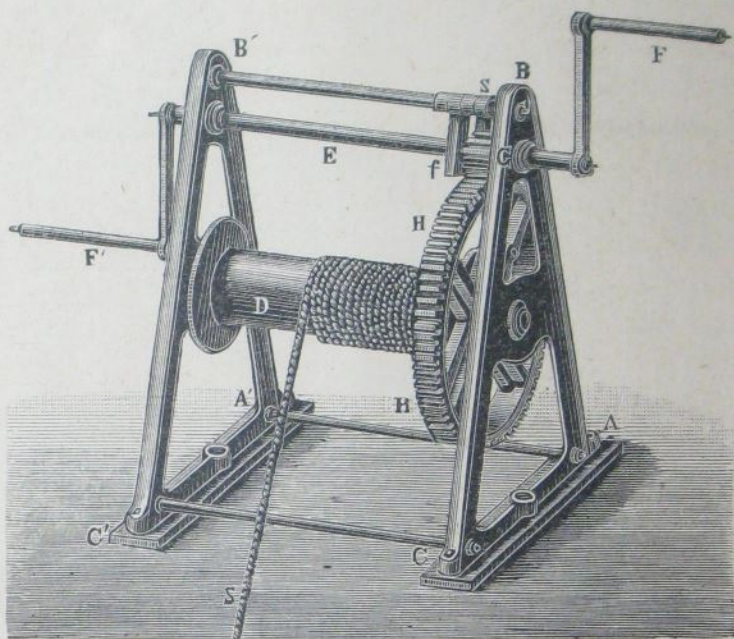
полиспасть изъ четырехъ блоковъ, подобный нарисованному на фиг. 2. Теперь одинъ работникъ будетъ въ состояніи поднять грузъ, употребивъ для этого усиліе, равное усилію каждаго изъ четырехъ работниковъ. Но, когда онъ вытянетъ 4 ф. веревки, грузъ подымается лишь на 1 ф., такъ какъ длина, на которую онъ вытянетъ веревку при точкѣ *a* въ полиспасть распредѣляется равномерно на 4 веревки, такъ что каждая изъ нихъ укоротится лишь на четверть этой длины. И такъ, чтобы поднять грузъ на ту же высоту, одинъ работникъ употребитъ на это въ четверо больше времени, чѣмъ 4 работника. Затрата работы одинакова, работали ли 4 работника въ теченіи $\frac{1}{4}$ часа или одинъ — цѣлый часъ.

Чтобы вмѣсто человѣческой работы примѣнить работу тяжести, подвѣсимъ къ полиспасти гирю въ 400 фунтовъ, а къ концу *a*, за который раньше тянули рабочіе, подвѣсимъ гирю въ 100 фунтовъ. Полиспасть въ равновѣсіи и можетъ быть приведенъ въ движеніе усиліемъ руки, которое не стоитъ принимать

въ расчетъ. 100-фунтовая гири будетъ падать, а 400-фунтовая подыматься. Такимъ образомъ, если не принимать въ расчетъ этого незначительнаго усиля, мы подняли тяжелый грузъ, заставляя падать болѣе легкой. Но обратите вниманіе на то, что легкой грузъ прошелъ въ 4 раза большее разстояніе, чѣмъ тяжелый; 100 фунт., помноженные на 4 фута высоты паденія, дадутъ такъ-же 400 фунто-футовъ, какъ и 400 фунтовъ, помноженные на 1 футъ высоты.

Подобно полиспастамъ дѣйствуютъ и рычаги различнаго вида. Положимъ, что *ab* (фиг. 3) простой двуплечій рычагъ, подпертый

Фиг. 4.



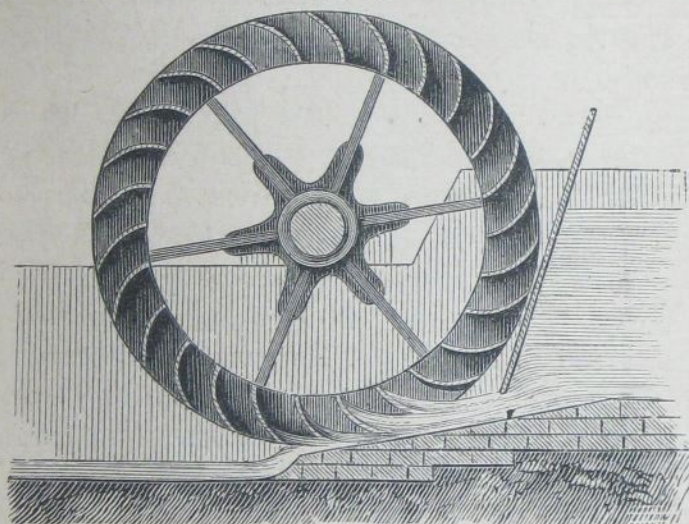
въ точкѣ *C*; его плечо *cb* въ 4 раза длиннѣе *ac*. Если къ *b* подвѣсимъ тяжесть въ 1 фунтъ, а къ концу *a* въ 4 фунта, то рычагъ будетъ въ равновѣсїи и будетъ достаточно малѣйшаго толчка пальцемъ, чтобы привести рычагъ въ положеніе *a'b'*, причемъ четырех-фунтовая гири подымется, а легкая въ 1 фунтъ опустится.

Замѣьте, что и тутъ не получилось выигрыша въ работѣ, такъ какъ въ то время, пока тяжелый грузъ поднялся на 1 дюймъ, легкой опустился на 4 дюйма, а 4 фунта помноженные на 1 дюймъ представляютъ работу, эквивалентную произведенію 1 фунта на 4 дюйма.

Большинство твердыхъ частей машинъ можно разсматривать, какъ видоизмѣненные и сложные рычаги. Такъ напр., зубчатое колесо состоитъ изъ ряда рычаговъ, концы которыхъ представляютъ

изъ себя зубцы; они приходятъ одинъ за другимъ въ дѣйствіе, по мѣрѣ того, какъ разсматриваемый зубецъ захватываетъ за соседнее колесо, или захватывается имъ. Возьмемъ, на примѣръ, воротъ, изображенный на фиг. 4. Положимъ, что зубчатое колесо, находящееся на оси рукоятки, имѣетъ 12 зубцовъ, а колесо *НН*—72, т. е. въ шесть разъ болѣе. Надо рукоятку повернуть 6 разъ, чтобы колесо *Н* и съ скрѣпленный съ нимъ валъ *D* сдѣлали одинъ оборотъ и чтобы веревка, поддерживающая грузъ, поднялась на высоту, равную окружности вала. Работнику потребуется

Фиг. 5.



въ 6 разъ больше времени, но, конечно, за то только 6-я часть той силы, которую ему пришлось бы употребить, если бы рукоятка была прикрѣплена прямо къ оси вала *D*. Такимъ образомъ, во всѣхъ машинахъ и ихъ частяхъ подтверждается, что когда возрастаетъ скорость движенія, то уменьшается сила, а когда возрастаетъ сила, то уменьшается скорость; количество же работы при этомъ никогда не увеличивается.

Въ вышеописанныхъ мельничныхъ колесахъ вода дѣйствуетъ своею тяжестью. Мы имѣемъ еще иной типъ водяныхъ колесъ, такъ называемыхъ подливныхъ, на которыя вода дѣйствуетъ толчками; таково колесо, изображенное на (фиг. 5). Эти колеса употребляются въ тѣхъ мѣстностяхъ, гдѣ высоты, съ которыхъ стекаетъ вода, не настолько велики, чтобы можно было принимать воду на верхнюю часть колеса. Нижняя часть подливныхъ колесъ опущена въ проточную воду, которая ударяетъ въ лопатки и увлекаетъ ихъ за собою. Такія колеса применимы на быстро текущихъ рѣкахъ съ едва замѣтнымъ скатомъ, какъ наприм. на Рейнѣ. Здѣсь нѣтъ необходимости въ томъ, чтобы въ непосред-

ственномъ сосѣдствѣ съ такимъ колесомъ существовало замѣтное паденіе воды, если только она обладаетъ достаточно быстрымъ теченіемъ. Въ этомъ случаѣ дѣйствуетъ и доставляетъ двигательную силу быстрота течения, заставляющая воду ударяться въ лопатки колеса и вращать его.

Другой примѣръ для подобнаго дѣйствія скорости представляютъ вѣтряныя мельницы, которыми пользуются, за недостаткомъ падающей воды, въ большихъ равнинахъ сѣверной Германіи и Голландіи. Здѣсь теченіе воздуха, т. е. вѣтеръ заставляетъ двигаться крылья мельницы. Спокойный воздухъ такъ-же мало приведетъ въ движеніе вѣтряную мельницу, какъ стоячая вода — водяную. Дѣйствующая сила заключается въ быстротѣ двигающихся массъ.

Покоящаяся въ рукѣ ружейная пуля, сама по себѣ, есть незначительный предметъ, тяжесть котораго не можетъ произвести большаго дѣйствія, но вылетая съ большою скоростью изъ дула ружья, она преодолеваетъ, съ ужасной силой, всѣ препятствія.

Когда я тихо кладу головку молотка на гвоздь, то его тяжести и давленія моей руки, навѣрно недостаточно для того, чтобы вдавить гвоздь въ дерево. Но если я съ силою размухнусь молоткомъ и позволю ему упасть съ большою скоростью, то онъ пріобрѣтаетъ новую силу, которая можетъ преодолѣть гораздо большія сопротивленія.

Изъ этихъ примѣровъ мы научаемся считать *скорость* движущейся массы за источникъ дѣйствующей силы. Скорость, по сколько она является движущей силою и способна совершить работу, называется въ механикѣ «*живою силою*». Это названіе не особенно удачно выбрано, ибо оно побуждаетъ думать о силѣ живаго существа. И въ этомъ случаѣ вы видите на примѣрѣ молота и ружейнаго ядра, что быстрота движенія утрачивается по мѣрѣ того, какъ она является источникомъ работающей силы. Конечно, при вѣтряныхъ и водяныхъ мельницахъ слѣдуетъ произвести внимательнѣйшее изслѣдованіе движенія воздушныхъ и водяныхъ массъ, чтобы убѣдиться, что при совершеніи ими работы утрачивается часть первоначальной ихъ скорости.

Отношеніе скорости движенія къ рабочей силѣ выясняется всего проще и очевиднѣе на простомъ маятникѣ, который мы можемъ устроить, привѣсивъ любой грузъ на ниткѣ. Пусть *M* фиг. 6 представляетъ такую тяжесть шаровидной формы, *AB* горизонтальная линія, проходящая черезъ центръ массы шара; *P* точка, къ которой нить прикрѣплена. Если я грузъ *M* поведу по направленію къ *A*, то онъ будетъ двигаться по дугѣ *Ma*, ко-

нецъ которой a лежитъ нѣсколько выше точки A , принадлежащей горизонтальной линіи; значить, грузъ при этомъ подымается на высоту Aa . Потому-то моя рука и должна затратить нѣкоторую опредѣленную рабочую силу, чтобы привести грузъ въ a . Тяжесть сопротивляется этому движенію и старается возвратить грузъ въ M , т. е. въ наиболѣе низко расположенную точку, которую онъ можетъ достигнуть.

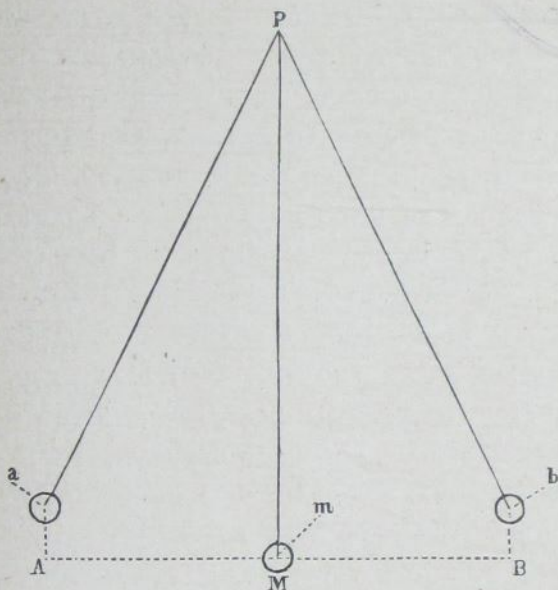
Если я отпущу грузъ, приведя его въ точку a , то онъ повинуется влеченію тяжести и идетъ обратно къ M ; онъ приходитъ въ M съ опредѣленной скоростью, но не оста-

навливаясь, какъ прежде, проходить черезъ M до b и тутъ наконецъ останавливается, описавъ по направленію къ B такую же дугу, какъ раньше по направленію къ A ; и поднявшись надъ горизонтальной линіей на разстояніе Bb , равное высотѣ Aa , на которую грузъ былъ сперва поднять силою моей руки. Отъ точки b маятникъ идетъ назадъ, черезъ M по тому же пути до a и т. д., до тѣхъ поръ, пока его качанія, все уменьшающіяся вслѣдствіе сопротивленія воздуха, наконецъ совсѣмъ не прекратятся.

Вы видите, что объясненіе того, почему грузъ, возвращаясь изъ a , проходитъ черезъ M , не останавливаясь, и противъ силы тяжести достигаетъ b , нужно искать только въ скорости его движенія. Скорость, которую маятникъ приобрѣлъ, спускаясь съ высоты Aa , способна поднять его снова на равную же величину Bb . Скорость движущейся массы M , такимъ образомъ, способна поднять эту массу, что въ механическомъ смыслѣ означаетъ «совершить работу». Это же самое происходитъ и въ томъ случаѣ, если мы сообщимъ подвѣшенному грузу нѣкоторую скорость при помощи толчка.

Изъ сказаннаго мы далѣе можемъ узнать, какъ слѣдуетъ измѣрять рабочую силу скорости или, что то-же, живую силу движущейся массы; она выражается въ футо-фунтахъ работы, которую

Фиг. 6.



можетъ произвести эта масса, послѣ того, какъ ея скорость была употреблена для того, чтобы поднять эту массу, при возможно благоприятныхъ обстоятельствахъ, на возможно большую высоту ¹⁾). При этомъ направленіе скорости не играетъ никакой роли, ибо если мы грузъ станемъ вращать на снуркѣ, то мы можемъ перевести движеніе, направленное внизъ въ движеніе обратное.

Движеніе маятника показываетъ намъ, далѣе, весьма ясно, какъ обѣ до сихъ поръ разсматриваемыя формы рабочей силы, а именно поднятаго груза и движущейся массы, могутъ переходить одна въ другую. Въ точкахъ *a* и *b*, фиг. 6, масса не имѣетъ никакой скорости, но за то она поднята на высоту *Aa* или *Bb*; въ точкѣ *m* она находится на самой низкой точкѣ своего паденія, но зато имѣетъ скорость. Въ то время, какъ грузъ идетъ изъ *A* въ *m*, работа поднятой тяжести превращается въ живую силу; а когда она идетъ отъ *m* къ *b*, то живая сила превращается въ работу приподнятой тяжести. Работа, которую наша рука первоначально сообщила маятнику, не утрачивается во время его качанія, конечно если мы не обращаемъ вниманія на вліяніе сопротивленія воздуха и на треніе; она и не увеличивается, но лишь мѣняетъ свою форму или видъ.

Перейдемъ къ другимъ механическимъ силамъ, къ силамъ упругихъ тѣлъ. Въмѣсто гири, которою заводятся наши стѣнные часы, мы находимъ въ карманныхъ и столовыхъ часахъ стальные пружины, которыя закручиваются, когда мы заводимъ часы, и раскручиваются за тѣ 24 часа, въ теченіе которыхъ часы идутъ. Для закручиванія пружины мы затрачиваемъ силу нашей руки, которая, въ то время, когда мы часы заводимъ, должна преодолѣть упругую силу пружины, какъ при стѣнныхъ часахъ силу тяжести гири. Закрученная пружина способна совершить работу; она затрачиваетъ сообщенную ей способность въ то время, пока приводитъ въ дѣйствіе часовой механизмъ.

Когда я натягиваю тетиву самострѣла и затѣмъ произвожу выстрѣлъ, то согнутая пружина приводитъ въ движеніе стрѣлу; она сообщаетъ ей рабочую силу въ видѣ скорости. Чтобы натянуть тетиву, моя рука должна работать нѣсколько секундъ, эта работа передастся стрѣлѣ въ моментъ выстрѣла. Самострѣлъ сосредоточиваетъ такимъ образомъ всю работу, которую ему сооб-

¹⁾ Мѣра живой силы въ смыслѣ теоретической механики есть половина произведенія вѣса на квадратъ скорости. Чтобы перевести ее въ техническую мѣру работы, надо ее раздѣлить еще на напряженіе тяжести (быстрота паденія въ концѣ первой секунды при свободномъ паденіи).

щилъ моя рука, на одинъ, чрезвычайно короткій моментъ; часы, наоборотъ, растягиваютъ ее на день или даже на нѣсколько дней. Въ обоихъ случаяхъ не получается работы, которую бы не сообщила предварительно инструменту моя рука; она только распредѣляется сообразно цѣли.

Получается нѣчто иное, если я воспользуюсь какимъ либо другимъ физическимъ явленіемъ, чтобы произвести натяженіе въ упругомъ тѣлѣ, не напрягая при этомъ моей руки. Это въ дѣйствительности осуществимо и газы представляются при этомъ наиболѣе удобными посредниками.

Если я напр. стрѣляю изъ заряженнаго порохомъ ружья, то бѣльшая часть сгорающаго пороха превращается въ газы очень высокой температуры, которые стремятся сильно расшириться, и въ томъ узкомъ пространствѣ, въ которомъ они образовались, могутъ быть удержаны только посредствомъ сильнаго на нихъ давленія. Расширяясь, они толкаютъ впередъ собою пулю и сообщаютъ ей большую скорость, которая какъ мы уже знаемъ, есть одинъ изъ видовъ рабочей силы.

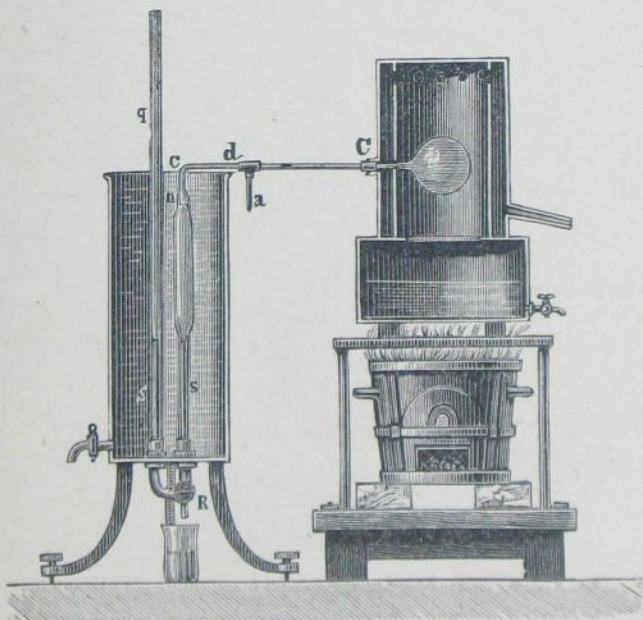
Въ этомъ случаѣ я получилъ работу, которую не произвела моя рука; при этомъ было затрачено нѣчто иное, а именно порохъ,

Фиг. 7.

составныя части котораго вступили въ новое химическое соединеніе, изъ котораго они не могутъ быть снова приведены къ ихъ прежнему состоянію безъ затраты чего-либо. Такимъ образомъ, благодаря вліянію совершившагося химическаго процесса, мы приобрѣли рабочую силу.

Въ гораздо бѣльшемъ масштабѣ вызываются упругія силы въ газахъ подѣ вліяніемъ теплоты.

Возьмемъ, какъ наипростѣйшій примѣръ, атмосферный воздухъ. На фиг. 7 представленъ приборъ, которымъ пользовался *Regnault* для измѣренія силы расширенія нагрѣтаго газа. Если не

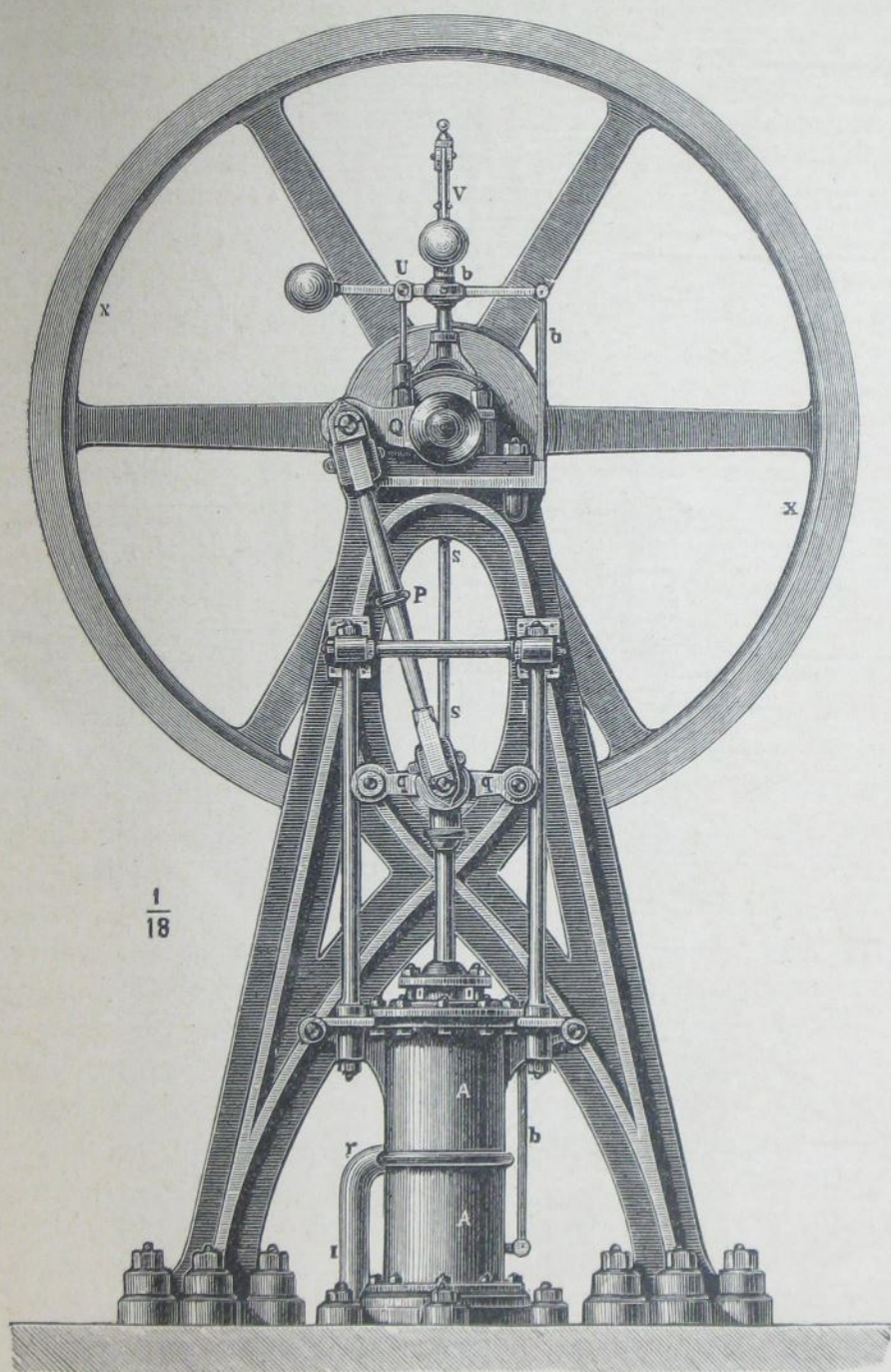


требуется точнаго измѣренія, то этотъ же самый аппаратъ можно устроить гораздо проще. При C имѣется стеклянный шаръ, наполненный сухимъ воздухомъ и вставленный въ жестяной сосудъ, который согрѣвается парами постоянно кипящей воды. Этотъ шаръ сообщается съ U -образной, наполненной жидкостью, трубкой Ss , вѣтви которой сообщаются между собою при соответствующемъ положеніи крана R . Если жидкость находится въ равновѣсіи въ трубкѣ Ss , когда шаръ холодный, то она будетъ подыматься и наконецъ вытекать изъ колѣна S , когда мы будемъ шаръ нагрѣвать. Наоборотъ, если при нагрѣтомъ шарѣ снова возстановить равновѣсіе жидкости, выливъ часть ея черезъ R , то по охлажденіи шара она будетъ всасываться по направленію къ n . Въ обоихъ случаяхъ жидкость подымается, причемъ совершается нѣкоторая работа.

Въ большихъ размѣрахъ вы видите этотъ опытъ, непрерывно повторяющимся, въ паровыхъ машинахъ. Чтобы поддержать продолжительное расширеніе газа въ котлѣ, замѣняютъ воздухъ шара (чер. 7), который быстро достигъ бы maximum'a своего расширенія, котломъ съ водою, которую притекающая теплота безпрестанно превращаетъ въ паръ; водяной паръ, пока онъ остается какъ таковой, есть упругій газъ, который стремится расшириться, точно такъ, какъ атмосферный воздухъ. Въмѣсто столба жидкости, которая подымалась упругой силой газа въ нашемъ послѣднемъ опытѣ, въ паровой машинѣ заставляютъ подыматься вверхъ твердый поршень, который можетъ свое движеніе передавать другимъ частямъ машины. Чертежъ 8 изображаетъ работающія части машины высокаго давленія спереди, а черт. 9, въ поперечномъ боковомъ разрѣзѣ. Котель, въ которомъ образуется паръ, не нарисованъ; паръ проходитъ изъ него по трубкѣ zz , черт. 9, въ цилиндръ AA , въ которомъ движется плотно прилегающій поршень C . Части, которыя помѣщаются между трубкою zz и цилиндромъ AA , именно подвижной клапанъ (золотникъ) въ цилиндрѣ KK и двѣ трубки d и e , служатъ для того, чтобы, смотря по положенію клапана, или пропускать паръ по d въ нижнюю часть цилиндра A подъ поршень, или же въ верхнюю надъ поршень, тогда какъ, одновременно съ этимъ, паръ изъ другой половины цилиндра получаетъ свободный выходъ наружу. Если паръ идетъ подъ поршень, то онъ его подымаетъ вверхъ; когда поршень дошелъ до верху, то, измѣняя положеніе клапана въ KK , мы даемъ пару возможность войти въ цилиндръ надъ поршень и опустить его. Поршень дѣйствуетъ помощью вращающагося вокругъ него стержня P на рукоятку Q маховаго колеса X и приводитъ послѣднее во

вращеніе. Движеніе этого колеса регулируетъ, при помощи приспособленія *s*, движеніе клапана; мы не станемъ разсматривать по-

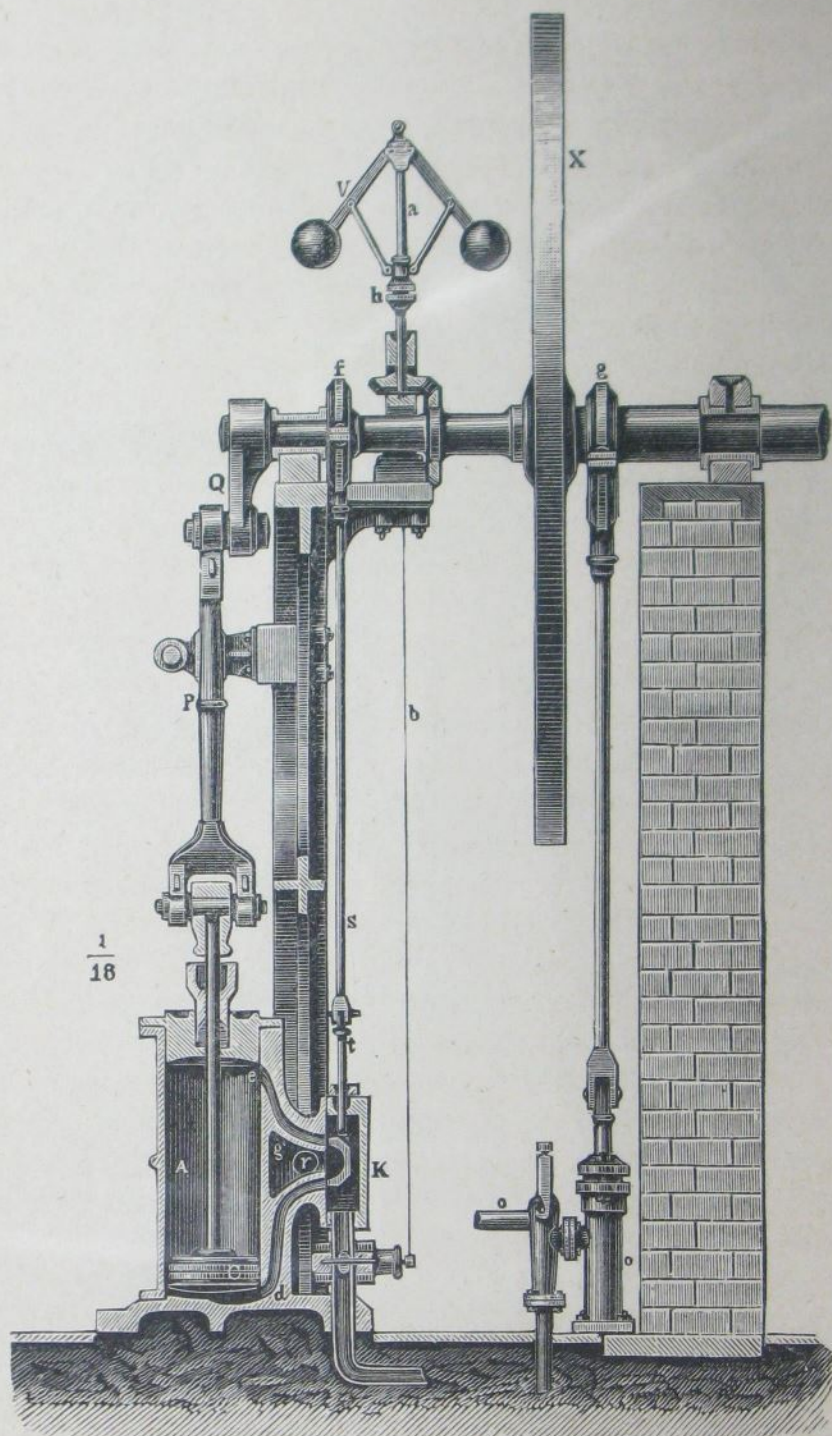
Фиг. 8.



дробнѣе его механическаго устройства, хотя оно очень остроумно. Намъ здѣсь интересуется только, какимъ образомъ теплота даетъ упругій сжатый паръ, и какъ этотъ паръ, своимъ стремленіемъ

расшириться, принужденъ приводить въ движеніе тяжелыя части машины и доставлять намъ рабочую силу.

Фиг. 9.



Намъ всёмъ извѣстно, какъ велико и разнообразно примѣненіе паровыхъ машинъ; съ нихъ, собственно, началось то великое

развитіе промышленности, которымъ отличается наше столѣтіе отъ всѣхъ предыдущихъ. Преимущество ихъ надъ ранѣе извѣстными движущими силами заключается въ томъ, что онѣ не связаны съ опредѣленнымъ мѣстомъ. Запасъ каменнаго угля и незначительное количество воды, которые служатъ источниками ихъ движущей силы, можно легко вездѣ припасти; именно вслѣдствіе этого-то мы можемъ паровую машину сдѣлать даже самодвигающейся, какъ мы это видимъ на примѣръ въ локомотивахъ и на пароходахъ. Помощью этихъ машинъ возможно на всякомъ мѣстѣ земной поверхности такъ же, какъ и въ глубокихъ горныхъ шахтахъ и среди моря, получить почти безграничное количество рабочей силы, между тѣмъ какъ водяныя и вѣтряныя мельницы неразрывно связаны съ опредѣленнымъ мѣстомъ на земной поверхности. Локомотивъ перевозитъ теперь путешественниковъ и товары въ такомъ количествѣ и съ такою быстротой, которая нашимъ отцамъ могла-бы показаться невѣроятной сказкой, такъ какъ они смотрѣли на свои убогія почтовые кареты съ шестью пассажирами внутри, двигавшіяся съ быстротою одной мили въ часъ, какъ на большой шагъ впередъ. Пароходы переправляются черезъ океанъ, независая отъ направленія вѣтра, стойко вынося бурю, которая отвлекла-бы парусное судно отъ его пути, и къ опредѣленному времени достигаютъ назначенной пристани. Выгода, которую представляетъ для всѣхъ родовъ промышленности скопленіе множества рабочихъ, искусныхъ въ различныхъ ремеслахъ, въ большихъ городахъ, гдѣ по большей части нельзя располагать силою вѣтра или воды, увеличивается, если при помощи паровыхъ машинъ доставлять необходимую сырую силу и сохранять для лучшихъ цѣлей осмысленную работу человѣка. Вездѣ, гдѣ качество почвы или сосѣдство удобныхъ торговыхъ путей представляетъ выгодныя условія для развитія промышленности, паровыя машины являются готовымъ источникомъ силъ.

Итакъ мы видимъ, что теплота можетъ явиться источникомъ механической рабочей силы. Во всѣхъ выше разсмотрѣнныхъ случаяхъ мы нашли, что количество рабочей силы, получающейся при нѣкоторомъ физическомъ процессѣ, всегда опредѣленно и ограничено, и что дальнѣйшая работоспособность естественной силы уменьшается или уничтожается при производствѣ работы. Какъ обстоитъ дѣло въ этомъ отношеніи съ теплотою?

Этотъ вопросъ имѣлъ рѣшающее значеніе, когда старались распространить законъ сохранения силы на всѣ естественные процессы. Въ отвѣтъ на него коренилась существеннѣйшая разница между старымъ и новымъ возрѣніемъ на явленія, сюда относя-

щіяся. Поэтому многіе фізики называютъ возрѣніе на теплоту, соотвѣтствующее закону сохраненія силъ, «механическою теоріей тепла».

Старое ученіе о природѣ тепла считало теплоту матеріей, хотя очень тонкой и невѣсомой, но неразрушимой и неизмѣнной по количеству, что, какъ извѣстно, есть основное свойство всякой матеріи. Въ самомъ дѣлѣ, количество той теплоты, которую можно измѣрять термометромъ, остается во многихъ явленіяхъ неизмѣненнымъ. Теплота можетъ переходить непосредственно (теплопроводность) или лучеиспусканіемъ съ болѣе теплыхъ къ болѣе холоднымъ тѣламъ, и то количество тепла, которое теряютъ первыя, появляется на вторыхъ, какъ это видно изъ показаній термометровъ. Впрочемъ, были найдены нѣкоторыя явленія, а именно переходы изъ твердаго состоянія въ жидкое или газообразное, при которыхъ теплота исчезаетъ, по крайней мѣрѣ, для термометра. Но когда мы газъ приводимъ опять въ жидкое состояніе, а изъ жидкаго въ твердое, то снова появляется то количество теплоты, которое сперва казалось потеряннымъ. Такое состояніе назвали скрытымъ состояніемъ теплоты. По этому возрѣнію жидкая вода отличается отъ льда тѣмъ, что она содержитъ извѣстное количество скрытой или связанной тепловой матеріи, которая, именно вслѣдствіе того, что она «связана», не можетъ перейти на термометръ и быть имъ обнаружена. Паръ содержитъ еще большее количество скрытой теплоты. Но если мы приведемъ паръ въ жидкость, а воду снова превратимъ въ ледъ, то мы получимъ обратно то-же самое количество тепла, которое было скрыто при таяніи льда и при превращеніи воды въ паръ.

Наконецъ, теплота то появляется, то снова исчезаетъ въ химическихъ процессахъ. Но и здѣсь можно было провести гипотезу, что разные химическіе элементы и соединенія заключаютъ извѣстное постоянное количество скрытой теплоты, которое при химическихъ процессахъ то появляется, то снова переводится въ скрытое состояніе, и точные опыты показали, что количество теплоты, которое появляется при химическомъ процессѣ, напримѣръ при сжиганіи фунта чистаго угля въ углекислоту, есть такъ же постоянная величина, независимо отъ того, совершается ли сжиганіе тихо или быстро, разомъ или постепенно. Такимъ образомъ, все прекрасно согласовалось съ гипотезой, которую положили въ основаніе ученія о теплотѣ, какъ о матеріи, которая не мѣняется количественно. Всѣ эти кратко изложенные здѣсь естественные процессы были предметомъ обширныхъ эксперименталь-

ныхъ и математическихъ изслѣдованій великихъ французскихъ физиковъ послѣднихъ десятилѣтій прошлаго и первыхъ десятилѣтій текущаго столѣтія, и изъ ихъ изслѣдованій образовался цѣлый отдѣлъ физики, въ которомъ все согласовалось съ гипотезой, что теплота есть матерія. Съ другой стороны, объяснить неизмѣняемость количества теплоты при всѣхъ этихъ процессахъ никакъ не могли иначе, чѣмъ исходя изъ гипотезы, что теплота есть матерія.

Но отношеніе теплоты именно къ механической работѣ точнѣе не было изслѣдовано. Впрочемъ, французскій инженеръ Sadi Carnot, сынъ знаменитаго военнаго министра временъ революціи, старался опредѣлить (1824) механическую работу, которую совершаетъ теплота, допуская, что предполагаемая тепловая матерія стремится, подобно газу, расширяться; и на самомъ дѣлѣ, исходя изъ этого представленія, онъ вывелъ замѣчательный законъ работоспособности теплоты, который и до сихъ поръ, конечно съ существенными измѣненіями, введенными Clausius'омъ, входитъ въ основаніе новой, такъ называемой «механической теоріи тепла». Практическія слѣдствія, вытекающія изъ этого закона, на сколько ихъ въ то время могли провѣрить опытомъ, всегда оказывались справедливыми.

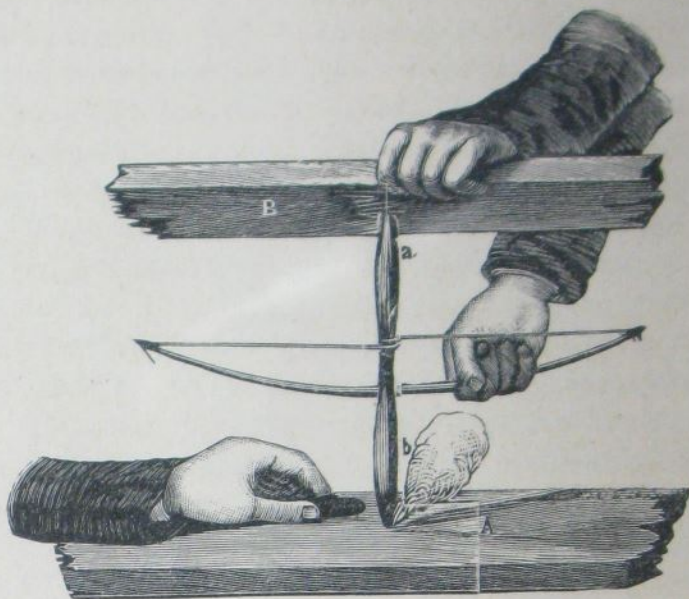
Однако въ то-же время опытъ показывалъ, что при всякомъ треніи двухъ тѣлъ появляется теплота; но, откуда она берется, не могли указать.

Это явленіе всѣмъ извѣстно. Ось колеса повозки, которая плохо смазана и сильно трется, становится настолько теплою, что можетъ загорѣться: быстро бѣгущія машинныя колеса на желѣзныхъ осяхъ могутъ привариться къ своимъ подшипникамъ. Не требуется даже сильнаго тренія, чтобы произвести замѣтную теплоту. Всякая спичка, которую, посредствомъ тренія одного ея мѣста, вы такъ нагрѣваете, что находящаяся тамъ фосфорная масса воспламеняется, можетъ служить примѣромъ. Вамъ достаточно потерѣть, сильно нажимая другъ на друга, сухія ладони, чтобы почувствовать нагрѣваніе, которое гораздо значительнѣе обыкновеннаго нагрѣванія рукъ, когда онѣ, соприкасаясь, спокойно лежатъ одна возлѣ другой; ясный запахъ гари, испускаемый при этомъ ладонями, показываетъ, что роговая верхняя кожа ладони на поверхности обожжена. Дикіе народы добываютъ огонь треніемъ двухъ кусковъ дерева. Съ этой цѣлью они приводятъ острое веретено изъ твердаго дерева въ быстрое вращеніе на подставкѣ изъ мягкаго дерева, какъ это показано на фиг. 10.

Пока дѣло шло о треніи твердыхъ тѣлъ, одного объ другое, причемъ поверхностныя частички отрываются и сжимаются, можно

было еще думать, что какое нибудь измѣненіе строенія трущихся тѣлъ является причиною выдѣленія скрытой теплоты, которая и обнаруживается какъ теплота тренія.

Фиг. 10.



Но можно вызвать теплоту треніемъ жидкихъ тѣлъ, гдѣ не можетъ быть рѣчи объ измѣненіи структуры и объ освобожденіи, скрытой теплоты. Первый рѣшительный опытъ, въ этомъ родѣ, былъ произведенъ, въ началѣ этого столѣтія, сэромъ Нуприу Даву. Онъ теръ въ охлажденномъ пространствѣ 2 куска льда одинъ объ другой и довелъ ихъ до таянія. Скрытая теплота, которую должна была поглотить образовавшаяся вода, не могла появиться изъ холоднаго льда, не могла быть порождена какимъ либо измѣненіемъ строенія, не могла ни откуда произойти, какъ только изъ тренія и должна была быть создана самимъ треніемъ.

Какъ треніемъ, такъ и ударомъ неупругихъ тѣлъ можно произвести теплоту. Это замѣчается, напримѣръ, когда мы при помощи кремня и стали высѣкаемъ огонь, или когда мы сильными ударами молота продолжительно обрабатываемъ полосу желѣза.

Когда мы поразмыслимъ надъ механическимъ значеніемъ удара неупругаго тѣла и тренія, то мы увидимъ, что оба эти явленія суть причины, которыя приводятъ въ покой движущіяся тѣла. Движущееся тѣло, движенію котораго не препятствуетъ никакая сопротивляющаяся ему сила, продолжало бы свое движеніе до безконечности. Примѣръ мы имѣемъ въ движеніи планетъ. Пови-

димому, подобное никогда не наблюдается при движеніи земныхъ тѣлъ, такъ какъ они всегда соприкасаются съ другими, покоящимися тѣлами и трутся объ нихъ. Мы въ значительной степени можемъ уменьшить ихъ треніе, но никогда не можемъ его уничтожить. Колесо, которое вращается вокругъ хорошо отшлифованной оси, получивъ толчекъ, продолжаетъ долгое время свое вращательное движеніе, и тѣмъ дольше, чѣмъ тоньше ось и глаже ея поверхность, чѣмъ лучше она смазана и чѣмъ меньше давленіе, которое она испытываетъ. Но все-таки живая сила движенія, которую мы сообщили такому колесу посредствомъ толчка, тратится въ концѣ концовъ, благодаря тренію. Она исчезаетъ и на первый взглядъ можетъ показаться, что имѣвшаяся живая сила колеса уничтожилась безо всякой замѣны.

Шаръ, который мы катимъ по гладкому пути, продолжаетъ катиться, пока его скорость не уничтожится треніемъ о путь и тѣми малыми ударами, которые шаръ получаетъ отъ его неровностей. Маятникъ, который мы привели въ колебаніе, можетъ колебаться, при хорошемъ подвѣсѣ, цѣлые часы, не будучи приводимъ въ это движеніе часовымъ механизмомъ; вслѣдствіе легкаго тренія объ окружающій воздухъ и точку своего привѣса онъ, наконецъ, приходитъ въ покой. Камень, падающій съ высоты, достигаетъ опредѣленной скорости въ моментъ, когда доходитъ до земли; эта скорость, какъ мы знаемъ эквивалентна нѣкоторой механической работѣ; пока эта скорость еще остается какъ таковая, мы можемъ при помощи соотвѣтствующаго механизма направить ее вверхъ и воспользоваться ею, чтобы снова поднять камень на высоту. Наконецъ, камень ударяется объ землю и приходитъ въ покой; толчекъ уничтожилъ его скорость, а вмѣстѣ съ ней повидимому и механическую работу, которую эта скорость еще могла бы произвести. Если мы соединимъ результаты всѣхъ этихъ примѣровъ, число которыхъ можетъ быть увеличено ежедневнымъ опытомъ каждаго изъ васъ, то мы увидимъ: треніе и ударъ неупругаго тѣла суть явленія, результатомъ которыхъ обнаруживается уничтоженіе механической работы и возникновеніе теплоты.

Упомянутые опыты Joule'я ведутъ насъ далѣе. Онъ измѣрялъ футо-фунтами то количество работы, которое уничтожалось черезъ треніе жидкихъ или твердыхъ тѣлъ, равно какъ и количество возникающей при этомъ теплоты, и нашелъ между обоими опредѣленную зависимость. Изъ его изслѣдованій явствуетъ, что если посредствомъ затраты механической работы производится теплота, то потребно вполнѣ опредѣленное количество работы, чтобы получить то количество теплоты, которое физиками принимается за единицу,

а именно то количество, которое может нагрѣть 1 гр. воды на одинъ градусъ стоградуснаго термометра. Необходимое для этого количество работы, которое по лучшимъ изслѣдованіямъ Joule'я, равно работѣ, производимой однимъ граммомъ, падающихъ съ высоты 425 метровъ. Чтобы показать согласіе полученныхъ имъ чисель, я здѣсь привожу результаты ряда нѣкоторыхъ изслѣдованій, которыхъ онъ достигъ послѣ введенія разныхъ улучшеній въ свою методу.

1. Рядъ опытовъ, въ которыхъ треніемъ нагрѣвалась вода въ мѣдномъ сосудѣ. Внутри этого сосуда вращалась вертикальная ось, снабженная 16 лопастями, а вызванное ими круговое движеніе воды уничтожалось рядомъ стѣнокъ, разграничивавшихъ сосудъ. Послѣднія имѣли прорѣзы какъ разъ такой величины, чтобы свободно пропускать лопасти. Значеніе эквивалента было 424,9 метр.

2. Два ряда подобныхъ же опытовъ, причемъ трущею жидкостью была ртуть въ желѣзномъ сосудѣ, дали 425 и 426,3 метр.

3. Два ряда опытовъ, въ которыхъ 2 коническихъ желѣзныхъ кольца терлись одно объ другое, оба окруженныя ртутью, дали 426,7 и 425,6 метр.

То-же самое соотношеніе между теплотою и работою было найдено и при обратномъ процессѣ, когда работа являлась результатомъ затраты тепла. Чтобы воспроизвести этотъ процессъ въ условіяхъ, дающихъ возможность услѣдить за нимъ, берутъ обыкновенно постоянные газы, а не пары, хотя послѣдніе и болѣе удобны для производства большихъ количествъ работы, напр. въ паровой машинѣ.

Замѣчено, что газъ, когда его заставляютъ постепенно расширяться,—охлаждается. Причину этого явленія первый разъяснилъ Joule. При своемъ расширеніи газъ долженъ преодолевать сопротивленіе, производимое давленіемъ воздуха и стѣнкою сосуда, которая медленно поддается дѣйствію газа; если стѣнка перемѣщается рукою человѣка, то газъ, по крайней мѣрѣ, способствуетъ этому перемѣщенію. Такимъ образомъ, газъ работаетъ; эта работа производится на счетъ его теплоты и въ результатѣ получается охлажденіе. Если газъ расширяется въ безвоздушное пространство, гдѣ онъ не встрѣчаетъ никакого сопротивленія, то, какъ показалъ Joule, охлажденія не происходитъ: если даже отдѣльныя части и охлаждаются, то другія нагрѣваются и, окончательно, температура всего газа оказывается тою-же, какою была до его расширенія.

Изъ прежнихъ физическихъ опытовъ, а частію изъ новѣйшихъ опредѣленій Regnault извѣстно, сколько теплоты развиваютъ различные газы при сжатіи, и какое количество работы потребно для производства этого сжатія и, наоборотъ, сколько теплоты въ газахъ исчезаетъ, когда они расширяются подъ давленіемъ, равнымъ ихъ собственному, и какое количество работы они производятъ при этомъ, преодолевая давленіе. Численныя значенія механическаго эквивалента теплоты, опредѣленныя на основаніи этихъ данныхъ, для различныхъ газовъ суть слѣдующія:

Опыты съ атмосфер. воздухомъ даютъ	426,0
» » кислородомъ.	425,7
» » азотомъ	431,3
» » водородомъ	425,3

Нельзя требовать большаго согласія этихъ чиселъ, полученныхъ столь разнообразными изслѣдованіями различныхъ наблюдателей, съ тѣми числами, которыя выражаютъ эквивалентность теплоты и механической работы при треніи.

Итакъ: извѣстное количество теплоты можетъ быть обращено въ опредѣленное количество работы, и наоборотъ — эта работа можетъ обратно перейти въ то-же самое количество теплоты, изъ котораго она получена. Выражаясь языкомъ механики, эти количества теплоты и работы эквивалентны другъ другу. Теплота — это новая форма, въ которой можетъ проявиться данное количество рабочей силы.

Эти данныя не позволяютъ намъ болѣе смотрѣть на теплоту какъ на родъ матеріи, ибо количество ея не остается всегда неизмѣннымъ. Она можетъ быть вновь создана на счетъ живой силы уничтожившагося движенія и, въ свою очередь, будучи уничтожена, она производитъ движеніе. Изъ этого мы можемъ скорѣе всего заключить, что теплота сама есть движеніе — внутреннее невидимое движеніе мельчайшихъ частицъ вещества. Поэтому-то, когда, вслѣдствіе тренія или толчка, движеніе кажется намъ прекратившимся, на самомъ дѣлѣ оно не уничтожилось, а только перешло съ большихъ видимыхъ массъ на ихъ мельчайшія частицы; обратно — въ паровой машинѣ внутреннее движеніе нагрѣтыхъ частицъ газа передается поршню машины, собирается на немъ и даетъ одно общее его движеніе.

Что касается формы этого внутренняго движенія, то пока съ нѣкоторой вѣроятностью можно сказать о ней только по отношенію къ газамъ. Ихъ частицы, вѣроятно, движутся прямолинейно въ различныхъ направленіяхъ безъ всякаго порядка; это напра-

вленіе движенія онѣ постоянно мѣняютъ, сталкиваясь другъ съ другомъ или отражаясь отъ стѣнокъ сосуда. Такимъ образомъ газъ напоминаетъ рой мошекъ; но частицы его въ безконечное число разъ мельче и болѣе сближены. Эта гипотеза была высказана Крѳеніг'омъ, Клаузіус'омъ и Махвелл'омъ; она даетъ намъ ясное представленіе о всѣхъ явленіяхъ, происходящихъ въ газахъ.

То, что прежніе физики принимали за постоянное количество тепловой матеріи, есть ничто иное, какъ полная рабочая сила тепловаго движенія, которая остается постоянной только до тѣхъ поръ, пока не перейдетъ въ другія формы работы, или сама не возникнетъ изъ другихъ формъ работы.

Обратимся еще къ одной формѣ силъ природы, способныхъ произвести работу, именно къ силамъ химическимъ. Съ ними мы уже встрѣчались выше. Это тѣ силы, которыя являются первоначальной причиной способности пороха взрывать, а также работоспособности паровой машины, ибо теплота, употребляемая въ ней, доставляется горѣніемъ угля, т. е. химическимъ процессомъ. Горѣніе угля есть химическое соединеніе углерода съ кислородомъ воздуха, возникающее вслѣдствіе химическаго сродства этихъ двухъ элементовъ другъ къ другу.

Эту силу мы можемъ разсматривать, какъ взаимное притяженіе частицъ двухъ веществъ, дѣйствующее только въ томъ случаѣ, когда частицы обоихъ веществъ чрезвычайно сближены между собою.

Такіе силы дѣйствуютъ при горѣніи: атомы углерода и кислорода соединяются и образуютъ новое вещество—углекислоту, вещество газообразное, вѣроятно знакомое всѣмъ вамъ, т. к. это тотъ газъ, который поднимается въ видѣ пузырьковъ изъ различныхъ шипучихъ напитковъ: пива, шампанскаго и т. д.

Притягательная сила, существующая между атомами углерода и кислорода, способна произвести работу, такъ-же, какъ и сила притяженія земли, дѣйствующая на приподнятое тяжелое тѣло. Такое тѣло, падая на землю, производитъ сотрясеніе, которое частію передается въ окружающую среду въ видѣ звука, а частію остается въ немъ въ видѣ теплоты. То-же самое мы должны ожидать, какъ слѣдствіе притяженія химическаго: послѣ того какъ атомы углерода и кислорода устремятся другъ къ другу и соединятся въ частицы углекислоты, эти частицы должны находиться въ сильномъ молекулярномъ движеніи, т. е. въ движеніи тепловомъ. И, дѣйствительно, мы это и наблюдаемъ.

Одинъ фунтъ угля, соединяясь съ кислородомъ воздуха въ углекислоту, даетъ такое количество теплоты, которое можетъ нагрѣть 80,9 фунта воды отъ 0° до температуры кипѣнія; при этомъ, подобно тому, какъ количество работы, произведенное падающимъ грузомъ, не зависитъ отъ того, быстро или медленно онъ падаетъ, такъ и количество теплоты, даваемое горѣніемъ угля, остается всегда одно и то же, будетъ-ли уголь сожженъ быстро или медленно, сразу или по частямъ.

Когда уголь сгоритъ, то вмѣсто него и употребленнаго на горѣніе кислорода мы получаемъ газообразный продуктъ горѣнія, углекислоту, находящуюся въ раскаленномъ состояніи.

Когда она отдастъ свою теплоту окружающей средѣ, въ ней мы будемъ имѣть весь углеродъ и весь кислородъ, которые были и до горѣнія, и сила сродства ихъ другъ къ другу остается прежняя. Но теперь эта сила сродства проявляется только въ томъ, что она весьма крѣпко связываетъ атомы кислорода съ атомами углерода; она уже не способна произвести работу или теплоту, такъ же, какъ разъ упавшій грузъ не можетъ произвести работы, пока посторонняя сила его не приподниметъ. Поэтому, когда уголь сожженъ, мы не заботимся удержать получившуюся углекислоту, такъ какъ она намъ далѣе уже ничѣмъ не можетъ быть полезна; напротивъ мы стараемся поскорѣе ее удалить изъ нашихъ жилищъ при помощи дымовыхъ трубъ.

Возможно-ли разъединить составныя части углекислоты и снова возвратитъ имъ ту работоспособность, какою онѣ первоначально обладали до ихъ соединенія, подобно тому, какъ мы можемъ возстановить энергію груза, поднимая его съ земли? Оказывается, что это дѣйствительно возможно.

Ниже мы увидимъ, какъ происходитъ процессъ разложенія углекислоты въ жизни растений. Можно, конечно, достигнуть разложенія углекислоты на составляющіе ее элементы и путемъ неорганическихъ процессовъ, но путь этотъ сложенъ и изложеніе его здѣсь отвлекло бы насъ слишкомъ далеко отъ нашего предмета.

Подобный процессъ прямо и легко можетъ быть воспроизведенъ для другого химическаго элемента, который, подобно углероду, можетъ быть сожженъ; этотъ элементъ водородъ. Онъ такъ же, какъ и углеродъ, является постоянною составною частью всѣхъ горючихъ растительныхъ веществъ, а также между прочимъ главною составною частію того газа, который употребляется для освѣщенія нашихъ улицъ и жилищъ.

Въ чистомъ видѣ онъ представляетъ собою легчайшій изъ всѣхъ газовъ; будучи зажженъ, онъ горитъ слабо свѣтящимъ го-

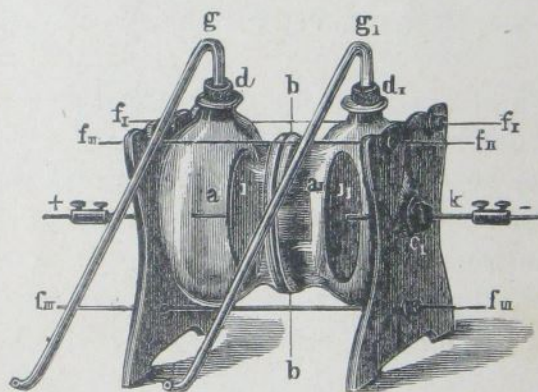
лубымъ пламенемъ. При его сгораніи, т. е. при химическомъ соединеніи водорода съ кислородомъ, выдѣляется очень значительное количество теплоты; такъ, при сгораніи извѣстнаго вѣсоваго количества водорода выдѣляется вчетверо болѣе теплоты, чѣмъ при сгораніи такого же по вѣсу количества углерода.

Продуктомъ горѣнія въ этомъ случаѣ является вода; сама она уже не можетъ болѣе горѣть, такъ какъ входящій въ нее водородъ вполне связанъ съ кислородомъ. Сила сродства водорода къ кислороду производитъ работу при горѣніи водорода, какъ и сила сродства углерода къ кислороду: эта работа является въ видѣ теплоты.

Въ водѣ, полученной при горѣніи водорода, продолжаетъ существовать сила сродства между двумя элементами, составляющими ее, но работоспособность элементовъ потеряна. Чтобы снова воспользоваться ею, мы должны разъединить оба элемента, оторвать ихъ атомы одинъ отъ другого.

Этого мы можемъ достигнуть при помощи электрическаго тока. Аппаратъ, изображенный на черт. 11, состоитъ изъ двухъ стеклянныхъ сосудовъ a и a_1 , наполненныхъ подкисленной водой.

Фиг. 11.



Эти 2 сосуда отдѣляются другъ отъ друга пористой глиняной перегородкой, сквозь которую можетъ проходить вода.

Съ обѣихъ сторонъ введены въ сосуды платиновыя проволоки k , оканчивающіяся внутри сосудовъ платиновыми пластинками i и i_1 . При пропусканіи гальваническаго тока черезъ платиновыя

проволоки k въ воду, вы увидите, какъ съ пластинокъ начнутъ подниматься пузырьки; эти пузырьки и суть два элемента, входящіе въ составъ воды; съ одной стороны водородъ, съ другой—кислородъ. Выдѣляющіеся газы отводятся при помощи трубокъ g и g_1 . Если мы подождемъ, пока верхнія части стеклянныхъ сосудовъ и трубки наполнятся газомъ, то, открывъ одну изъ трубокъ, мы можемъ зажечь водородъ; онъ будетъ горѣть голубымъ пламенемъ.

Если поднести тлѣющую лучину къ отверстию другой трубки, то лучина воспламенится, какъ это всегда бываетъ въ кислородѣ, такъ какъ онъ гораздо интенсивнѣе поддерживаетъ процессы го-

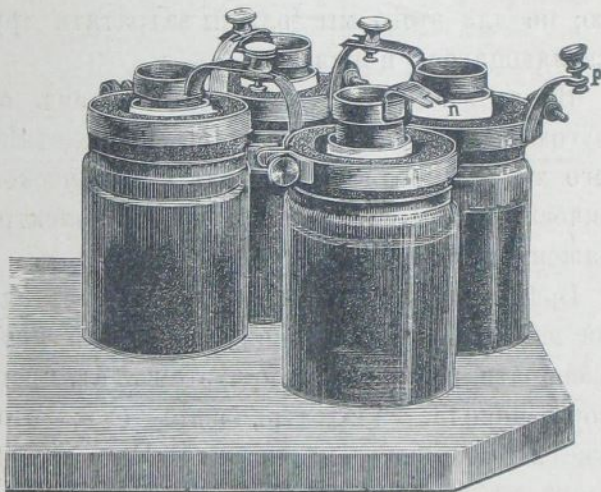
рѣнія, чѣмъ атмосферный воздухъ, въ которомъ кислородъ смѣшанъ съ азотомъ и составляетъ только $\frac{1}{5}$ часть по объему.

Если я буду держать надъ водороднымъ пламенемъ стеклянную колбу, наполненную холодной водой, то на ней будетъ осаждаться образовавшаяся при горѣнии вода.

Если въ это, почти совсѣмъ не свѣтящее пламя я введу платиновую проволоку, то, какъ вы видите, она становится ярко блестящей, ибо въ этомъ потокѣ горячей смѣси кислорода и водорода я могъ бы даже расплавить эту тугоплавкую платину. Такимъ образомъ, водородъ, выдѣленный изъ воды электрическимъ токомъ, снова получилъ свою прежнюю способность соединяться съ кислородомъ и выдѣлять при этомъ огромное количество теплоты; его сила химическаго сродства съ кислородомъ вновь пріобрѣла прежнюю свою работоспособность.

Мы знакомимся здѣсь съ еще новымъ источникомъ силы, способной производить работу, именно съ электрическимъ токомъ, который разлагаетъ воду.

Такой токъ даетъ намъ гальваническая батарея (фиг. 12). Въ каждомъ изъ четырехъ сосудовъ налита азотная кислота, въ которую опущенъ цилиндръ изъ плотнаго угля. Внутри угольнаго цилиндра помѣщенъ цилиндрической пористый сосудъ изъ слабообожженной бѣлой глины, наполненный воднымъ растворомъ сѣрной кислоты; въ этой кислотѣ находится еще цилиндръ изъ цинка. Каждый цинковый цилиндръ соединенъ металлической дугой съ угольнымъ цилиндромъ сосѣдняго сосуда, а послѣдній цинковый цилиндръ *н* и первый угольный *р* соединены каждый съ одной изъ платиновыхъ пластинокъ аппарата, предназначеннаго для разложенія воды (фиг. 11).



Фиг. 12.

Когда соединены всѣ части этого гальваническаго аппарата, начинается разложеніе воды; въ то-же время гачинаются химическіе процессы и въ элементахъ, изъ которыхъ составлена гальваническая батарея. Цинкъ отнимаетъ отъ окружающей его воды кислородъ и претерпѣваетъ такимъ образомъ, хотя медлен-

Когда соединены всѣ части этого гальваническаго аппарата, начинается разложеніе воды; въ то-же время гачинаются химическіе процессы и въ элементахъ, изъ которыхъ составлена гальваническая батарея. Цинкъ отнимаетъ отъ окружающей его воды кислородъ и претерпѣваетъ такимъ образомъ, хотя медлен-

ное, горѣніе. Продуктъ горѣнія, получаемый при этомъ, окись цинка, соединяется въ свою очередь съ сѣрной кислотой, съ которой имѣетъ сильное сродство и даетъ соль, сѣрно-кислый цинкъ, растворяющуюся въ окружающей жидкости.

Вода, у которой отнять кислородъ, снова возвращаетъ его себѣ, отнимая его у азотной кислоты, окружающей угольный цилиндръ и содержащей въ себѣ большое количество кислорода, который онъ легко отдаетъ. Такимъ образомъ происходитъ въ гальванической батарее сгораніе цинка въ сѣрнокислый цинкъ на счетъ кислорода азотной кислоты.

Въ то время, какъ одинъ продуктъ горѣнія—вода разлагается, происходитъ новое горѣніе цинка. Пока мы тамъ возстановляемъ работоспособность химическаго средства, она здѣсь тратится. Электрическій токъ является передатчикомъ химической силы отъ цинка, соединяющагося съ кислородомъ и съ сѣрною кислотой, къ водѣ въ сосудѣ для разложенія, въ которомъ онъ ее тратитъ на преодоленіе химической силы водорода и кислорода.

Такимъ образомъ, мы можемъ возстановить утраченную энергію; но для этого мы должны затратить другую энергію—энергію окисляющагося цинка.

Въ этомъ случаѣ мы преодолеваемъ одну химическую силу другою химическою силою при посредствѣ электрическаго тока. Того же мы могли бы достигъ механическою силой, получая электрическій токъ при помощи магнито-электрической машины, изображенной на фиг. 13.

Вращая рукоятку машины, мы заставляемъ вращаться обвитый изолированной мѣдной проволокой якорь RR' большого подковообразнаго магнита; при этомъ въ проволоку, обматывающую якорь, появляется электрическій токъ, который въ точкахъ a и b можетъ быть выведенъ наружу. Если соединить концы этихъ проволокъ съ аппаратомъ, предназначеннымъ для разложенія воды, то также получимъ кислородъ и водородъ, но, конечно, въ гораздо меньшихъ количествахъ, чѣмъ при употребленіи батареи. Но этотъ примѣръ интересенъ намъ уже потому, что здѣсь мы механическою силой нашей руки, вращающей рукоятку, производимъ работу, которая идетъ на разложеніе химически связанныхъ элементовъ.

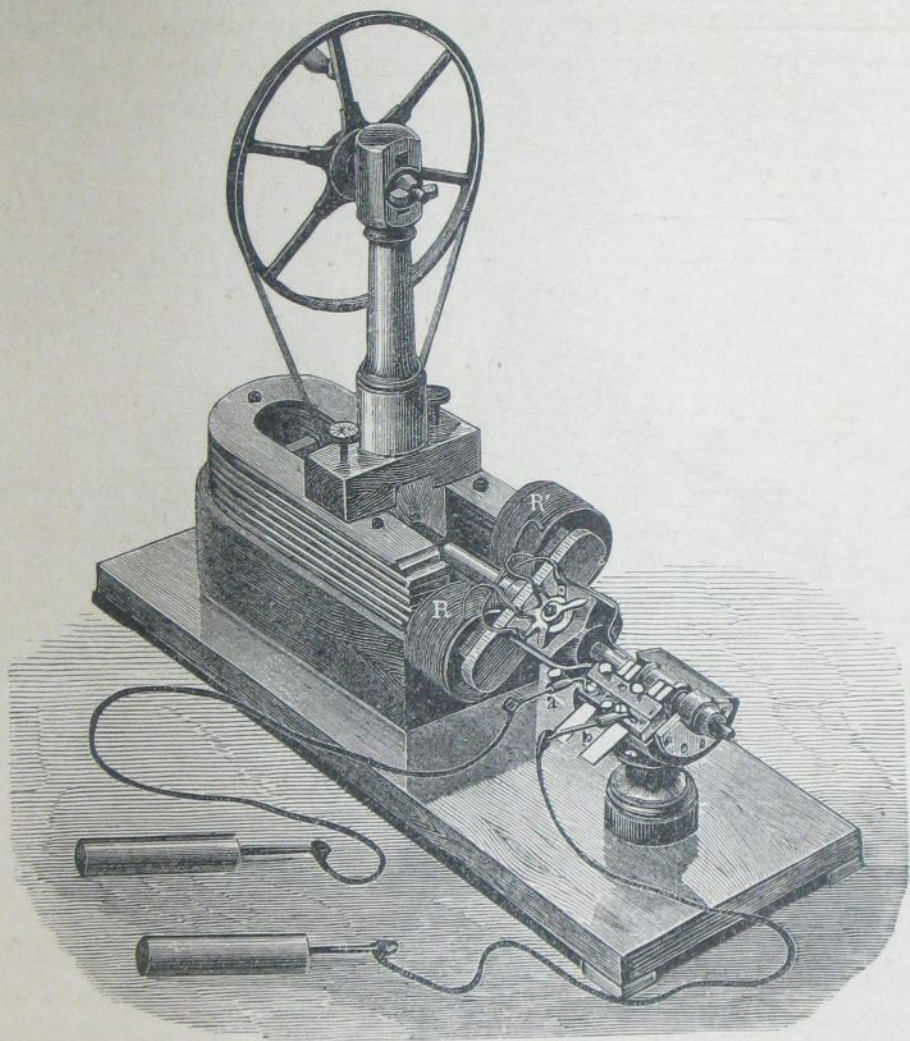
Паровая машина превращаетъ химическую силу въ механическую; магнито-электрическая машина, наоборотъ, механическую силу переводитъ въ химическую.

Вообще примѣненіе электрическаго тока обнаруживаетъ существованіе многихъ соотношеній между различными силами природы.

При помощи этого тока мы разложили воду на ея элементы; тѣмъ-же способомъ мы могли бы произвести разложеніе многихъ другихъ химическихъ соединеній.

Съ другой стороны электрическій токъ въ обыкновенной гальванической батарее самъ создается химическою силою. Электри-

Фиг. 13.



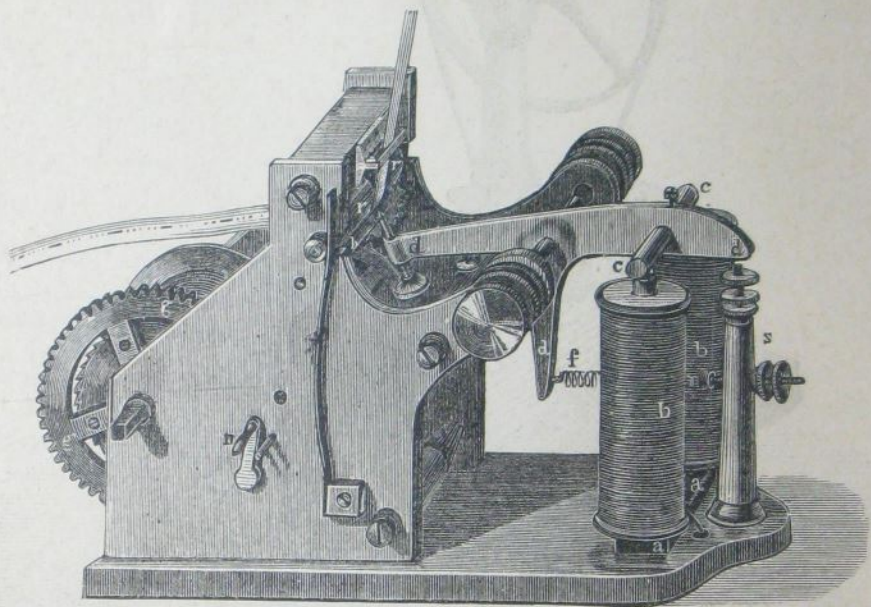
ческій токъ, протекающій по проводнику, развиваетъ въ немъ теплоту. Если я натяну тоненькую платиновую проволочку между концами *n* и *p* гальванической батареи (фиг. 12), то она сильно накалится и расплавится. Съ другой стороны въ такъ называемой термо-электрической цѣпи токъ создается при помощи теплоты.

Если желѣзо приблизить къ катушкѣ изъ мѣдной проволоки, по которой течетъ токъ, то оно намагничивается и можетъ притягивать другое желѣзо или стальной магнитъ, находящійся

вблизи. Получаемое такимъ образомъ механическое дѣйствіе имѣетъ широкое примѣненіе напр. въ электрическомъ телеграфѣ. Фиг. 14 представляетъ телеграфный аппаратъ Морзе въ $\frac{1}{3}$ натуральной величины.

Главную часть его составляетъ подковообразное желѣзное ядро, находящееся внутри катушки, свернутой изъ мѣдной проволоки *bb*; надъ концами его, направленными кверху, расположенъ небольшой стальной магнитъ *cc*, который притягивается, какъ только токъ по телеграфнымъ проводамъ доходитъ до катушки *bb*. Магнитъ *cc* укрѣпленъ на концѣ рычага *dd*, другой конецъ котораго

Фиг. 14.



снабженъ штифтомъ *r*. Каждый разъ когда токъ проходитъ по катушкѣ *bb* и магнитъ *cc* притягивается подковою и опускается внизъ, штифтъ *r* проводитъ черту на бумажной лентѣ, передвигаемой часовымъ механизмомъ. Обратнo, измѣняя магнитное состояніе желѣзнаго ядра катушки *bb*, мы могли бы получить въ оборотахъ ея электрической токъ, такъ же, какъ получали токъ въ магнито-электрической машинѣ, изображенной на фиг. 13. Тамъ внутри катушки также находился желѣзный сердечникъ, который, приближаясь къ полюсамъ большаго подковообразнаго магнита намагничивался то въ одномъ, то въ другомъ направленіи.

Не стану приводить еще примѣровъ подобныхъ соотношеній. Разсмотримъ еще разъ приведенные выше, чтобы открыть общій имъ законъ.

Приподнятый грузъ можетъ произвести работу; но, производя работу, онъ непременно долженъ спуститься съ высоты, на которую былъ приподнятъ, и если онъ спустится на столько, что далѣе уже не будетъ въ состояніи спускаться, то онъ окажется лишеннымъ возможности произвести дальнѣйшую работу, хотя вѣсъ его остается прежній.

Натянутая пружина можетъ произвести работу, но, производя ее, ея натяженіе непременно ослабѣваетъ.

Скорость, пріобрѣтенная движущеюся массою, можетъ произвести работу; но при этомъ движеніе перейдетъ въ покой. Теплота можетъ произвести работу, но, производя ее, она исчезаетъ.

Химическія силы могутъ производить работу, но производя ее, онѣ уничтожаются. Наконецъ, электрическіе токи могутъ произвести работу, но для поддержанія ихъ, мы должны употребить или химическую, или механическую силу, или же теплоту.

Вообще можно сказать: общій характеръ всѣхъ извѣстныхъ силъ природы заключается въ томъ, что онѣ теряютъ свою работоспособность по мѣрѣ того, какъ производятъ работу.

Кромѣ того мы видѣли выше, что грузъ, свободно падая, или пріобрѣтаетъ скорость, или производитъ теплоту. Но мы могли бы падающій грузъ заставить вращать магнито-электрическую машину; тогда онъ давалъ бы намъ электрическій токъ.

Мы видѣли, что когда дѣйствуютъ химическія силы, то онѣ могутъ произвести или теплоту, или электрическій токъ, или же механическую работу.

Теплота, какъ мы видѣли, можетъ быть превращена въ механическую работу; но существуютъ аппараты (термо-электрическая цѣпь), въ которыхъ помощью теплоты получается электрическій токъ.

Теплота можетъ также непосредственно производить разложене химическихъ соединеній; на примѣръ, если обжигать известнякъ, то теплота заставляеть выдѣляться углекислоту, причеиъ остается известь.

Итакъ, каждый разъ, когда работоспособность одной силы природы уничтожается, на мѣсто ея появляется работоспособность другой.

Такимъ образомъ, въ ряду всѣхъ неорганическихъ силъ природы, каждая можетъ быть приведена въ состояніе, въ которомъ она способна произвести работу, причеиъ она пріобрѣтаетъ эту способность отъ другой силы, находящейся уже въ этомъ состояніи. Связи между различными силами природы, открытыя совре-

менной физикой, столь многочисленны, что почти для каждого из таких переходов могут быть найдены многие и очень разнообразные пути.

Я указалъ, какъ обыкновенно производится измѣреніе механической работы и какимъ способомъ опредѣляютъ механической эквивалентъ теплоты. Механической эквивалентъ химическихъ процессовъ также можетъ быть опредѣленъ, зная количество теплоты, выдѣляемой при каждомъ изъ этихъ процессовъ.

На основаніи подобныхъ же соотношеній можно свести опредѣленіе механическихъ эквивалентовъ и всѣхъ остальныхъ силъ природы къ измѣренію механической работы.

Когда затрачивается извѣстное количество механической работы, то, какъ показываютъ всѣ опыты, всегда получается эквивалентное количество теплоты или химической силы. Обратное, когда затрачивается теплота, получается эквивалентное количество химической или механической рабочей силы; а когда затрачивается химическая—получаемъ эквивалентныя имъ теплоту или механическую работу. Такимъ образомъ, при всѣхъ взаимныхъ переходахъ различныхъ неорганическихъ силъ природы, работоспособность, исчезающая въ одной формѣ, появляется въ другой въ эквивалентномъ количествѣ, такъ что полное количество ея не уменьшается, не увеличивается, а всегда остается неизмѣннымъ.

Этотъ законъ справедливъ также и въ явленіяхъ органической жизни на сколько пока позволяютъ судить факты.

Изъ всего этого слѣдуетъ, что общая сумма работоспособности во всей природѣ при всѣхъ видоизмѣненіяхъ, происходящихъ въ ней, вѣчно и неизмѣнно остается одна и та же. Всякое видоизмѣненіе, происходящее въ природѣ, состоитъ въ томъ, что работоспособность мѣняетъ свою форму и свое мѣсто, не измѣняя при этомъ своего количества. Вселенная обладаетъ разъ на всегда опредѣленнымъ запасомъ работоспособности, который никакой смѣной явленій не можетъ быть измѣненъ, т. е. увеличенъ или уменьшенъ, и который обуславливаетъ всѣ измѣненія, происходящія въ ней.

Вы видите, что, начавъ съ разсмотрѣнія явленій, имѣющихъ ближайшее отношеніе лишь къ чисто практическимъ интересамъ технической работы, мы пришли къ общему закону природы, который, на сколько позволяетъ намъ судить теперешнее состояніе нашихъ знаній, управляетъ всѣми явленіями природы, и который не ограничивается узкими рамками практическихъ задачъ техники, но служитъ выразителемъ совершенно общаго и характернаго свой-

ства силъ природы. По своей общности этотъ законъ можетъ быть поставленъ на ряду только съ такими законами, каковы законы постоянства массы и неизмѣняемости химическихъ элементовъ.

Между прочимъ этотъ законъ окончательно разрѣшилъ важный практической вопросъ, который не разъ поднимался втеченіе послѣднихъ двухъ столѣтій и для разрѣшенія котораго было произведено безчисленное множество опытовъ и построено не мало аппаратовъ. Это вопросъ о возможности *perpetuum mobile*. *Perpetuum mobile* должно было представлять собою машину, которая могла бы непрерывно двигаться и производить работу безъ затраты внѣшней силы. Рѣшеніе этой задачи обѣщало неисчислимыя выгоды. Такая машина имѣла бы всѣ преимущества паровой машины, но не нуждалась бы въ топливѣ. Работа—деньги; машина, которая изъ ничего могла бы производить работу, была бы равносильна машинѣ, дѣлающей золото.

Задача построить *perpetuum mobile* замѣнила съ нѣкотораго времени вопросъ о томъ, какъ дѣлать золото; на ней къ сожалѣнію помѣшались многія лица. Что *perpetuum mobile* не можетъ быть построено, примѣняя только извѣстныя механическія силы, могло быть доказано въ прошломъ столѣтій при помощи уже развившейся тогда теоретической механики; но чтобы показать, что оно невозможно и въ томъ случаѣ, когда заставить дѣйствовать теплоту, химическія силы, электричество и магнетизмъ, для этого надо было открыть высказанный выше законъ въ его общей формѣ.

Возможность устроить *perpetuum mobile* отрицается закономъ сохраненія энергіи; и даже самое выраженіе, что *perpetuum mobile* невозможно, можетъ служить практической формой выраженія этого закона, такъ какъ этимъ высказывается, другими словами, что рабочая сила не можетъ быть создана изъ ничего безъ затраты другой.

Вы будете въ состояніи судить о важности и широкомъ примѣненіи этого закона, когда передъ вашими глазами явится цѣлый рядъ его примѣненій къ отдѣльнымъ явленіямъ природы.

Сдѣланныя мною сегодня указанія относительно происхожденія различныхъ силъ, которыми мы пользуемся, указываютъ намъ тѣсную связь, существующую между нашими лабораторіями и фабриками съ одной стороны, и великими явленіями въ жизни земли и вселенной—съ другой.

Вода, текущая съ горъ, обладаетъ силою, способной производить работу; но чтобы она могла течь, дождь и снѣгъ должны были падать на горы; а чтобы существовали дождь и снѣгъ,

долженъ въ атмосферѣ находиться водяной паръ, который можетъ образоваться только благодаря теплотѣ; теплота-же получается отъ солнца. Для приведенія въ дѣйствіе паровой машины нужно топливо; оно доставляется жизнью растеній: или жизнью нынѣ существующей, окружающей насъ растительности, или давно прекратившеюся жизнью, которая создала въ глубинѣ земли огромныя залежи каменнаго угля; а жизнь растеній находится въ тѣсной зависимости отъ солнечнаго свѣта.

Сила человѣка и животныхъ поддерживается питаніемъ, а всякая пища, въ концѣ концовъ, получается изъ растительнаго царства, и слѣдовательно опять мы приходимъ къ тому-же самому источнику.

И такъ, изслѣдуя происхожденіе силъ, служащихъ намъ, мы приходимъ къ метеорологическимъ явленіямъ, къ жизни растеній и вообще—къ солнцу.



О ЦѢЛИ И ОБЪ УСПѢХАХЪ
ЕСТЕСТВОЗНАНІЯ.

Глубокоуважаемое собрание!

Слѣдуя полученному мною почетному приглашенію и выступая съ научнымъ докладомъ здѣсь, въ первое за этотъ годъ засѣданіе Общества Естествоиспытателей, я нахожу сообразнымъ со значеніемъ настоящей минуты и съ важностью этого засѣданія, вмѣсто обращенія къ частному предмету моихъ собственныхъ ученыхъ изслѣдованій, предложить вамъ лучше бросить взглядъ на развитіе цѣлаго круга естественныхъ наукъ, представители которыхъ здѣсь присутствуютъ. Этотъ кругъ обнимаетъ собою огромную область спеціальныхъ знаній, матеріаль почти необъятнаго разнообразія, объемъ и внутреннее богатство котораго ежегодно растутъ, и этому росту пока нѣтъ возможности указать какихъ либо границъ. Въ первой половинѣ этого столѣтія у насъ былъ еще Александръ фонъ-Гумбольдтъ, который могъ обзрѣть всѣ тогдашнія знанія въ области естественныхъ наукъ до ихъ мельчайшихъ подробностей и привести ихъ въ тѣсную взаимную связь. Весьма однако сомнительно, чтобы и въ настоящее время эта задача могла быть рѣшена даже такимъ гениемъ какъ Гумбольдтъ, хотя бы онъ потратилъ на это все свое время и всѣ свои силы.

Мы же всѣ, работники на поприщѣ дальнѣйшаго созиданія отдѣльныхъ вѣтвей науки, можемъ употребить на одновременное изученіе другихъ частей ея только незначительную часть нашего времени. Предпринимая какое-либо отдѣльное изслѣдованіе, мы должны сосредоточить всѣ наши силы въ строго ограниченномъ кругѣ. Дѣло наше состоитъ не только въ томъ, чтобы, подобно историку или филологу, собрать и просмотрѣть книги, выискать всѣ свѣдѣнія о томъ, что другими уже сдѣлано въ области дан-

наго предмета; напротивъ, это только второстепенная часть нашей работы. Намъ нужно овладѣть самими предметами, причемъ каждый изъ нихъ представляетъ свои новыя и особыя трудности совсѣмъ иного рода, чѣмъ тѣ, съ какими имѣеть дѣло ученый, черпающій изъ книгъ матеріаль для своей работы. А то, чему посвящается больше всего времени и труда, является въ большинствѣ случаевъ второстепенною вещью, находящеюся только въ отдаленной связи съ цѣлью изслѣдованія.

Мы должны изучать ошибки приборовъ, устранять ихъ или, гдѣ этого сдѣлать нельзя, стараться уничтожить ихъ вліяніе на результаты изслѣдованія; мы должны уловить время и случай, чтобы наблюдать организмъ въ состояніи, необходимомъ для нашего изслѣдованія. Иногда, уже во время самаго изслѣдованія, мы усматриваемъ незамѣченныя раньше возможныя погрѣшности, искажающія результатъ, или, быть можетъ, заставляющія только подозрѣвать такое искаженіе, — и вотъ мы принуждены начинать нѣсколько разъ нашу работу съизнова, пока не будетъ устранена всякая тѣнь подозрѣнія. И только, когда наблюдатель такъ увлечется предметомъ своихъ изслѣдованій, что въ теченіе многихъ недѣль, мѣсяцевъ и даже лѣтъ не въ состояніи будетъ оторваться отъ него, пока не овладѣетъ всѣми мелочами и не увѣрится во всѣхъ тѣхъ выводахъ, какіе въ данную минуту возможно сдѣлать, только тогда появляется дѣльная и цѣнная работа. Каждому изъ васъ вѣроятно извѣстно, что при хорошемъ изслѣдованіи несравненно больше времени уходитъ на подготовительную работу, на изученіе возможныхъ ошибокъ и особенно на разграниченіе достижимыхъ въ данную минуту результатовъ отъ недостижимыхъ, чѣмъ собственно нужно для производства окончательныхъ наблюдений или опытовъ. Очень часто требуется болѣе остроумія и размышленія для того, чтобы справиться съ какимъ нибудь неподатливымъ кускомъ стекла или латуни, чѣмъ для составленія плана всего изслѣдованія. Каждый изъ васъ знакомъ съ тѣмъ нетерпѣливымъ возбужденіемъ при работѣ, когда всѣ мысли вращаются въ тѣсномъ кругѣ вопросовъ, значеніе которыхъ постороннему покажется маловажнымъ и пустымъ, потому что онъ не знаетъ цѣли, къ которой эта временная работа должна только отворить двери. Думаю, что не ошибаюсь, изображая въ такомъ видѣ работу и душевное состояніе, плодомъ которыхъ было достиженіе тѣхъ великихъ результатовъ, которымъ наши науки обязаны своимъ столь быстрымъ послѣ долгой остановки развитіемъ, и могущественное вліяніе которыхъ распространилось на всѣ стороны человѣческой жизни.

Поэтому, во всякомъ случаѣ, во время работы не слѣдуетъ уклоняться отъ нея слишкомъ въ сторону. Конечно, разъ всё препятствія удачно преодолены и результаты прочно установлены, наступаетъ, по самому ходу вещей, отдыхъ; интересъ сосредоточивается на опредѣленіи степени значенія только что установленныхъ фактовъ и на томъ, чтобы наконецъ опять обратить большее вниманіе на области, связанныя съ ними. Это необходимо, и только тотъ, кто способенъ на это, можетъ надѣяться, что у него и впредь будутъ благодарныя исходныя точки для слѣдующихъ работъ.

За первой работой слѣдуютъ дальнѣйшія, относящіяся къ другимъ предметамъ. Но и въ послѣдовательномъ рядѣ своихъ различныхъ работъ каждый изслѣдователь не долженъ уклоняться далеко отъ болѣе или менѣе опредѣленнаго направленія, потому что для него не то важно, что онъ изъ книгъ соберетъ свѣдѣнія, относящіяся къ области изслѣдованій. Конечно, человѣческая память необычайно вынослива и можетъ воспринять невѣроятную массу учености. Но естествоиспытатель нуждается не только въ знаніяхъ, почерпнутыхъ имъ изъ книгъ и лекцій, ему необходимы еще и такія, которыя можетъ дать только разностороннее и внимательное воспріятіе при помощи внѣшнихъ чувствъ; ему нужна опытность, которую онъ пріобрѣтаетъ только часто повторяемыми опытами и долгой практикой. Его органы чувствъ должны быть изошрены для извѣстнаго рода наблюденія, для воспріятія тонкихъ различій въ формѣ тѣлъ, въ ихъ окраскѣ, твердости, запахѣ и т. д.; его рука должна быть готова производить то работу кузнеца, слесаря и столяра, рисовальщика, или скрипача, то, если онъ работаетъ съ микроскопомъ, превосходить кружевницу въ управленіи иглой. Въ другихъ случаяхъ онъ долженъ обладать мужествомъ и хладнокровіемъ солдата, когда ему приходится имѣть дѣло съ могучими разрушительными силами, или когда онъ долженъ производить кровавыя операціи, то надъ людьми, то надъ животными. Такія способности и качества, которыя частію уже даются природой, а частію пріобрѣтаются или усовершенствуются долголѣтней практикой, не пріобрѣтаются такъ скоро и въ такомъ большомъ количествѣ, какъ это возможно было бы въ томъ случаѣ, если бы требовалось только обогащать память знаніями; и потому отдѣльный изслѣдователь принужденъ выбрать для своихъ работъ подходящее ограниченное поле и не выходить изъ того круга, который соотвѣтствуетъ его способностямъ.

Но мы не можемъ не сознаться, что, чѣмъ болѣе отдѣльный

ислѣдователь принужденъ сѣуживать поле своей работы, тѣмъ болѣе чувствуетъ онъ необходимость сохранить ее связь съ цѣлымъ. Откуда же почерпнетъ онъ силу и бодрость для своей тяжелой работы, въ чемъ найдетъ онъ увѣренность, что его трудъ не пройдетъ бесполезно, но сохранить продолжительную цѣнность, если онъ не будетъ поддерживать въ себѣ убѣжденіе, что и имъ положенъ одинъ изъ камней въ зданіе науки, которая должна направить неразумныя силы природы къ служенію нравственнымъ цѣлямъ человѣчества?

Конечно, при отдѣльныхъ изслѣдованіяхъ не должно съ самаго начала ожидать непосредственно практической пользы, хотя практическимъ примѣненіемъ результатовъ естествознанія преобразована вся жизнь современнаго человѣчества. Но, обыкновенно, возможность этихъ примѣненій обнаруживается случайно, когда объ этомъ меньше всего догадывались; гоняться за ними не приводитъ обыкновенно ни къ какой цѣли, если не имѣть для этого очень надежной близкой точки опоры, такъ что остается только устранить отдѣльныя препятствія къ исполненію. Разсматривая исторію важнѣйшихъ изобрѣтеній, видимъ, что они или сдѣланы, особенно въ древнѣйшее время, работниками и ремесленниками, занимавшимися въ продолженіе всей своей жизни; работой одного рода и улучшившими способъ своей работы; они случайно или ощупью, сотни разъ повторяя одинъ и тотъ же опытъ, находили новые, лучшіе приемы въ своей работѣ. Или — и это собственно имѣло мѣсто въ большинствѣ случаевъ при новѣйшихъ изобрѣтеніяхъ — это плоды глубокаго научнаго знакомства съ предметомъ, причемъ на первомъ планѣ отнюдь не стояло ожиданіе практической пользы.

Собраніе естествоиспытателей является какъ разъ представителемъ всей совокупности нашихъ наукъ. Здѣсь сошлись сегодня математикъ, физикъ и химикъ съ зоологомъ, ботаникомъ и геологомъ, преподаватель науки съ врачомъ, техникомъ и дилеттантомъ, который интересуется естественными науками ради отдыха отъ другихъ занятій. Каждый надѣется найти здѣсь поощреніе для своихъ спеціальныхъ работъ и добиться признанія, что его работа способствовала обработкѣ большого цѣлага, чего врядъ-ли онъ добьется инымъ путемъ, особенно, живя гдѣ-нибудь въ глуши; каждый надѣется также въ бесѣдѣ съ коллегами, болѣе или менѣе близко стоящими къ его спеціальности, найти себѣ предметъ для новыхъ изысканій. Мы видимъ здѣсь, къ нашей радости, большое количество участвующихъ изъ интеллигентнаго круга и замѣчаемъ среди нихъ даже вліятельныхъ государствен-

ныхъ дѣятелей. Всѣ они участвуютъ въ работахъ; они ожидаютъ отъ насъ дальнѣйшихъ шаговъ на пути развитія цивилизаціи и новыхъ побѣдъ въ борьбѣ съ силами природы. Они обязаны доставлять внѣшнія средства для нашихъ работъ, они и вправдѣ требуютъ отъ насъ результатовъ этихъ работъ. По этому желательно, мнѣ кажется, чтобы здѣсь, именно въ этомъ собраніи, данъ былъ отчетъ объ успѣхахъ естествознанія вообще, о цѣляхъ, къ которымъ оно стремится, и о томъ, насколько оно подвинулось къ этимъ цѣлямъ.

Подобный отчетъ желателенъ; а что отдѣльный человѣкъ едва ли будетъ въ состояніи разрѣшить эту задачу, хотя бы только приблизительно, можно вывести изъ сказаннаго выше. Приведу въ свое оправданіе только то, что не нашлось другого охотника взяться за эту задачу; мнѣ же казалось, что попытка представить, хотя бы на половину только удавшееся рѣшеніе, будетъ все же лучше, чѣмъ ничего. Кромѣ того фізіологъ, можетъ быть, болѣе другихъ обладаетъ непосредственными основаніями для выработки себѣ извѣстнаго яснаго представленія о цѣломъ. Ибо, при теперешнемъ положеніи дѣлъ, фізіологія особенно принуждена прибѣгать къ помощи всѣхъ другихъ отраслей естествознанія и оставаться съ ними въ связи. Именно въ фізіологіи яснѣе всего выразилось значеніе большихъ успѣховъ, о которыхъ я намѣренъ говорить, и даже нѣкоторые изъ наиболѣе между ними важныхъ вызваны спорными вопросами въ области фізіологіи.

Но если въ моемъ изложеніи и будетъ много недоговореннаго, я прошу снисхожденія отчасти въ виду громадности моей задачи, отчасти въ виду того, что настоятельное приглашеніе уважаемыхъ распорядителей этого собранія пришло ко мнѣ очень поздно и во время лѣтняго отдыха въ горахъ. Во всякомъ случаѣ мои пропуски будутъ достаточно пополнены въ засѣданіяхъ секцій.

Итакъ обратимся къ нашей задачѣ! Первый вопросъ, который представляется намъ, разъ мы собрались говорить объ успѣхахъ естествознанія вообще, слѣдующій: какой должны мы приложить масштабъ для измѣренія этихъ успѣховъ?

Для непосвященнаго эта наука есть собраніе необозримаго и пестраго множества отдѣльныхъ подробностей, между которыми однѣ отличаются своей практической полезностью, другія, какъ нѣчто необыкновенное, являются предметомъ удивленія. Но при такомъ положеніи несвязныхъ подробностей, даже если-бы нахожденіе каждой изъ нихъ, въ случаѣ надобности, было облегчено систематическимъ распредѣленіемъ, какъ это сдѣлано въ системѣ растений Линнея или въ энциклопедическихъ словаряхъ, подобное знаніе не

заслуживало бы имени науки и не удовлетворяло бы ни научнымъ требованіямъ человѣческаго духа, ни требованію прогресса въ господствѣ человѣка надъ силами природы. Ибо первое требуетъ ясной разумной связи знаній, второе же — предвидѣнія послѣдствій въ еще неизвѣстныхъ случаяхъ и при условіяхъ, которыя мы намѣрены установить уже нашими дѣйствіями. Все это достигается только при помощи знанія закона явленій.

Цѣнны не отдѣльные наблюдаемые факты и опыты, хотя бы число ихъ было еще болѣе велико; сами по себѣ они приобрѣтаютъ, какъ практическую, такъ и теоретическую цѣнность тѣмъ, что даютъ возможность узнать законъ цѣлаго ряда однородныхъ, повторяемыхъ явленій, или, быть можетъ, только отрицательно показываютъ, что знаніе такого закона, рассматриваемое донинѣ какъ полное, есть не полное. При строгой и всюду распространенной закономѣрности въ явленіяхъ природы иногда бываетъ достаточно одного наблюденія какого-нибудь соотношенія, которое мы должны считать строго закономѣрнымъ, чтобы на немъ можно было основать правило съ высшей степенью вѣроятности; такъ, напримѣръ, найдя полный скелетъ одного отдѣльнаго первобытнаго индивидуума, мы можемъ имѣть полное понятіе о скелетѣ даннаго рода животныхъ. И здѣсь отдѣльное наблюденіе не имѣетъ цѣны само по себѣ, но только потому, что оно даетъ намъ знаніе закономѣрности построенія тѣла цѣлаго рода организмовъ. Такимъ же образомъ, важно знаніе удѣльной теплоты только одного маленькаго кусочка новаго металла, потому что, безъ сомнѣнія, всякій другой кусокъ того же металла, будучи подвергнутъ тому же дѣйствію, обнаружитъ такія же свойства.

Найти законъ явленій, значитъ ихъ понять. Въ самомъ дѣлѣ, законъ есть всеобщее понятіе, подъ которое можно подвести рядъ одинаковыхъ явленій природы. Какъ въ понятіи о млекопитающемъ животномъ соединяемъ все то, что обще человѣку, обезьянѣ, собакѣ, льву, зайцу, лошади, киту, и т. д., такъ въ законѣ преломленія соединяемъ все то, что находимъ правильно повторяющимся каждый разъ, когда какой-либо лучъ свѣта какого-нибудь цвѣта проникаетъ въ какомъ-либо направленіи черезъ плоскость соприкосновенія какихъ-либо двухъ прозрачныхъ срединъ.

Но законъ природы представляетъ не только логическое понятіе, которое мы составили себѣ, какъ нѣчто вродѣ мнемотехническаго вспомогательнаго средства, чтобы лучше удержать въ памяти факты. Современные люди настолько стали проникательны, что понимаютъ, что законы природы не могутъ быть выдуманы

нами путемъ разсчета. Напротивъ, мы должны открывать ихъ въ фактахъ и провѣрять въ часто повторяемыхъ наблюденіяхъ и опытахъ, на новыхъ, единичныхъ случаяхъ, при постоянно измѣняемыхъ условіяхъ; наше довѣріе къ ихъ достовѣрности будетъ возрастать только по мѣрѣ того, какъ они будутъ выдерживать испытаніе при возрастающемъ разнообразіи условій, при все болѣе числѣ случаевъ и при болѣе точныхъ средствахъ для наблюденій.

Такимъ образомъ, законъ природы не является для насъ опредѣленной силой, которой мы можемъ распоряжаться произвольно и опредѣлять ее при помощи ума, какъ это бываетъ при составленіи различныхъ системъ животныхъ и растеній, гдѣ мы преслѣдуемъ только мнемотехническую цѣль—запомнить ихъ всѣ названія.

Когда мы узнали какой-нибудь законъ природы, то должны требовать отъ него, чтобы онъ удовлетворялъ всѣмъ случаямъ, что и будетъ признакомъ его справедливости. Если всѣ условія, необходимыя для дѣйствія закона наступили, то и результатъ долженъ получиться безъ произвола, безъ выбора и безъ нашего содѣйствія, такъ что дѣйствіе закона безпрекословно подчиняетъ себѣ какъ предметы внѣшней природы, такъ и наши познанія. Такимъ образомъ, законъ проявляетъ объективное дѣйствіе, и поэтому мы называемъ его силою.

Напримѣръ, мы представляемъ себѣ законъ лучепреломленія, какъ силу лучепреломленія прозрачнаго вещества; законъ химическаго избирательнаго сродства, какъ силу сродства различныхъ веществъ другъ къ другу. Въ этомъ смыслѣ говоримъ мы объ электродвижущей силѣ соприкосновенія металловъ, о силѣ прилипанія, о капиллярныхъ силахъ и другихъ. Такъ называются законы, обнимающіе только небольшой рядъ явленій природы, условія которыхъ еще довольно не ясны. Съ этого должно было начаться образованіе понятій въ естественныхъ наукахъ, пока нельзя было перейти отъ нѣсколькихъ хорошо знакомыхъ спеціальныхъ законовъ къ болѣе общимъ. При этомъ главнымъ образомъ необходимо было стараться устранить случайности формы и размѣщенія, которыя могли быть вызваны дѣйствующей массой; это достигалось тѣмъ, что изъ явленій, наблюдаемыхъ въ большой видимой массѣ, выводили законы для дѣйствія незримо маленькой частицы этой массы, т. е., выражаясь объективно, тѣмъ, что силы сложныхъ массъ разлагались на отдѣльныя силы мельчайшихъ первоначальныхъ частицъ ихъ. Изъ полученной простѣйшей формы выраженія силы, механической силы, дѣйствующей на частицу массы, ясно вытекаетъ, что сила есть изображеніе закона дѣйствія. Сила, опредѣляемая наличностью тѣхъ или другихъ тѣлъ, прирав-

нивается ускоренію, сообщенному массѣ, на которую она дѣйствуетъ, умноженному на самую массу. Фактическій смыслъ этого равенства заключается въ слѣдующемъ законѣ: присутствіе такихъ и такихъ-то массъ, при отсутствіи всѣхъ прочихъ, вызываетъ такія то и такія ускоренія отдѣльныхъ точекъ этихъ массъ. Последнее положеніе можетъ быть сопоставлено съ фактами и на нихъ провѣрено. Вводимое нами отвлеченное понятіе о силѣ прибавляетъ къ этому еще то, что законъ этотъ не придуманъ нами произвольно: онъ обнаруживается въ самомъ явленіи какъ нѣчто безусловно необходимое.

Такимъ образомъ, наше стремленіе понять явленія природы, т. е. найти управляющіе ими законы, можетъ быть формулировано иначе; вопросъ сводится къ отысканію силъ, служащихъ причиною явленій. Закономѣрность природы представляется причинной связью явленій, разъ признана независимость этой связи отъ нашей воли и нашей мыслительной дѣятельности.

Если обратимся къ исторіи нашихъ наукъ, то первый крупный примѣръ подчиненія обширной области разнородныхъ фактовъ одному общему закону находимъ въ теоретической механикѣ, основныя понятія которой впервые ясно установилъ Галилей. Вопросъ заключался тогда въ томъ, чтобы найти тѣ всеобщіе законы, кажущіеся намъ теперь само-собою понятными, а именно, что всякая масса инертна и что величина силы измѣряется не скоростью, а измѣненіемъ скорости. Дѣйствіе непрерывно вліяющей силы представляли себѣ сначала какъ рядъ маленькихъ толчковъ. Только, когда Лейбницъ и Ньютонъ открытіемъ дифференціальнаго исчисленія развеяли темноту, въ которой находилось понятіе о безконечности, и выяснили понятіе непрерывнаго и непрерывно измѣняющагося — тогда только можно было перейти къ богатому и плодотворному примѣненію вновь открытыхъ механическихъ понятій. Самымъ подходящимъ и чуднымъ примѣромъ подобнаго примѣненія представлялось изученіе законовъ движенія планетъ, и я долженъ только напомнить о томъ блестящемъ примѣрѣ, который представляла астрономія для развитія всѣхъ другихъ естественныхъ наукъ. Въ ней, благодаря теоріи тяготѣнія, была соединена впервые огромная и запутанная масса явленій подъ однимъ весьма простымъ принципомъ и было достигнуто такое соотвѣтствіе теоріи и фактовъ, которое не могло быть установлено ни раньше, ни позже въ какой-либо другой области. Благодаря задачамъ астрономіи выработались почти всѣ точные способы измѣренія, а также была достигнута и большая часть успѣховъ новѣйшей математики; астрономія обратила на

себя вниманіе даже и людей, стоящихъ въ сторонѣ отъ научнаго движенія, отчасти благодаря возвышенности трактуемаго ею предмета, отчасти благодаря той пользѣ, которую она приносила мореплаванію, геодезіи и такимъ образомъ большой части промышленныхъ и соціальныхъ интересовъ.

Галилей началъ съ изученія тяжести земли, Ньютонъ распространилъ принципъ тяжести сначала осторожно и неувѣренно на луну, а затѣмъ смѣлѣе и на всѣ планеты. Новѣйшее время показало, что тѣ-же законы инертности и тяготѣнія, общіе всякой вѣсомой массѣ, опредѣляютъ собою пути даже самыхъ отдаленныхъ двойныхъ звѣздъ, какія только доступны нашему наблюденію.

Во второй половинѣ прошедшаго и въ первой половинѣ текущаго столѣтія къ этому присоединилось широкое развитіе химіи, фактически разрѣшившей, наконецъ, старѣйшій вопросъ о размыканіи элементовъ, вопросъ, съ которымъ связана такая масса метафизическихъ мудрствованій; и, какъ всегда въ такихъ случаяхъ дѣйствительность оказывается богаче, чѣмъ самыя смѣлыя и фантастическія предположенія, такъ и тутъ вмѣсто четырехъ прежнихъ метафизическихъ элементовъ: огня, воды, воздуха и земли, явились элементы новѣйшей химіи, число которыхъ вполнѣдствіи увеличено было до 65. Наука доказала, что эти элементы дѣйствительно неразложимы, постоянны въ отношеніи массы и свойствъ, и это потому, что, приведенные въ любое соединеніе, они могутъ быть снова выдѣлены съ сохраненіемъ тѣхъ самыхъ свойствъ, какими они обладали когда либо раньше въ свободномъ состояніи. Во всей этой пестрой смѣси явленій, какъ одушевленной, такъ и неодушевленной природы, поскольку эти явленія доступны нашему изученію, во всѣхъ случаяхъ, представляемыхъ неожиданными результатами химическихъ процессовъ разложенія и соединенія, число и разнообразіе которыхъ наши химики съ неуспѣхнымъ прилежаніемъ увеличиваютъ изъ года въ годъ, вездѣ господствуетъ съ одинаковой обязательностью одинъ законъ о неизмѣняемости матеріи. Вооруженная спектральнымъ анализомъ химія, проникнувъ въ глубину неизмѣримыхъ пространствъ, открыла на самыхъ отдаленныхъ небесныхъ свѣтилахъ и космическихъ туманностяхъ слѣды элементовъ, хорошо знакомыхъ на землѣ. Этимъ путемъ устраняется сомнѣніе въ тождественности веществъ, наполняющихъ вселенную, чему, во всякомъ случаѣ, не противорѣчитъ то обстоятельство, что нѣкоторые элементы встрѣчаются только на опредѣленныхъ группахъ небесныхъ тѣлъ.

Изъ такого постоянства элементовъ можно сдѣлать другой, болѣе широкій выводъ. Фактическими изслѣдованіями химія до-

казала, что всякая масса составлена изъ элементовъ, ею найденныхъ. Элементы могутъ вступать въ различныя соединенія и смѣси между собой, могутъ всячески измѣнять свое состоянiе или молекулярное строенiе, т. е. могутъ быть измѣняемы ихъ относительныя положенiя въ пространствѣ. По своимъ свойствамъ. наоборотъ, они являются совершенно неизмѣняемыми; т. е. если ихъ изолировать или перевести въ прежнее соединенiе или въ прежнюю смѣсь, то они обнаруживаютъ и всѣ тѣ свойства, которыми обладали раньше. Отсюда слѣдуетъ, что всякое измѣненiе въ мiрѣ сводится къ измѣненiю относительнаго расположенiя въ пространствѣ первоначальной матерiи и это измѣненiе достигается движенiемъ.

Если же движенiе есть первоначальное измѣненiе, которое лежитъ въ основанiи всѣхъ другихъ измѣненiй, въ мiрѣ происходящихъ, то всѣ элементарныя силы суть силы движущiя, и поэтому конечная цѣль естественныхъ наукъ заключается въ изученiи движенiй, лежащихъ въ основанiи всевозможныхъ измѣненiй и причинъ производящихъ эти движенiя. Для достиженiя этой цѣли приходится прибѣгнуть къ механикѣ.

Если это и представляетъ очевидно, послѣднiй выводъ изъ доказаннаго качественного и количественнаго постоянства матерiи, то онъ всетаки остается только идеальнымъ требованiемъ, отъ осуществленiя котораго мы еще очень далеки. Пока удалось только въ ограниченной области найти зависимость измѣненiй отъ движенiй и движущихъ силъ опредѣленнаго рода. Кромѣ астрономiи здѣсь можно еще назвать чисто механическiе отдѣлы физики; затѣмъ оптику, акустику и ученiе объ электричествѣ; въ ученiи о теплотѣ и въ химiи усердно работаютъ надъ составленiемъ опредѣленнаго представленiя о формѣ движенiя и о строенiи молекулъ; въ физиологическихъ наукахъ этотъ путь едва только намѣченъ въ весьма неопредѣленныхъ чертахъ.

Тѣмъ большее значенiе имѣетъ тотъ фактъ, что въ теченiе послѣдней четверти столѣтiя сдѣланъ значительный шагъ впередъ, направленный какъ разъ къ указанной цѣли и имѣющiй всеобщее значенiе. Если всѣ первоначальныя силы суть движущiя и, слѣдовательно, всѣ одинаковой природы, то всѣ онѣ могутъ быть измѣрены одной мѣрой, именно мѣрою механическихъ силъ. А что это на самомъ дѣлѣ такъ, это можно считать уже доказаннымъ. Законъ, высказывающiй это, извѣстенъ подъ именемъ закона сохраненiя силы ¹⁾.

¹⁾ См. примѣчанiя на стр. 37.

Для ограниченнаго круга явленій природы этотъ законъ былъ высказанъ еще Ньютономъ; затѣмъ въ болѣе общей и опредѣленной формѣ Bernoulli, послѣ чего была признана его приложимость для большей части извѣстныхъ чисто механическихъ явленій. Нѣкоторыя обобщенія сдѣланы случайно, а именно въ работахъ Rumford'a, Humphrey Davy, Montgolfier. Первый составившій себѣ отчетливое и ясное представленіе объ этомъ законѣ и отважившійся высказать его абсолютно всеобщее значеніе; былъ докторъ Робертъ Майеръ изъ Гейльбронна (Robert Mayer, Heilbronn). Въ то время, какъ г. Майеръ былъ наведенъ на открытіе самой общей формы этого закона физиологическими вопросами, независимо отъ него и съ нимъ одновременно Joule въ Манчестерѣ, пришелъ къ тому же выводу, занимаясь вопросомъ чисто технического свойства. Joule'ю именно мы обязаны важными и трудными опытными изслѣдованіями въ той области, въ которой значеніе закона сохраненія силъ могло казаться сомнительнымъ и гдѣ существовали важнѣйшіе пробѣлы нашихъ фактическихъ знаній, а именно въ вопросахъ о произведеніи теплотой работы и работой теплоты.

Съ цѣлью ясной установки закона, въ противоположность раньше принятому Галлилеемъ понятію о напряженности силы, пришлось выработать новое механическое понятіе, которое мы можемъ назвать количествомъ силы; ему дали также названіе количества работы или энергіи.

Это понятіе о количествѣ силы было подготовлено, частію въ теоретической механикѣ понятіемъ о количествѣ живой силы движущейся массы, частію въ практической механикѣ понятіемъ о движущей силѣ, необходимой для непрерывности дѣйствія машины. Съ другой стороны опредѣляя, сколько фунтовъ данной силой можетъ быть поднято на высоту одного фута въ секунду времени, механики установили и мѣру, которою слѣдуетъ измѣрять каждую двигательную силу. Извѣстно, напримѣръ, что лошадиная сила равна двигательной силѣ, необходимой для поднятія 70 килограммъ на 1 метръ въ 1 секунду.

И въ самомъ дѣлѣ, однородность всѣхъ силъ природы, высказанная закономъ сохраненія силъ, обнаружилась въ машинахъ и въ необходимыхъ для приведенія ихъ въ движеніе двигательныхъ силахъ. Каждая машина, которая должна быть приведена въ дѣйствіе, нуждается въ механической движущей силѣ. Все равно, откуда бы ни взять эту движущую силу и какую бы форму она не имѣла, лишь бы она была довольно велика и дѣйствовала непрерывно. Мы пользуемся то паровой машиной, то гидравличе-

скимъ колесомъ, то турбиной, то лошадьми, то волами въ рудо-подъемной машинѣ, то вѣтряной мельницей или, когда нужна небольшая сила, человѣческими руками, грузами или электромагнитною машиною. Которую изъ этихъ движущихъ силъ намъ выбрать, это опредѣляется только величиною необходимой намъ силы и выборомъ наиболѣе благопріятныхъ условій. Въ водяныхъ мельницахъ дѣйствуетъ тяжесть ниспадающей съ горъ воды. Этотъ запасъ воды, доставленный на горы метеорологическими процессами, и служитъ источникомъ движущей силы для мельницы. Въ вѣтряныхъ мельницахъ движущей силой является живая сила воздуха, приводящая въ движеніе крылья; эта сила есть также результатъ метеорологическихъ процессовъ въ атмосферѣ. Въ паровой машинѣ движущей силой служитъ упругость разогрѣтаго пара, толкающаго поршень взадъ и впередъ; движеніе это — результатъ тепла, развивающагося при горѣніи угля въ печи, т. е. результатъ химическаго процесса. Послѣдній и является здѣсь источникомъ движущей силы. При непосредственной же работѣ лошади или человѣческихъ рукъ механическую силу производить мускулы ихъ, возбужденные нервами. Но, чтобы живое тѣло могло пріобрѣсти мускульную силу, оно должно питаться и дышать. Питательныя вещества, принимаемыя имъ, образовавъ въ соединеніи съ кислородомъ вдыхаемаго воздуха углекислоту и воду, снова выдѣляются изъ него. Такимъ образомъ здѣсь опять-таки необходимъ химическій процессъ для постояннаго поддержанія силы мускуловъ. То же самое имѣетъ мѣсто и въ электро-магнитныхъ машинахъ нашихъ телеграфовъ.

Этимъ путемъ добываемъ мы необходимую движущую силу изъ самыхъ разнообразныхъ процессовъ природы, причемъ,—это необходимо теперь замѣтить,—всегда только въ ограниченномъ количествѣ. Мы при этомъ каждый разъ расходуетъ нѣкоторое количество того, что дала намъ природа. Такъ въ водяной мельницѣ мы расходуетъ нѣкоторое количество воды, собранное на высотѣ, уголь—въ паровой машинѣ, цинкъ и сѣрную кислоту — въ электромагнитной машинѣ, питательныя вещества — въ работающей лошади; въ вѣтряной мельницѣ мы расходуетъ движеніе вѣтра, задерживаемое сопротивленіемъ ея крыльевъ.

Наоборотъ, имѣя въ своемъ распоряженіи какую-либо движущую силу, мы можемъ достигнуть разнообразныхъ дѣйствій. Мы не приходится пересчитывать здѣсь несмѣтное разнообразіе промышленныхъ машинъ и производимую ими разнообразную работу.

Обратимъ лучше наше вниманіе на физическія различія возможныхъ результатовъ дѣйствія движущей силы. При помощи

еи мы можем поднимать тяжести, накачивать насосомъ воду, сжимать газы, приводить въ движеніе поѣзда желѣзной дороги, треніемъ производить теплоту. Мы можемъ пользоваться ею для приведенія во вращеніе магнито-электрической машины; послѣдняя даетъ электрической токъ, разлагающій воду или другое химическое соединеніе съ самымъ сильнымъ средствомъ, раскаляющій проволоку, намагничивающій желѣзо и т. д.

Такимъ образомъ, имѣя въ своемъ распоряженіи достаточный запасъ движущей силы, мы можемъ снова воспроизвести всѣ тѣ условія и состоянія, которыя были источникомъ добытой нами движущей силы.

Но въ виду того, что при опредѣленномъ процессѣ можетъ быть получено только ограниченное количество работы, ограничена и та сумма измѣненій, которую мы можемъ произвести при пользованіи опредѣленной движущей силой.

Эти наблюденія, сдѣланныя сначала на отдѣльныхъ машинахъ и физическихъ приборахъ, были сведены подъ одинъ законъ природы, имѣющій самое обширное значеніе. Каждое измѣненіе въ природѣ эквивалентно возникновенію или уничтоженію нѣкотораго количества движущей силы. Если производится движущая сила, то она можетъ проявить себя или въ формѣ движущей силы, или можетъ быть непосредственно израсходована для произведенія другихъ какихъ либо измѣненій эквивалентныхъ размѣровъ. Важнѣйшія опредѣленія этого эквивалента основаны на произведенныхъ *Jo u l e*'емъ измѣреніяхъ механическаго эквивалента теплоты. Если мы приведемъ паровую машину въ движеніе при помощи теплоты, то потраченное при этомъ количество теплоты будетъ пропорціонально произведенной работѣ. А именно, теплота, которая можетъ нагрѣть опредѣленное вѣсовое количество воды на 1 градусъ Цельсія, способна, превращаясь въ работу, поднять то-же самое вѣсовое количество воды на высоту 425 метр. Обратное, когда мы треніемъ превращаемъ работу въ тепло, работа, необходимая для нагрѣванія опредѣленнаго вѣса воды на 1°С., представляетъ ту работу, которую произвело бы то же самое количество воды при низверженіи съ высоты 425 метр. Химическіе процессы развиваютъ тепло въ опредѣленной пропорціи; этимъ обусловлена эквивалентная химическимъ силамъ движущая сила. Отсюда энергія силы химическаго средства можетъ быть измѣрена механическою мѣрою. То же самое приложимо и ко всѣмъ другимъ родамъ силъ природы.

И такъ, дѣйствительно, результатомъ соответственныхъ изслѣдованій оказывается, что всѣ силы природы могутъ быть измѣ-

рены одною и тою же механическою мѣрою: всѣ силы, въ отношеніи ихъ работоспособности, эквивалентны чисто механическимъ силамъ. Въ этомъ заключается первый значительный шагъ, сдѣланный къ разрѣшенію обширной теоретической задачи — свести всѣ явленія природы къ движенію.

Приведенными до сихъ поръ разсужденіями имѣлось главнымъ образомъ въ виду выяснить логическое достоинство закона сохранения силъ. Его фактическое значеніе для всеобщаго пониманія процессовъ природы сказывается въ величественной связи, устанавливаемой имъ между явленіями природы, независимо отъ пространства и времени. По этому закону вселенная является хранилищемъ нѣкотораго запаса энергіи, который не можетъ быть ни увеличенъ, ни уменьшенъ никакимъ процессомъ изъ всего пестраго разнообразія процессовъ природы. Запасъ этотъ сохраняется неизмѣннымъ по количеству, какъ неизмѣннымъ остается количество матеріи въ постоянномъ круговоротѣ явленій; онъ дѣйствуетъ въ пространствѣ, но онъ не можетъ быть, подобно матеріи, раздѣленъ въ пространствѣ.

Всякое измѣненіе въ мірѣ состоитъ только въ измѣненіи формы проявленія этого запаса энергіи. Энергія является то въ формѣ живой силы движущихся массъ, то въ формѣ правильныхъ колебаній, какъ напр. въ свѣтовыхъ и звуковыхъ явленіяхъ, то въ формѣ теплоты, какъ нѣкоторое неправильное движеніе невидимыхъ мельчайшихъ частицъ тѣла, то въ формѣ тяготѣнія массъ другъ къ другу, то какъ внутреннее давленіе и напряженіе упругихъ тѣлъ, то какъ химическое сродство, электрическій зарядъ или магнитное распредѣленіе. Исчезая въ одной формѣ, она непременно возникаетъ въ другой; и тамъ, гдѣ мы наблюдаемъ появленіе новой формы энергіи, мы можемъ быть увѣрены, что она израсходована въ другой формѣ.

Исправленный *Clausius*'омъ законъ механической теоріи теплоты, извѣстный подъ именемъ закона *Carnot*, говоритъ, что эта переменна совершается постоянно въ опредѣленномъ направленіи, причѣмъ все бѣльшая и бѣльшая часть запаса міровой энергіи принимаетъ форму тепла.

Обратимся мысленно къ тому начальному состоянію, когда масса, изъ которой образовались міровыя тѣла, еще холодная, была распредѣлена во вселенной, вѣроятно, въ хаотической формѣ пара или пыли. Понятно, что она должна была нагрѣваться, стягиваясь подъ вліяніемъ тяготѣнія въ одно цѣлое. И теперь еще, посредствомъ спектральнаго анализа (метода, теоретическіе принципы котораго также вытекаютъ изъ механической теоріи теплоты),

мы находимъ остатки хаотической матеріи въ туманныхъ пятнахъ и въ массѣ метеоровъ и кометъ. Процессы образованія и развитія теплоты еще продолжаются, хотя въ близкой къ намъ области вселенной они почти повсемѣстно окончились. Большая часть прежней энергіи той массы, изъ которой образовалась наша солнечная система, сохраняется въ настоящее время въ формѣ солнечнаго тепла. Но не вѣчно сохранить наша система эту энергію; она непрерывно испускается лучами въ безконечное пространство вселенной въ видѣ свѣта и тепла. Въ этомъ процессѣ лучеиспусканія участвуетъ и наша земля. Съ другой стороны, упавшая на землю солнечная теплота даетъ начало на поверхности земли вѣтрамъ и морскимъ теченіямъ, поднимаетъ изъ тропическихъ морей пары, которые, перенесясь черезъ материки и горы ручьями и потоками, втекаютъ обратно въ моря. Лучи солнца даютъ растеніямъ силу образовать вновь изъ углекислоты и воды горючія вещества, служащія пищею животнымъ. И такъ все это пестрое разнообразіе явленій органической жизни сводится къ дѣйствіямъ силъ, вѣчнымъ источникомъ которыхъ служитъ неистощимо богатый запасъ міровой энергіи.

Эта величественная картина связанныхъ воедино явленій природы была въ новѣйшее время изображаема неоднократно; поэтому я привожу ее теперь только въ главныхъ чертахъ. Если задача естествознанія сводится къ нахожденію законовъ, то дѣйствительно здѣсь сдѣланъ весьма важный шагъ впередъ.

Только что упомянутое приложеніе закона сохраненія силы къ явленіямъ міра животныхъ и растеній приводитъ насъ еще къ другой области, въ которой познаніе закономерности природы сдѣлало большіе успѣхи. Дѣло въ томъ, что упомянутый законъ имѣетъ также существеннѣйшее значеніе въ принципиальныхъ вопросахъ физиологіи. Этимъ объясняется, почему именно занятія физиологіей натолкнули Роберта Майера, да и меня самого, на изслѣдованія, относящіяся къ закону сохраненія силъ.

Что касается основныхъ положеній метода, то въ области неорганической природы давно уже не было никакихъ сомнѣній. Было ясно, что цѣль заключается въ отысканіи неизмѣнныхъ законовъ явленій, и не было недостатка въ примѣрахъ, указывающихъ, что такіе законы дѣйствительно могутъ быть найдены.

Существованіе неизблемой закономерности могло, однако, показаться сомнительнымъ среди величайшаго разнообразія явленій животной жизни въ ихъ связи съ душевной дѣятельностью и несомнѣнной цѣлесообразностью органическаго строенія. И дѣйствительно, физиологія издавна боролась съ принципиальными вопро-

сами: всё ли жизненные явления абсолютно закономѣрны или есть гдѣ либо большій или меньшій кругъ ихъ, въ которомъ господствуетъ свобода? Было распространено, да распространено еще и теперь, а именно въ Германіи, болѣе или менѣе прикрытое неясными словами, воззрѣніе Парацельса (Paracelsus), Гельмонта (Helmont) и Стала (Stahl), что органическими явлениями управляетъ «живая душа», болѣе или менѣе одаренная подобно сознающей душѣ человѣка. Правда, признавалось также и вліяніе неорганическихъ силъ природы на организмы: полагали, что живая душа можетъ управлять матеріей только путемъ физическихъ и химическихъ силъ самой матеріи и поэтому не можетъ ничего произвести безъ ихъ помощи; она можетъ только по своему усмотрѣнію задерживать эти силы или приводить ихъ въ дѣйствіе.

По наступленіи смерти, не связанная уже больше вліяніемъ живой души или жизненной силы, эти химическія силы органической массы обуславливаютъ гніеніе.

Въ концѣ концовъ, будемъ ли мы говорить объ «Archäus», или объ «Anima inscia», или о жизненной силѣ, или о дѣлительной силѣ природы, существеннѣйшимъ атрибутомъ этого господствующаго гипотетическаго начала виталистической теоріи, которому «душа» есть единственное подходящее названіе, является способность тѣла цѣлесообразно измѣняться и приспособляться къ внѣшнимъ обстоятельствамъ.

Ясно, однако, что такого рода представленіе прямо противорѣчитъ закону сохраненія силы. Если бы эта жизненная сила могла временно уничтожить тяжесть какого-нибудь груза, то грузъ этотъ можно было бы поднять на любую высоту безъ затраты работы, а затѣмъ, когда дѣйствіе тяжести будетъ снова возвращено, грузъ могъ бы произвести любое количество работы. Такимъ образомъ, оказалось бы, что можно произвести работу изъ ничего безъ компенсаціи. Если бы эта жизненная сила могла временно уничтожить химическое сродство угля къ кислороду, то углекислоту можно было бы разложить безъ затраты работы, послѣ чего свободные кислородъ и уголь снова могли бы произвести работу.

Мы однако нигдѣ не находимъ слѣдовъ того, чтобы живой организмъ могъ произвести какое-либо количество работы безъ соотвѣтствующей затраты. Если мы примемъ во вниманіе только производство работы, то работа, производимая животными организмами, совершенно подобна работѣ паровыхъ машинъ. Животныя, какъ и названныя машины, могутъ двигаться и работать только тогда, когда они постоянно получаютъ матеріалъ для горѣнія (именно питательныя средства) и воздухъ, содержащій въ

себѣ кислородъ; и тѣ, и другія выдѣляютъ затѣмъ принятыя вещества въ сгорѣвшемъ состояніи, развивая при этомъ теплоту и работу. Имѣющіяся до сихъ поръ изслѣдованія относительно количества, теплоты, развиваемой животнымъ организмомъ въ состояніи покоя, вовсе не противорѣчатъ допущенію, что эта теплота строго эквивалентна работѣ, произведенной дѣйствующей съ даннымъ случаѣ силой химическаго сродства. Работоспособность растеній находятъ во всякомъ случаѣ достаточно богатый источникъ силы въ лучахъ солнца, необходимыхъ имъ для увеличенія матерьяла, изъ которыхъ построены ихъ организмы. Чтобы дѣйствительно доказать строгое соотвѣтствіе обѣихъ величинъ, безъ сомнѣнія слѣдуетъ еще предпринять точныя количественныя изслѣдованія израсходованныхъ и произведенныхъ эквивалентовъ силы, какъ для растеній, такъ и для животныхъ.

Но если законъ сохраненія силы имѣетъ мѣсто и для живыхъ существъ, то изъ этого слѣдуетъ, что физическія и химическія силы веществъ, затраченныхъ на ихъ построеніе, дѣйствуютъ безъ перерыва и безъ произвола и что ихъ строгая законность никогда не можетъ быть нарушена.

Итакъ фізіологія и въ изслѣдованіи жизненныхъ явленій должна была считаться съ безусловною закономѣрностью силъ природы; она должна была съ напряженнымъ вниманіемъ слѣдить за физическими и химическими процессами, происходящими внутри организмовъ. Это чрезвычайно сложная и кропотливая работа, но за нее бодро взялись уже много работниковъ и можно сказать, что труды ихъ не остались безплодными: пониманіе жизненныхъ явленій въ послѣдніе 40 лѣтъ сдѣлало бѣльшіе успѣхи, чѣмъ передъ этимъ въ два тысячелѣтія.

Описательное естествознаніе, благодаря Дарвиновской теоріи послѣдовательнаго развитія органическихъ формъ, много способствовало уясненію основныхъ принциповъ ученія о жизни. Этой теоріей дана была возможность совершенно новаго толкованія цѣлесообразности въ строеніи организма.

Въ высшей степени удивительная и все болѣе и болѣе выясняющаяся, по мѣрѣ развитія науки, цѣлесообразность въ построеніи и отпращиваніи живыхъ существъ была, вѣроятно, главнымъ мотивомъ, требовавшимъ объясненія жизненныхъ явленій участіемъ въ нихъ начала, дѣйствующаго на подобіе души. Во всемъ окружающемъ насъ мірѣ мы знаемъ только одинъ рядъ явленій, носящій подобный характеръ. Это — поступки и дѣйствія разумнаго человѣка; и мы должны признать, что въ безконечномъ множествѣ случаевъ органическая цѣлесообразность въ

такой степени превосходить способности человеческого разума, что мы склонны отнести ее къ дѣйствіямъ скорѣе высшаго, чѣмъ низшаго порядка.

Поэтому до времени Дарвина были возможны только два объясненія органической цѣлесообразности, которыя оба въ концѣ концовъ приводили опять-таки къ участію разума въ ходѣ процессовъ природы. Или разсматривали, сообразно виталистической теоріи, жизненные процессы, какъ постоянно направляемые живой душой; или объясняли происхожденіе всякаго отдѣльнаго живаго организма дѣйствіемъ сверхъестественнаго разума. Правда, послѣднее возрѣніе допускало только въ сравнительно рѣдкихъ случаяхъ нарушеніе закономерной связи въ явленіяхъ природы, и этимъ самымъ дѣлало возможнымъ строго научное отношеніе къ явленіямъ, наблюдаемымъ въ настоящее время среди существующихъ нынѣ родовъ живыхъ существъ. Однако оно все-таки не было въ состояніи вполне устранить эти нарушенія, и потому врядъ ли представляло какія нибудь существенныя преимущества по сравненію съ виталистической теоріей; послѣдняя находила очевидную поддержку въ естественномъ стремленіи найти для одинаковыхъ явленій одинаковыя причины.

Теорія Дарвина содержитъ существенно новую творческую мысль. Она показываетъ, какимъ образомъ цѣлесообразность въ образованіи организмовъ можетъ произойти безъ вмѣшательства разума, при помощи слѣпаго дѣйствія закона природы. Это есть законъ перехода изъ рода въ родъ индивидуальныхъ особенностей отъ родителей къ потомкамъ, — законъ давно извѣстный и признанный, ожидавшій только болѣе опредѣленной обработки. Если оба родители обладаютъ одинаковыми индивидуальными особенностями, то послѣднія переходятъ и къ большинству потомковъ; если при этомъ нѣкоторые изъ потомковъ и обладаютъ этими особенностями въ болѣе слабой степени, за то у другихъ, — и число послѣднихъ обыкновенно значительнѣе, — наоборотъ, онѣ выступаютъ рѣзче. Если поэтому для размноженія пользоваться преимущественно послѣдними, можетъ быть достигнуто, и за потомствомъ закрѣплено все увеличивающееся и увеличивающееся усиленіе этихъ особенностей. На практикѣ этимъ пользуются садоводы и разводители животныхъ при разведеніи новыхъ породъ и разновидностей, закрѣпляя за ними по произволу тѣ или другія особенности. Результаты искусственнаго подбора съ научной точки зрѣнія могутъ быть разсматриваемы какъ подтвержденіе приведеннаго закона на опытѣ; въ громадномъ числѣ случаевъ такого рода опыты привели къ положительнымъ результатамъ съ различ-

ными видами изъ всѣхъ классовъ органическаго царства и въ отношеніи къ самымъ разнообразнымъ органамъ тѣла; они снова и снова повторяются тысячи разъ.

Послѣ того, какъ этимъ путемъ было установлено всеобщее дѣйствіе закона наслѣдственности, Дарвину оставалось только выяснить, какія послѣдствія долженъ имѣть этотъ законъ для дикихъ животныхъ и растений. Извѣстно, что вѣроятность размноженія и передачи своихъ особенностей потомству у тѣхъ индивидовъ больше, которые въ борьбѣ за существованіе выдѣляются какими нибудь особенно благопріятными качествами. А этимъ обусловлено постепенно усовершенствующееся изъ поколѣнія въ поколѣніе приспособленіе всякаго рода живыхъ существъ къ обстоятельствамъ, среди которыхъ они живутъ,—приспособленіе продолжающееся до тѣхъ поръ, пока не выработается такой типъ, при которомъ всякое уклоненіе отъ него идетъ во вредъ индивиду. Типъ этотъ затѣмъ сохраняется неизмѣннымъ до тѣхъ поръ, пока не измѣнятся самыя виѣшнія условія его существованія. Живыя существа нашего времени достигли, повидимому, такого постояннаго состоянія; этимъ объясняется, почему по крайней мѣрѣ, за время существованія человѣчества по преимуществу наблюдается постоянство видовъ.

Еще и теперь спорятъ объ истинности или вѣроятности теоріи Дарвина; но споръ однако вращается исключительно около вопроса о границахъ, какія можно установить для способности родовъ измѣняться. Что среди организмовъ одного и того же рода можетъ быть достигнуто наслѣдственное измѣненіе породы тѣмъ путемъ, который указанъ теоріей Дарвина, и что многіе экземпляры, рассматриваемые какъ виды одного и того же рода, произошли отъ одного основнаго вида, — это едва ли могутъ отрицать его противники. Но должны ли мы этимъ ограничиться или, можетъ быть, мы должны признать, что всѣ млекопитающія животныя произошли отъ одной первой двуутробки, или, болѣе того, всѣ позвоночныя отъ одной первой ланцетной рыбки, или даже всѣ животныя и растенія, взятая вмѣстѣ, изъ слизистой протоплазмы Эозона (Eozoon); — рѣшеніе этихъ вопросовъ въ настоящее время обусловлено скорѣй возрѣвнiями отдѣльныхъ изслѣдователей, чѣмъ фактами. Все болѣе и болѣе увеличивается число связующихъ членовъ между классами типовъ, повидимому, не допускающими объединенія; дѣйствительно, уже найдены доказательства перехода весьма различныхъ формъ другъ въ друга въ правильно расположенныхъ геологическихъ слояхъ; нѣтъ сомнѣнiя, что число фактовъ, вполне подтверждающихъ теорію Дарвина, увеличивается съ тѣхъ поръ, какъ возникъ интересъ къ ихъ розысканію.

Не забудемъ кромѣ того какую яеность внесла великая мысль Дарвина въ до сихъ поръ таинственное понятіе естественнаго сродства, естественной системы и соотвѣтствія органовъ у различныхъ животныхъ; не забудемъ, что благодари его мысли были объяснены удивительныя повторенія образованія низшихъ животныхъ у эмбрионовъ высшихъ, развитіе палеонтологическихъ формъ, происходящее сообразно естественному сродству, и своеобразная родственность среди животныхъ и растений, встрѣчающихся въ географически ограниченныхъ пространствахъ. Прежде естественное сродство казалось только загадочнымъ и совершенно лишеннымъ основанія подобіемъ формъ; теперь же оно превратилось въ сродство крови. Правда, естественная система напрашивалась на признаніе, какъ таковой, но теорія отрицала ее реальное значеніе; теперь она пріобрѣтаетъ значеніе родословной организмовъ. Факты палеонтологическаго и эмбриологическаго развитія и географическаго распредѣленія казались загадочными и чудесными до тѣхъ поръ, пока полагали, что всякій отдѣльный родъ произошелъ при помощи независимаго акта творенія, что бросало невыгодный свѣтъ на дѣятельность всемірнаго Творца, представляя Его дѣйствующимъ оцупью. Дарвинъ всѣ эти разрозненные области, представлявшія накопленія загадочныхъ чудесъ, связалъ идеей постепеннаго развитія и установилъ опредѣленныя понятія на мѣстѣ поэтическихъ образовъ и догадокъ, которыми еще Гётте, одинъ изъ первыхъ, объяснялъ факты сравнительной анатоміи и морфологіи растений.

Этимъ была дана возможность опредѣленной постановки вопроса для дальнѣйшаго изслѣдованія, что во всякомъ случаѣ составляетъ крупный шагъ впередъ, даже если-бы оказалось, что теорія Дарвина обнимаетъ не всю истину, и что, на ряду съ указанными имъ вліяніями на измѣненіе органическихъ формъ, могутъ существовать и другія.

Теорія Дарвина относится къ ряду постепенныхъ измѣненій рода отъ поколѣнія къ поколѣнію. Съ другой стороны, извѣстно, что и отдѣльный индивидуумъ примѣняется до нѣкоторой степени къ условіямъ, среди которыхъ онъ живетъ, или, какъ мы говоримъ, приспосаблиется, и что такимъ образомъ и въ теченіи жизни отдѣльнаго индивидуума можетъ быть сдѣланъ нѣкоторый шагъ впередъ въ цѣлесообразномъ развитіи частей организма. Новѣйшіе результаты фізіологіи показали, что какъ разъ въ той области органической жизни, гдѣ цѣлесообразность образованій, вызывая величайшее удивленіе, достигла наиболѣе полнаго выраженія, въ области чувственнаго ощущенія, это индивидуальное приспособленіе играетъ особенно выдающуюся роль.

Кто не удивлялся вѣрности и точности свѣдѣній, получаемыхъ нами при помощи нашихъ чувствъ объ окружающей насъ природѣ, особенно при помощи проникающаго вдаль зрѣнія. Свѣдѣнія эти являются стимуломъ принимаемыхъ нами рѣшеній, совершаемыхъ нами дѣйствій; и только, когда наши чувства даютъ намъ правильное ощущеніе, мы можемъ ожидать правильности отъ нашихъ дѣйствій, можетъ ожидать, что результаты дѣйствій будутъ соответствовать нашимъ желаніямъ. На результатахъ нашихъ дѣйствій мы повѣряемъ точность свѣдѣній, сообщаемыхъ намъ чувствами, и на милліонъ ладовъ повторенные опыты показываютъ, почти безъ исключенія, что эта точность очень велика. По крайней мѣрѣ, тѣ исключенія, которыя мы называемъ обманами чувствъ, весьма рѣдки и вызываются только особенными, изъ ряду вонъ выходящими условіями.

Всякій разъ, когда мы протягиваемъ руку, чтобы схватить что нибудь, или ставимъ ногу, чтобы наступить на предметъ, мы должны прежде всего путемъ зрѣнія составить себѣ вѣрное представленіе о положеніи предмета, къ которому желаемъ прикоснуться, объ его формѣ, его разстояніи отъ насъ и т. д.; въ противномъ случаѣ намъ не удастся схватить его, или мы оступимся. Надежность и точность нашихъ чувственныхъ ощущеній должны быть развиты, по крайней мѣрѣ, до такой степени, какой могутъ достигнуть при хорошемъ упражненіи наши движенія; поэтому и вѣра въ достовѣрность нашихъ чувствъ не есть слѣпая вѣра; въ практической правдивости ихъ мы убѣждаемся постоянно безчисленными опытами.

Если это согласіе чувственного ощущенія съ его объектомъ, это основное положеніе всего нашего знанія, есть продуктъ органической творческой силы, то въ этомъ отношеніи творчество дѣйствительно достигло верха совершенства. Но именно здѣсь изслѣдованіе дѣйствительнаго положенія фактовъ немилосердно поколебало вѣру въ предустановленную гармонію внутренняго и виѣшняго міра.

Я умолчу о томъ, во всякомъ случаѣ неожиданномъ результатѣ офтальмометрическихъ и оптическихъ изслѣдованій, изъ котораго слѣдуетъ, что глазъ отнюдь не представляетъ собою оптического прибора болѣе совершеннаго, чѣмъ приборы, сдѣланные человѣческими руками; напротивъ, кромѣ неизбѣжныхъ недостатковъ каждаго діоптрическаго аппарата, у него есть еще и такіе, которые мы старались-бы исправить въ каждомъ искусственномъ приборѣ. Ухо также отнюдь не сохраняетъ намъ относительную силу виѣшнихъ звуковъ; оно разлагаетъ ихъ и измѣняетъ, усиливая и ослабляя въ зависимости отъ высоты тона.

Это уклоненіе кажется незначительнымъ въ сравненіи съ тѣми, которыя получаютъ при изслѣдованіи качества чувственныхъ ощущеній, при помощи которыхъ мы получаемъ понятіе о различныхъ свойствахъ виѣшнихъ предметовъ. Относительно послѣднихъ мы прямо можемъ привести доказательства того, что нѣтъ никакого сходства между качествомъ чувственныхъ ощущеній и качествомъ виѣшнихъ агентовъ, возбуждающихъ наши чувственныя ощущенія и передающихся черезъ нихъ.

Сущность этого была уже изложена въ законѣ I. Мюллера о специфической энергіи чувства. Согласно этому закону, каждому чувствительному нерву принадлежитъ особый видъ ощущеній и каждый изъ нихъ можетъ быть приведенъ въ дѣйствіе при помощи цѣлаго ряда возбудителей; съ другой стороны, одинъ и тотъ-же возбудитель можетъ вліять на различные органы чувствъ; вообще, въ каждомъ отдѣльномъ чувствительномъ нервѣ возбуждается только то ощущеніе, которое соотвѣтствуетъ особой специфической энергіи нерва. Въ глазномъ нервѣ возникаетъ только ощущеніе свѣта, въ слуховомъ—только ощущеніе звука, какъ это происходитъ,—это другой вопросъ. Отсюда самое яркое различіе въ качествахъ ощущеній, т. е. различіе между ощущеніями различныхъ чувствъ отнюдь не зависитъ отъ природы виѣшнихъ возбудителей, а только отъ природы соотвѣтствующаго нерва.

Дальнѣйшими изслѣдованіями область примѣненія этого закона Мюллера была еще расширена. Стало весьма вѣроятнымъ, что даже ощущенія различныхъ цвѣтовъ и тоновъ различной высоты, т. е. и качественныя различія какъ свѣтовыхъ ощущеній между собой, такъ и звуковыхъ, зависятъ отъ раздраженія различныхъ, надѣленныхъ различной специфической энергіей, волокнистыхъ системъ зрительнаго и слуховаго нервовъ. Этимъ путемъ безконечно большое разнообразіе цвѣтныхъ сочетаній сводится въ нашихъ ощущеніяхъ къ различію только въ трехъ отношеніяхъ, а именно къ сочетаніямъ трехъ основныхъ цвѣтовъ. Вслѣдствіе этого упрощенія различныя цвѣтovyя сочетанія могутъ казаться одинаковыми. При этомъ оказалось, что съ физической точки зрѣнія нельзя усмотрѣть между смѣшиваемыми цвѣтами никакого подобія, которое бы соотвѣтствовало субъективно воспринимаемой одинаковости цвѣта. Изъ этихъ и подобныхъ явленій выводится весьма важное заключеніе, что наши ощущенія по своему качеству суть только знаки виѣшнихъ объектовъ, а отнюдь не воспроизведенія ихъ съ тою или другою степенью сходства. Изображеніе должно быть въ какомъ нибудь отношеніи подобно своему объекту; на примѣръ, статуя имѣетъ одинаковую

форму съ изображаемымъ ею человѣческимъ тѣломъ; въ картинѣ сохраняются цвѣтъ и перспективныя проэкція. Для знака достаточно, чтобы онъ обнаруживался всякій разъ, когда происходитъ соотвѣтственное явленіе, причемъ между нимъ и этимъ явленіемъ, кромѣ одновременности ихъ появленія, нѣтъ никакого другого сходства. Только такого рода соотвѣтствіе и существуетъ между нашими чувственными ощущеніями и вызывающими ихъ объектами. Это—знаки, по которымъ мы выучились читать; это — языкъ, на которомъ говорятъ съ нами внѣшніе предметы. Путемъ упражненія и опыта мы должны научиться понимать этотъ языкъ, какъ свой родной.

Сказанное относится не только къ качественнымъ воспріятіямъ, но и къ воспріятіямъ нами пространственныхъ отношеній, если и не во всей ихъ совокупности, то во всякомъ случаѣ въ бѣльшей и самой важной ихъ части. Особенное значеніе въ этомъ отношеніи приобрѣло новѣйшее ученіе о бинокулярномъ зрѣніи и изображеніе стереоскопа. Въ результатѣ непосредственнаго ощущенія обоихъ глазъ безъ помощи психической дѣятельности оказались бы всего на всего два плоскихъ, нѣсколько отличныхъ другъ отъ друга изображенія внѣшняго міра,—изображенія о двухъ измѣреніяхъ въ томъ видѣ, въ какомъ они укладываются на обѣ сѣтчатая оболочка глаза; вмѣсто этого, мы находимъ въ нашемъ представленіи пространственное изображеніе окружающаго насъ міра, имѣющее три измѣренія. Мы узнаемъ при помощи чувствъ разстоянія не особенно удаленныхъ отъ насъ предметовъ такъ-же хорошо, какъ ихъ переспективное отношеніе другъ къ другу, и сличаемъ дѣйствительную величину двухъ различно удаленныхъ предметовъ, повидимому неравной величины, гораздо вѣрнѣе, чѣмъ кажущіяся одинаковыми величины хотя-бы пальца и луны.

Объясненія зрительныхъ пространственныхъ ощущеній, приложимое ко всѣмъ отдѣльнымъ фактамъ, можно, по моему мнѣнію, дать только тогда, когда мы, согласно Лотце, предположимъ, что ощущенія нервныхъ волоконъ, расположенныхъ не одинаково въ пространствѣ, обладаютъ извѣстными особенностями, т. е. мѣстными признаками, пространственное значеніе которыхъ мы должны еще и изучить. Существуютъ многочисленныя доказательства того, что можно достигъ пониманія этихъ знаковъ путемъ перемѣщенія частей нашего тѣла, что можно при этомъ одновременно научиться совершать эти движенія съ извѣстной правильностью, чтобы результатъ движенія былъ какъ разъ ожидаемый, и чтобы фактъ достиженія результата становился намъ яснымъ опять-таки путемъ воспріятія.

Что опытъ играетъ важную роль при распознаваніи значенія зрительныхъ изображеній и въ сомнительныхъ случаяхъ имѣеть даже окончательное, рѣшающее значеніе, съ этимъ согласятся даже тѣ изъ фізіологовъ, которые желаютъ отстаивать прирожденную гармонію между чувствами и внѣшнимъ міромъ. Спорнымъ является пока только вопросъ о томъ, насколько велико у новорожденнаго участіе прирожденныхъ стремленій, облегчающихъ привычку къ уразумѣнію чувственныхъ ощущеній. Допущеніе такихъ стремленій не необходимо; оно даже скорѣе затрудняло-бы, чѣмъ облегчало объясненія аномалій, наблюдаемыхъ у взрослыхъ.

Изъ этого вытекаетъ, что полная и поразительная гармонія между нашими чувственными ощущеніями и вызывающими ихъ объектами, въ сущности, за нѣсколькими сомнительными исключеніями, является индивидуально приобрѣтеннымъ приспособленіемъ, продуктомъ опыта, упражненія и воспоминанія прежнихъ случаевъ подобнаго рода.

Тутъ замыкается кругъ нашихъ разсужденій и мы возвращаемся къ нашей исходной точкѣ. Въ началѣ мы видѣли, что цѣль, къ которой должна стремиться наша наука, есть познаніе законовъ, т. е. познаніе того, какимъ образомъ въ различные моменты времени одинаковыя условія вызываютъ одинаковыя слѣдствія. Мы видѣли, какъ въ послѣдней инстанціи всѣ законы должны слиться въ одинъ законъ движенія. Наконецъ, мы видимъ, что наши чувственныя ощущенія служатъ только признакомъ измѣненій внѣшняго міра и имѣютъ значеніе картинъ только при представленіи послѣдовательности во времени. Именно поэтому они и въ состояніи непосредственно передавать закономерность во временной послѣдовательности явленій природы. Если въ природѣ одинаковыя условія ведутъ къ одинаковымъ результатамъ, то и человекъ, наблюдая при одинаковыхъ условіяхъ, замѣтитъ закономерное повтореніе впечатлѣній въ одинаковой послѣдовательности. И такъ, того, что даютъ намъ наши органы чувствъ, вполне достаточно для рѣшенія задачи науки и для цѣлей практической дѣятельности человека, который долженъ опираться на знаніе законовъ природы, приобрѣтенныхъ частью безсознательно на опытѣ, а частью сознательно путемъ научнаго изслѣдованія.

Заключая этимъ нашъ обзоръ, мы можемъ подвести удовлетворительный итогъ: наука о природѣ смѣло двинулась впередъ, и притомъ не къ отдѣльнымъ цѣлямъ, но въ тѣсной общей связи. Достигнутое обезпечиваетъ дальнѣйшіе успѣхи. Сомнѣнія въ строгой закономерности природы устранены, открылись болѣе общіе всесторонніе законы. Что это направленіе научнаго стрем-

ленія цѣлесообразно, особенно ясно доказали его значительные практическіе результаты; и да будетъ мнѣ теперь позволено поговорить отдѣльно о наукѣ, представителемъ которой я здѣсь являюсь. Именно въ фізіологіи научная работа подвергалась парализующему вліянію сомнѣнія въ необходимой законмѣрности жизненныхъ явленій, и это сомнѣніе простиралось конечно и на находящуюся въ связи съ фізіологіей практическую науку, медицину. Съ тѣхъ поръ, какъ серьезно и рьяно обратились къ естественному методу, къ точному наблюденію явленій и къ опыту, обѣ науки пріобрѣли такое развитіе, какого не могли достигнуть въ продолженіе тысячелѣтій. Я, какъ прежде практиковавшій врачъ, лично могу это засвидѣтельствовать. Мое образованіе совпало съ такимъ періодомъ развитія медицины, когда глубоко-мысленные и добросовѣстные умы приходили въ полное отчаяніе. Было не трудно понять, что старыя, преимущественно теоретическіе методы изученія медицины оказывались совершенно несостоятельными; но съ этими теоріями такъ тѣсно были связаны лежащіе въ основаніи ихъ факты, пріобрѣтенные опытами, что и отъ нихъ пришлось отказаться. Но примѣръ другихъ естественныхъ наукъ указывалъ, въ какомъ направленіи надо начать перестройку наукъ; эта новая задача была неимовѣрно велика; для разрѣшенія ея едва было положено основаніе, причемъ первые шаги были очень грубы и неловки. Мы не должны удивляться, что тогда многіе честные, серьезно мыслящіе люди отвернулись съ чувствомъ неудовлетворенности отъ медицины или основательно предалися превеличенному эмпиризму.

Однако правильно поставленная работа принесла хорошіе плоды быстрѣе, чѣмъ многіе ожидали. Введеніе механическихъ понятій въ ученіе о циркуляціи и вдыханіи, лучшее пониманіе явленій теплоты, болѣе тонко выработанная фізіологія нервовъ дали вскорѣ практическіе результаты величайшей важности; микроскопическое изслѣдованіе формъ паразитныхъ тканей и широкое развитіе патологической анатоміи постепенно приводили изъ туманныхъ теорій къ дѣйствительности. Такимъ образомъ открыли болѣе опредѣленныя особенности и явилось болѣе ясное пониманіе механизма и процессовъ болѣзни, чѣмъ то, которое давала старинная медицина со своимъ счетомъ пульса, изслѣдованіемъ выдѣленій и типами лихорадки. Если назвать тотъ отдѣлъ медицины, гдѣ выказалась наиболѣе блестящимъ образомъ вліяніе научнаго метода, то это именно терапія и паталогія глаза. Свообразному устройству глаза благопріятствуетъ примѣненіе физическихъ методовъ изслѣдованія, какъ при нарушеніяхъ функціональныхъ, такъ точно

и при анатомическихъ поврежденіяхъ живаго органа. Обыкновенныя физическія средства, очки, то сферическія, то цилиндрическія, то призматическія, во многихъ случаяхъ достаточны для устраненія болѣзни, которая въ прежнее время дѣлала бы органъ на продолжительное время негоднымъ; съ другой стороны теперь можно при самомъ возникновеніи открыть и устранить большое количество неправильностей, которыя прежде замѣчались только тогда, когда уже наступала неизлѣчимая слѣпота. Поэтому наука о лѣченіи глаза, какъ дающая самыя благопріятныя точки опоры для научнаго метода, привлекла особенно много выдающихся изслѣдователей и быстро развилась до своего настоящаго положенія, благодаря которому она служитъ для остальныхъ отраслей медицины такимъ-же яснымъ образцомъ пригодности правильнаго метода, какимъ долгое время была астрономія для остальныхъ естественныхъ наукъ.

Въ то время, какъ въ успѣхахъ изслѣдованія неорганической природы участвовали всевозможныя націи Европы, новѣйшее развитіе физиологіи и медицины принадлежитъ преимущественно Германіи. Я уже указалъ на препятствія, мѣшавшія успѣху въ этой области. Вопросы о природѣ жизни тѣсно связаны съ вопросами психологическими и этическими. Прежде всего и здѣсь дѣло идетъ о неуспѣшной работѣ, которая должна быть выполнена для чисто идеальныхъ цѣлей, не имѣя ввиду близкую практическую пользу науки. И, конечно, мы можемъ гордиться, что наши нѣмецкіе изслѣдователи искони отличались этимъ воодушевленнымъ безкорыстнымъ прилежаніемъ, которое служитъ для внутренняго удовлетворенія, а не для внѣшняго успѣха.

Но, по моему мнѣнію, въ этомъ случаѣ рѣшающее значеніе имѣло нѣчто другое, а именно то обстоятельство, что у насъ, меньше, чѣмъ гдѣ либо, боятся результатовъ полной и прямой истины. Въ Англіи и во Франціи есть также превосходные изслѣдователи, которые были-бы въ состояніи работать съ полной энергіей и правильно примѣняя естественный методъ; но почти всегда они должны были подчиняться общественнымъ и церковнымъ предразсудкамъ, и если они хотѣли высказать свои убѣжденія, то могли это сдѣлать только въ ущербъ своему общественному вліянію и своей дѣятельности.

Германія выступила смѣлѣй; у нея была надежда, никогда ее не обманывавшая, что хорошо извѣстная истина приноситъ собой лекарство противъ вреда и опасности, которые могли вытекать изъ неполнаго познанія истины.

Трудолюбивый, умѣренный, строгій въ своихъ нравахъ народъ

можетъ смѣло отважиться взглянуть истинѣ прямо въ лицо; онъ не погибнетъ отъ созданія нѣкоторыхъ необдуманнхъ одностороннихъ теорій, если даже и окажется, что онѣ нарушаютъ основное положеніе нравственности и общества.

Здѣсь ¹⁾ мы находимся вблизи южной границы нѣмецкой земли. Въ наукѣ мы можемъ не обращать вниманія на политическія границы, но наше отечество простирается такъ далеко, какъ далеко раздается нѣмецкій языкъ, какъ далеко находятъ признаніе нѣмецкое прилежаніе и нѣмецкая неустрашимость въ стремленіи къ истинѣ. Что такое признаніе онѣ находятъ здѣсь, въ этомъ мы могли убѣдиться изъ гостепріимной встрѣчи и изъ прочувствованныхъ рѣчей, которыми насъ привѣтствовали. Здѣсь образуется молодой медицинскій факультетъ. Ему мы желаемъ на его жизненномъ пути, чтобы онъ развивалъ въ себѣ эти основныя добродѣтели нѣмецкой науки; тогда онъ сумѣетъ найти лекарство не только для тѣлесныхъ недуговъ; тогда онъ будетъ оживляющимъ центромъ для подкрѣпленія духовной самостоятельности, вѣрности убѣжденіямъ и любви къ истинѣ, центромъ для укрѣпленія чувства связи съ великимъ отечествомъ.

¹⁾ Въ Инсбрукѣ.

СОВРЕМЕННОЕ РАЗВИТИЕ

ВЗГЛЯДОВЪ ФАРАДЭЯ

НА ЭЛЕКТРИЧЕСТВО.

Высокочитимое собраніе!

Исполняя ваше лестное для меня желаніе, я рѣшаюсь сегодня обратиться къ вамъ съ рѣчью съ того самаго мѣста, откуда великій естествоиспытатель, память котораго мы чествуемъ, такъ часто поразжалъ своихъ изумленныхъ слушателей разоблаченіемъ такихъ тайнъ природы, существованія которыхъ никто не подозрѣвалъ. Прежде всего я попрошу позволенія ограничить сегодняшнія мои разъясненія тою стороною его дѣятельности, съ которою я наиболѣе ознакомился на основаніи собственныхъ изслѣдованій и наблюденій, а именно ученіемъ объ электричествѣ. Къ тому же бѣольшая часть собственныхъ изслѣдованій Фарадэя была посвящена этому отдѣлу физики и въ этой области сдѣлалъ онъ свои наиболѣе выдающіяся открытія. Всѣмъ извѣстны факты, которые онъ здѣсь открылъ; всѣ учебники физики говорятъ о нихъ, всякій, изучающій естественныя науки, наблюдалъ ихъ. Вращеніе плоскости поляризаціи свѣта въ магнитномъ полѣ, явленіе діамagnetизма въ висмутѣ, діэлектрическая поляризація электрическихъ изоляторовъ—это все общеизвѣстныя вещи; каждый физикъ умѣетъ пользоваться вольтаметромъ для измѣренія электрическихъ токовъ, между тѣмъ какъ индукціонныя токи заставляютъ говорить телефоны, приводятъ въ дѣйствіе онѣмѣлыя мышцы и могутъ служить источниками электрическаго свѣта. Какъ первый, открывшій такіе многочисленныя, важныя и поразительныя факты, Фарадэй встрѣтилъ всеобщее удивленіе и признаніе. Да и кто же могъ бы не понять ихъ значенія?

Однако, совершенно не такъ было дѣло съ представленіями, которыя онъ составилъ себѣ относительно внутренней сущности этихъ процессовъ, представленій, указавшихъ ему дорогу къ его поразительнымъ открытіямъ. Вначалѣ ихъ почти не понимали, мало обращали на нихъ вниманія и по большей части отвергали,

какъ странности. И въ самомъ дѣлѣ, они сильно отличались отъ привычныхъ способовъ научныхъ изложеній и только постепенно мы научились ихъ понимать. Существенная цѣль, которую онъ здѣсь преслѣдовалъ, заключалась въ томъ, что онъ хотѣлъ въ своихъ теоретическихъ представленіяхъ основываться на фактахъ уже наблюденныхъ или на такихъ, которые возможно наблюдать, старательно избѣгая всякой примѣси гипотетическаго элемента. Такимъ образомъ стремленіе его было направлено къ тому, чтобы произвести рѣшительный шагъ впередъ въ научной методикѣ, съ цѣлью освободить естествознаніе отъ послѣднихъ слѣдовъ метафизики. Фарадэй былъ не первый и не единственный изъ своихъ современниковъ, работавшихъ въ этомъ направленіи. Я уже имѣлъ случай, по другому поводу, указать на то, что Гёте составилъ себѣ подобный же идеаль конечной цѣли изученія естествознанія; Александръ Гумбольдтъ также старался осуществить его. Но такъ радикально, какъ Фарадэй, конечно, не дѣйствовалъ ни одинъ изъ его современниковъ, и ни одинъ изъ нихъ не далъ новому принципу такого энергичнаго и плодотворнаго практическаго примѣненія.

Но всякое коренное измѣненіе основныхъ принциповъ и гипотезъ какой-либо науки необходимо влечетъ за собой образованіе новыхъ отвлеченныхъ понятій и непривычныхъ представленій, съ которыми современный имъ читатель только медленно сживается, если вообще онъ захочетъ дать себѣ этотъ трудъ. Смыслъ новаго отвлеченнаго понятія только тогда можетъ считаться вполне уясненнымъ, когда хорошо обдуманъ и правильно отысканъ способъ примѣненія его къ существеннѣйшимъ группамъ отдѣльныхъ фактовъ, при чемъ группировать факты приходится, сообразуясь съ новымъ понятіемъ. Опредѣлить новое абстрактное понятіе общедоступнымъ языкомъ такъ, чтобы не возникли всякаго рода недоразумѣнія, по большей части очень трудно. Тому, кто вводитъ подобную новую идею, обыкновенно бываетъ гораздо труднѣе догадаться, почему другіе его не понимаютъ, нежели открыть самую новую истину. По отношенію къ Фарадэю къ этому присоединялось еще то обстоятельство, что онъ, какъ сынъ кузнеца и впослѣдствіи ученикъ переплетчика, не прошелъ той школы научной дисциплины, которую прошла большая часть его читателей.

Съ тѣхъ поръ какъ Клеркъ-Максуэлль (Clerk Maxwell) далъ намъ математическое истолкованіе идей Фарадэя въ методически обработанной научной формѣ, мы, конечно, видимъ, какая строгая опредѣленность представленій и какая глубокая точность выводовъ скрывается за словами Фарадэя, которые

его современникамъ казались такими темными и неопредѣленными. И въ высшей степени интересно видѣть, какое большое число теоремъ, методическое доказательство которыхъ требуетъ примѣненія высшихъ силъ математическаго анализа, нашель онъ какъ-бы инстинктивно, при посредствѣ нѣкотораго рода внутренняго созерцанія, не вывода ни одной математической формулы. Я не могу ставить въ вину современникамъ Фарадэя, что они не оцѣнили всего этого: я слишкомъ хорошо помню, какъ часто я самъ сидѣлъ, безнадежно разсматривая одно изъ его описаній линий силъ и ихъ числа и напряженія, или стараясь понять предложенія, въ которыхъ гальванической токъ обозначается какъ ось силы и т. п. Одно какое-нибудь, замѣчательное открытіе конечно можетъ быть произведено вслѣдствіе счастливой случайности и еще не всегда доказываетъ, что ходъ разсужденій, приведшій автора къ этому открытію, былъ правильный и что самъ авторъ обладаетъ выдающимися способностями. Но было-бы противно всѣмъ законамъ вѣроятія, если бы такой богатый рядъ важнѣйшихъ открытій, какія произвелъ Фарадэй, проистекъ изъ представлений, не содержащихъ въ себѣ дѣйствительно вѣрнаго, хотя можетъ быть и глубоко скрытаго основанія истины. По отношенію къ Фарадэю мы, быть-можетъ, должны еще подумать и о томъ, что великіе благодѣтели человѣчества именно за лучшія дѣла свои рѣдко получаютъ признательность еще при жизни, и что новыя идеи обыкновенно тѣмъ медленнѣе прокладываютъ себѣ путь, чѣмъ болѣе основнаго онѣ въ себѣ содержатъ и чѣмъ болѣе онѣ приспособлены къ тому, чтобы произвести переворотъ въ научной дѣятельности.

Хотя многія изысканія Фарадэя по электричеству, произведенныя впрочемъ съ замѣчательнымъ вниманіемъ и добросовѣстностью, относятся повидимому къ вещамъ побочнымъ и неважнымъ, однако, при ближайшемъ разсмотрѣніи можно всегда найти ихъ связь съ двумя основными задачами естествознанія, изъ которыхъ одна разсматриваетъ сущность такъ называемыхъ физическихъ силъ, т. е. силъ, дѣйствующихъ на разстояніи, другая же — химическія силы, которыя дѣйствуютъ на неизмѣримо малыхъ разстояніяхъ отъ частицы къ частицѣ, а также отношеніе вторыхъ силъ къ первымъ.

Сегодня я могу дать только краткое описаніе того положенія, котораго въ настоящее время достигло ученіе объ электричествѣ по отношенію къ первой изъ этихъ двухъ задачъ. Споры, которые велись по этому поводу, еще не окончены; мнѣнія сильно расходятся, хотя, какъ мнѣ кажется, уже существуютъ основанія для

окончательнаго рѣшенія вопроса. Болѣе основательное разсмотрѣніе этихъ спорныхъ вопросовъ заставило бы насъ слишкомъ углубиться въ математическія и механическія задачи, и все-таки я не могъ бы, въ короткой публичной лекціи изложить доводовъ *pro et contra*, и указать способъ рѣшенія вопроса такъ, чтобы имѣть возможность рассчитывать привести моихъ слушателей къ основательному научному убѣжденію. И потому объ этой сторонѣ моей сегодняшней задачи я могу дать только краткій отчетъ, составленный сообразно моему собственному мнѣнію относительно этого вопроса. Однако я не хочу при этомъ умолчать, что нѣкоторые лица, весьма извѣстныя въ наукѣ, именно нѣкоторые изъ моихъ соотечественниковъ, не придерживаются моего взгляда.

Великая и основная задача, которою занялся Фарадэй, былъ вопросъ, существуютъ-ли силы, дѣйствующія непосредственно на разстояніи безъ участія какой либо промежуточной среды? Въ прошедшемъ и нынѣшнемъ столѣтіяхъ гипотеза о силѣ притяженія, дѣйствующей между небесными свѣтилами, послужила примѣромъ почти для всѣхъ физическихъ теорій. Извѣстно, какъ медленно и осторожно вводилъ самъ Ньютонъ эту свою гипотезу, которой предназначено было послужить примѣромъ того, какъ плодородна и могущественна можетъ быть истинная научная метода. Позднѣе, подъ впечатлѣніемъ полученныхъ результатовъ, стали забывать о сомнѣніяхъ, которыя были еще такъ сильны у Ньютона и его современниковъ. Мы не должны удивляться, что затѣмъ послѣдователи Ньютона старались достигнуть тѣхъ же результатовъ, стремясь объяснить другіе физическіе процессы дѣйствіемъ на разстояніи. Явленія, представляемые статическимъ электричествомъ и магнетизмомъ, казалось, имѣютъ особенно близкое сродство со всемірнымъ тяготѣніемъ, такъ какъ Кулонъ (Coulomb) нашелъ, что во всѣхъ трехъ случаяхъ дѣйствіе притягательныхъ и отталкивательныхъ силъ убываетъ съ увеличеніемъ разстоянія по одному и тому же закону, а именно обратно пропорціонально квадрату разстоянія.

Но затѣмъ появилось открытіе Эрстедта (Oerstedt) относительно движенія, производимаго магнитомъ при дѣйствіи гальваническаго тока. Электромагнитныя силы, вызывающія это движеніе, имѣютъ изумительный и своеобразный характеръ. А именно, повидимому, эти силы должны бы были заставлятъ однополюсный магнитъ непрерывно вращаться по кругу, не достигая положенія, гдѣ-бы это вращеніе оканчивалось. Конечно, невозможно отдѣлить одинъ полюсъ магнита отъ другаго; тѣмъ не менѣе Амперъ воспроизвелъ это безконечное круговое движеніе, заставивъ часть проводника двигаться вмѣстѣ съ магнитомъ.

Этотъ характеръ электромагнитныхъ силъ и послужилъ Фарадэю исходной точкой при его занятіяхъ электричествомъ. Онъ понялъ, что движеніе подобнаго рода не можетъ быть вызвано сочетаніемъ притягательныхъ или отталкивательныхъ силъ, дѣйствующихъ между двумя матеріальными точками. Къ этому выводу привело его повидимому инстинктивное предчувствіе закона сохраненія силъ; подобное предчувствіе появлялось у многихъ естествоиспытателей гораздо раньше, чѣмъ П. Джуль (Joule) придалъ этому закону строгое научное выраженіе и выполнилъ существеннѣйшіе пробѣлы въ эмпирическомъ его доказательствѣ. Если гальваническій токъ можетъ выше-описаннымъ способомъ привести магнитъ въ движеніе и вращать его съ возрастающею скоростью, то и обратно необходимо должно существовать дѣйствіе на токъ со стороны приводимаго въ движеніе магнита, вслѣдствіе котораго сила тока должна уменьшаться. Фарадэй произвелъ соотвѣтствующіе опыты и открылъ токи, возбуждаемые движеніемъ магнита, которые называются индуктированными токами. Онъ прослѣдилъ появленіе ихъ при различныхъ условіяхъ, при которыхъ они могутъ возникнуть. Онъ нашелъ, что электродвигательная сила, стремящаяся вызвать подобные токи, всегда и вездѣ появляется тамъ, гдѣ возникаетъ, увеличивается или уменьшается магнитная сила. Отсюда онъ заключилъ, что всякая часть пространства, въ которомъ дѣйствуютъ магнитныя силы, находится въ измѣненномъ состояніи, въ нѣкотораго рода натяженіи, и стремится возвратиться въ первоначальное состояніе, когда магнитныя дѣйствія прекращаются; а всякое измѣненіе этого состоянія отмѣчается появленіемъ электродвижущихъ силъ. Незвѣстное гипотетическое состояніе промежуточнаго вещества назвалъ онъ, временно, электротоническимъ состояніемъ и затѣмъ въ теченіе цѣлаго ряда годовъ старался опредѣлить сущность этого электротоническаго состоянія. Онъ открылъ прежде всего въ 1838 году діэлектрическую поляризацию, которая возникаетъ въ электрическихъ изоляторахъ, когда они подвергаются притягательнымъ электрическимъ силамъ. Подобныя тѣла подъ вліяніемъ притягательныхъ электрическихъ силъ выказываютъ такіе же признаки установившагося въ нихъ распредѣленія электричества, какіе выказываетъ мягкое желѣзо по отношенію къ намагничиванію подъ вліяніемъ магнитныхъ силъ. Спустя одиннадцать лѣтъ, въ 1849 г., онъ наконецъ былъ въ состояніи доказать, что не только желѣзо и родственныя съ нимъ тѣла, но рѣшительно всякая вѣсомая матерія подъ вліяніемъ достаточно большой магнитной силы обнаруживаетъ ясно замѣтные слѣды намагничива-

нія. Одновременно съ этимъ открытія имъ явленія діамagnetизма, повидимому, даже показываютъ, что пространство, освобожденное отъ всякой вѣсомой матеріи, или содержащейся въ этомъ пространствѣ свѣтовой эфиръ, можетъ намагничиваться. Дѣйствительно, явленія діамagnetизма объясняются всего проще и естественноѣе, если мы примемъ, что тѣ тѣла діамagnetны, которыя менѣе magnetны, нежели окружающая ихъ среда. Такимъ образомъ были указаны видимыя измѣненія въ средѣ, которыя могли соотвѣтствовать электротоническому состоянію, требуемому теоріей; тогда Фарадэй принялся выполнять въ своей головѣ работу, которая, по существу предмета, была бы по плечу только великому математику, не пользуясь при этомъ ни одной математической формулой. Онъ уяснилъ себѣ, что намагниченныя и діэлектрически поляризованныя тѣла должны имѣть стремленіе сжиматься по направленію проходящихъ черезъ нихъ линий силъ и расширяться по направленію перпендикулярному къ этимъ линіямъ. Тогда при помощи необыкновенно яснаго и живаго представленія, которое онъ составилъ себѣ объ этихъ процессахъ, онъ увидалъ, что система растяжений по одному направленію и сжатій по другому, пронизывающая все пространство около тѣла, наэлектризованнаго, намагниченнаго или подвергнутаго дѣйствию гальваническаго тока, въ состояніи объяснить всѣ явленія электрическаго, magnetнаго и электромагнитнаго притяженія, отталкиванія и индукціи, причѣмъ не приходится ссылаться на силы, дѣйствующія непосредственно на разстояніи. Въ этой части его пути только весьма немногіе могли за нимъ слѣдовать. Необходимъ былъ Клэркъ Максвеллъ, второй человекъ, обладавшій тою же глубиною и самостоятельностью воззрѣній, чтобы выполнить въ обычныхъ формахъ систематическаго мышленія великое зданіе, планъ котораго начерталъ Фарадэй въ своемъ умѣ, которое онъ такъ ясно передъ собою видѣлъ и старался сдѣлать яснымъ и для своихъ современниковъ.

Едвали можно оспаривать, что эта новая теорія электрическихъ и magnetныхъ явленій, основателемъ которой былъ Фарадэй и которая была обработана Максвелломъ, сама по себѣ совершенно послѣдовательна, находится въ полномъ и точномъ согласіи со всѣми извѣстными и наблюденными фактами и ни въ одномъ изъ своихъ положеній не противорѣчитъ основнымъ аксіомамъ динамики, которыя до сихъ поръ оказывались точными законами для всѣхъ явленій природы; я подразумѣваю въ особенности законъ сохраненія силъ и законъ равенства дѣйствія и противодѣйствія. Особенно важнымъ подтвержденіемъ выше-

названной теоріи служить еще то, что, какъ доказаль Максвеллъ, тѣ самыя свойства невѣсомой матеріи, наполняющей міровое пространство, которыя должны быть ей приписаны, чтобы объяснить явленія электричества и магнетизма, дѣлають возможнымъ возникновеніе и распространеніе электрическихъ и магнитныхъ колебаній, которыя, подобно свѣтовымъ колебаніямъ, направлены перпендикулярно къ лучу и должны распространяться съ тою-же скоростью какъ и свѣтъ. Электричество, магнетизмъ и свѣтъ оказываются, поэтому, только различными состояніями и движеніями одной и той же среды. Слѣдуетъ упомянуть, что нѣкоторыя части теоріи свѣта выводятся легче и проще изъ этой новой гипотезы, нежели изъ прежней теоріи волнообразныхъ движеній Гюйгенса, которая приписываетъ свѣтовому эфиру свойства твердаго упругаго тѣла.

Однако же приверженцы непосредственнаго дѣйствія на разстояніи не переставали искать соотвѣтствующаго рѣшенія электромагнитной задачи. Уже Амперъ весьма остроумно и находчиво свелъ двигательныя силы, возникающія между двумя проволоками при прохожденіи черезъ нихъ токовъ, къ притягательнымъ и отталкивательнымъ силамъ, дѣйствующимъ на разстояніи; но ихъ можно было представить, какъ дѣйствующія не между двумя какими-нибудь точками, а между весьма малыми элементами длины проводника, потому что напряженіе ихъ выражалось въ видѣ довольно сложной функціи угловъ, составляемыхъ направленіями обоихъ элементовъ тока между собою и съ соединяющею ихъ прямою. Самъ Амперъ еще не зналъ индуктированныхъ электрическихъ токовъ. Но законы этихъ послѣднихъ можно было вывести при помощи его закона, воспользовавшись правиломъ, найденнымъ экспериментально Фарадеемъ, по которому токи, индуктированные движеніемъ магнита или проводника съ токомъ, всегда препятствуютъ этому движенію.

Общею математическою формулировкой вытекающаго отсюда закона для силы индуктированнаго тока мы обязаны Ф. Е. Нейманну (въ Кенигсбергѣ). Такъ какъ этотъ законъ былъ выведенъ изъ закона Ампера, то онъ также относился къ дѣйствию между двумя элементами длины проводниковъ, а не между двумя точками ихъ. Понятно, что взаимодействіе такихъ элементовъ тока представляетъ нѣчто весьма сложное, сравнительно съ взаимодействіемъ точекъ.

Я самъ публиковалъ нѣсколько математическихъ разсужденій по поводу закона Неймана, пріобрѣвшаго извѣстность подъ именемъ потенциальнаго закона; выраженный въ нѣсколько

обобщенной формѣ, этотъ законъ гораздо проще и охватывая большее число случаевъ, нежели первоначальный законъ Ампера, представляетъ различныя явленія въ замкнутыхъ проводникахъ согласно съ фактами и вполнѣ точно количественно во всѣхъ частныхъ случаяхъ. По большей части необыкновенно слабыя электродинамическія дѣйствія разомкнутыхъ токовъ, т. е. такихъ, которые приводятъ къ накопленію электричества въ отдѣльныхъ частяхъ проводника, были въ то время еще очень мало извѣстны. Мнѣ удалось доказать, что будучи приложенъ къ этому случаю, потенциальный законъ, по крайней мѣрѣ никогда не приводитъ къ противорѣчію съ общими аксіомами механики. Въ этомъ состоитъ, по моему мнѣнію, большое преимущество закона Неймана надъ всѣми другими извѣстными гипотезами относительно электрическаго дѣйствія на разстояніи. Отъ воззрѣній Фарадея этотъ законъ отличается тѣмъ, что онъ приписываетъ электродинамическія дѣйствія только движенію электричества, происходящему внутри проводниковъ, а діэлектрическіе заряды, возникающіе въ изоляторахъ, находящихся между проводниками, рассматриваетъ, какъ не дѣйствующие электродинамически.

Цѣлью моихъ математическихъ работъ въ этой области было найти, какого рода слѣдуетъ произвести опыты, чтобы рѣшить, которая изъ различныхъ возможныхъ теорій наиболѣе вѣроятна. Мнѣ удалось произвести подобный опытъ надъ электричествомъ, которое собирается на поверхности проводника, вращающагося въ магнитномъ полѣ ¹⁾.

Этотъ опытъ рѣшилъ вопросъ въ пользу Фарадея, съ потенциальнымъ же закономъ могъ онъ согласоваться только при допущеніи, что діэлектрическая поляризація, устанавливающаяся въ изоляторѣ, находящемся между двумя заряжающимися проводниками, есть движеніе электричества, неимѣющее съ токомъ, заряжающимъ проводники, эквивалентнаго напряженія и эквивалентнаго дѣйствія.

Другіе физики, и между ними весьма выдающіеся, старались вывести электродинамическія явленія изъ допущенія дѣйствія на разстояніи силъ, возникающихъ между двумя количествами гипотетической электрической жидкости, причемъ напряженіе этихъ силъ должно было зависѣть не только отъ разстоянія между жидкостями, но также отъ ихъ скоростей и ускореній. Изъ этого класса теорій особенную извѣстность приобрѣла теорія

¹⁾ Poggendorff's Annalen Bd. 158. p. 87. Helmholtz, Wissenschaftliche Abhand. Bd. 1. p. 714. Leipzig. 1882.

В. Вебера (въ Гёттингенѣ); другая была найдена въ бумагахъ; оставшихся послѣ геніальнаго математика Р им а н н а (Riemann), третья была недавно опубликована Клаузіусомъ (Clausius въ Боннѣ). Явленія, происходящія въ замкнутыхъ проводникахъ, вытекаютъ изъ всѣхъ этихъ теорій вполне правильно и согласно; но съ другой стороны всѣ онѣ противорѣчатъ общимъ аксіомамъ динамики, если ихъ прилагать къ разомкнутымъ токамъ.

Если принять гипотезу Вебера, то равновѣсіе электричества оказывается неустойчивымъ во всякомъ проводникѣ, имѣющемъ умѣренную величину по тремъ направлениамъ; кромѣ того представляется возможнымъ получить безконечно большой эквивалентъ работы изъ тѣлъ, имѣющихъ конечную массу. Я не нахожу, чтобы возраженія, сдѣланныя относительно этого В. Томсономъ (W. Thomson) и П. Г. Тэтомъ (P. G. Tait), и которыя я самъ подробно развилъ, были ослаблены полемикой, которая велась по этому поводу. И потому ни одинъ защитникъ закона Вебера не былъ въ состояніи вывести изъ него примѣнимые законы для движенія электричества въ проводникахъ трехъ измѣреній, тогда какъ изъ другихъ законовъ, не заключающихъ въ себя той-же ошибки, они выводятся легко. Гипотеза Р им а н н а, которую онъ самъ, какъ было выше замѣчено, не публиковалъ, страдаетъ тѣмъ-же недостаткомъ и въ то-же время противорѣчитъ аксіомѣ Н ь ю т о н а о равенствѣ дѣйствія и противодѣйствія. Гипотеза Клаузіуса свободна отъ перваго изъ этихъ недостатковъ, но не отъ втораго и самъ авторъ ея согласился, что для того чтобы ее освободить отъ этой ошибки, надо допустить существованіе среды, заполняющей міровое пространство, между которою, съ одной стороны, и электричествами, съ другой, дѣйствуютъ принимаемыя имъ силы. Такимъ образомъ и съ этой стороны мы приходимъ къ содѣйствію среды.

И такъ, современное развитіе этой вѣтви теорій едва ли допускаетъ другаго исхода, кромѣ принятія гипотезы Фарадея, и вслѣдствіе этого возникаетъ надежда, что скоро всѣ различныя воззрѣнія соединятся въ этой одной гипотезѣ. Гипотеза Фарадея въ настоящее время оказывается единственной, согласной со всѣми наблюдаемыми фактами, причемъ ни одно изъ слѣдствій, изъ нея выводимыхъ, не противорѣчитъ общимъ основнымъ законамъ динамики.

Клэркъ Максвеллъ развилъ эту теорію главнымъ образомъ для замкнутыхъ цѣпей. Я самъ въ послѣдніе года занимался слѣдствіями, получающимися для проводниковъ, не составляющихъ замкнутой цѣпи, и я могъ убѣдиться, что теорія находится

въ согласіи съ немногими фактами, до сихъ поръ собранными въ этомъ направленіи. Къ нимъ я причисляю: 1) колебательный разрядъ конденсатора черезъ проволочную катушку; 2) мои собственные опыты надъ электрическимъ зарядомъ поверхности проводника, вращающагося въ магнитномъ полѣ; 3) наблюденія Роулэнда (Rowland) надъ электромагнитными дѣйствіями вращающихся пластинокъ, заряженныхъ электричествомъ одного рода.

Рѣшающее вопросъ допущеніе, лежащее въ основѣ теоріи Фарадэя и устраняющее всѣ затрудненія различныхъ теорій, это—уже упомянутое нами допущеніе, по которому во всѣхъ изоляторахъ, находящихся между проводниками, возникаетъ, при заряденіи проводниковъ электричествомъ, діэлектрическая поляризація, при томъ съ такой силой, что связанное съ установленіемъ этого состоянія движеніе электричества можетъ быть разсматриваемо, какъ эквивалентное продолженіе тока, заряжающаго проводники. Если мы сдѣлаемъ это допущеніе, то всѣ токи окажутся замкнутыми; а для замкнутыхъ токовъ всѣ различныя выше упомянутыя теоріи приводятъ къ одинаковымъ выводамъ.

Но если мы введемъ такое допущеніе, то далѣе слѣдуетъ, что вліяніе силъ, дѣйствующихъ въ даль, если таковыя принять, должно исчезнуть сравнительно съ діэлектрическими и магнитными натяженіями въ изоляторахъ или въ эфирѣ, наполняющемъ пространство.

И такъ, гипотеза Фарадэя предполагаетъ появленіе определенныхъ измѣненій, магнитной и діэлектрической поляризаціи, въ той части пространства, гдѣ проходятъ электрическія и магнитныя линіи силъ, которыя мы можемъ наблюдать по крайней мѣрѣ на столько, на сколько выказывается разность ихъ напряженій въ различныхъ веществахъ.

Дальнѣйшія гипотезы, которыя мы могли бы себѣ составить о сущности электричества и магнетизма, являются, сравнительно съ этимъ, безразличными. Намъ пока нѣтъ надобности останавливаться на которой либо изъ нихъ. Самъ Фарадэй, какъ истинный естествоиспытатель, по возможности избѣгалъ утверждать чего-либо положительнаго по поводу этой задачи, хотя съ другой стороны онъ не скрывалъ своего нерасположенія вѣрить въ существованіе двухъ противоположныхъ электрическихъ жидкостей.

Такъ-какъ я хочу теперь перейти къ разсмотрѣнію электрохимическихъ процессовъ, то мы должны по крайней мѣрѣ условиться относительно терминовъ, которыми я буду изображать эти процессы. Намъ придется говорить главнымъ образомъ объ электрическихъ количествахъ, а отношенія ихъ легче и опредѣ-

леніе всего выражаются на языкѣ старой дуалистической теоріи, по которой два противоположныхъ электричества разсматриваются, какъ двѣ невѣсомыя жидкости. Кромѣ того, это самый извѣстный изъ способовъ представленія, и потому я прошу у васъ позволенія выражаться языкомъ этой теоріи. Впрочемъ, я постараюсь на сколько возможно подражать Ф а р а д ѐ ю, стремясь придерживаться области фактовъ и избѣгать того, чтобы выраженное въ гипотезѣ фигурально, какъ краткое описаніе явленія, производило какое-либо вліяніе на наше представленіе о фактахъ. Когда мы представляемъ себѣ два рода электричества, какъ субстанціи противоположныхъ знаковъ, то это только краткое выраженіе фактовъ, показывающихъ, что никогда не появляется и не исчезаетъ нѣкоторое количество положительнаго электричества безъ того, чтобы одновременно и притомъ въ непосредственной близости не появилось или не исчезло равное ему количество отрицательнаго электричества. Каждое количество само по себѣ не можетъ ни увеличиться, ни разрушиться какъ субстанція; и только соединяясь съ равнымъ ему количествомъ противоположнаго электричества оно можетъ исчезнуть, по крайней мѣрѣ, для нашего наблюденія.

Первоначальное понятіе о субстанціи слѣдуетъ отличать отъ понятія о матеріи или веществѣ. Субстанція есть то, *quod substat*, то, что при различныхъ явленіяхъ остается количественно неизмѣннымъ, и въ этомъ древнѣйшемъ обширномъ смыслѣ слова мы во всякомъ случаѣ могли бы называть оба электричества субстанціями, если бы они были и невещественны по природѣ.

Я отлично понимаю, что старая дуалистическая гипотеза представляетъ довольно запутанную и искусственную систему для объясненія явленій и что математическій языкъ К л э р к а М а к с у э л л а выражаетъ законы фактовъ просто и вполне точно, пользуясь гораздо меньшимъ числомъ гипотетическихъ допущеній. Но для доказательства того, что величина, заступающая въ теоріи М а к с у э л л а мѣсто количества электричества, выказываетъ неизмѣнность субстанціи, необходимо было бы полное изложеніе этой теоріи, которое безъ математическихъ символовъ не легко произнести, а можетъ быть и понять. Вѣроятно въ этомъ обстоятельствѣ надо искать причину того, что до сихъ поръ ¹⁾ теорія М а к с у э л л а получила лишь небольшое распространеніе между учеными.

Изъ двухъ старыхъ гипотезъ объ электриствѣ я предпочитаю дуалистическую, хотя она допускаетъ двѣ невѣсомыя жидкости вмѣсто одной, потому что она въ своихъ выраженіяхъ сохра-

¹⁾ 1881 г.

няетъ фактическую симметрію между положительною и отрицательною сторонами электрическихъ явленій.

Ради этой симметріи сохраняю я дѣлаемое обыкновенно допущеніе, что во всякое вѣсомое тѣло всегда втекаетъ столько положительнаго электричества, сколько изъ него вытекаетъ отрицательнаго и наоборотъ. На самомъ дѣлѣ мы не знаемъ ни одного факта, который можно было бы разсматривать какъ слѣдствіе измѣненія запаса нейтральнаго электричества тѣла. Для цѣлей электрохимической теоріи, къ разсмотрѣнію которой мы сейчасъ приступимъ, дуалистическая гипотеза также гораздо удобнѣе, нежели унитарная, которая приписываетъ силы отрицательнаго электричества непосредственно вѣсомой матеріи.

И такъ, я перехожу теперь ко второй фундаментальной задачѣ, къ разъясненію которой стремился Фарадэй, а именно къ связи между электрическими и химическими силами.

Еще раньше, нежели Фарадэй началъ свои работы, Берцеліусъ установилъ электрохимическую теорію и нашелъ въ ней связь, позволявшую всѣ химическіе факты, извѣстные въ его время, соединить въ одну общую систему, разработка которой и была главнымъ трудомъ всей его жизни. Его исходною точкою въ этомъ случаѣ былъ рядъ, въ который Вольта распредѣлилъ металлы. Этотъ рядъ, какъ извѣстно, составленъ такъ, что каждый металлъ при соприкосновеніи съ однимъ изъ предыдущихъ заряжается отрицательно, а съ однимъ изъ послѣдующихъ—положительно. Начало или положительный конецъ ряда составляютъ легко окисляемые металлы, тогда-какъ другой, отрицательный конецъ составляютъ трудно окисляемые или благородные металлы. Чѣмъ дальше другъ отъ друга отстоятъ въ этомъ ряду два металла, тѣмъ сильнѣйшій электрическій зарядъ получаютъ они при взаимномъ соприкосновеніи; а отсюда далѣе слѣдуетъ, что подобныя, далеко другъ отъ друга отстоящія тѣла должны подѣ влияніемъ этого электрическаго заряда, особенно сильно притягиваться и при молекулярномъ соприкосновеніи тѣмъ сильнѣе другъ къ другу приставать. Эту способность возбуждать другъ въ другѣ электрическій зарядъ Берцеліусъ приписалъ всѣмъ другимъ элементамъ; сообразно съ этимъ онъ расположилъ ихъ, какъ Вольта металлы, въ рядъ, на положительномъ концѣ котораго онъ помѣстилъ калий, натрій, барій, кальцій и подобныя имъ вещества, тогда-какъ на отрицательномъ—кислородъ, хлоръ, бромъ и т. п. Два атома различныхъ элементарныхъ веществъ должны были при соприкосновеніи электрически заряжаться. Однако, представленія Берцеліуса о распредѣленіи противоположныхъ электричествъ

въ молекулахъ, и вытекающихъ отсюда слѣдствійхъ относительно величины притягательной силы были не особенно опредѣленны и ясны и съ трудомъ связывались съ общими законами электрическаго дѣйствія на разстояніи, уже тогда развитыми Гринномъ (Green) и Гауссомъ (Gauss). Существенную часть его представленій составляло предположеніе, впоследствии опровергнутое Фарадеемъ, по которому количество электричества, накопляющагося на двухъ соединенныхъ атомахъ, обуславливается величиною ихъ электрохимической противоположности. Отсюда должна была, далѣе, зависѣть сила ихъ взаимнаго притяженія и величина ихъ химическаго сродства. Отсюда же необходимо вытекало допущеніе, что химическія соединенія, главнымъ образомъ, бинарны. Два элементарныхъ вещества, изъ которыхъ одно представляетъ положительную, а другое отрицательную составную часть, могли образовать соединеніе перваго порядка — основаніе или кислоту; два соединенія перваго порядка могли составлять соединеніе втораго порядка, соль, когда положительная составная часть основанія съ одноименной, но болѣе слабо положительной составной частью кислоты обмѣнивались еще новымъ количествомъ электричества. Съ другой стороны Берцеліусъ допускалъ, что одинъ атомъ положительнаго элемента можетъ соединяться не только съ однимъ, но и съ двумя, съ тремя и такъ до семи атомовъ отрицательнаго элемента. Отъ этихъ допущеній новѣйшая химія совершенно отказалась. Но, несомнѣнно, въ основаніи его воззрѣній лежитъ частица правды. И, въ самомъ дѣлѣ, химики, не смотря на всѣ измѣненія въ современной наукѣ, продолжаютъ говорить о положительной и отрицательной составныхъ частяхъ соединеній. Нельзя отрицать, что противоположность въ свойствахъ, которую старался Берцеліусъ провести въ своей теоріи, дѣйствительно существуетъ и очень ясно выражена между конечными членами его ряда; у среднихъ же членовъ она выступаетъ менѣе ясно; нельзя также отрицать, что эта противоположность играетъ важную роль во всѣхъ химическихъ процессахъ, хотя она иногда незамѣтна вслѣдствіе побочныхъ обстоятельствъ.

Процессы, происходящіе при электролизѣ химическихъ соединеній, естественно казались Берцеліусу и его послѣдователямъ главною опорой электрохимической теоріи. Когда Фарадэй обратился къ изслѣдованію этихъ процессовъ, то онъ поставилъ себѣ очень простой вопросъ, такой, на который всякій химикъ, строившій теорію электролиза, по справедливости долженъ бы былъ прежде всего постараться отвѣтить. Это былъ вопросъ о количествѣ продуктовъ разложенія, которое могло быть получено

при посредствѣ электрическаго тока опредѣленной силы въ данный промежутокъ времени. Его опыты относительно этого вопроса немедленно привели его къ чрезвычайно важному закону, извѣстному подъ его именемъ, и который самъ онъ назвалъ закономъ опредѣленнаго электролитическаго дѣйствія (law of definite electrolytic action).

Когда онъ началъ рядъ своихъ опытовъ, то еще не были извѣстны постоянные гальваническіе элементы, ни Даниэля ни Грове; не имѣлось никакого средства установить гидроэлектрическіе токи постоянного напряженія, а также не были разработаны методы измѣрять это напряженіе. Это можетъ служить извиненіемъ для его предшественниковъ. Самъ Фарадэй обошелъ эту трудность, пропуская одновременно одинъ и тотъ же токъ послѣдовательно черезъ два или нѣсколько сосудовъ, гдѣ происходило разложеніе. Прежде всего онъ доказалъ, что форма и величина сосудовъ, величина поверхности опущенныхъ въ нихъ металлическихъ пластинокъ и разстояніе между ними не оказываютъ замѣтнаго вліянія на результатъ разложенія. Сосуды, содержащія одну и ту-же разлагающуюся жидкость между пластинками одного и того же металла давали всегда одно и то-же количество одинаковыхъ продуктовъ разложенія, когда черезъ нихъ пропускали одинаковый гальваническій токъ втеченіе одного и того-же времени. Когда это было установлено, тогда онъ сталъ сравнивать сосуды, содержащія различные электролиты и нашелъ, что въ нихъ всегда выдѣляется или переходитъ въ другія соединенія строго эквивалентное, въ химическомъ смыслѣ, количество различныхъ элементовъ.

Фарадэй заключилъ отсюда, что опредѣленное количество электричества не можетъ пройти черезъ сосудъ, содержащій подкисленную воду между двумя платиновыми электродами, не выдѣливъ на отрицательномъ электродѣ соотвѣтствующаго опредѣленнаго количества водорода, а на положительномъ эквивалентнаго количества кислорода, а именно одинъ атомъ послѣдняго на два атома перваго. Если въ другомъ сосудѣ будетъ выдѣляться какой-нибудь другой элементъ, могущій замѣщать водородъ въ его соединеніяхъ, то это будетъ происходить въ количествѣ, строго эквивалентномъ количеству водорода, выдѣлившагося въ то-же самое время. Если мы будемъ разсматривать эти факты съ точки зрѣнія современной атомистической теоріи, по которой атомы различныхъ элементарныхъ веществъ сообразно своей атомности эквивалентны одному, двумъ, тремъ или четыремъ атомамъ водорода, то мы можемъ законъ Фарадэя выразить словами, что

одно и то-же количество электричества, протекая через какой-либо электролитъ, всегда выдѣляетъ или переводитъ въ другія соединенія одно и то-же количество химическаго эквивалента на обоихъ электродахъ.

Такъ напримѣръ одинъ и тотъ же токъ выдѣляетъ $2H$, или $2Na$, или $2K$, или одинъ Ba , Ca и Zn . Этотъ же токъ выдѣлялъ бы одно Cu изъ солей окиси мѣди, но $[Cu+Cu]$ изъ солей закиси мѣди.

Простые или сложные кислотные остатки, выдѣляющіеся на другомъ электродѣ, очевидно пропорціональны количеству основнаго элемента, съ которымъ они были до этого соединены.

По выше-приведеннымъ теоретическимъ воззрѣніямъ Берцеліуса количества противоположныхъ электричествъ, собирающихся на мѣстѣ соединенія двухъ атомовъ, должны бы были возрастать вмѣстѣ съ увеличеніемъ ихъ сродства. Опытъ Фарадея показалъ какъ разъ обратное, по крайней мѣрѣ для тѣхъ количествъ электричества, которыя обнаруживаются при электролитическихъ разложеніяхъ. Количество ихъ оказалось совершенно независимымъ отъ степени сродства. Это былъ роковой ударъ для теоріи Берцеліуса.

Съ того времени наши методы изслѣдованія и наши знанія законовъ электрическихъ процессовъ сдѣлали большіе успѣхи; устранены многія препятствія, лежавшія на пути Фарадея при каждомъ его шагѣ, причемъ ему еще приходилось постоянно бороться противъ спутанныхъ представленій и неосновательныхъ теорій нѣкоторыхъ изъ его современниковъ. Первоначальный вольтметръ Фарадея, которымъ онъ измѣрялъ количество газа, получавшагося при разложеніи воды, чтобы опредѣлить такимъ образомъ напряженіе гальваническаго тока, замѣненъ гораздо болѣе точнымъ серебрянымъ вольтметромъ Потгендорфа (Poggendorff), въ которомъ серебро изъ раствора его азотно-кислаго окисла выдѣляется на платиновую полоску, вслѣдствіе чего оказывается возможнымъ произвести весьма точное взвѣшиваніе выдѣливаемаго серебра. Мы имѣемъ теперь гальванометры, которые не только указываютъ на присутствіе тока, но даютъ возможность измѣрить очень точно его напряженіе, будетъ-ли оно велико или мало, по величинѣ электромагнитнаго дѣйствія, при помощи наблюденія, которое можно произвести въ нѣсколько секундъ. Мы имѣемъ электрометры, какъ напр. квадрантный электрометръ В. Томсона, при помощи котораго можно измѣрять разность напряженій, равную одной сотой даніэлевскаго элемента. И мы можемъ сказать, что чѣмъ точнѣе становились методы изслѣ-

дованія, тѣмъ болѣе подтверждалась справедливость и широчайшая приложимость закона Фарадэя.

Вначалѣ, послѣдователи Вольтовой контактной теоріи гальваническихъ дѣйствій и послѣдователи электрохимической теоріи Берцеліуса дѣлали Фарадэю много возраженій. Возраженія эти частью основывались на томъ, что чувствительность гальванометровъ значительно переходила за границу точности, до которой могъ быть доведенъ химическій анализъ. Чувствительность эта была достигнута введеніемъ астатической стрѣлки Нобили, мультипликатора Швейгера (Schweiger) съ большимъ числомъ оборотовъ очень длинной мѣдной проволоки и метода Поггендорфа для измѣренія отклоненія магнита при помощи прикрѣпленнаго къ нему зеркальца. При помощи нашихъ новѣйшихъ гальванометровъ можно безъ труда и вполнѣ точно наблюдать токи, которые должны были бы продолжаться столѣтіе или даже полтора, чтобы разложить одинъ миллиграммъ воды, малѣйшее количество, которое еще стремятся взвѣшивать при химическихъ работахъ. Если подобный токъ продолжался всего нѣсколько секундъ или минутъ, то конечно не можетъ быть даже отдаленной надежды доказать существованіе химическихъ его продуктовъ. И даже если бы онъ продолжался гораздо дольше, то крошечное количество водорода, отложенное имъ на отрицательномъ электродѣ, можетъ снова исчезнуть, вслѣдствіе того, что въ жидкости растворились нѣкоторые слѣды атмосфернаго кислорода. При такихъ обстоятельствахъ слабый, однако же ясно ощущаемый гальванометромъ токъ, можетъ дѣйствовать неопредѣленно долгое время, не давая замѣтныхъ слѣдовъ химическаго разложенія. Даже гальваническая поляризація, которая вообще открываетъ всякое происшедшее разложеніе, можетъ отсутствовать. Гальванической поляризаціей называютъ, какъ извѣстно, измѣненное состояніе металлическихъ пластинокъ, получающееся послѣ того, какъ онѣ были употреблены электродами при разложеніи какого-либо электролита. Вслѣдствіе этого онѣ получаютъ способность самостоятельно возбуждать токъ, хотя бы раньше, чѣмъ онѣ были употреблены какъ электроды, онѣ при погруженіи въ жидкость оказывались совершенно одинаковыми и гальванически недѣятельными. Причину этого состоянія надо, повидимому, искать въ томъ, что электрически заряженные молекулы электролита переносятся токомъ къ металлическимъ поверхностямъ электродовъ, которые, будучи сами заряжены противоположнымъ электричествомъ, удерживаютъ ихъ вслѣдствіе электростатическаго притяженія. Въ томъ, что химическія составныя части электролита принимаютъ участіе

въ возбужденіи гальванической поляризаціи, нельзя сомнѣваться, потому что это состояніе можетъ быть произведено и уничтожено чисто химическими средствами. Такъ, поляризація возбужденная водородомъ, отложеннымъ электролитически, можетъ быть уничтожена атмосфернымъ кислородомъ. Если при посредствѣ гальванометра, но безъ батареи, соединимъ поляризованныя пластинки, оставивъ ихъ погруженными въ жидкость, то онѣ дадутъ, какъ уже сказано, токъ, который проходитъ черезъ жидкость въ направленіи, противоположномъ тому, по которому шелъ поляризующій токъ, и уничтожаетъ поляризацію, почему его и можно назвать деполяризующимъ токомъ. Этотъ деполяризующій токъ является, дѣйствительно, очень тонкимъ средствомъ для открытія слѣдовъ происшедшаго разложенія. Но даже и тутъ можно потерпѣть неудачу, когда возникающая поляризація разрушается существованіемъ какого-нибудь другого химическаго дѣйствія, напримѣръ раствореннымъ атмосфернымъ кислородомъ. Чтобы этого избѣгнуть, надо произвести болѣе точные опыты этого рода въ герметически закупоренныхъ сосудахъ, изъ которыхъ старательно удаленъ весь воздухъ. Мы недавно удалось достигнуть этого при помощи изображеннаго на фигурѣ 15 вполнѣ запаяннаго стекляннаго сосуда. Сосудъ этотъ заключаетъ въ себѣ воду, подкисленную сѣрной кислотой. Двѣ платиновыя проволоочки *b* и *c*, концы которыхъ погружены въ жидкость и третья платиновая проволока, соединенная внутри сосуда со спиралью изъ палладія, могутъ быть употреблены, какъ электроды. Прежде чѣмъ запаивался верхній конецъ трубки, она соединялась съ водянымъ

Фиг. 15.



насосомъ и въ то же время при помощи двухъ элементовъ Грoвe получался кислородъ на обоихъ электродахъ *a* и *b* тогда, какъ водородъ сгущался палладіемъ. Такимъ образомъ жидкость подъ низшимъ давленіемъ промывалась электролитическимъ кислородомъ и очищалась отъ всѣхъ другихъ газовъ. Послѣ того, какъ трубка запаивалась, еще при продолженіи этого процесса, небольшое количество оставшагося кислорода медленно соединялось съ водородомъ палладія въ воду. Слѣды водорода, еще быть можетъ содержащіеся на проволоочкахъ *b* и *c*, можно совершенно перегнать къ палладію, при помощи слабой электродвигательной силы, которую можно заставить въ теченіе нѣсколькихъ дней дѣйствовать между *b* и *c* съ одной стороны и *a*—съ другой. Даже вновь образованное количество электролитическаго газа, которое могло

бы еще развиться послѣ запаиванія трубки, можно устранить продолжительнымъ дѣйствіемъ элемента Даніэля, который водородъ переводитъ къ палладію, гдѣ онъ сгущается, а кислородъ къ проволокамъ *b* и *c*, гдѣ онъ соединяется съ водородомъ, пока слѣды этого газа остаются растворенными въ жидкости. Остатки раствореннаго кислорода соединяются окончательно съ водородомъ, сгущеннымъ на палладіи.

Я убѣдился, что съ подобнымъ аппаратомъ можно наблюдать поляризацию, производимую въ нѣсколько секундъ токомъ, которому понадобилось бы цѣлое столѣтіе на то, чтобы разложить одинъ миллиграммъ воды. Но если бы даже появленіе поляризаціи не было бы признано противниками строгой точности электролитическаго закона за достаточное доказательство происшедшаго разложенія, то въ настоящее время не трудно перевести показанія хорошаго гальванометра на абсолютныя единицы и вычислить количество вещества, котораго слѣдуетъ ожидать по закону Фарадэя, и такимъ образомъ убѣдиться, что во всѣхъ случаяхъ, гдѣ не могутъ быть открыты продукты электролиза, количество ихъ дѣйствительно слишкомъ мало для средствъ, которыми пользуется современный химическій анализъ.

Переносъ іоновъ. Продукты разложенія не могутъ появиться на электродахъ безъ того, чтобы не произошло движенія химическихъ элементовъ, составляющихъ электролитъ, по всей длинѣ пути тока, проходящаго черезъ жидкость. Относительно этого пункта большинство предшественниковъ Фарадэя были согласны между собою; но относительно рода движенія они имѣли различныя представленія. Фарадэй тотчасъ понялъ важность этого вопроса и снова обратился къ опыту. Онъ наполнилъ два сосуда одной и той же электролитической жидкостью и соединилъ ихъ проводникомъ, составленнымъ изъ асбестовой свѣтильни, смоченной той же жидкостью, такъ что онъ могъ отдѣльно опредѣлять количество составной части жидкости, переведенной на тотъ и на другой конецъ цѣпи. Чтобы опредѣленно обозначать направленіе движенія онъ ввелъ, какъ извѣстно, весьма цѣлесообразную терминологию. Онъ обозначилъ атомы или группы атомовъ, перемѣщаемыхъ токомъ, греческимъ словомъ іоны, т. е. странствующие и, сравнивая теченіе положительнаго электричества съ потокомъ воды, стекающимъ съ горы, онъ назвалъ катиономъ (нисходящій) тѣ составныя части, которыя передвигаются вмѣстѣ съ положительнымъ электричествомъ, и аниономъ (восходящій) тѣ, которые двигаются съ отрицательнымъ электричествомъ. Катионъ направляется къ катоду, т. е. къ тому электроду, къ кото-

рому примыкаетъ + Е жидкости, а аніонъ къ аноду, отъ котораго электричество того же знака течетъ въ жидкость. По общему правилу катионъ въ химическихъ соединеніяхъ электролита можетъ быть замѣненъ водородомъ; аніоны суть простые или сложные кислотные остатки.

Именно эти процессы были тщательно изслѣдованы для большаго числа электрическихъ процессовъ профессоромъ Гитторфомъ (Pittorff) въ Мюнстерѣ и профессоромъ Густавомъ Видеманномъ (Wiedemann) въ Лейпцигѣ. Они нашли, что обыкновенно аніонъ и катионъ перемѣщаются внутри жидкости съ различною скоростью. Недавно профессоръ Ф. Кольраушъ (Kohlrausch) въ Вюрцбургѣ открылъ и доказалъ въ этой области законъ чрезвычайной важности, а именно, что въ достаточно слабыхъ растворахъ солей, включая сюда гидраты кислотъ и рѣдкія щелочи, каждый іонъ подѣ влияніемъ одинаковаго паденія потенціала, т. е. будучи приводимъ въ движеніе одинаковою электрическою силою, перемѣщается съ свойственною ему скоростью, независимо отъ того, перемѣщаются ли черезъ жидкость въ то же время другіе іоны по тому же или по противоположному направленію.

Изъ катионовъ имѣетъ наибольшую скорость электролитическаго перемѣщенія водородъ; далѣе слѣдуютъ по порядку калий, аммоній, серебро, натрій; далѣе двуатомные барій, мѣдь, стронцій, кальцій, магній, цинкъ; близко къ послѣднему стоитъ одноатомный литій. Изъ аніоновъ первый—гидроксиль (ОН), далѣе слѣдуютъ одноатомные іодъ, бромъ, ціанъ, хлоръ, сложные кислотные остатки NO_3 , ClO_3 , соотвѣтствующіе двумъ атомамъ кислотные остатки сѣрной и угольной кислотъ, наконецъ фторъ и кислотный остатокъ уксусной кислоты. Единственное исключеніе изъ вышеприведеннаго правила состоитъ въ томъ, что іоны, соединенные съ двухатомными іонами противоположнаго рода, отчасти передвигаются въ жидкости медленнѣе тѣхъ, которые соединены съ однимъ или двумя одноатомными іонами. Объясненіе этого лежитъ, быть можетъ, въ томъ, что напримѣръ при электролизѣ сѣрной кислоты бѣольшая часть ея атомовъ SO_4H_2 распадается на SO_4 и H_2 , но нѣкоторые также на SO_4H и H . Въ послѣднемъ случаѣ нѣкоторые атомы водорода возвратились бы назадъ съ аніономъ SO_4H , черезъ что средняя скорость передвиженія водорода къ катоду казалась бы уменьшенной.

Когда передвигаются оба рода іоновъ, то на каждомъ электродѣ мы найдемъ выдѣлившимся 1) ту часть выдѣляющагося іона, которая была сюда переведена электролизомъ, 2) вторую часть, которая освободилась черезъ удаленіе противоположнаго іона. По-

этому общая сумма химическаго движенія въ каждомъ поперечномъ сѣченіи жидкости получается изъ суммы эквивалентовъ катиона, перенесенныхъ по направленію тока и аниона, перенесенныхъ противъ теченія тока, совершенно такъ, какъ въ дуалистической теоріи электричества общая сумма электричества, протекашаго черезъ поперечное сѣченіе проводника, должна быть исчислена, какъ сумма положительнаго электричества, протекающаго впередъ и отрицательнаго, протекающаго назадъ.

Теперь мы можемъ выразить законъ Фарадэя сказавъ, что черезъ всякое поперечное сѣченіе электрическаго проводника происходятъ всегда эквивалентныя другъ другу электрическое и химическое движенія. Постоянно одно и тоже опредѣленное количество положительнаго или отрицательнаго электричества передвигается съ каждымъ одноатомнымъ іономъ или съ каждымъ эквивалентомъ многоатомнаго іона, и неразлучно сопровождаетъ его во всѣхъ передвиженіяхъ, совершаемыхъ имъ черезъ жидкость. Это количество мы можемъ назвать электрическимъ зарядомъ іона.

Я прошу замѣтить, что до сихъ поръ мы говорили только о явленіяхъ, которыя можно наблюдать. Движеніе электричества можетъ быть измѣрено для всего поперечнаго сѣченія каждаго проводника и даже можетъ быть опредѣлено для всякаго неизмѣримо малаго элемента сѣченія внутри проводника при помощи вполне обоснованныхъ теоретическихъ соображеній. Тоже самое можно сказать о переносѣ составныхъ частей электролита. Эквиваленты химическихъ элементовъ и соотвѣтствующія имъ электрическія количества суть числа, которыя даютъ вполне точныя и легко наблюдаемыя отношенія. Что постоянное отношеніе химическихъ соединеній зависитъ отъ существованія недѣлимыхъ атомовъ, можетъ показаться гипотезой; но въ настоящее время мы не знаемъ никакой другой достаточно ясной и разработанной теоріи, которая была бы въ состояніи объяснить всѣ наблюдаемыя въ химіи факты такъ просто и послѣдовательно, какъ атомистическая теорія современной химіи.

Если примѣнить эту гипотезу къ электрическимъ процессамъ, то она, въ соединеніи съ закономъ Фарадэя, приводитъ къ поразительнымъ слѣдствіямъ. Если мы допускаемъ существованіе химическихъ атомовъ, то мы принуждены заключить отсюда далѣе, что также и электричество, какъ положительное, такъ и отрицательное, раздѣляется на опредѣленные элементарныя количества, которыя играютъ роль атомовъ электричества. Каждый іонъ, пока онъ передвигается въ жидкости, долженъ быть соединенъ съ

однимъ эквивалентомъ электричества для каждаго своего сродства. Только на пограничныхъ поверхностяхъ электродовъ можетъ произойти раздѣленіе; если здѣсь дѣйствуетъ достаточно большая электродвигательная сила, то іоны могутъ отдавать свое электричество и дѣлаться электрически нейтральными.

Одинъ и тотъ же атомъ можетъ быть въ различныхъ соединеніяхъ заряженъ электрическими эквивалентами противоположныхъ знаковъ. Уже Фарадэй указалъ на сѣру, какъ на одинъ изъ элементовъ, который можетъ быть и аніономъ и катиономъ. Она является аніономъ въ расплавленномъ сѣрномъ серебрѣ и быть можетъ катиономъ въ концентрированной сѣрной кислотѣ. Позднѣе Фарадэй сомнѣвался въ послѣднемъ обстоятельствѣ, потому что выдѣленіе сѣры изъ сѣрной кислоты могло происходить и вслѣдствіе вторичныхъ разложеній. Дѣйствительнымъ катиономъ могъ быть и водородъ, который соединяется съ кислородомъ кислоты и вытѣсняетъ сѣру изъ соединенія. Но если-бы было и такъ, то все-таки водородъ, соединяющійся съ кислородомъ въ образующуюся такимъ образомъ воду, долженъ былъ бы удерживать свой положительный зарядъ и только электрически нейтральная выдѣляющаяся сѣра могла бы отдавать эквивалентъ положительнаго электричества катоду. Слѣдовательно, въ соединеніи съ сѣрной кислотой она дѣйствительно имѣетъ положительный зарядъ. Подобное же разсужденіе прилагается къ большому числу другихъ примѣровъ. Всякій атомъ или всякая группа атомовъ, мгущая при вторичномъ разложеніи замѣнить іонъ, должна обладать способностью отдавать освобождающіеся эквиваленты соотвѣтствующаго электричества.

Если заряженный положительно атомъ водорода или какого-либо другаго катиона выдѣляется изъ своего соединенія и превращается въ газъ, то полученный газъ электрически нейтраленъ, т. е. на языкѣ дуалистической теоріи онъ содержитъ въ себѣ равныя количества положительнаго и отрицательнаго электричества. Слѣдовательно, или каждый атомъ электрически нейтраленъ, или каждый атомъ, сохранившій свой положительный зарядъ соединяется съ атомомъ, измѣнившимъ положительный зарядъ на отрицательный. Это послѣднее допущеніе вполне согласуется со слѣдствіемъ, получаемымъ изъ закона Авогадро, по которому молекулы свободного водорода состоятъ изъ двухъ атомовъ ¹⁾.

¹⁾ Молекулы, содержащія только одинъ двуэквивалентный атомъ, какъ напр. молекулы пары ртути, могутъ быть разсматриваемы, какъ заряженные однимъ положительнымъ и однимъ отрицательнымъ эквивалентомъ Е. (1883 г.).

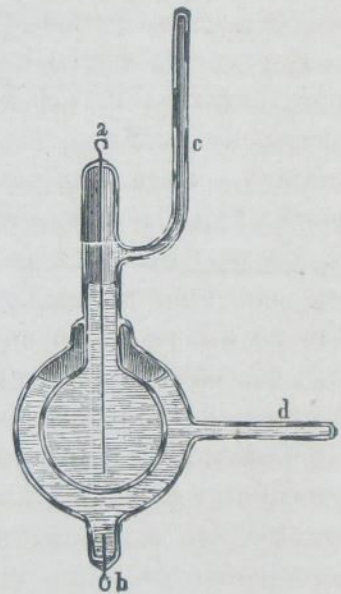
Теперь возникает вопрос, органичивается ли то отношеніе между электричествомъ и химическимъ соединеніемъ, о которомъ мы сейчасъ говорили и которое мы вывели изъ механизма электролиза, тѣмъ классомъ соединеній, которыя намъ извѣстны какъ электролиты, или нѣтъ. Если требуется возбудить довольно сильный гальванической токъ, такъ, чтобы можно было получить достаточное количество продуктовъ разложенія для опредѣленія ихъ химической природы, не развивая однако въ электролитѣ большого количества тепла, то мы должны ограничиться такими веществами, которыя не представляютъ току большого сопротивленія. Но даже при наибольшемъ сопротивленіи, когда движеніе іоновъ необыкновенно медленно, и можетъ быть понадобились бы сотни лѣтъ, чтобы получить замѣтные слѣды продуктовъ разложенія, процессъ электролитическаго разложенія все-таки могъ бы происходить со всѣми своими существенными признаками. Дѣйствительно, мы находимъ величайшія различія въ проводимости различныхъ жидкостей. Для большого числа ихъ, даже для дистиллированной воды и чистаго алкоголя, мы можемъ обнаружить прохожденіе тока при помощи чувствительнаго гальванометра. Но если мы обратимся къ скипидарному маслу, бензину и тому подобнымъ веществамъ, то гальванометръ остается неподвижнымъ. Однако же можно убѣдиться, что и эти жидкости имѣютъ замѣтную проводимость. Если соединить наэлектризованный проводникъ съ однимъ изъ двухъ электродовъ, опущенныхъ въ скипидарное масло, а другой электродъ соединить съ землей, то ясно замѣтно, что проводникъ въ соединеніи съ масломъ быстрѣе теряетъ свое электричество, нежели въ томъ случаѣ, когда между электродами находится только воздухъ.

И въ этомъ случаѣ мы можемъ на обнаруживающуюся поляризацию электродовъ смотрѣть какъ на доказательство происшедшаго электролиза. Если мы на два однородныхъ платиновыхъ электрода, погруженныхъ въ скипидарное масло, заставимъ въ теченіе 24 часовъ дѣйствовать батарею изъ 8 Даніэлей, затѣмъ отнимемъ батарею и соединимъ электроды съ квадрантнымъ электрометромъ, то найдемъ, что платиновыя пластинки теперь уже не одинаковы, но сдѣлались источникомъ электродвигательной силы, которая отклоняетъ стрѣлку электрометра. Величина этой поляризации для нѣсколькихъ случаевъ была опредѣлена г-омъ Пикеромъ (Picker) въ физической лабораторіи берлинскаго университета. Онъ нашелъ напр., что максимумъ поляризации въ алкогольѣ тѣмъ меньше, чѣмъ меньше онъ содержитъ воды, и что въ чистомъ алкогольѣ, эфирѣ и скипидарномъ маслѣ она достигаетъ до 0,3 даніэля, а въ бензинѣ до 0,8 даніэля.

Другой, еще болѣе чувствительный признакъ электролитической проводимости состоитъ въ томъ, что электролиты, помѣщенные между двумя электродами изъ различныхъ металловъ, даже при отсутствіи разности температуръ, вызываютъ электровозбудительную силу. Этого никогда не бываетъ при соединеніи однихъ металлическихъ проводниковъ одинаковой температуры и вообще при соединеніи такихъ проводниковъ, черезъ которые электричество проходитъ, не разлагая ихъ. Но для возбужденія такихъ электродвигательныхъ силъ могутъ служить многія твердыя соединенія, хотя только немногія изъ нихъ проводятъ электричество достаточно хорошо для того, чтобы это можно было обнаружить при помощи гальванометра, и даже эти немногіе, по большей части, при температурѣ, лежащей близко къ точкѣ ихъ плавленія. Я напому только о столбикѣ Замбони, въ которомъ сухіе листочки бумаги вставлены между тончайшими металлическими листочками. Если вещества остаются довольно долгое время въ соприкосновеніи, то тоже самое обнаруживаютъ даже стекло, смола, шеллакъ, парафинъ, сѣра, т. е. лучшіе изоляторы, какіе мы только знаемъ. Почти невозможно защитить квадранты чувствительнаго электрометра отъ этого медленнаго заряженія черезъ изолирующіе подставки аппарата.

Въ вышеприведенныхъ случаяхъ можно, конечно, подозрѣвать, что къ изолирующему тѣлу, вдоль его поверхности, прилипъ тонкій слой влаги, который и представляетъ изъ себя электролитическій проводникъ. Поэтому я покажу вамъ здѣсь маленькій сосудъ Даниэля, построенный Гизе (Giese) ¹⁾, гдѣ такое объясненіе исключается, и стекло функционируетъ какъ электролитическій проводникъ, см. фиг. 16. Внутреннее отдѣленіе содержитъ растворъ мѣднаго купороса, въ который погружена платиновая проволока *a*, снизу гальванопластически покрытая мѣдью. Окружающее его внѣшнее пространство содержитъ растворъ цинковаго купороса и нѣкоторое количество цинковой амальгамы, въ которую входитъ

Фиг. 16.



¹⁾ Wiedemann's Annalen T. 9, p. 205.

другая впаянная платиновая проволочка *b*. Трубки *c* и *d* служили для наполненія сосудовъ жидкостями и затѣмъ были запаяны, такъ-что объ жидкости герметически закупорены и вполнѣ отдѣлены одна отъ другой внутренней стеклянной стѣнкой. Наружныя части двухъ полюсовъ совершенно симметричны; съ воздухомъ соприкасается только совершенно замкнутая стеклянная поверхность, черезъ которую проходятъ двѣ платиновыя проволочки. При испытаніи электрометромъ, маленькій аппаратъ дѣйствуетъ совершенно такъ, какъ элементъ Даніэля, только съ очень большимъ сопротивленіемъ, а этого не могло бы быть, если бы раздѣляющая жидкости стеклянная стѣнка не оказывалась электролитическимъ проводникомъ, потому что металлическая стѣнка, раздѣляющая жидкости, совершенно уничтожила бы дѣйствіе подобнаго элемента вслѣдствіе поляризаціи.

И такъ эти факты показываютъ, что электролитическая проводимость отнюдь не ограничивается растворами солей и слабыми растворами кислотъ.

Однако надо произвести еще много тщательныхъ изслѣдованій, прежде чѣмъ можно будетъ съ опредѣленностью сказать, насколько распространенъ этотъ родъ проводимости и что представляютъ изъ себя іоны въ различныхъ веществахъ; сегодня не могу вамъ дать на это никакого положительнаго отвѣта. Для меня важно было только напомнить вамъ, что способность вещества разлагаться электрическимъ токомъ, отнюдь не связана непременно съ малымъ сопротивленіемъ прохожденію электричества. Вещества съ большою проводимостью представляютъ, конечно, гораздо болѣе удобныя средства для изученія этихъ процессовъ; но то, что мы узнаемъ изъ опытовъ съ ними, мы отнюдь не должны относить исключительно къ жидкостямъ, обыкновенно употребляемымъ при электролизѣ.

До сихъ поръ мы занимались исключительно движеніемъ вѣсомыхъ массъ и количествъ электричества. Теперь мы должны задать себѣ вопросъ относительно силъ, подъ вліяніемъ которыхъ совершается это движеніе.

На первый взглядъ всякаго знающаго, какъ громадно съ одной стороны могущество химическихъ силъ и какъ велико количество теплоты и механической работы, которыя онѣ могутъ произвести, должно удивить, какъ съ другой стороны необыкновенно мало электрическое притяженіе на полюсахъ батареи изъ двухъ элементовъ Даніэля, которая тѣмъ не менѣе въ состояніи разлагать воду, преодолевая при этомъ одно изъ наиболѣе могущественныхъ химическихъ средствъ. При образованіи 1 кг воды изъ водорода,

который, сгорая, соединяется съ кислородомъ, выдѣляется столько теплоты, что если ее при помощи паровой машины превратить въ работу, то она килограммъ можетъ поднять на высоту 1.600.000 метровъ.

А между тѣмъ мы должны употребить самые чувствительные электрометры для доказательства того, что золотой листочекъ или маленькій алюминіевый листочекъ, висящій на шелковинкѣ, приводится въ движеніе электрическимъ притяженіемъ этой батарееи. Но мы находимъ рѣшеніе этой загадки, принявъ во вниманіе количество электричества, приводимое въ движеніе вмѣстѣ съ атомами.

Если мы будемъ измѣрять количество электричества, переносимое весьма малымъ количествомъ водорода, по его электростатическимъ дѣйствіямъ, то оно окажется громаднымъ. Фарадэй уже зналъ объ этомъ и старался различными способами достигнуть по крайней мѣрѣ приблизительнаго опредѣленія этой величины. Онъ показалъ, что даже сильнѣйшія батареи, составленныя изъ лейденскихъ банокъ, при разряженіи черезъ вольтметръ даютъ едва замѣтные слѣды газа. Въ настоящее время мы можемъ привести уже довольно точныя цифры. Электрохимическій эквивалентъ электромагнитной единицы гальваническаго тока былъ въ первый разъ опредѣленъ Бунзеномъ, а недавно и нѣкоторыми другими физиками. Позднѣ профессоръ В. Веберъ произвелъ чрезвычайно сложное сравненіе электромагнитнаго и электростатическаго дѣйствій одного и того же количества электричества.

Второе опредѣленіе той же величины произвелъ Кл. Максвеллъ по порученію Британской Ассоціаціи ¹⁾. Изъ этихъ опредѣленій оказалось, что оба электричества, которыми заряжены іоны одного мг воды, будучи раздѣлены и помѣщены на два шара, удаленные другъ отъ друга на разстояніе одного километра, должны бы были вызвать между этими шарами силу притяженія, равную приблизительно вѣсу 100000 kg.

Быть можетъ это сдѣлается еще болѣе нагляднымъ, если мы сравнимъ въ этомъ случаѣ электрическое притяженіе съ тяготѣніемъ вѣсомой матеріи тѣлъ, на которыхъ помѣщено электричество. Такъ какъ обѣ силы при возрастаніи разстоянія между притягивающимися массами убываютъ по одному и тому-же закону и обѣ пропорціональны величинѣ дѣйствующихъ количествъ, то

¹⁾ Числа для нижеслѣдующаго вычисленія смотри въ 1-мъ прибавленіи въ концѣ этой лекціи.

сравненіе ихъ можетъ быть произведено независимо отъ разстоянія и отъ массъ. Мы находимъ, что если бы возможно было отдѣлить другъ отъ друга водородъ и кислородъ воды безъ потери ихъ электрическихъ зарядовъ, то они оказывали бы другъ на друга притяженіе, равное тяготѣнію массъ, вѣсъ которыхъ превосходитъ ихъ вѣсъ въ 400000 билліоновъ (принимая билліонъ = милліону милліоновъ) разъ. При электрометрическихъ опытахъ всегда принимается въ расчетъ, что общая сила, съ которой дѣйствуютъ другъ на друга два наэлектризованныхъ тѣла, пропорціональна количеству электричества, находящагося какъ на притягивающемъ, такъ и на притягиваемомъ тѣлахъ.

И такъ, хотя полюсы небольшой, но достаточной для разложенія воды батарей, оказываютъ только едва измѣримое притяженіе на сравнительно небольшіе заряды, которые мы можемъ получать при помощи нашихъ электрическихъ машинъ, однако, съ другой стороны, притяженіе тѣми же полюсами громаднаго заряда миллиграмма воды достаточно велико, чтобы преодолѣть самое значительное химическое средство.

Вотъ что можно сказать о величинѣ этихъ силъ. Теперь мы изслѣдуемъ, какимъ образомъ онѣ могутъ вліять на движеніе вѣсомыхъ молекулъ. Здѣсь слѣдуетъ различать два совершенно различныхъ случая. Во-первыхъ, мы можемъ спросить, какія необходимы силы, чтобы передвигать внутри жидкости іоны въ соединеніи съ ихъ зарядами; во-вторыхъ, — какія силы должно употребить для отдѣленія іона отъ его заряда и для выдѣленія его изъ химическаго соединенія?

Простѣйшимъ является тотъ случай, когда проводящая жидкость окружена со всѣхъ сторонъ изолирующими стѣнками. Тогда электричество не можетъ ни входить въ нихъ, ни выходить изъ нихъ; тѣмъ не менѣе, электричества, раздѣленныя вліяніемъ соедѣнныхъ наэлектризованныхъ тѣлъ могутъ приводиться въ движеніе, положительное въ одну, а отрицательное въ противоположную стороны жидкой массы. При этомъ процессѣ, называемомъ «электростатической индукціей», жидкіе проводники ничѣмъ не отличаются отъ металлическихъ. Такимъ способомъ можно собрать большія количества электричества вдоль поверхностей обоихъ проводниковъ, когда эти поверхности нѣкоторыми своими частями находятся на недалекомъ разстояніи одна отъ другой. Такой аппаратъ называютъ электрическимъ конденсаторомъ. Мы можемъ построить электрическіе конденсаторы, одна изъ поверхностей которыхъ представляетъ изъ себя жидкость. Подобные конденсаторы уже много разъ употреблялись при производствѣ основнаго опыта

Вольты. Что даже слабѣйшія электрическія силы вполнѣ правильно вызываютъ раздѣленіе электричествъ на подобныхъ жидкихъ поверхностяхъ, доказываетъ въ особенности капельный аппаратъ, введенный В. Томсономъ для наблюденія атмосфернаго электричества. Не можетъ быть никакого сомнѣнія въ томъ, что даже электродвижущая сила, меньшая $\frac{1}{100}$ даніэля, вызываетъ, при дѣйствіи на жидкій проводникъ, въ немъ вполнѣ уравновѣшенное раздѣленіе электричества.

Сверхъ того это происходитъ не только съ хорошо проводящими электролитами, но также и съ нашими относительно наилучшими изоляторами; для послѣднихъ требуется однако большій промежутокъ времени. Но и они заряжаются, какъ показали профессоръ Вюллеръ (Wuellner), въ концѣ концовъ совершенно также, какъ поставленные въ тѣ же условія металлы зарядились бы мгновенно.

То же самое явленіе происходитъ при нѣскольکو измѣненныхъ условіяхъ и въ нѣскольکو иномъ видѣ, если мы соединимъ платиновые электроды вольтамметра съ однимъ элементомъ Даніэля, электродвижущая сила котораго недостаточна для разложенія воды. Въ этомъ случаѣ іоны жидкости, приведенные къ поверхности электродовъ, не отдають своего электричества. Весь аппаратъ дѣйствуетъ, какъ было въ первый разъ указано В. Томсономъ, подобно конденсатору съ громадной емкостью. При этомъ надо принять во вниманіе, что количество электричества, собирающееся на двухъ поверхностяхъ конденсатора подѣ влияніемъ постоянной электродвижущей силы, обратно пропорціонально разстоянію между пластинками конденсатора. Если мы это разстояніе уменьшимъ до $\frac{1}{100}$ первоначальнаго, то количество электричества на конденсаторѣ въ сто разъ увеличится. Но между поверхностями платины и прилегающей къ ней жидкости существуетъ только молекулярное разстояніе. Слѣдовательно мы можемъ ожидать громадной величины для емкости подобнаго конденсатора. Измѣрена она была Варлейемъ (Varley), Ф. Кольраушемъ (Friedrich Kohlrausch) и Колли (Colley)¹⁾.

Я самъ убѣдился соотвѣтственными опытами, что воздухъ, растворенный въ жидкости, можетъ значительно повѣсить величину емкости.

Удаливъ послѣдніе слѣды воздуха, я получилъ числа, нѣ-

¹⁾ Пять уже покойный профессоръ московскаго университета.

сколько меньшія, нежели найденныя Кольраушемъ. Если мы всю величину поляризаціи раздѣлимъ равномерно между двумя пластинками, то разстояніе между двумя слоями положительнаго и отрицательнаго электричества оказывается равнымъ одной десятимилліонной части (по Кольраушу $\frac{1}{15000000}$) милліметра. Но это приблизительно та самая величина, которая въ нѣкоторыхъ другихъ случаяхъ, вычисленныхъ В. Томсономъ, получилась для радіуса сферы дѣйствія молекулярныхъ силъ.

Вслѣдствіе обусловленной такимъ образомъ громадной емкости подобнаго конденсатора, количество электричества, необходимаго для его заряда, даже при небольшихъ электродвижущихъ силахъ, должно быть весьма велико, такъ что оно требуетъ замѣтнаго времени для своего втеканія и вытекания и можетъ быть обнаружено гальванометромъ. Тотъ самый процессъ, который я здѣсь называю заряденіемъ конденсатора, я ранѣе разсматривалъ, какъ возникновеніе поляризаціи на металлическихъ проводникахъ, при чемъ я приписывалъ тамъ главное значеніе движенію іоновъ, здѣсь—движенію электричества. Но оба движенія, какъ мы знаемъ, связаны неразрывно.

Если мы будемъ наблюдать поляризующіе и деполаризующіе токи въ сосудѣ, не содержащемъ воздуха, какъ напр. въ изображенномъ на фигурѣ 15, то найдемъ ихъ вполне правильными даже при слабѣйшихъ электродвижущихъ силахъ, уменьшающихся до 0,001 даніэля, такъ что количество электричества, входящаго въ конденсаторъ, всегда пропорціонально употребляемой электродвижущей силѣ. Я не сомнѣваюсь въ томъ, что взявъ за электроды большія платиновыя пластинки, можно идти еще гораздо дальше. Если бы существовала какая-нибудь химическая сила, кромѣ взаимнаго притяженія электрическихъ зарядовъ, которая удерживала-бы аніоны и катионы попарно въ соединеніи, и для преодоленія ея требовалась бы затрата какой-нибудь хотя-бы малой работы, то возможно было бы найти нисшій предѣлъ электродвижущей силы, еще способной вызвать поляризаціонные токи. До сихъ поръ не наблюдалось еще ни одного явленія, которое указывало бы на существованіе подобнаго низшаго предѣла и слѣдовательно мы должны заключить, что никакая сила не сопротивляется раздѣленію іонъ, кромѣ притяженія ихъ электрическихъ зарядовъ. Эти послѣдніе могутъ, конечно, препятствовать тому, чтобы однородные атомы, взаимно другъ друга отталкивающіе, собирались въ одномъ мѣстѣ, а противоположно заряженныя атомы, которые должны бы были притягиваться первыми

и въ свою очередь притягивать ихъ къ себѣ—въ другомъ, пока какая-нибудь внѣшняя сила не произведетъ подобнаго неравно-мѣрнаго распредѣленія.

Такимъ образомъ электрическія силы во всякомъ случаѣ будутъ въ состояніи поддерживать равномерное распредѣленіе противоположныхъ іоновъ во всей жидкости, такъ что всѣ ея части будутъ какъ химически, такъ и электрически нейтральны. Но достаточно даже малѣйшей внѣшней электрической силы для того, чтобы нарушить равномерность этого распредѣленія.

Совершенно наоборотъ, мы находимъ, что при отдѣленіи іона отъ его электрическаго заряда, электрическія батареи встрѣчаютъ значительное сопротивленіе, преодолѣнію котораго соотвѣтствуетъ чрезвычайно большая затрата работы. Простѣйшій случай тотъ, когда іоны, теряя свой электрическій зарядъ, въ то-же время выдѣляются изъ жидкости въ видѣ газовъ или отдѣляются на электродахъ въ видѣ твердаго металлическаго слоя, какъ на примѣръ гальванопластическая мѣдь. Но извѣстно, что при химическомъ соединеніи двухъ элементарныхъ веществъ, имѣющихъ другъ къ другу большое родство, выдѣляется всегда большое количество тепла; а это эквивалентно затратѣ большой механической работы. Наоборотъ, разложеніе получившагося химическаго соединенія требуетъ съ своей стороны снова соотвѣтственной затраты работоспособныхъ силъ, потому что при этомъ химическая энергія, потерянная при образованіи соединенія, снова возстановляется. Кислородъ и водородъ, отдѣленные другъ отъ друга, обладаютъ запасомъ энергіи, ибо, когда мы заставляемъ ихъ соединяться въ воду, то они развиваютъ большое количество тепла. Въ водѣ содержатся оба эти элемента и между ними существуетъ сила химическаго притяженія, которая удерживаетъ ихъ въ соединеніи; но эта сила уже не можетъ произвести никакого измѣненія, никакого положительнаго дѣйствія. Мы должны перевести соединенные элементы въ ихъ первоначальное состояніе, мы должны отдѣлить ихъ другъ отъ друга и употребить на это силу, которая превосходитъ ихъ сродство, для того, чтобы возвратитъ имъ способность снова повторитъ ихъ первое дѣйствіе. Количество теплоты, выдѣляемое при химическихъ соединеніяхъ, по крайней мѣрѣ приблизительно, эквивалентно работѣ, производимой при этомъ дѣйствующими химическими силами *). Съ другой стороны то-же количество работы должно затратить, чтобы разло-

*) Ограниченіе и болѣе точное опредѣленіе этого предложенія даны въ моей позднѣйшей статьѣ о термодинамикѣ химическихъ процессовъ.

жить соединеніе и оба газа привести къ свободному состоянію. Я уже выразилъ выше эту работу величиною приподнятаго груза.

Металлы, соединяясь съ кислородомъ и съ кислотными остатками, также выдѣляютъ теплоту; нѣкоторые изъ нихъ, какъ напр. калий, натрій, цинкъ, даже больше, чѣмъ эквивалентное имъ количество водорода; а не столь легко окисляемые металлы, какъ напр. мѣдь, серебро, платина выдѣляютъ менѣе теплоты. Соотвѣтственно этому мы находимъ, что развивается теплота, когда цинкъ вытѣсняетъ мѣдь изъ ея соединенія съ сложнымъ кислотнымъ остаткомъ сѣрной кислоты. Именно этотъ процессъ происходитъ въ элементѣ Даниэля и потому онъ можетъ порождать теплоту или производить какую-нибудь работу.

Но если мы при помощи такого элемента возбуждаемъ токъ и пропускаемъ его черезъ какой-либо проводникъ, металлическій или электролитическій, то въ этомъ проводникѣ выдѣляется теплота. Джуль (Joule) первый доказалъ, что если токъ не производитъ никакой другой работы, то общее количество теплоты, развиваемой имъ во всей цѣпи, въ точности равняется количеству теплоты, которое одновременно должно было бы развиваться въ батарее, вслѣдствіе происшедшихъ въ ней химическихъ разложеній, если бы при этомъ не получалось тока. Однако, эта теплота не собирается на поверхностяхъ электродовъ, т. е. тамъ, гдѣ происходятъ химическіе процессы, но она развивается во всѣхъ частяхъ цѣпи и притомъ въ каждой отдѣльной части пропорціонально ея гальваническому сопротивленію. Отсюда слѣдуетъ, что теплота развивается не непосредственно химическимъ процессомъ, но электрическимъ движеніемъ и что химическая работоспособность батареи употреблена была первоначально на то, чтобы произвести электрическое движеніе.

Для того, чтобы поддерживать въ проводникѣ непрерывный электрический токъ, дѣйствительно необходимо опредѣленное количество работы химической или механической. Надо, чтобы постоянно новые запасы положительнаго электричества перегонялись на положительный конецъ проводника, преодолевая отталкивательную силу скопившагося тамъ положительнаго электричества, и чтобы на отрицательномъ концѣ происходило то-же съ отрицательнымъ электричествомъ.

Это можетъ, между прочимъ, производиться и чисто механическими силами, напр. обыкновенной электрической машиной тренія, или машиною Гольца, дѣйствующей на основаніи электрической индукціи, или магнитеэлектрической машиной, дающей токи, индуктированные электродинамически. Если въ обыкновенныхъ

гальваническихъ баттарейхъ эту работу производить химическія силы, то количество работы, которую они должны совершить для полученія эквивалентныхъ результатовъ всегда одно и то-же.

Величина этой работы, если выразить все въ соответствующихъ единицахъ мѣры, равна произведенію изъ протекаго электричества на разность потенціаловъ концовъ цѣпи; а эта послѣдняя совпадаетъ съ электродвигательною силою баттарей.

Но такъ какъ по закону Фарадея количество продуктовъ химическаго разложенія пропорціонально количеству электричества, то электродвижущая сила баттарей должна быть пропорціональна работѣ ¹⁾, которая можетъ быть получена при разложеніи нѣкотораго эквивалента разсматриваемаго вещества. Между тѣмъ какъ въ элементахъ гальванической баттарей, возбуждающей токъ, должны происходить химическіе процессы, которые въ состояніи произвести работу, наоборотъ, въ тѣхъ сосудахъ, гдѣ происходитъ разложеніе существующаго химическаго соединенія, часть работоспособности тока употребляется на то, чтобы преодолевать сопротивленіе химическихъ силъ.

Остатокъ этой работоспособности проявляется въ видѣ теплоты, развивающейся вслѣдствіе сопротивленія цѣпи, или, при извѣстныхъ условіяхъ, онъ идетъ на то, чтобы приводить въ движеніе машины или же совершать какую-либо другую работу.

При этомъ можно принимать въ расчетъ не только сильное средство элементовъ, дающихъ опредѣленные отношенія при соединеніи и распаденіи, но и меньшія силы молекулярнаго притяженія, которыя вода и другія составныя части раствора оказываютъ на его іоны, и даже вліянія этого рода, слишкомъ слабыя для того, чтобы ихъ находить калориметрическимъ методомъ, могутъ быть опредѣлены посредствомъ измѣренія электродвижущихъ силъ. Мнѣ самому удалось на основаніи механической теоріи тепла вычислить вліяніе, которое оказываетъ на электродвижущую силу вода, заключающаяся въ растворѣ соли. Химическое притяженіе между солью и водою въ этомъ случаѣ можетъ быть, измѣрено по уменьшенію упругости пара надъ жидкостью и теоретическія слѣдствія весьма удовлетворительно подтверждаются опытами Джемса Мозера (James Moser) ²⁾.

До сихъ поръ мы держались предположенія, что іонъ, отдавалъ свой электрическій зарядъ, въ то же время выдѣляется изъ жид-

¹⁾ Здѣсь развивающаяся теплота разсматривалась еще какъ полный эквивалентъ работы.

²⁾ Wiedemann's Annalen т. III, р. 201 до 216 и 216 до 319.

кости. Однако іонъ можетъ, отдавъ свое электричество электроду, остаться въ жидкости, но уже въ электрически нейтральномъ состояніи. Это почти не вызываетъ разницы въ электродвижущей силѣ.

Если напримѣръ изъ какого-нибудь соединенія выдѣляется на анодѣ хлоръ, то онъ тотчасъ же растворяется въ жидкости, гдѣ и остается; но когда растворъ дѣлается насыщеннымъ или когда мы надъ жидкостью устроимъ пустоту, то газъ начинаетъ выдѣляться пузырьками. Электродвижущая сила не будетъ замѣтно измѣняться вслѣдствіе начала выдѣленія газа, пока не измѣнится состояніе насыщенія жидкости. Это относится ко всѣмъ остальнымъ газамъ, хотя и не всѣ могутъ растворяться въ томъ же количествѣ, какъ хлоръ. Вы видите изъ этого примѣра, что процессъ, требующій такой большой затраты работы, есть переходъ отрицательно заряженнаго хлора въ электрически нейтральный или свободный хлоръ, хотя бы вѣсомая масса его атомовъ до и послѣ процесса находилась въ жидкости.

Наоборотъ, если электрическій зарядъ электродовъ не достаточно силенъ, чтобы отнимать электричество у іоновъ, собирающихся у ихъ поверхности, то катионъ будетъ удерживаться на катодѣ, а анионъ на анодѣ съ силой, которую не можетъ преодолѣть стремленіе газа расширяться. Если даже совершенно удалять воздухъ, находящійся надъ жидкостью, то катодъ, поляризованный водородомъ и анодъ, поляризованный кислородомъ, не выдѣляютъ даже малѣйшаго пузырька газа.

Только когда разность потенціаловъ на электродахъ на столько повысится, что они будутъ притягивать электрическій зарядъ іоновъ съ силой, достаточной для того, чтобы оторвать его отъ іоновъ, сами іоны получаютъ возможность слѣдовать другимъ механическимъ силамъ, отдѣляться отъ электродовъ и получаться въ видѣ газовъ. Отсюда слѣдуетъ, что электроды не притягиваютъ къ себѣ вѣсомой части іоновъ; въ этомъ случаѣ они удерживались бы на нихъ и послѣ разряда. Мы даже должны заключить отсюда, что іоны только потому, что они электрически заряжены и только пока они сохраняютъ этотъ зарядъ, притягиваются электродами, заряженными электричествомъ противоположнаго знака.

Чѣмъ болѣе поверхность положительно заряженнаго анода покрывается отрицательно заряженными атомами аниона, а катодъ положительными атомами катиона, тѣмъ сильнѣе уменьшается притяженіе, которое оба они оказываютъ на іоны, расположенные внутри жидкости. Сила, съ которой положительное электричество атома водорода, находящагося въ пограничномъ слоѣ, при-

тягивается къ поверхности металла, возрастаетъ по мѣрѣ того, какъ увеличивается количество отрицательнаго электричества на металлѣ, находящемся передъ нимъ и положительнаго въ слои водорода, находящемся за нимъ.

Эта сила притяженія, дѣйствующая въ заряженномъ конденсаторѣ на единицу количества электричества, находящагося на внутренней сторонѣ заряженнаго слоя, пропорціональна электродвижущей силѣ, которою конденсаторъ былъ заряженъ и обратно пропорціональна разстоянію между двумя заряженными поверхностями. Если эти поверхности удалены одна отъ другой на $\frac{1}{100}$ мм., то сила въ 100 разъ больше, чѣмъ когда разстояніе между ними одинъ миллиметръ. Если мы спустимся до молекулярныхъ разстояній, величину которыхъ мы вычислили по емкости поляризованныхъ электродовъ, то сила увеличится въ 10 милліоновъ разъ, такъ-что при такихъ условіяхъ даже умѣренная электродвижущая сила можетъ преодолѣвать самыя громадныя химическія силы, соединяющія каждый атомъ съ его электрическимъ зарядомъ и удерживающія атомы въ жидкости. Таковымъ можно вообразить себѣ механизмъ процесса, посредствомъ котораго на поверхности электродовъ электрическая сила развивается и постепенно усиливается на столько, что получаетъ возможность преодолѣть наибольшее химическое средство, которое мы только знаемъ. Если подобное дѣйствіе можетъ произвести поляризація поверхности, играющей только роль конденсатора, заряженнаго умѣренною электродвижущею силою, то можно ли считать громадныя электрическія заряды аніона и катиона неважною и несущественною частью химическаго средства?

Въ сосудѣ, о которомъ мы недавно говорили, гдѣ происходитъ разложеніе, іоны сопротивляются виѣшней силѣ притяженія, стремящейся оторвать ихъ отъ присущихъ имъ электрическихъ зарядовъ. Если мы измѣнимъ направленіе тока, то и электролитическіе процессы пойдутъ въ обратномъ направленіи и электрическія силы іоновъ начнутъ усиливать токъ. Въ элементѣ Даніэля растворяется нейтральный цинкъ, при чемъ онъ уноситъ съ собой только $+E$, а если онъ имѣлъ $-E$, то онъ его передаетъ металлической пластинкѣ, обмѣнивая его на $+E$. На мѣдномъ электродѣ положительно заряженная мѣдь выдѣляется изъ раствора и осаждается, уже нейтрализованная, въ видѣ гальванопластическаго слоя. Свой избытокъ положительнаго электричества она передаетъ электроду. Но, какъ мы уже видѣли, при происхожденіи такого процесса въ элементѣ Даніэля, онъ можетъ совершать виѣшнюю работу. Отсюда мы должны заключить, что одинъ эквивалентъ $+E$ сое-

диняясь, какъ зарядъ, съ атомомъ цинка, можетъ совершить большую работу, нежели соединяясь съ атомомъ мѣди.

Если мы это выразимъ на языкѣ дуалистической теоріи, и станемъ разсматривать положительное и отрицательное электричество, какъ двѣ невѣсомыя субстанціи, то вышеприведенные процессы представляются таковыми, какъ будто бы эквиваленты $+E$ и $-E$ съ различною силою притягивались различными атомами (а можетъ быть также различными мѣстами присоединенія одного многоэквивалентнаго атома). Калий, натрій, цинкъ должны сильно притягивать $+E$, а кислородъ, хлоръ, бромъ, іодъ $-E$.

Замѣчаемъ ли мы дѣйствія подобнаго притяженія въ другихъ случаяхъ? Мы наталкиваемся здѣсь на столь много оспаривавшееся допущеніе Вольта, что электрическія разности вызываются соприкосновеніемъ какихъ-нибудь двухъ различныхъ металловъ. Относительно справедливости описанныхъ Вольтою фактовъ не можетъ быть болѣе никакого сомнѣнія. Если мы между мѣдной и цинковой пластинками, хорошо изолированными шеллаковыми подставками и поставленными на небольшомъ разстояніи, одна противъ другой, какъ пластинки конденсатора, установимъ на мгновеніе металлическое соединеніе, и затѣмъ удалимъ ихъ одну отъ другой, то мы найдемъ, что мѣдь зарядилась отрицательно, а цинкъ положительно. Именно такого дѣйствія должны бы мы были ожидать, если бы цинкъ имѣлъ къ положительному электричеству болѣе сильную силу притяженія, нежели мѣдь, приче́мъ эта сила дѣйствовала бы только на молекулярныхъ разстояніяхъ, а не на значительныхъ разстояніяхъ какъ $+E$ на $-E$. Я указалъ на это объясненіе опыта Вольты еще въ 1847 году въ моей статьѣ о сохраненіи силъ. Всѣ факты, наблюдаемые при соединеніи различнѣйшихъ, чисто металлическихъ проводниковъ одинаковой температуры, находятся съ нимъ въ полномъ согласіи; а именно изъ этого объясненія немедленно вытекаетъ законъ, выражающійся рядомъ Вольты. Такія силы притяженія, какъ допущенныя нами, необходимо стремятся къ равновѣсію, а оно всегда мгновенно наступаетъ, пока не приходятъ между собою въ соприкосновеніе никакіе проводники, кромѣ металловъ при одинаковой температурѣ. При этомъ мы никогда не получаемъ продолжительнаго электрическаго тока. Совершенно иное происходитъ, когда въ цѣпи находятся электролитическіе проводники. Они подъ вліяніемъ электрическаго движенія распадаются на составныя части и во многихъ такихъ случаяхъ статическое равновѣсіе можетъ быть достигнуто только тогда, когда вполне окончено электролитическое разложеніе. На это обстоятельство указалъ уже Фара-

дэи, какъ на особенно существенное различіе между проводниками двухъ классовъ.

Первоначальная теорія Вольты была именно здѣсь не полна, потому-что ему еще не было извѣстно электролитическое разложеніе. Поэтому его собственное представленіе о «контактной силѣ» несомнѣнно противорѣчитъ закону сохраненія силъ; уже прежде, чѣмъ ясно формулировали этотъ законъ и доказали его фактическую справедливость, многіе химики и физики, а между ними и Фарадэй, чувствовали, что это не можетъ быть полнымъ объясненіемъ. Противники Вольты старались дать химическое объясненіе также и тѣмъ опытамъ, въ которыхъ происходило взаимодѣйствіе исключительно металлическихъ проводниковъ. По ихъ словамъ металлы могли окисляться кислородомъ воздуха; и дѣйствительно, окисленіе, необходимое для слабыхъ электрическихъ зарядовъ, требуетъ такого малаго количества кислорода, что нельзя надѣяться открыть его химическими методами или воспрепятствовать окисленію химическимъ очищеніемъ окружающаго газа или пустоты. Поэтому допущенія такъ-называемой химической теоріи не могутъ быть опровергнуты фактами; но эта теорія даетъ не болѣе, какъ неопредѣленное предположеніе, что здѣсь быть-можетъ происходитъ химическій процессъ, а гдѣ таковой происходитъ, тамъ можетъ появиться электричество; но сколько, какого рода, до какого напряженія,—все это оставалось или совершенно неопредѣленнымъ или для различныхъ случаевъ давались объясненія, противорѣчившія одно другому. Въ особенности противорѣчитъ этой теоріи, что въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ несомнѣнно происходятъ химическіе процессы, возбуждающіе электричество, т. е. когда металлическія пластинки опущены въ электролитическую жидкость, получается электризація какъ разъ противоположная той, которая обнаруживалась въ основныхъ опытахъ Вольта. Что электрическія и химическія силы по существу одно и то-же, принимаетъ и изложенная мною теорія. Но по моему мнѣнію достаточно присутствія силъ, могущихъ при безпрепятственномъ дѣйствіи производить химическіе процессы, для того чтобы вызвать соотвѣтственное электрическое распределеніе, даже прежде, чѣмъ начнется химическое соединеніе. Допущеніе, что тамъ, гдѣ получается вольтанческой зарядъ, непременно имѣется химическій процессъ, или уже предварительно совершившійся, или совершающійся во время заряда, представляется мнѣ излишнимъ и недоказаннымъ, да сверхъ того ничего въ дѣйствительности и не объясняющимъ предположеніемъ.

Но дѣйствительно, заряды цинка и мѣди въ опытахъ Вольты

чрезвычайно слабы; только при весьма чувствительныхъ новыхъ квадрантныхъ электрометрахъ В. Томсона сдѣлалось возможнымъ ихъ точно измѣрить; легко понять, почему здѣсь дѣйствіе такъ слабо. Если мы приведемъ въ соприкосновеніе двѣ плоскія хорошо отполированныя пластинки, цинковую и мѣдную, то вѣроятно количества электричества, появляющіяся на обѣихъ сторонахъ пограничныхъ плоскостей, очень велики. Но ихъ нельзя замѣтить прежде, чѣмъ пластинки будутъ отдѣлены одна отъ другой. Зарядъ сохраняемый ими послѣ разъединенія, можетъ соотвѣтствовать только тому заряду, который онѣ имѣютъ въ моментъ, когда исчезаетъ послѣдняя точка соприкосновенія между ними. Въ это время всѣ другія части ихъ поверхностей находятся другъ отъ друга на разстояніи, которое безконечно велико въ сравненіи съ молекулярнымъ разстояніемъ; но металлы такъ хорошо проводятъ электричество, что равновѣсіе его, соотвѣтствующее расположенію пластинокъ въ данный моментъ, можно всегда предполагать установившимся. Если хотятъ уменьшить зарядъ пластинокъ, когда начинается ихъ разъединеніе, то надѣ чтобы по крайней мѣрѣ одна изъ нихъ была изолирована. В этомъ случаѣ мы дѣйствительно получаемъ гораздо болѣе поразяющей рядъ явленій, а именно явленія такъ называемаго электричества тренія. Треніе при этомъ вѣроятно является средствомъ установить близкое соприкосновеніе между двумя тѣлами. Если поверхности трущихся тѣлъ очень чисты и не покрыты слоемъ воздуха, какъ напр., въ Гейслеровыхъ безвоздушныхъ трубкахъ, содержащихъ въ себѣ каплю ртути, то для развитія электрическаго заряда достаточно самой легкой катыбы одного тѣла по другому. Здѣсь въ двухъ трубкахъ воздухъ такъ разрѣженъ, что только очень сильный электрическій зарядъ можетъ еще проходить черезъ нихъ и заставить ихъ свѣтиться. Одна содержитъ въ себѣ небольшое количество ртути, другая жидкій сплавъ калия и натрія. Въ первой металлъ очень сильно отрицателенъ по отношенію къ стеклу. Сплавъ же соотвѣтствуетъ положительному концу ряда Вольты; однако и здѣсь стекло оказывается еще болѣе положительнымъ, чѣмъ металлъ, только зарядъ гораздо слабѣе нежели для ртути.

Фарадэй очень часто возвращался къ этому предмету и высказывалъ убѣжденіе, что двѣ силы природы, изъ которыхъ одна извѣстна подъ названіемъ химическаго средства, а другая подъ названіемъ электричества, совершенно тождественны.

Я старался сегодня представить вамъ обзоръ фактовъ и насколько возможно оставить въ сторонѣ гипотезы, за исключеніемъ

атомистической теории современной химии. Я полагаю, что факты не оставляют никакого сомнѣнія въ томъ, что самыя сильныя изъ химическихъ силъ имѣютъ электрическое происхожденіе. Атомы притягиваются къ своимъ электрическимъ зарядамъ; противоположныя заряды притягиваются другъ къ другу. Но я не могу отрицать существованія другихъ молекулярныхъ силъ, дѣйствующихъ непосредственно отъ атома къ атому. Многіе изъ нашихъ лучшихъ химиковъ недавно стали различать два рода соединеній, а именно, слабо-сдѣланные молекулярные агрегаты и типическія соединенія; только послѣднія соединяются другъ съ другомъ въ эквивалентныхъ количествахъ.

Электролиты принадлежатъ къ совершенно типичнымъ соединеніямъ. Если мы далѣе изъ фактовъ вывели, что каждая единица соединенія заряжена эквивалентомъ $+E$ или $-E$, то они могутъ представить электрически нейтральныя соединенія, гдѣ каждая положительно заряженная единица, подъ вліяніемъ вышевычисленной громадной силы притяженія соединяется съ отрицательно заряженной единицей.

Какъ вы видите, отсюда непосредственно слѣдуетъ, что каждая единица сродства какого-либо атома необходимо должна быть соединена съ одной и только съ одной единицей сродства другого атома. Въ этомъ дѣйствительно и заключается главнѣйшее положеніе теории эквивалентовъ въ современной химіи, по крайней мѣрѣ по отношенію къ такъ называемымъ насыщеннымъ соединеніямъ. На основаніи нѣкоторыхъ данныхъ химіи выводится, что въ общемъ случаѣ молекулы простыхъ тѣлъ также составлены по крайней мѣрѣ изъ двухъ атомовъ; вѣроятно и въ этомъ случаѣ электрическая нейтральность достигается соединеніемъ двухъ атомовъ, изъ которыхъ одинъ заряженъ однимъ эквивалентомъ $+E$, а другой $-E$, а не нейтрализаціей каждаго отдѣльнаго атома.

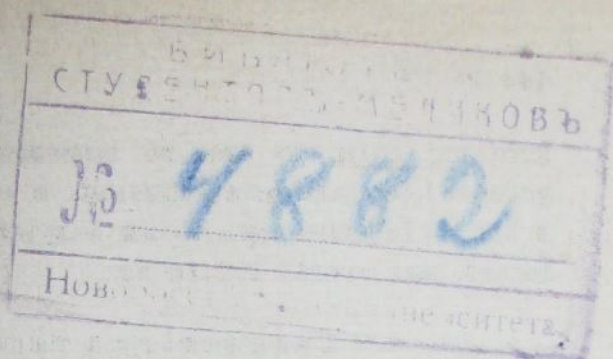
Ненасыщенныя соединенія съ четнымъ числомъ несоединенныхъ эквивалентовъ могутъ быть включены въ эту же теорію при допущеніи, что несоединенныя единицы заряжены равными и противоположными электрическими эквивалентами. Ненасыщенныя соединенія, только съ одной несоединенной единицей, когда они существуютъ только при высокой температурѣ, могутъ рассматриваться какъ диссоціированныя силою тепловаго движенія, не смотря на электрическія притяженія. Но во всякомъ случаѣ остается одинъ примѣръ соединенія, которое по закону Авогадро даже при низайшихъ температурахъ должно рассматриваться какъ ненасыщенное соединеніе, именно закись азота (NO),

вещество, которое однако же выказываетъ много другихъ необыкновенныхъ свойствъ, объясненія которыхъ надо ожидать только въ будущемъ *).

Впрочемъ, я не могу входить здѣсь въ дальнѣйшія подробности. Можетъ быть я и то зашелъ слишкомъ далеко. Я и не отважился бы на это, если бы не чувствовалъ себя подкрѣпленнымъ авторитетомъ Фарадэя, котораго направлялъ къ истинѣ почти непогрѣшимый инстинктъ. Мнѣ казалось, что лучшее, что я могу сдѣлать въ день чествованія его памяти, это обратить вниманіе тѣхъ людей, силою дѣятельности и проницательнаго ума которыхъ химія достигла своего теперешняго изумительнаго развитія, на сокровища знанія, лежащія еще сокрытыми въ твореніяхъ этого удивительнаго ума. Я не достаточно подробно изучилъ химію, чтобы быть увѣреннымъ въ томъ, что я нашелъ вѣрное объясненіе, а именно то, которое далъ бы самъ Фарадэй, если бы онъ былъ знакомъ съ закономъ эквивалентовъ. Безъ этого закона едва-ли возможно было дать электрохимическую теорію, охватывающую все факты и дающую вѣрные выводы. Фарадэй и не старался создать ее. Одинаково интересно видѣть, какъ столь великій ученый избѣгаетъ слишкомъ далеко заходить въ теоретическихъ разсужденіяхъ, гдѣ ему не достаетъ фактовъ, и какъ онъ смѣло идетъ впередъ, гдѣ онъ находитъ открытую дорогу. Мы должны изумляться осторожной сдержанности Фарадэя, хотя теперь, стоя уже на его плечахъ и поощряемые достойнымъ изумленія развитіемъ органической химіи, мы можемъ видѣть и далѣе, нежели онъ.

Я буду считать мои сегодняшніе труды вполне вознагражденными, если мнѣ удалось снова оживить интересъ химиковъ къ электро-химическому отдѣлу ихъ науки.

*) См. Прибавленіе II въ концѣ этой лекціи.



П Р И Б А В Л Е Н І Я .

I.

Вычисленіе электростатическаго дѣйствія электролитическихъ зарядовъ одного миллиграмма воды.

(Къ стр. 129).

По послѣднимъ тщательнымъ измѣреніямъ электрохимическаго эквивалента воды, произведеннымъ профессоромъ Ф. Кольраушемъ, оказывается что опредѣленная В. Веберомъ электромагнитная единица силы тока ($=0,1$ ампера) разлагаетъ 0,009476 mgr. воды въ секунду. Эта же единица силы тока заставляетъ протекать въ секунду черезъ каждое поперечное сѣченіе проводника приблизительно 300000 миллионovъ электростатическихъ единицъ, изъ которыхъ одною половиною будетъ двигающееся по направленію тока $+E$, другою—двигающееся обратно току $-E$.

Самъ В. Веберъ даетъ число 311000, а Клэркъ Максвеллъ 288000 миллионovъ. Электростатическая единица, введенная Гауссомъ и В. Веберомъ, есть то количество электричества, которое равное ему количество электричества, находящееся отъ него на разстояніи одного миллиметра, отталкиваетъ съ силою, равною единицѣ. За единицу же силы принимается та сила, которая, дѣйствуя въ теченіе одной секунды на 1 mgr., сообщаетъ ему скорость, равную одному mm. въ секунду. Всѣхъ миллиграммъ сообщаетъ ему въ секунду скорость въ 9809 mm. Слѣдовательно, единица силы, введенная Веберомъ, равна $\frac{1}{9809}$ вѣса миллиграмма.

Поэтому сила F , съ которою количество электричества $+E$, измѣренное въ электростатическихъ единицахъ, притягиваетъ къ себѣ равное ему количество $-E$, находящееся отъ него на разстояніи r , и измѣренное вѣсомъ нѣкотораго груза, равна

$$F = \frac{E^2}{r^2} \cdot \frac{1 \text{ mg}}{9809}.$$

Если мы подъ E будемъ подразумѣвать количество электричества, притекающее къ каждому электроду при разложеніи од-

ного mg . воды, то оно, по вышеприведеннымъ опредѣленіямъ, равно 31,66 билліонамъ единицъ, и если мы g положимъ равнымъ $1 \text{ km.} = 1000000 \text{ mm.}$, то мы получимъ результатъ, данный въ текстѣ, или точнѣе 102180 kg .

Сравненіе съ тяготѣніемъ.

Всѣхъ нѣкоторой массы m есть сила притяженія между нею и массою земли, при чемъ послѣдняя такъ дѣйствуетъ, какъ будто-бы вся она была сосредоточена въ центрѣ земли. Если мы обозначимъ среднюю плотность земли черезъ h , а радіусъ ея черезъ r , то масса земли будетъ равна

$$\frac{4\pi}{3} \cdot r^3 \cdot h.$$

Если производимая тяготѣніемъ сила притяженія между двумя единицами массы, находящимися на разстояніи единицы, есть G , то притяженіе массы m землею равна

$$gm = \frac{4\pi}{3} \cdot r \cdot h \cdot G \cdot m.$$

По опредѣленію метра имѣемъ

$$\frac{\pi}{2} r = 10^7 \text{ m} = 10^{10} \text{ mm.}$$

Далѣе

$$h = 5,62 \text{ mg. на } 1 \text{ смм.}$$

Отсюда притяженіе между $\frac{8}{9} \text{ mg}$ кислорода и $\frac{1}{9} \text{ mg}$ водорода, т. е. между количествами ихъ, содержащимися въ 1 mg . воды, на разстояніи 1 mm. равно

$$\frac{1}{9} \cdot \frac{8}{9} \cdot G = \frac{g}{27 \cdot h \cdot 10^{10}},$$

или равно вѣсу

$$\frac{6,5917}{10^{13}} \text{ mg.}$$

Притяженіе между электрическими зарядами, которое выше было вычислено для разстоянія въ 1 km. , на разстояніи одного mm. было бы равно вѣсу

$$102180 \cdot 10^{18} \text{ mg.}$$

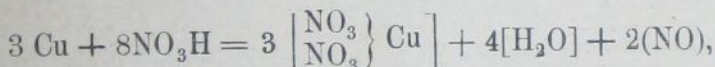
Отсюда слѣдуетъ, что для того, чтобы получить, вслѣдствіе тяготѣнія вѣсомыхъ массъ, при томъ же взаимномъ расположеніи, ту же силу притяженія, массы должны быть въ 393700 билліоновъ разъ больше вышеприведенныхъ массъ составныхъ частей воды.

II.

О ненасыщенныхъ соединеніяхъ (1883).

(Къ стр. 142).

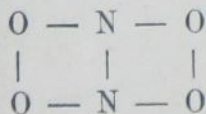
Происхожденіе ненасыщенныхъ соединеній возможно объяснить допущеніемъ, что нѣкоторые атомы имѣютъ въ иныхъ мѣстахъ болѣе слабое сродство, при чемъ въ этихъ мѣстахъ электричество одного рода сильно притягивается, а другое такъ слабо, что можетъ даже совсѣмъ отдѣлиться, когда другіе атомы обладаютъ избыткомъ одноименнаго Е. Азотъ имѣетъ, какъ извѣстно, переменное число сродствъ. По большей части онъ трехъ-эквивалентенъ; въ NH_4Cl и подобныхъ соединеніяхъ его приходится разсматривать какъ пяти-эквивалентный. Три изъ его сродствъ должны сильно притягивать—Е, четвертое (именно для четвертаго Н въ нашатырѣ) слабо. Но три изъ нихъ должны также имѣть умеренное притяженіе къ +Е. Когда три атома (обладающіе каждый двумя сродствами) электрически нейтральной мѣди растворяются въ азотной кислотѣ,



то весь водородъ долженъ удержать положительный зарядъ, а три сродства, бывшіе ранѣе отрицательными, получить положительный зарядъ отъ Cu. Три эквивалента —Е должны будутъ, слѣдовательно, перейти къ двумъ атомамъ NO; но они не могутъ быть раздѣлены на двѣ равныя части. Насыщенный атомъ



очевидно непроченъ, тогда какъ двуокись азота, также легко распадающаяся, представляетъ изъ себя нѣсколько болѣе прочное соединеніе



Если принять, что въ одной половинѣ атома отдѣлилось +Е отъ мѣста слабого сродства, которое можетъ прочно удерживать только —Е, что въ другой половинѣ атома соответствующее мѣсто прочно удерживаетъ —Е, и что отдѣлившееся +Е связывается этимъ —Е какъ электростатическій зарядъ, то получилось бы распредѣленіе, въ которомъ каждый атомъ былъ бы нейтраленъ, но одна половина атомовъ содержала бы въ себѣ на одинъ эквивалентъ обоихъ электричествъ болѣе, чѣмъ другая.

ПОПУЛЯРНЫЯ РѢЧИ

ПРОФЕССОРА

Г. ГЕЛЬМГОЛЬЦА.

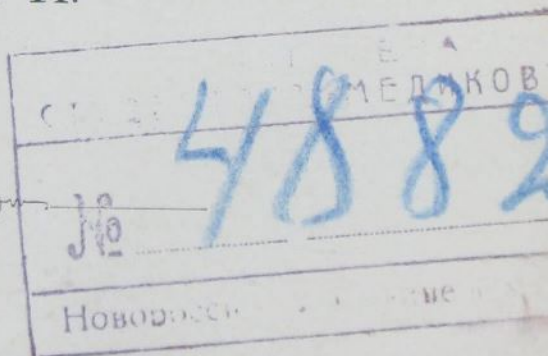
ПЕРЕВОДЪ

СЛУШАТЕЛЬНИЦЪ ВЫСШИХЪ ЖЕНСКИХЪ КУРСОВЪ

ПОДЪ РЕДАКЦІЕЙ

О. Д. Хвольсона и С. Я. Терешина.

Часть II.



С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Изданіе К. Л. Риккера.
Невскій просп., № 14.
1899.

Дозволено цензурою. С.-Петербургъ, 1 іюня 1899 года.



Типографія Министерства Путей Сообщенія
(Т-ва И. Н. Кушнеревъ и К^о), Фонтанка, 117.



О Г Л А В Л Е Н І Е.

	Стран.
О зрѣніи человѣка	1
Новѣйшіе успѣхи теоріи зрѣнія	31
Вихревыя бури и грозы	125
Возникновеніе планетной системы	149

О ЗРѢНІИ ЧЕЛОВѢКА.

Высокоуважаемое собраніе!

Насъ соединила здѣсь память о философѣ Кантѣ, который, болѣе чѣмъ кто либо, способствовалъ тому, что имя нашего города навсегда останется связаннымъ съ исторіей образованія человѣчества. Мы хотимъ ему поставить памятникъ, которому суждено засвидѣтельствовать, что наше время и нашъ городъ хранятъ благодарную и почтительную память о людяхъ, которымъ они обязаны научными успѣхами и наставленіями. Ему и я хочу принести благодарность и выразить уваженіе своимъ сегодняшнимъ трудомъ. Какъ? натуралистъ философу? спросить, пожалуйста, тотъ изъ васъ, кто нѣсколько знакомъ съ научными теченіями новаго времени. Вѣдь всѣмъ извѣстно, что натуралисты и философы въ настоящее время не могутъ быть названы добрыми друзьями, по крайней мѣрѣ въ своихъ научныхъ работахъ. Всѣмъ извѣстно, что между ними уже давно ведется ожесточенный споръ, который недавно, казалось, замолкъ, но во всякомъ случаѣ не потому, что одна партія убѣдила другую, а потому, что каждая сомнѣвается въ возможности убѣдить противную. Натуралисты охотно и громко хвалятся тѣмъ, что большіе успѣхи естественныхъ наукъ начались съ того момента, когда онѣ совершенно очистились отъ вліянія натурфилософіи. Да не подумаютъ тѣ изъ васъ, кто знакомъ съ этими отношеніями, что я привлеченъ сюда сегодня не исключительно горячимъ участіемъ къ дѣлу, но желаніемъ угодить городу и университету, къ которымъ нѣкогда принадлежалъ Кантъ и къ которымъ и я въ настоящее время имѣю честь принадлежать или, что я руковожусь обычнымъ пріемомъ враждующихъ партій, которыя надѣются выиграть тѣмъ, что прославляютъ и хвалятъ противниковъ, сдѣлавшихся безвредными.

Я увѣряю васъ, что мною руководятъ не желаніе угодить, не скрытая вражда, но полная признательность и глубокое уваженіе. Поэтому я для сегодняшняго доклада выбралъ предметъ, который вамъ выяснитъ, въ какой степени въ наукахъ мысли великаго философа и теперь еще живутъ и развиваются и какъ разъ тамъ, гдѣ этого менѣе всего можно было бы ожидать.

Принципіальный разладъ, который нынѣ существуетъ между естественными науками и философіей, еще не имѣлъ мѣста во времена Канта. По отношенію къ естественнымъ наукамъ Кантъ стоялъ на вполнѣ одинаковой почвѣ съ натуралистами. Онъ самъ живо интересовался Ньютоновскою теоріей движенія небесныхъ свѣтилъ, этимъ величайшимъ твореніемъ человѣческой мысли, въ которомъ на самыхъ простыхъ основаніяхъ всеобщаго тяготѣнія въ строгой послѣдовательности выводится безконечное разнообразіе движеній, наблюдаемыхъ на небесномъ сводѣ и которое можетъ служить образцомъ всѣхъ позднѣйшихъ естественно-историческихъ теорій. Кантъ даже самъ пытался построить, въ совершеннѣ Ньютоновскомъ духѣ, гипотезу о происхожденіи нашей планетной системы подъ вліяніемъ силы тяготѣнія, и эта попытка даетъ намъ право причислить философа Канта къ числу естествоиспытателей. Естественныя науки и теперь твердо опираются на тѣ же основныя положенія, которыя они имѣли во времена Канта, и плодотворныя примѣненія которыхъ показаль Ньютонъ на великомъ примѣрѣ; эти науки съ тѣхъ поръ только богаче расцвѣли и свои основныя положенія сдѣлали примѣнимыми къ большому числу частныхъ случаевъ. Но философія измѣнила свое отношеніе къ естественнымъ наукамъ.

Философія Канта не стремилась преумножить количество нашего знанія путемъ одного размысленія, потому что ея главное положеніе состояло въ томъ, что всякое познаніе существующаго должно черпаться изъ опыта; эта философія стремилась только изучить источники нашихъ познаній и степень ихъ достовѣрности; это изученіе навсегда будетъ предоставлено философіи, а отказъ отъ него никогда не пройдетъ безнаказанно.

И Фихте, этотъ великій мыслитель, который подъ руководствомъ Канта началъ въ нашемъ городѣ свое научное поприще, и который упорно противился обычному возрѣнію на міръ, не находился, насколько я могу судить, ни въ какомъ принципіальномъ противорѣчій съ натуралистами. Его представленія о чувственныхъ воспріятіяхъ скорѣе находятся въ полнѣйшемъ согласіи съ тѣми данными, которыя позже фізіологія органовъ чувствъ вывела изъ опыта. Часть этихъ выводовъ я и думаю вамъ сегодня изложить.

Но споръ возгорѣлся, когда, послѣ смерти Фихте, Шеллингъ сталъ господствовать надъ наукой въ южной, а Гегель въ сѣверной Германіи. Недовольная уже положеніемъ, указаннымъ ей Кантомъ, философія захотѣла открыть новые пути, чтобы найти, безъ помощи опыта, но путемъ чистаго мышленія, тѣ конечные результаты, коихъ должны были достигнуть опытные науки. Она не отчаявалась обнять всѣ высшіе вопросы неба и земли, настоящаго и будущаго.

Враждебныя отношенія этихъ философскихъ школъ къ научнымъ основаніямъ естествоиспытанія особенно рѣзко выразились въ страстной, въ высшей степени нефилософской полемикѣ Гегели и нѣкоторыхъ его учениковъ противъ Ньютона и его теоріи. Среди образованныхъ людей Германіи того времени интересъ къ философскимъ наукамъ превосходилъ интересъ къ естественнымъ наукамъ, вслѣдствіе чего послѣднія казались побѣжденными. Да и понятно, кто не былъ бы склоненъ предпочесть короткій самостоятельно созидающій путь чистаго мышленія тяжелой, медленно подвигающейся работѣ естествоиспытанія? Весьма почтенное исключеніе составляли немногіе нѣмецкіе естествоиспытатели, какъ Гумбольдтъ, Эрманъ и Пфаффъ, которые упорно, но въ одиночку, боролись противъ того, что называли натурфилософіей, до тѣхъ поръ, пока, наконецъ, великій прогрессъ естественныхъ наукъ въ сосѣднихъ европейскихъ государствахъ не увлекъ за собою и Германію.

Философія хотѣла забрать все; теперь же мало склонны уступить ей то, что ей по праву должно принадлежать. Но удивительно ли, что за чрезмѣрными надеждами слѣдовало глубокое уныніе, когда стали смѣшивать новѣйшія системы философіи съ философіей вообще и переносить на всю науку глубокое недовѣріе къ первымъ? Точка, въ которой ближе всего философія сталкивается съ естествознаніемъ, это ученіе о чувственныхъ воспріятіяхъ человѣка. Поэтому я хочу изложить вамъ результаты, добытые естественными науками относительно того органа чувствъ, отправленія котораго донинѣ могли быть наиболѣе полно изслѣдованы, именно относительно глаза. Вы тогда будете имѣть возможность сами судить, въ какомъ отношеніи находятся эти результаты опыта съ данными философіи.

Глазъ — это построенный природою оптическій инструментъ, естественная камера-обскура. Я полагаю, что большинство изъ моихъ слушателей видѣли, какъ готовятъ фотографическіе снимки или дагерротипы и осматрѣли употребляемый при этомъ инструментъ. Этотъ инструментъ и есть камера-обскура.

Его устройство въ высшей степени простое; онъ представляетъ въ сущности ничто иное, какъ вычерненный извнутри деревянный ящикъ, въ одну стѣнку котораго вдѣлана стеклянная чечевица, между тѣмъ какъ на противоположной сторонѣ помѣщается матовое стекло. Когда сторона ящика, содержащая чечевицу, обращена къ какому нибудь хорошо освѣщенному, удаленному предмету, то на матовомъ стеклѣ, при правильной установкѣ ящика, получается рѣзко очерченное, обратное, уменьшенное изображеніе предмета, окрашенное въ естественные цвѣта. Затѣмъ, когда фотографъ правильно установилъ свой инструментъ, онъ матовое стекло удаляетъ и помѣщаетъ на его мѣсто обработанную серебряную пластинку такъ, чтобы и на ней получилось то самое изображеніе, которое раньше находилось на матовомъ стеклѣ. Серебряная пластинка удерживаетъ изображеніе предмета, потому-что ея поверхность на свѣтлыхъ частяхъ картины измѣняется особеннымъ образомъ подъ влияніемъ свѣта. Всѣмъ извѣстныя свѣтописныя картины суть фиксированныя картины камеры-обскуры.

Глазъ совершенно аналогичный инструментъ. Единственная существенная разница между нимъ и камерой-обскурой та, что вмѣсто матоваго стекла или свѣточувствительной пластинки въ глубинѣ глаза находится чувствительная сѣтчатая оболочка. Свѣтъ, дѣйствуя на сѣтчатую оболочку, вызываетъ ощущенія, которыя по главному нерву передаются мозгу—вещественному органу сознанія. Въ остальныхъ своихъ частяхъ естественная камера-обскура тоже отступаетъ отъ искусственной; вмѣсто четырехугольнаго деревяннаго ящика мы находимъ круглое глазное яблоко, крѣпкая стѣнка котораго образуется бѣлою твердою кожицей, называемой склеротикой; въ своей передней части она образуетъ бѣлокъ глаза. Черная краска, которой покрыта внутренняя поверхность камеры-обскуры, замѣщается въ глазѣ второй тонкой темно-коричневою кожицей, которая называется сосудистой оболочкой. Видима только передняя часть ея, называемая радужной оболочкой и состоящая изъ сянго или коричневаго кружка, посреди котораго находится черное отверстіе—зрачекъ. Радужная оболочка, на невидимой задней сторонѣ совершенно черная, какъ и вся остальная сосудистая оболочка, и только на передней сторонѣ видимой ея части расположены вовсе не окрашенные или слегка окрашенные слои.

Синяя окраска радужной оболочки не вызывается особымъ красящимъ веществомъ, но возникаетъ по той же причинѣ, какъ и синяя окраска снятого молока; она характерна для бѣловатыхъ мутныхъ срединъ, которыя находятся передъ темнымъ фономъ. Коричневая же окраска радужной оболочки объясняется присут-

ствіемъ въ переднихъ слояхъ ея малыхъ количествъ того же темно-коричневаго красящаго вещества, которое покрываетъ ея заднюю поверхность.

Этимъ же объясняется и измѣненіе окраски радужной оболочки. Уже знаменитый греческій философъ Аристотель свидѣтельствуетъ, что всѣ дѣти рождаются съ голубыми глазами, даже и тѣ, которыя впослѣдствіи имѣютъ глаза коричневые. Вы видите, что и древніе философы умѣли наблюдать.

Черный кружокъ посреди голубого или коричневаго кольца, такъ называемый зрачекъ, есть отверстіе, черезъ которое свѣтъ проникаетъ въ заднюю часть глаза. Если количество свѣта, проникающаго въ глаза, слишкомъ велико, то зрачекъ суживается, если же оно очень мало, то зрачекъ расширяется. Передъ зрачкомъ лежитъ выпуклая роговая оболочка, наружная поверхность которой сохраняется всегда чистою при помощи протекающихъ по ней выдѣлений слезныхъ железъ; тому же способствуетъ морганіе вѣкъ. Позади зрачка лежитъ прозрачное чечевицеобразное тѣло—хрусталикъ, присутствіе котораго въ живомъ глазу вызываетъ еле-замѣтныя отраженія свѣта отъ его поверхности.

Внутренность глаза наполнена жидкостью. Хрусталикъ вмѣстѣ съ выпуклою поверхностью роговой оболочки замѣщаетъ въ глазѣ стеклянную чечевицу камеры-обскуры фотографа. Они даютъ уменьшенное и обратное, окрашенное изображеніе внѣшнихъ предметовъ на поверхности сѣтчатой оболочки, которая какъ я сказалъ, лежитъ въ задней части глаза передъ сосудистой оболочкой. Для того, чтобы видѣть сѣтчатую оболочку живого глаза, я построилъ нѣсколько лѣтъ тому назадъ маленькій оптическій инструментъ—глазное зеркало. Посредствомъ этого зеркала можно непосредственно видѣть изображенія предметовъ на сѣтчатой оболочкѣ глаза другого человѣка, и убѣдиться въ ихъ отчетливости, положеніи и т. д.

Мы уже сказали, что для того, чтобы получить отчетливое изображеніе предмета, фотографъ долженъ правильно установить свой инструментъ.

Въ самомъ дѣлѣ, при наблюденіи изображеній въ камерѣ-обскуры замѣчаютъ, что если изображенія далекихъ предметовъ имѣютъ рѣзкіе контуры, то болѣе близкіе предметы даютъ изображенія неясныя, расплывчатыя и наоборотъ. Если фотографъ желаетъ снять болѣе отдаленные предметы, то онъ долженъ чечевицу своего инструмента приблизить къ пластинкѣ, на которой получается изображеніе; наоборотъ, онъ долженъ удалить чечевицу отъ пластинки, если онъ снимаетъ болѣе близкіе предметы.

Нѣчто подобное относится и къ глазу. Въ томъ, что вы одновременно неодинаково отчетливо видите отдаленные и близкіе предметы, вы проще и удобнѣе всего можете убѣдиться, если вы поставите вуаль, приблизительно на разстояніи 6 дюймовъ отъ глаза и одинъ глазъ закроете. Тогда вы можете по произволу, не мѣняя направленія взора, черезъ вуаль наблюдать отдаленные предметы, причемъ вуаль вамъ представится лишь какъ неясное затемнѣніе поля зрѣнія и вы не различите ея отдѣльныхъ нитей; или же вы можете разсматривать эти нити вуали, причемъ вы уже не увидите отчетливо предметовъ, находящихся за вуалью.

При этомъ опытѣ въ глазѣ чувствуется нѣкоторое напряженіе при переходѣ отъ одного наблюденія къ другому. И дѣйствительно, при этомъ мѣняется форма хрусталика при посредствѣ особыхъ мышць, лежащихъ внутри глаза. Это измѣненіе, которое дастъ намъ возможность по произволу направить взоръ на отдаленные или на близкіе предметы, называется аккомодацией или приспособленіемъ глаза къ различнымъ разстояніямъ. Помощію глазного зеркала можно непосредственно наблюдать измѣненія изображеній, происходящія при измѣненіи аккомодациі.

Я посвящу еще немного времени на то, чтобы разъяснить нѣкоторыя подробности, относящіяся къ оптическимъ изображеніямъ вообще и спеціально къ изображеніямъ въ глазу.

Лучи свѣта при переходѣ изъ одной прозрачной среды въ другую, напримѣръ изъ воздуха въ стекло или изъ воздуха въ глазную жидкость, уклоняются отъ своего первоначальнаго направленія; они, какъ говорятъ, преломляются, если только они не падаютъ совершенно перпендикулярно къ поверхности, разграничивающей двѣ среды.

Чечевица камеры-обскуры и прозрачныя среды глаза измѣняютъ путь лучей, которые выходятъ изъ освѣщенной точки изображаемаго предмета, такимъ образомъ, что они всѣ соединяются въ одной, а именно въ соотвѣтствующей точкѣ изображенія.

Если эта точка находится на самой сѣтчатой оболочкѣ, то въ нее попадаетъ весь свѣтъ, исходящій изъ соотвѣтствующей точки предмета и ни малѣйшая часть этого свѣта не попадаетъ на другія части сѣтчатки. Точно также данная точка не получитъ свѣта, исходящаго изъ другой какой-либо точки предмета. Итакъ, данная точка сѣтчатой оболочки получаетъ весь свѣтъ и только тотъ свѣтъ, который исходитъ изъ соотвѣтствующей точки предмета. Если данная точка предмета испускаетъ много свѣта, то и соотвѣтствующая точка сѣтчатой оболочки будетъ сильно освѣщена, а если она слабо свѣтитъ, то и соотвѣт-

ствующая точка изображенія будетъ темная. Если первая испускаетъ красный свѣтъ, то изображеніе ея будетъ окрашено въ красный цвѣтъ, если зеленый, то и изображеніе будетъ зеленое и т. д.

Слѣдовательно, каждой точкѣ внѣшняго предмета соотвѣтствуетъ опредѣленная точка изображенія, обладающая соотвѣтствующими силою освѣщенія и окраской; при отчетливомъ зрѣніи соотвѣтствуетъ каждой отдѣльной точкѣ внѣшняго поля зрѣнія одна опредѣленная точка на сѣтчатой оболочкѣ, освѣщаемая и раздражаемая только свѣтомъ, исходящимъ изъ данной точки.

Такъ какъ, слѣдовательно, каждая отдѣльная точка поля зрѣнія раздражаетъ своимъ свѣтомъ только одну отдѣльную точку воспринимающаго нервнаго вещества, то и является возможность сознать, какое количество свѣта и какая окраска относится къ отдѣльнымъ внѣшнимъ точкамъ.

Благодаря такому устройству глаза, какъ оптическаго инструмента, оказывается возможнымъ отдѣльно распознавать различные свѣтлые предметы, насъ окружающіе. Чѣмъ совершеннѣе оптическая часть глаза выполняетъ свое назначеніе, тѣмъ яснѣе различаются детали предметовъ, находящихся въ полѣ зрѣнія глаза.

Я не стану глубже входить въ эту физическую сторону явленій, сопровождающихъ зрѣніе, которую я долженъ былъ затронуть лишь какъ основаніе для пониманія всего послѣдующаго, и къ которой относятся многіе разнообразныя и интересныя вопросы и факты.

Объ одномъ только я хочу упомянуть, чтобы показать примѣръ того, какъ на изображеніе внѣшняго предмета вліяетъ строеніе физической части нашего глаза. Звѣзды намъ кажутся лучистыми; „звѣздообразный“ и „лучистый“ суть синонимы. Въ дѣйствительности же звѣзды круглы, или, большею частью, такъ малы, что мы ничего не можемъ сказать объ ихъ формѣ, и онѣ намъ должны бы были представляться недѣлимыми точками. Лучи въ изображеніи звѣздъ не получаютъ ни въ міровомъ пространствѣ, ни въ нашей атмосферѣ, ими украшается это изображеніе въ нашемъ хрусталикѣ, который имѣетъ лучистое строеніе и лучи, которые мы приписываемъ звѣздамъ, суть, слѣдовательно, въ дѣйствительности лучи нашего хрусталика.

Итакъ, мы видимъ, что на поверхности сѣтчатой оболочки получается оптическое изображеніе, такое же, какъ и въ любой камерѣ-обскурѣ. Но камера-обскура не видитъ изображенія, а глазъ его видитъ. Въ чемъ же разница?—Разница въ томъ, что сѣтчатая оболочка, на которой въ глазѣ получается оптическое

изображеніе, составляетъ чувствующую часть нашей нервной системы и въ томъ, что дѣйствіе свѣта, какъ внѣшней раздражающей причины, вызываетъ въ ней ощущеніе свѣта. Что же мы знаемъ о возбужденіи свѣтовыхъ ощущеній свѣтомъ?

Старое и самое, повидимому, естественное мнѣніе состояло въ томъ, что сѣтчатая оболочка глаза гораздо болѣе чувствительна, чѣмъ всякій другой нервный аппаратъ нашего тѣла, а потому ощущаетъ даже воздѣйствіе такого слабаго агента, какъ свѣтъ. Что родъ воздѣйствія свѣта на глаза совершенно отличенъ отъ звуковыхъ и тепловыхъ ощущеній, отъ ощущеній въ кожѣ при осязаніи твердаго, мягкаго, шероховатаго, гладкаго и т. д., казалось, легко объясняется тѣмъ, что свѣтъ есть нѣчто совершенно иное, чѣмъ звукъ, теплота, чѣмъ твердое или мягкое, шероховатое или гладкое тѣло, и совершенно въ порядкѣ вещей, что каждая вещь ощущается особенно, смотря по своимъ различнымъ качествамъ.

Конечно были давно извѣстны нѣкоторыя явленія, несогласныя съ такимъ взглядомъ; но ихъ считали маловажными и охотно оставляли въ сторонѣ. Если произвести ударъ на глазное яблоко или нажать на него, то получаютъ свѣтовые явленія, даже и въ полной темнотѣ. Электрическіе токи, пропущенные черезъ глаза, тоже вызываютъ свѣтовые явленія. Впрочемъ, даже нѣтъ и необходимости употреблять такія сильныя средства; кто въ совершенной темнотѣ съ закрытыми глазами попробуетъ напрягать свое вниманіе на поле зрѣнія, тотъ замѣтитъ въ немъ различныя странныя неправильныя очертанія, звѣздообразныя или полосатыя фигуры, различно окрашенныя, которыя безпрестанно измѣняются въ неправильной фантастической игрѣ. Эти очертанія становятся свѣтлѣе и красивѣе окрашенными, если глазъ потереть или если возбуждающіе напитки или болѣзни заставляютъ кровь приливать къ головѣ; но они никогда совершенно не исчезаютъ. Ихъ можно назвать свѣтовою пылью темнаго поля зрѣнія.

Когда впервые старались изслѣдовать это явленіе и объяснить его, то полагали, что мы имѣемъ дѣло съ внутреннимъ процессомъ образованія свѣта въ самомъ глазу. Явленіе объяснялось таинственнымъ сродствомъ нервной жидкости сѣтчатой оболочки со свѣтомъ, благодаря которому раздраженіе этой оболочки вызываетъ свѣтъ. Свѣтящіеся глаза кошекъ и собакъ, казалось, служили доказательствомъ правильности такого объясненія. Они повидимому самостоятельно испускаютъ свѣтъ и особенно сильно свѣтятся, когда этихъ животныхъ раздражаютъ и такимъ образомъ раздражаютъ ихъ нервную систему. Думали, что такимъ образомъ можно наблюдать свѣтъ, какъ бы искусственно вызываемый въ глазу.

Невольно вспоминается приверженецъ этого воззрѣнія изъ нѣмецкихъ народныхъ сказаній—это знаменитѣйшій изъ всѣхъ нѣмецкихъ охотниковъ, фонъ-Мюнхгаузенъ, который, потерявъ однажды кремень отъ своего ружья, увидѣлъ преслѣдующаго его медвѣдя; благодаря своему извѣстному присутствію духа и гениальности, онъ однако попалъ на неожиданное средство спастись. Онъ приложилъ ружье, прицѣлился, ударилъ себя кулакомъ въ глазъ такъ, что искры посыпались:—порохъ загорѣлся, и медвѣдь былъ убитъ.

Одинъ случай изъ судебной практики, однако, дѣйствительно оказался интереснымъ: истецъ получилъ въ темную ночь ударъ въ глазъ и увѣрялъ, что благодаря возбужденному такимъ образомъ свѣту узналъ личность ударившаго. Если приведенное выше физиологическое воззрѣніе правильно, то и показаніе этого чловѣка должно быть принято за достовѣрное. Теорія образованія свѣта въ глазу вслѣдствіе этого предстала передъ судомъ, и мы счастливы, что, помимо прочихъ причинъ, говорящихъ противъ этой теоріи, видимъ ее осужденною приговоромъ суда.

Болѣе подробное разсмотрѣніе установило совершенно иной взглядъ на дѣло. Во-первыхъ, вовсе не подтверждается предполагаемая бѣльшая чувствительность глазного нерва; напротивъ, его поврежденіе не производитъ никакой боли, тогда какъ поврежденіе какого либо другого столь же толстаго нерва кожи, покрывающей наше тѣло, сопровождается нестерпимою болью. Въ нѣкоторыхъ достойныхъ сожалѣнія случаяхъ заболѣванія, глазное яблоко должно быть удалено для спасенія жизни больного. Тогда оперируемый въ моментъ перерѣза глазного нерва не чувствуетъ никакой боли; онъ замѣчаетъ свѣтъ, какъ бы въ видѣ молніи.

Далѣе, тщательныя изысканія несомнѣнно показали, что такъ называемые свѣтящіеся глаза животныхъ никогда не свѣтятся въ абсолютной темнотѣ; что ихъ свѣченіе происходитъ только отъ отраженія внѣшняго свѣта. Въ дѣйствительности на задней стѣнкѣ этихъ глазъ находится, вмѣсто чернаго красящаго вещества, свѣтлое мѣсто, такъ называемое *tapetum*, которое сильно отражаетъ упавшій на него свѣтъ. Позже Брюкке показаль, какимъ образомъ слѣдуетъ освѣтить зрачекъ чловѣка, чтобъ онъ казался свѣтящимся краснымъ свѣтомъ, подобно пылающему углю; употребленіе глазного зеркала основано какъ разъ на этомъ же принципѣ. Точно также нельзя замѣтить свѣта въ глазѣ другого, въ то время, какъ онъ самъ, вслѣдствіе нажатія, дѣйствія электрическаго тока или другой какой либо причины, замѣчаетъ яркія свѣтотвыя явленія. Мы, слѣдовательно, въ этихъ случаяхъ не можемъ сомнѣваться,

что свѣтовое ощущеніе имѣетъ мѣсто, не будучи вызвано дѣйствительнымъ свѣтомъ. Но мы знаемъ, что средства, которыя мы употребляемъ для вызова свѣтовыхъ ощущеній въ глазу — т. е. толчокъ, нажатіе, механическое воздѣйствіе, электрическій токъ и т. д., дѣйствуя на нервный аппаратъ какого либо другого органа, всегда вызываютъ дѣятельность этого послѣдняго; поэтому мы ихъ называемъ средствами, раздражающими нервы и мы можемъ высказать слѣдующее общее положеніе: обыкновенныя средства, раздражающія нервы, дѣйствуя на глазной нервъ, вызываютъ свѣтовыя ощущенія совершенно подобно дѣйствительному свѣту; и дадѣе можно прибавить еще, если вспомнимъ сказанное объ оперируемыхъ: эти средства не вызываютъ въ глазномъ нервѣ никакихъ ощущеній, кромѣ только ощущеній свѣтовыхъ.

Если тѣми же средствами воздѣйствовать на другіе нервы, то никогда не получимъ свѣтовыхъ ощущеній; въ слуховыхъ нервахъ они вызовутъ звуковыя ощущенія, въ нервахъ кожи—ощущенія осязанія или тепловыя; въ нервахъ мышцъ онѣ не вызовутъ никакихъ ощущеній; результатомъ дѣйствія окажутся, въ послѣднемъ случаѣ, сокращенія мышцъ. Только при дѣйствіи на глазъ, всѣ эти раздраженія вызываютъ свѣтовыя ощущенія. Электрическій токъ вызываетъ въ тѣлѣ наиболѣе разнообразныя ощущенія, ибо имъ можно удобнѣе всего дѣйствовать на нервные аппараты всѣхъ органовъ и онъ ихъ раздражаетъ очень сильно. При началѣ дѣйствія тока на глазъ мы наблюдаемъ яркую искру, за которою слѣдуетъ болѣе слабое освѣщеніе поля зрѣнія и притомъ освѣщеніе свѣтло-голубое или желто-красное, смотря по направленію тока. При размыканіи тока наблюдается опять яркая искра. Въ языкѣ электрическій токъ вызываетъ, смотря по направленію, ощущеніе кислаго или горьковато-щелочнаго; въ кожѣ онъ вызываетъ обжоги или разѣданіе, во внутреннихъ частяхъ членовъ судороги и т. д.

Какъ досадно, подумаете вы пожалуй, что остальные органы нашего тѣла не чувствительны къ свѣту. Было бы вѣдь интересно знать, какія ощущенія вызываетъ свѣтъ въ другихъ мѣстахъ нашего тѣла. Мы не можемъ себѣ представить возможности ощущенія свѣта не глазомъ, а на примѣръ, рукою. Однако, вникнемъ въ дѣло. Несомнѣнно, вы уже считаете вѣроятнымъ, что свѣтъ, если онъ могъ бы ощущаться рукою, вызывалъ бы въ ней другого рода ощущенія, нежели въ глазу. Заставьте солнечные лучи падать на руку; развѣ вы ихъ не почувствуете? „Конечно“, отвѣтите вы, „почувствуемъ, но почувствуемъ солнечную теплоту, а не

свѣтъ—теплота всегда идетъ рука объ руку со свѣтомъ“. Хорошо, я не поставлю вамъ въ вину такого отвѣта, ибо большинство физиковъ еще двадцать лѣтъ тому назадъ давало такой же отвѣтъ. Но, вотъ вопросъ, который напрашивается самъ собою: если теплота всегда сопровождаетъ свѣтъ, то не представляютъ ли теплота и свѣтъ только различныя проявленія одного и того же принципа.

Физика тщательно изслѣдовала этотъ вопросъ и пришла къ тому выводу, что въ однородномъ, одноцвѣтномъ свѣтѣ, какой мы можемъ отдѣлить отъ солнечнаго луча посредствомъ прозрачной призмы, тепловая и свѣтовая энергіи нераздѣльно связаны между собою такъ, что при уменьшеніи одной изъ нихъ другая убываетъ въ той же пропорціи, какъ и должно быть, если теплота и свѣтъ суть лишь проявленія одного и того же агента. Въ свѣтѣ различныхъ цвѣтовъ тепловая энергія связана съ свѣтовой въ очень различныхъ пропорціяхъ. При одинаковой силѣ желтый свѣтъ грѣетъ сильнѣе синяго, красный сильнѣе желтаго. За красными лучами въ солнечномъ спектрѣ слѣдуютъ лучи, которые только грѣютъ, но вовсе не свѣтятъ—это такъ называемые темные, тепловые лучи. Они обладаютъ всѣми физическими свойствами, которыя присущи свѣтовымъ лучамъ, и отличаются отъ нихъ только своимъ дѣйствіемъ на глазъ человѣка. Горячія печи испускаютъ подобные же темные тепловые лучи, къ которымъ при температурѣ краснаго каленія присоединяются и свѣтящіяся тепловые лучи.

Итакъ, несомнѣнно, что различіе между теплотою и свѣтомъ не идетъ далѣе того, что они вызываютъ различныя ощущенія, смотря по тому, дѣйствуютъ ли они на кожу или на глазъ. Въ кожѣ они вызываютъ ощущеніе тепла, а въ глазу—ощущеніе свѣта. Можемъ ли мы изъ этихъ различныхъ дѣйствій заключить, что теплота и свѣтъ соотвѣтствуютъ различнымъ физическимъ агентамъ? Едва ли, если вы вспомните то, что я вамъ говорилъ о различныхъ дѣйствіяхъ электрическаго тока и механическаго раздраженія на различные нервы. Лучеиспусканіе свѣтящихся и горячихъ тѣлъ—физика принимаетъ его за колебательное движеніе всюду распространенной, упругой матеріи, свѣтоваго эфира—итакъ, колебанія эфира можно тоже причислить къ причинамъ, раздражающимъ нервы, и они, какъ и всѣ другія причины, вызываютъ различныя ощущенія, дѣйствуя на различные нервы, а именно каждый разъ тѣ ощущенія, которыя характерны для даннаго нервнаго аппарата.

Такимъ образомъ мы пришли къ ученію, данному Иоганномъ Мюллеромъ, Берлинскимъ физиологомъ, ученію о специфическихъ нервныхъ воспріятіяхъ—къ важнѣйшему открытію въ физиологіи органовъ чувствъ за послѣднее время. Качество нашихъ ощущеній, будь то свѣтъ или теплота, звукъ или вкусъ и т. д., зависитъ не отъ наблюдаемаго внѣшняго объекта, но отъ того нерва, который служить передатчикомъ ощущенія.

Если вы любите парадоксы, то можете сказать: свѣтъ есть только тогда свѣтъ, когда онъ дѣйствуетъ на видящій глазъ; безъ него это есть лишь колебаніе эфира.

Тоже относится и къ модификаціямъ зрительныхъ ощущеній, къ цвѣтамъ. Колебанія эфира, происходящія съ различною скоростью, вызываютъ ощущенія различныхъ цвѣтовъ. Наболѣе быстра колебанія даютъ ощущенія фіолетоваго цвѣта; далѣе, въ порядкѣ убыванія быстроты колебанія, слѣдуютъ ощущенія голубого, затѣмъ зеленаго, желтаго, оранжеваго и краснаго. Если свѣтъ составленъ изъ различныхъ цвѣтовъ, то онъ вызываетъ впечатлѣніе новаго цвѣта, „смѣшаннаго“, который всегда имѣетъ бѣловатый оттѣнокъ и менѣе насыщенъ, нежели простые цвѣта, изъ которыхъ онъ былъ составленъ. Смѣшанные цвѣта, имѣющіе одинъ и тотъ же оттѣнокъ, могутъ быть составлены самымъ разнообразнымъ образомъ; но ихъ сходство имѣетъ мѣсто только для глаза и оно отнюдь не распространяется на какія нибудь другія физическія ихъ свойства.

Что характеръ нашихъ чувственныхъ воспріятій зависитъ какъ отъ природы нашихъ органовъ чувствъ, такъ и отъ внѣшнихъ предметовъ, доказывается приведенными фактами и имѣетъ огромное значеніе для теоріи познанія. Какъ разъ то же самое, что въ новѣйшее время физиологія чувствъ доказала опытнымъ путемъ, Кантъ еще раньше пытался вообще доказать для представленій человѣка, показавъ, какую роль играютъ въ этихъ представленіяхъ прирожденные законы душевныхъ отпращиваній.

Новѣйшая философія, наоборотъ, исходя изъ предположенія о тождественности духа и матеріи, пыталась эти законы психическіе подвести подъ законы природы и потому должна была пытаться доказать тождество нашихъ ощущеній съ дѣйствительными качествами наблюдаемыхъ тѣлъ. Стремясь къ этой цѣли, она выступила защитницей теоріи цвѣтовъ, предложенной Гёте.

Что споръ относительно этого ученія имѣетъ только-что указанный смыслъ, я уже старался разъяснить въ одной изъ другихъ моихъ рѣчей.

Итакъ, внѣшній свѣтъ производитъ свѣтовые ощущенія, которыя посредствомъ нитей глазного нерва передаются мозгу, гдѣ они и сознаются. Но свѣтовое ощущеніе не есть еще зрѣніе. Свѣтовое ощущеніе тогда только обращается въ зрѣніе, когда намъ удастся, при его помощи, распознавать внѣшніе предметы; зрѣніе, слѣдовательно, заключается въ пониманіи свѣтовыхъ ощущеній.

Самый важный фактъ, который мы встрѣчаемъ въ этой психологической области нашего изслѣдованія, слѣдующій: каждое свѣтовое ощущеніе даетъ намъ представленіе чего-то свѣтлаго передъ нами въ полѣ зрѣнія. Это кажется вполне простымъ и естественнымъ, ибо свѣтовые ощущенія всегда вызываються свѣтомъ. Развѣ всегда? Вѣдь мы выразились не точно. Я уже говорилъ, что и другія причины, которыя раздражаютъ глазной нервъ и сѣтчатую оболочку, вызываютъ свѣтовые ощущенія. И въ этихъ случаяхъ намъ кажется, что свѣтъ доходитъ до насъ изъ внѣшняго пространства.

Если мы при открытыхъ глазахъ пропустимъ электрической токъ ото лба къ затылку такъ, чтобы онъ раздражалъ и глазной нервъ, то мы увидимъ яркую искру свѣта, которая, какъ намъ покажется, освѣтитъ предметы, лежащіе передъ нами, хотя электрической токъ въ этомъ случаѣ не производитъ никакого внѣшняго свѣта, никакихъ колебаній эфира ни въ глазу, ни во внѣшнемъ пространствѣ. Въ этомъ случаѣ ощущеніе обращается въ обманъ чувства. Органъ чувства насъ при этомъ не обманываетъ; онъ дѣйствуетъ вполне правильно, на основаніи относящихся къ нему точныхъ и неизмѣнныхъ законовъ, и иначе онъ дѣйствовать не можетъ. Но мы ошибаемся, переходя отъ свѣтового ощущенія къ его распознаванію.

Далѣе, раздраженіе опредѣленнаго мѣста сѣтчатой оболочки вызываетъ представленіе о свѣтящемся тѣлѣ, находящемся въ опредѣленномъ мѣстѣ пространства передъ нами. Я уже указалъ, что свѣтъ, исходящій изъ опредѣленной точки поля зрѣнія, попадаетъ, при отчетливомъ зрѣніи, только на одну точку нашей сѣтчатой оболочки; поэтому мы всегда переносимъ причину всякаго свѣтового ощущенія, происходящаго въ точкѣ сѣтчатой оболочки въ соответствующее мѣсто поля зрѣнія. Надавите ногтемъ внѣшній уголъ глаза; появляется небольшое свѣтлое пятнышко. Вы его сначала можете быть вовсе и не замѣтите, ибо вы его будете искать тамъ, гдѣ вы нажимаете. Ничуть не бывало! Оно появляется въ видѣ маленькаго свѣтлаго кружка какъ разъ на противоположной сторонѣ поля зрѣнія, вблизи носового хребта.

Нажмите подъ бровью на глазъ и свѣтъ появится около нижняго вѣка; короче, свѣтъ появляется всегда на сторонѣ противоположной той, на которой вы производите нажатіе.

Объясненіе этого явленія уже ясно изъ сказаннаго раньше. Возвратимся къ случаю, когда мы нажимаемъ на внѣшній уголъ глаза и когда свѣтъ получался со стороны носа. Въ этомъ случаѣ раздражаются тѣ точки сѣтчатой оболочки, которыя получаютъ свѣтъ, идущій со стороны носового хребта. Изображеніе носового хребта получится какъ разъ у внѣшняго угла глаза. Разъ мы заключаемъ о существованіи свѣта при раздраженіи сѣтчатой оболочки нажатіемъ ногтемъ, то ясно, что мы свѣтъ этотъ предполагаемъ исходящимъ изъ того мѣста, откуда исходитъ дѣйствительный свѣтъ, раздражающій то же самое мѣсто сѣтчатой оболочки. Въ теченіе всей нашей жизни мы искали мѣсто происхожденія свѣта, раздражающаго внѣшнія части сѣтчатой оболочки, у носового хребта и тамъ мы его находили и наше представленіе по этому переносить на самое мѣсто и кажущійся свѣтъ, происходящій отъ давленія на это мѣсто сѣтчатой оболочки. Естественно и понятно, что мы поступаемъ именно такъ; но я хочу обратить вниманіе ваше на одно странное обстоятельство, которое не можетъ не вызвать удивленія.

Мы какъ бы уловили наше представленіе на неправильномъ заключеніи или выводѣ; мы научно опредѣлили, чѣмъ была вызвана эта ошибка и какъ собственно дѣло происходитъ въ дѣйствительности; мы знаемъ, что наше представленіе приложило заключеніе, которое миллионъ разъ оказывалось правильнымъ, къ такому случаю, къ которому оно не приложимо. Теперь мы можемъ ожидать, что наше представленіе не повторитъ этой ошибки и не обманетъ насъ изображеніемъ свѣтлаго пятнышка на носовомъ хребтѣ, а перенесетъ свѣтъ въ то мѣсто, гдѣ было вызвано свѣтовое ощущеніе. Мы повторяемъ теперь опытъ съ научно обоснованнымъ убѣжденіемъ, что свѣтовое ощущеніе происходитъ во внѣшнемъ углу глаза. Но научилось ли наше представленіе чемунибудь? Мы должны сознаться, что нѣтъ. Оно ведетъ себя, какъ самый непослушный изъ учениковъ; оно заставляетъ бѣдную учительницу-науку говорить какъ долго и сколько ей угодно и остается настойчиво при своемъ показаніи, что мѣсто происхожденія свѣта находится у носового хребта.

Подобное происходитъ и при всѣхъ другихъ обманахъ чувствъ, о которыхъ мнѣ придется еще говорить. Они не исчезаютъ послѣ того, какъ мы выяснили ихъ механизмъ; они остаются въ полной силѣ.

Другой рядъ обмановъ зрѣнія, относящихся къ мѣстонахожденію видимаго предмета, получается, если свѣтъ, исходящій отъ предмета, достигаетъ глаза не прямо, но встрѣтивъ на своемъ пути преломляющіе или отражающіе предметы. Наиболѣе извѣстный случай такого рода обмана зрѣнія происходитъ при отраженіи отъ обыкновеннаго плоскаго зеркала. Свѣтъ, падающій на зеркало, такъ отразится отъ него, какъ будто онъ идетъ отъ предметовъ, которые находятся на такомъ-же разстояніи за зеркаломъ, на какомъ дѣйствительно существующіе предметы находятся передъ нимъ. Если отраженные лучи встрѣтятъ глазъ, то они въ немъ преломятся и попадутъ въ тѣ же точки сѣтчатой оболочки, въ которыхъ собрались бы лучи, исходящіе изъ дѣйствительныхъ предметовъ, которые находились бы въ томъ мѣстѣ за зеркаломъ, гдѣ находится изображеніе предметовъ. Наше представленіе строить соотвѣтствующіе изображеніямъ въ зеркалѣ дѣйствительные предметы и придаетъ имъ ту же степень опредѣленности и очевидности, какую обладаютъ непосредственно видимыя тѣла; и въ этомъ случаѣ сохраняется кажущаяся ясность и кажущееся положеніе изображеній, несмотря на то, что нашъ разумъ убѣжденъ въ ихъ несуществованіи.

Нѣчто подобное относится и къ зрительнымъ трубамъ и микроскопамъ. Въ ихъ стеклахъ лучи преломляются такимъ образомъ, что, вышедши изъ инструмента, они продолжаютъ свой путь, какъ бы исходя отъ увеличеннаго предмета, и тому лицу, которое смотритъ черезъ инструментъ, кажется, что оно дѣйствительно видитъ увеличенный предметъ.

По мѣсту сѣтчатой оболочки, въ которомъ получается свѣтовое ощущеніе, мы судимъ о томъ, въ какомъ направленіи находятся различные свѣтлые предметы, которые насъ окружаютъ, въ какое мѣсто поля зрѣнія мы ихъ должны отнести. Такимъ образомъ мы бы получили перспективное изображеніе внѣшняго міра, потому что оптическое изображеніе на сѣтчатой оболочкѣ представляетъ такое-же перспективное изображеніе. Вѣрное перспективное изображеніе предметовъ, имѣющихъ правильную, хорошо намъ знакомую форму, позволяетъ намъ безъ сомнѣнія судить о глубинѣ изображенныхъ предметовъ, въ особенности, когда они находятся при правильномъ освѣщеніи и оттѣнены какъ слѣдуетъ. Поэтому хорошіе перспективные рисунки частей машинъ, внутреннихъ и наружныхъ частей зданій и т. д. для насъ достаточны, такъ какъ мы впередъ знаемъ, что рисунокъ изображаетъ предметы правильной сферической, цилиндрической или призматической формы.

Перспективныя изображенія тѣлъ, имѣющихъ неправильную форму, даютъ весьма несовершенное представленіе объ ихъ глубинѣ. Въ пейзажной живописи помогаетъ такъ называемая воздушная перспектива, т. е. измѣненіе оттѣнковъ цвѣтовъ и ясности контуровъ, вызванное слоями воздуха, находящимися между предметами и наблюдателемъ. Въ чемъ же, собственно, различіе между перспективнымъ изображеніемъ и дѣйствительнымъ видомъ самого предмета, который представляется нашимъ глазамъ, и почему при непосредственномъ наблюденіи всѣ отношенія между частями предмета кажутся намъ гораздо болѣе отчетливыми и вѣрными?

Отвѣтъ на этотъ вопросъ даетъ намъ оптической инструментъ, который въ послѣдніе годы сдѣлался для публики предметомъ развлеченія—это стереоскопъ англійскаго физика Витстона. Этотъ инструментъ даетъ перспективнымъ рисункамъ полнѣйшую рельефность, даже и такимъ рисункамъ, въ которыхъ при непосредственномъ наблюденіи положительно нельзя опредѣлить, какія части лежатъ впереди и какія на заднемъ планѣ и на какомъ разстояніи одна находится позади другой.

Принципъ, на которомъ основано устройство стереоскопа, слѣдующій. Когда мы разсматриваемъ какой либо предметъ, напр. ландшафтъ, комнату или тому подобное, гдѣ различныя части находятся въ различныхъ отъ насъ разстояніяхъ, то видъ предмета зависитъ отъ мѣста наблюденія. Тѣ предметы передняго плана, которые закрывали собою опредѣленные предметы задняго плана, когда мы ихъ разсматриваемъ съ одного мѣста, при наблюденіи съ другого мѣста представляются намъ покрывающими уже другіе предметы. Поверхности, казавшіяся съ перваго мѣста сильно укороченными, со втораго мѣста кажутся менѣе укороченными и наоборотъ. Такимъ образомъ, если мы съ двухъ различныхъ мѣстъ станемъ разсматривать перспективные виды одного и того же предмета, то эти виды не будутъ тождественными, но будутъ отличаться другъ отъ друга и притомъ тѣмъ болѣе, чѣмъ больше разстояніе мѣстъ наблюденій. Если же мы разсмотримъ самое совершенное перспективное изображеніе даннаго предмета, то оно не будетъ чувствительно измѣнять своего вида при перемѣнѣ мѣста наблюденія. Предметы передняго плана рисунка будутъ всегда покрывать одни и тѣ же мѣста задняго плана; поверхности, которыя представлены укороченными, останутся таковыми неизмѣнно.

Человѣкъ обладаетъ двумя глазами, которые постоянно наблюдаютъ міръ съ двухъ различныхъ точекъ и которые, слѣдовательно, постоянно доставляютъ намъ два различныхъ перспективныхъ вида одного и того же разсматриваемаго предмета. Если же оба глаза

разсматриваютъ перспективный рисунокъ предмета на плоскости, то они оба получаютъ одно и то же перспективное изображеніе. Такимъ образомъ, намъ дана возможность различать дѣйствительный предметъ отъ его чертежа, какъ бы послѣдній ни былъ совершененъ и точенъ.

Но если мы приготовимъ два перспективныхъ изображенія одного и того же предмета, которыя соотвѣтствуютъ видамъ его, представляющимся правому и лѣвому глазамъ, и каждому глазу покажемъ соотвѣтствующее изображеніе, то замѣтное различіе между истиннымъ видомъ предмета и его изображеніемъ исчезаетъ и намъ кажется, что мы видимъ не рисунки, а самые предметы.

Это и дѣлается стереоскопомъ. Въ него вставляются всегда два рисунка одного и того же предмета, снятые съ двухъ различныхъ мѣстъ. Оптическая часть инструмента, которая можетъ быть различно расположена, служитъ лишь для видимаго перенесенія обоихъ изображеній въ одно и то же мѣсто. Для того, кто умѣетъ скашивать глаза, не нужно никакого вспомогательнаго оптического средства. Если просто положить рисунки одинъ подлѣ другого и скашивать глаза до тѣхъ поръ, пока два среднихъ изъ удвоившихся рисунковъ налягутъ другъ на друга, то немедленно обнаруживается стереоскопическій обманъ зрѣнія.

Наиболѣе поучительны стереоскопическія картины тѣлесныхъ фигуръ, состоящихъ изъ простыхъ линій и точекъ, ибо здѣсь отсутствуютъ всѣ вспомогательныя средства, служащія для сужденія о глубинѣ изображаемаго, а потому самый оптический обманъ и его причина дѣлаются особенно очевидными. Особенно поразительны по исключительной рѣзкости оптического обмана стереоскопическія картины, изобрѣтенныя и впервые приготовленныя Мозеромъ ¹⁾, изображающія ландшафты, статуи и человѣческія фигуры, полученныя при помощи фотографіи.

Такимъ образомъ мы изъ двухъ различныхъ перспективныхъ видовъ, которые даются намъ обоими глазами, получаемъ понятіе о пространственныхъ отношеніяхъ окружающихъ насъ предметовъ. Одноглазый не имѣетъ этого преимущества: не двигаясь съ мѣста, онъ лишь настолько познаетъ окружающее, насколько это возможно при помощи вполне правильной картины. Только двигаясь, онъ научается послѣдовательно разсматривать окружающее съ различныхъ мѣстъ и судить правильно о пространственныхъ отношеніяхъ. Можно, слѣдовательно, сказать, что пока онъ остается въ покоѣ, онъ не видитъ міра, а видитъ лишь его перспективный рисунокъ.

¹⁾ Dove, Repertorium der Physik. T. V, стр. 384, 1844 г.

Поэтому онъ не можетъ извлечь никакой выгоды и изъ стереоскопа, ибо обманъ зрѣнія при употребленіи этого инструмента основанъ именно на одновременномъ употребленіи обоихъ глазъ.

Такъ же объясняется и трудность одной дѣтской игры. Подвѣшиваютъ кольцо на нити. Одинъ изъ играющихъ садится такъ, чтобы видѣть кольцо съ узкой стороны, и задача его состоитъ въ томъ, чтобы, закрывъ одинъ глазъ, попасть палочкой въ отверстие кольца. Обыкновенно это ему удается лишь послѣ многихъ тщетныхъ попытокъ, вызывающихъ смѣхъ присутствующихъ; между тѣмъ это очень легко разрѣшаемая задача, когда оба глаза открыты.

Чтобы покончить со способами, служащими для распознаванія пространственныхъ отношеній, намъ остается упомянуть еще только объ одномъ. О направленіи, по которому свѣтъ достигаетъ глаза, мы судимъ по тому мѣсту сѣтчатой оболочки, въ которое свѣтъ попадаетъ. Но мѣсто изображенія на сѣтчатой оболочкѣ измѣняется при движеніи глаза. Слѣдовательно, для правильнаго заключенія о пространственныхъ отношеніяхъ должно быть извѣстно положеніе глазного яблока.

Каждое произвольное движеніе глаза, которое не предусмотрено нами, мѣшаетъ нашему сужденію о положеніи окружающихъ насъ предметовъ. Если закрыть одинъ глазъ и производить толчки на другой, то видимые предметы сразу покажутся движущимися. Глазъ, вслѣдствіе внѣшняго механическаго вліянія, сдвигается; но мы не сознаемъ ясно, въ какомъ направленіи происходитъ это движеніе и какъ оно велико; оптическія изображенія на сѣтчатой оболочкѣ сдвигаются съ мѣста, а мы переносимъ это движеніе на внѣшніе предметы.

Если при этомъ опытѣ оба глаза открыты, то неподвижный глазъ видитъ предметы неподвижными, тогда какъ другой глазъ видитъ второе подвижное изображеніе тѣхъ же предметовъ. Сюда же относятся кажущіяся движенія, наблюдаемая при головокруженіи. Они большею частью объясняются неправильнымъ сужденіемъ о дѣйствии мышцъ, управляющихъ движеніемъ глаза. Поэтому, напримѣръ, больной лихорадкой, передъ глазами котораго всѣ предметы кружатся, когда онъ двигаетъ глазами, потому что онъ неправильно судитъ о вліяніи дѣйствія глазныхъ мышцъ на положеніе глаза, чувствуетъ облегченіе, когда онъ устремляетъ глаза на какую нибудь одну точку, и вслѣдствіе этого устраняется причина кажущагося движенія предметовъ. Если кто либо станетъ быстро кружиться и затѣмъ остановится, то онъ увидитъ, что всѣ окружающіе его предметы движутся въ обратную сторону. Если мы, сидя въ вагонѣ желѣзной дороги во время

хода поѣзда, продолжительное время смотримъ на предметы, мимо которыхъ мы проѣзжаемъ, а затѣмъ посмотримъ во внутрь вагона, то всѣ предметы въ вагонѣ покажутся намъ движущимися въ обратную сторону.

Послѣ продолжительнаго морского путешествія намъ на сушѣ комната кажется покачивающейся подобно каютѣ. Въ этихъ случаяхъ образовалась привычка къ неправильнымъ сужденіямъ. Когда наблюдатель хотѣлъ разсмотрѣть предметъ во время его движенія, то онъ и долженъ былъ глаза свои двигать соотвѣтственно направленію этого движенія. Такимъ образомъ возникаетъ особаго рода навыкъ; онъ научается, какую степень напряженія онъ долженъ дать глазнымъ мышцамъ, чтобы слѣдить за даннымъ предметомъ. Когда дѣйствительное движеніе прекращается, то для наблюденія предметовъ онъ невольно перемѣщаетъ глаза въ томъ же направленіи, какъ и раньше. Но теперь при этомъ напряженіи мышцъ получается движеніе изображенія на сѣтчатой оболочкѣ, ибо предметы уже перестали двигаться вмѣстѣ съ глазомъ, а наблюдателю поэтому кажется, что двигаются неподвижные предметы, пока онъ опять не научится правильно разсматривать неподвижные предметы. Этотъ родъ кажущихся движеній интересенъ именно потому, что онъ показываетъ, какъ быстро можетъ измѣниться привычный способъ сужденія, основаннаго на чувственныхъ воспріятіяхъ.

Какъ мало мы склонны, при ежедневномъ практическомъ употребленіи органовъ чувствъ, задумываться надъ той ролью, которую они при этомъ играютъ; какъ насъ исключительно интересуется лишь то изъ ихъ воспріятій, что намъ доставляетъ свѣдѣнія объ отношеніяхъ виѣшняго міра, и какъ мало мы обращаемъ вниманія на тѣ воспріятія, которыя къ этому не приурочены, будетъ видно изъ слѣдующихъ примѣровъ. Если мы желаемъ разсмотрѣть предметъ, то направляемъ глаза на него такимъ образомъ, чтобы его ясно видѣть. Если мы теперь одинъ глазъ, нажимая на него, повернемъ въ сторону, то получатся, какъ я уже упомянулъ, двойныя изображенія предмета, ибо мы перестаемъ относить изображенія, образующіяся въ обоихъ глазахъ, къ одному мѣсту поля зрѣнія. Но, въ то время, какъ мы разсматриваемъ одинъ предметъ, положеніе нашихъ глазъ уже не соотвѣтствуетъ разсматриванію другихъ предметовъ, лежащихъ ближе или дальше наблюдаемаго, и всѣ эти предметы кажутся намъ двойными. Если держать палецъ близко передъ лицомъ и, разсматривая его, въ то же время обратить вниманіе на предметы, расположенные дальше отъ насъ, то мы замѣтимъ, что эти предметы кажутся двойными; если на-

оборотъ, смотрѣть на одинъ изъ отдаленныхъ предметовъ, то палецъ покажется двойнымъ. Мы, слѣдовательно, не можемъ сомнѣваться въ томъ, что постоянно видимъ большую часть предметовъ, находящихся въ полѣ зрѣнія, двойными, и все-таки мы не легко это замѣчаемъ. Можетъ быть многія лица во всю свою жизнь не замѣтили этого обстоятельства; но даже зная объ немъ, все-таки для наблюденія двойныхъ изображеній необходимо особое вниманіе, между тѣмъ какъ при обыкновенномъ практическомъ употребленіи глазъ мы, съ большою настойчивостью, какъ бы уклоняемся отъ ихъ наблюденія.

Далѣе, повѣрите ли вы, что въ каждомъ человѣческомъ глазѣ находится вблизи середины поля зрѣнія мѣсто, которое ничего не видитъ, которое совершенно слѣпо, именно мѣсто входа глазного нерва? И этого мы могли не замѣтить во всю нашу жизнь? Возможно ли это? Оно столь же возможно, какъ возможно быть слѣпымъ на одинъ глазъ въ теченіе цѣлыхъ мѣсяцевъ и даже годовъ и замѣтить это только случайно при заболѣваніи другого глаза. То же самое относится и къ нормальному слѣпому пятну въ глазу. Слепныя пятна обоихъ глазъ не совпадаютъ въ полѣ зрѣнія. Гдѣ, слѣдовательно, одинъ глазъ ничего не видитъ, тамъ видитъ другой; но и закрывая одинъ глазъ, мы не легко замѣчаемъ слѣпое пятно, ибо чтобъ точно разсмотрѣть предметъ, мы пользуемся единственнымъ, особенно устроеннымъ мѣстомъ сѣтчатой оболочки, мѣстомъ непосредственнаго зрѣнія; впечатлѣнія, получающіяся отъ остальныхъ частей поля зрѣнія, даютъ лишь смутныя очертанія всего, что окружаетъ наблюдаемый предметъ. Такъ какъ мы обыкновенно окидываемъ взоромъ различныя части поля зрѣнія и при этомъ послѣдовательно разсматриваемъ интересующіе насъ предметы, то мы, несмотря на слѣпое пятно, знакомимся со всѣми частями поля зрѣнія и его присутствіе не препятствуетъ намъ наблюдать все то, что намъ представляется важнымъ.

Чтобы убѣдиться въ существованіи подобнаго пятна, необходимо продѣлать методическія наблюденія. Если закрыть лѣвый глазъ, а передъ правымъ глазомъ поставить на разстояніи 7 дюймовъ листъ бумаги и пристально смотрѣть на какую-нибудь опредѣленную точку, то слѣпое пятно будетъ соответствовать тому мѣсту бумаги, которое отстоитъ на 2 дюйма вправо отъ наблюдаемой точки. Если въ этомъ мѣстѣ находится черное пятно или какой-либо маленькій предметъ, то его не видно и бѣлая поверхность бумаги кажется непрерывной ¹⁾.

¹⁾ Читатель можетъ легко воспроизвести опытъ на прилагаемомъ чертежѣ:

Величина слѣплого пятна такова, что оно можетъ скрыть на небѣ тѣло, діаметръ котораго въ 12 разъ больше діаметра луны. Оно можетъ скрыть лицо человѣка, когда это послѣднее находится на разстояніи 6 футовъ отъ насъ. Вы видите, что его величина вовсе не мала.

Эти факты подтверждаютъ то, что я уже сказалъ, а именно, что мы обращаемъ вниманіе лишь на тѣ изъ нашихъ чувственныхъ воспріятій, которыя намъ открываютъ что либо о внѣшнемъ мірѣ. Новѣйшія наблюденія надъ слѣпымъ пятномъ даютъ намъ, кромѣ того, интересныя указанія насчетъ той роли, которую играютъ психическіе процессы въ простѣйшихъ чувственныхъ воспріятіяхъ. Если мы поставили на мѣсто поля зрѣнія, соотвѣтствующее слѣпому пятну, какой-либо маленькій предметъ, который меньше по величинѣ (угловой), чѣмъ слѣпое пятно, то мы его вовсе не видимъ, невольно заполняя пустое мѣсто окраской общаго фона; такъ это и происходитъ въ опытѣ съ чернымъ пятномъ на бѣлой бумагѣ. Если слѣпое пятно упадетъ на какую либо часть фигуры, то мы ее дополняемъ и притомъ именно такъ, какъ мы привыкли видѣть бѣольшую часть фигуръ подобнаго рода. Если слѣпое пятно упадетъ, напримѣръ, на часть черной линіи, начерченной на бѣломъ фонѣ, то сила воображенія продолжаетъ линію черезъ слѣпое пятно кратчайшимъ путемъ; и это происходитъ даже въ томъ случаѣ, когда въ дѣйствительности въ этомъ мѣстѣ линія имѣетъ разрывъ или изгибъ.

Если слѣпое пятно упадетъ на средину креста, то сила воображенія дополняетъ среднюю часть и намъ кажется, что мы видимъ цѣльный крестъ, даже въ томъ случаѣ, когда въ дѣйствительности четыре его вѣтви не соединяются посрединѣ и т. д.

Если возможны различныя дополненія невидимыхъ частей рисунка, то представленіе колеблется между тѣми или другими, причемъ невозможно силою воли остановиться на одномъ изъ нихъ.

Если оба глаза открыты, то вопросъ вообще рѣшается на основаніи того, что наблюдаетъ видящій глазъ. Если я буду держать бумагу съ краснымъ пятномъ такъ передъ собою, что это красное пятно не видно правымъ глазомъ, то оно все-таки видимо лѣвымъ глазомъ и я представляю себѣ бумагу съ краснымъ пятномъ, что и соотвѣтствуетъ дѣйствительности.

Онъ долженъ закрыть лѣвый глазъ; правымъ смотрѣть на крестикъ и удалить бумагу на разстояніе 7 дюймовъ отъ глаза. Тогда черное пятно исчезнетъ. Если онъ приблизитъ или удалитъ бумагу, то черное пятно вновь появится. Не слѣдуетъ забывать, что нельзя при этомъ сводить глаза съ крестика.

Въ другихъ случаяхъ однако вопросъ все-таки не рѣшается на основаніи того, что представляется видящему глазу. Если я возьму совершенно бѣлую бумагу и передъ лѣвымъ глазомъ буду держать красное стекло, то вся бумага покажется равномернаго красновато-бѣлаго цвѣта, причемъ мѣсто, соотвѣтствующее слѣпому пятну праваго глаза, ничѣмъ не отличается отъ остального фона. И все-таки непосредственныя ощущенія, относящіяся къ этому мѣсту, теперь въ обоихъ глазахъ совершенно подобны тѣмъ, которыя были, когда наблюдалась бумага съ краснымъ пятномъ; именно—правый глазъ здѣсь ничего не видитъ, а лѣвый—видитъ ярко-красный цвѣтъ. Несмотря на это, данное мѣсто не кажется ярко краснымъ, но, какъ и вся бумага—бѣлымъ, съ слабо-красноватымъ оттѣнкомъ. Разница только та, что здѣсь лѣвому глазу кажется краснымъ не одно только мѣсто, но вся поверхность бумаги. Такъ какъ мѣсто, соотвѣтствующее слѣпому пятну праваго глаза, для лѣваго глаза не отличается своимъ цвѣтомъ отъ всей остальной бумаги, то сужденіе не имѣетъ причины приписывать этому мѣсту особаго, сравнительно со всей бумагой, качества. Здѣсь мы наталкиваемся на случай, когда воображеніе уступаетъ мѣсто сужденію, которое, несмотря на одинаковость впечатлѣній, даетъ имъ различныя и притомъ правильныя толкованія. Область такъ называемыхъ обмановъ чувствъ еще очень обширна. Но приведенныхъ примѣровъ достаточно, чтобы дать вамъ понятіе о нѣкоторыхъ особенностяхъ чувственныхъ воспріятій нашего глаза и нашихъ органовъ чувствъ вообще.

До сихъ поръ я постоянно говорилъ о томъ, что наше воображеніе судить, заключаетъ, разсуждаетъ и т. д., причемъ я весьма остерегался говорить, что мы судимъ, заключаемъ, разсуждаемъ, такъ какъ я уже призналъ, что эти акты совершаются безъ нашего вѣдома и даже не могутъ быть измѣнены ни нашею волею, ни нашимъ глубочайшимъ убѣжденіемъ. Можемъ ли мы все, что при этомъ происходитъ, понимать дѣйствительно только какъ процессъ мышленія, безсознательнаго и не подверженнаго контролю сознательнаго разума? Сверхъ того надо замѣтить, что точность и вѣрность нашихъ свѣтовыхъ представленій о предметахъ такъ велики, такъ несомнѣнны и такъ быстро достигаются, что ничего подобнаго мы не встрѣчаемъ въ обычныхъ нашихъ умозаключеніяхъ.

Хотя мы иногда и весьма гордимся нашимъ разсудкомъ, однако мы слишкомъ часто въ обыденной жизни и въ не математическихъ наукахъ называемъ логическимъ умозаключеніемъ то, что собственно представляетъ лишь догадку или вѣроятное пред-

положеніе; поэтому, у насъ не можетъ не остаться тайнаго сомнѣнія насчетъ достовѣрности тѣхъ умозаключеній, которыя не основаны на опытѣ.

Скорость, съ какою заключеніе можетъ быть сдѣлано въ тѣхъ случаяхъ, когда мы можемъ достигнуть абсолютной достовѣрности, какъ напр. въ математическихъ выводахъ и исчисленіяхъ, такъ невелика, и самыя умозаключенія такъ сложны, что они никоимъ образомъ не могутъ быть сравнены съ воспріятіями нашего глаза.

Опредѣлить природу психическихъ процессовъ, которые обращаютъ зрительное ощущеніе въ воспріятіе внѣшняго міра, очень трудно, и, къ несчастію, мы въ этомъ вопросѣ не находимъ помощи и со стороны психологовъ, ибо для психологіи до настоящаго времени единственнымъ путемъ къ познанію было самонаблюденіе, тогда какъ здѣсь мы имѣемъ дѣло съ умственною дѣятельностью, о которой намъ самонаблюденіе не даетъ никакого понятія, и о существованіи которой мы можемъ судить только на основаніи физиологическаго изслѣдованія нашихъ органовъ чувствъ. Психологи большею частью причисляли тѣ духовные акты, о которыхъ здѣсь идетъ рѣчь, непосредственно къ чувственнымъ воспріятіямъ и не старались добыть болѣе полныхъ о нихъ свѣдѣній.

Тѣ, которые не рѣшались допустить, что мышленіе и умозаключеніе играютъ роль въ чувственныхъ воспріятіяхъ, принимали, что сознаніе какъ бы выступаетъ изъ глаза, распространяется вдоль свѣтового луча до разсматриваемаго предмета и уже на мѣстѣ замѣчаетъ его, примѣрно такъ, какъ о томъ высказывается Платонъ. „Изъ всѣхъ органовъ первыми боги создали лучезарные глаза. Они при этомъ имѣли въ виду создать органъ огня, который не горитъ, но даетъ нѣжный свѣтъ, подходящий для каждаго дня. Когда свѣтъ глаза истекаетъ наружу, то тамъ, гдѣ внутренній свѣтъ сталкивается съ внѣшнимъ, возникаетъ по направленію взора образъ предмета. Но когда родственный свѣтъ денницы исчезаетъ въ теми ночи, то бездѣйствуетъ и внутренній свѣтъ; истекая въ среду, которая ему не подобна, онъ измѣняется и потухаетъ, потому-что никакое средство его не заставляетъ слиться съ воздухомъ, лишеннымъ огня“.

Это мѣсто замѣчательно, такъ какъ оно содержитъ признаніе той роли, которую глазъ играетъ въ зрительныхъ ощущеніяхъ. Внутренній свѣтъ можно въ этомъ отношеніи сравнить съ дѣятельностью нервовъ. Платонъ полагаетъ, что внутренній свѣтъ исходитъ изъ глазъ, соединяется съ внѣшнимъ свѣтомъ у освѣ-

ценныхъ предметовъ, и что при этомъ возникаетъ сознание о присутствіи предмета.

Аналогично этому, въ позднѣйшее время возникла теорія особаго таинственнаго нервнаго агента, вытекающаго изъ глазъ и распознающаго тѣла тамъ, гдѣ они находятся. Такого взгляда держались въ особенности приверженцы ученія о животномъ магнетизмѣ, которые вообще всю свою теорію строили на предположеніи, что тѣло человѣка окружено какою-то нервной атмосферой. Они допускали, что нервное вещество способно совершать путешествія къ отдаленнѣйшимъ частямъ земли и даже вселенной, чтобы разузнать то, что желаетъ знать любознательный магнетизеръ.

Но, хотя описанное представленіе о зрѣніи какъ будто и болѣе соотвѣтствуетъ тому, что обнаруживаетъ опытъ обыденной жизни, оно все-таки не можетъ быть удержано. Дѣйствительно, почему сознание или истекающее нервное вещество не замѣчаетъ, что только палецъ нажималъ на сѣтчатую оболочку, и что нѣтъ никакого внѣшняго свѣта? И что дѣлается съ нимъ, когда оно наталкивается на зеркало? Отбрасывается ли оно отъ зеркала по тѣмъ же законамъ, какъ свѣтъ? И почему оно ошибается относительно мѣстоположенія предмета, наблюдаемаго въ зеркалѣ? Мы запутываемся въ величайшихъ абсурдахъ, если принимаемъ эту гипотезу; поэтому она никогда не допускалась серьезной наукой.

Если сознание не распознаетъ предметы непосредственно въ томъ мѣстѣ, гдѣ они находятся, то оно можетъ познать ихъ только при помощи умозаключенія. Ибо только помощію умозаключенія можемъ мы узнать то, чего мы не воспринимаемъ непосредственно. Мы согласны, что это не есть умозаключеніе сознательное. Оно скорѣе имѣетъ характеръ чего-то механически нами усвоеннаго и выполняемаго; чего-то вошедшаго въ число невольныхъ сочетаній идей, возникающихъ, когда два представленія весьма часто появляются тѣсно между собою связанными.

Тогда одно представленіе необходимо вызываетъ другое. Посмотрите на опытнаго актера, который показываетъ намъ движенія и нравы лица, роль котораго онъ играетъ, находясь въ его костюмѣ. Мы безъ сомнѣнія въ каждый моментъ можемъ вспомнить, что мы видимъ на сценѣ не то лицо, роль котораго представляется, но актера N., котораго мы уже видѣли въ другихъ роляхъ; однако это воспоминаніе, какъ актъ свободнаго и сознательнаго мышленія, все-таки не устранить того обмана, непрерывно удерживающаго въ насъ живое представленіе о лицѣ, роль котораго играетъ актеръ. Мы произвольно будемъ приписывать лицу на сценѣ тѣ чувства, которыя соотвѣтствуютъ роли и будемъ ожидать отъ него

соотвѣтствующаго имъ образа дѣйствій. При наиболѣе совершенномъ исполненіи драматическаго представленія мы даже забываемъ объ искусствѣ актера, ибо все то, что онъ дѣлаетъ, мы находимъ вполне естественнымъ.

Цѣнить великаго актера мы научаемся только путемъ сравненія его съ актерами менѣе даровитыми, въ игрѣ которыхъ мы постоянно замѣчаемъ черты, не соотвѣтствующія роли, но какъ бы принадлежащія самому актеру и заставляющія насъ вспоминать объ обманѣ, которому подвергаемся.

Мы убѣждаемся, что какъ разъ то-же самое происходитъ и при оптическихъ обманахъ послѣ того, какъ мы познакомились съ ихъ механизмомъ. Въ такихъ случаяхъ мы знаемъ, что представленіе, которое вызывается въ насъ чувственными впечатлѣніями, неправильно; но это не мѣшаетъ полнѣйшей ясности даннаго представленія.

Но на сценѣ обманъ поддерживается иногда лишь условными формами одежды, движенія, оборотовъ рѣчи, и мы развѣ только въ сильныхъ и патетическихъ сценахъ склонны допустить естественную связь между чувствами и ихъ проявленіями, которыя представляются намъ актеромъ; въ воспріятіяхъ чувствъ мы, наоборотъ, имѣемъ дѣло съ такою связью представленій, которая обуславливается самою природою нашихъ органовъ чувствъ, а потому мы допускаемъ гораздо болѣе рѣдкія исключенія, нежели въ проявленіяхъ человѣческихъ нравовъ. Впродолженіе всей нашей жизни мы миліоны разъ наблюдали, что если какой-либо предметъ вызываетъ зрительное ощущеніе въ такихъ-то нервныхъ нитяхъ нашихъ обоихъ глазъ при извѣстномъ ихъ положеніи, то мы должны настолько-то протянуть руку или сдѣлать столько-то шаговъ, чтобы достигнуть предмета. Такимъ образомъ устанавливается произвольная связь между опредѣленнымъ зрительнымъ впечатлѣніемъ съ одной стороны, удаленіемъ и направленіемъ, въ которомъ мы должны искать предметъ—съ другой стороны, и возникаетъ и удерживается представленіе о предметѣ, когда на примѣръ соотвѣтствующія зрительныя впечатлѣнія вызываются стереоскопомъ; она удерживается противъ нашихъ вполне обоснованныхъ убѣжденій подобно тому, какъ одежда и движенія актера сохраняютъ намъ живое представленіе лица, роль котораго онъ играетъ. Въ послѣднемъ случаѣ связь между внѣшностью и характеромъ личности, на примѣръ, между мужскимъ одѣяніемъ и мужчиною, чисто условная, нисколько не необходимая по природѣ вещей, т. е. только путемъ навыка созданная, а не врожденная.

Способность судить о разстояніи, безъ сомнѣнія, также пріобрѣтается путемъ непрерывныхъ упражненій. Мы ясно видимъ на малолѣтнихъ дѣтяхъ, что ихъ представленія о разстояніяхъ предметовъ совершенно неправильны, и нѣкоторые изъ васъ можетъ быть вспомнить приключенія дѣтства, когда они впадали въ грубѣйшія ошибки при опредѣленіи разстояній. Я самъ хорошо помню моментъ, когда мнѣ сталъ ясень законъ перспективы, по которому удаленные предметы кажутся маленькими. Я шелъ мимо высокой башни, на верхней галлерей которой находились люди, и попросилъ свою матушку, чтобы она достала мнѣ эти хорошенькія куклы; я былъ убѣжденъ, что если она протянетъ руку, то достанетъ до галлерей башни. Позже я часто смотрѣлъ на галлерей той башни, когда тамъ находились люди, но привычному уже глазу они болѣе не представлялись хорошенькими куклами.

Принципомъ навыка и постепеннаго воспитанія нашихъ органовъ чувствъ объясняется точность и достовѣрность пространственныхъ представленій нашихъ глазъ. Съ какою точностью, превосходящею искуснѣйшія машины, мы можемъ научиться владѣть органами нашего тѣла, показываютъ упражненія жонглеровъ, удары опытныхъ игроковъ на билліардѣ. Всѣ мы, можно сказать, жонглеры по отношенію къ нашимъ глазамъ, потому что мы во всякомъ случаѣ гораздо упорнѣе и долѣе упражнялись въ познаніи предметовъ зрѣнія, нежели наши гимнасты въ ихъ игрѣ съ шарами или ходбѣ по канату; и мы только потому не вызываемъ своимъ искусствомъ никакого удивленія, что каждый другой въ состояніи продѣлать то же самое.

Въ то время, какъ мы научались видѣть, мы научались связывать представленіе объ извѣстномъ предметѣ съ извѣстными ощущеніями, которыя нами воспринимаются. Предшествующія явленія, которыми вызываются ощущенія, насъ вовсе не интересуютъ; безъ научныхъ изслѣдованій мы даже не узнаемъ объ ихъ существованіи.

Къ этимъ явленіямъ принадлежитъ оптическое изображеніе на сѣтчатой оболочкѣ. То обстоятельство, что это изображеніе обратное, а мы все-таки видимъ предметы прямыми, вызвало много удивленія и массу безполезныхъ попытокъ объясненія. Путемъ опыта мы узнали, что свѣтовое ощущеніе въ извѣстныхъ волокнахъ глазного нерва обозначаетъ присутствіе свѣтлыхъ предметовъ въ верхней части поля зрѣнія; ощущеніе въ опредѣленныхъ другихъ нервныхъ волокнахъ—присутствіе предметовъ внизу. При этомъ безразлично, гдѣ на сѣтчатой оболочкѣ въ глазномъ нервѣ расположены эти волокна, если мы только въ состояніи различать

впечатлѣнія въ однихъ волокнахъ отъ впечатлѣній въ другихъ. Не-образованный человѣкъ ничего не знаетъ о томъ, что существуютъ сѣтчатая оболочка и изображенія на ней. Почему же его смутитъ положеніе изображенія на сѣтчатой оболочкѣ?

До сихъ поръ не могло быть рѣшено, какую, при распознаваніи чувственныхъ воспріятій, играютъ роль навыкомъ приобрѣтенныя ассоціаціи представленій и какую — врожденныя, обусловленныя организаціей самого человѣка. У животныхъ наблюдаемъ инстинктивные поступки, которые на это указываютъ. Новорожденный теленокъ идетъ къ вымени матери, чтобы сосать; если бы онъ это дѣлалъ сознательно, то пришлось бы допустить у него пониманіе зрительныхъ ощущеній и умѣніе владѣть своими ногами, которыя не могли быть приобрѣтены навыкомъ. Но кто изъ насъ можетъ вдуматься въ положеніе новорожденного теленка, чтобы понять механизмъ его инстинктивныхъ дѣйствій?

Такимъ образомъ то, что я раньше называлъ мышленіемъ и умозаключеніемъ, есть не что иное, какъ навыкомъ приобрѣтенное умѣніе механически соединять идеи? Прошу васъ сдѣлать со мной еще одинъ шагъ впередъ, — шагъ, который насъ опять приведетъ къ началу — къ Канту. Если должна существовать связь между представленіемъ о тѣлѣ извѣстнаго вида и положенія и воспринятыми нами ощущеніями, то мы все-таки должны сначала уже имѣть само представленіе о такихъ тѣлахъ. Что можно сказать о глазѣ, то можно сказать и о другихъ органахъ чувствъ; мы ни въ какомъ случаѣ не распознаемъ непосредственно внѣшніе предметы, но мы воспринимаемъ тѣ дѣйствія, которыя они оказываютъ на нервы нашихъ органовъ чувствъ; и такъ это было съ перваго момента нашей жизни. Какимъ же образомъ мы впервые перешли отъ міра ощущеній къ міру реальному? Ясно, что только путемъ умозаключенія; мы должны допустить присутствіе внѣшнихъ объектовъ, какъ причину раздраженія нашихъ нервовъ, потому что не можетъ быть дѣйствія безъ причины. Но откуда-же мы знаемъ, что не можетъ быть дѣйствія безъ причины? Развѣ это положеніе есть истина, добытая путемъ опыта? Такъ полагали нѣкоторые ученые, но мы видимъ, что мы нуждаемся въ этомъ положеніи ранѣе, чѣмъ мы могли добыть какое бы то ни было знакомство съ предметами внѣшняго міра; оно намъ необходимо, чтобы вообще придти къ сознанію о существованіи въ пространствѣ объектовъ, между которыми можетъ существовать отношеніе причины къ дѣйствию. Можемъ ли мы добыть это положеніе изъ внутренняго опыта нашего самосознанія? Нѣтъ, ибо мы сознательные акты нашей воли и мысли считаемъ вполнѣ

с в о б о д н ы м и, т. е. мы отрицаемъ, чтобъ они могли представлять необходимыя дѣйствія достаточныхъ причинъ. Разсмотрѣніе чувственныхъ воспріятій приводитъ насъ, слѣдовательно, къ положенію, высказанному Кантомъ: „нѣтъ дѣйствія безъ причины“ есть законъ мышленія, сознанный ранѣ всякаго опыта.

Выдающійся успѣхъ, выпавшій на долю философіи, благодаря Канту, былъ основанъ на томъ, что онъ открылъ какъ приведенную, такъ и прочія однородныя прирожденные формы представленій и законы мышленія и доказалъ таковой ихъ характеръ, и этимъ, какъ я уже упомянулъ, сдѣлалъ для ученія о представленіяхъ вообще то-же самое, что путемъ эмпирическимъ, въ болѣе тѣсномъ кругу, было сдѣлано Иоганномъ Мюллеромъ для непосредственныхъ чувственныхъ воспріятій въ физиологіи. Какъ послѣдній показалъ вліяніе самаго органа на чувственныя воспріятія, такъ Кантъ показалъ, какую роль играютъ въ нашихъ представленіяхъ законы мышленія. Вы, слѣдовательно, видите, что идеи Канта еще живы и пышно раздвѣтаются, притомъ даже въ такихъ областяхъ, гдѣ никто бы не искалъ ихъ присутствія. Надѣюсь, что мнѣ удалось выяснитъ, что вражда между философіей и естествознаніемъ распространяется не на всю философію вообще, но лишь на извѣстныя новѣйшія системы философіи и что нить, связующая всѣ науки, отнюдь не разрывается современнымъ естествознаніемъ. И я боюсь даже, что вы приложите къ моему сегодняшнему научному докладу извѣстные стихи, которые Мефистофель относитъ строго говоря, къ философамъ.

НОВѢЙШІЕ УСПѢХИ ТЕОРІИ ЗРѢНІЯ.

I.

Оптическій аппаратъ глаза.

Физиологія органовъ чувствъ образуетъ пограничную область, въ которой сливаются двѣ огромныя отрасли человѣческаго знанія, извѣстныя подъ названіемъ наукъ естественныхъ и наукъ о душѣ и въ которой появляются вопросы, одинаково относящіеся какъ къ тѣмъ, такъ и къ другимъ; рѣшеніе этихъ вопросовъ возможно лишь при ихъ совмѣстной работѣ. Физиологія разсматриваетъ физическія измѣненія, происходящія въ физическихъ органахъ; слѣдовательно физиологія органовъ чувствъ имѣетъ дѣло преимущественно съ нервами и ихъ ощущеніями, поскольку эти послѣднія представляются состояніями возбужденія первыхъ. Изслѣдуя дѣятельность органовъ чувствъ, наука не можетъ, однако, умолчать о воспріятіи или распознаваніи внѣшнихъ предметовъ при помощи ощущеній, ибо самое существованіе подобныхъ воспріятій часто свидѣтельствуетъ объ извѣстномъ раздраженіи нервовъ или о модификаціи его, которое иначе прошло бы для насъ незамѣченнымъ. Воспріятіе же внѣшнихъ предметовъ представляетъ во всякомъ случаѣ актъ нашего воображенія, сопровождаемый сознаниемъ; это психическія дѣйствія. Дальнѣйшія изслѣдованія названныхъ случаевъ мало-по-малу открывали все болѣе расширяющуюся область такихъ психическихъ явленій, результаты которыхъ повидимому скрыты уже въ непосредственномъ чувственномъ воспріятіи; явленія эти до сихъ поръ мало изслѣдованы, потому-что на готовое воспріятіе внѣшняго предмета привыкли смотрѣть, какъ на нѣкоторое цѣлое, данное чувствомъ и потому не подлежащее дальнѣйшему анализу.

Едва-ли миѣ нужно упомянуть здѣсь о фундаментальной важности этой именно области изслѣдованія для прочихъ отраслей науки. Чувственное воспріятіе даетъ посредственно или непосред-

ственно матеріалъ для всѣхъ человѣческихъ знаній или, по крайней мѣрѣ, обусловливаетъ возможность той или другой врожденной способности человѣческаго духа; оно же, наконецъ, образуетъ основаніе для всѣхъ дѣйствій человѣка относительно внѣшняго міра. Поэтому, если даже считать проявляющіяся здѣсь психическія дѣйствія простѣйшими и низшими въ своемъ родѣ, то и тогда не утрачивается ихъ интересъ и важность,—тѣмъ болѣе, что для успѣшнаго достиженія цѣли всегда необходимо начинать сначала, т. е. съ простѣйшаго.

Здѣсь впервые является случай, когда искусство производить опыты, выросшее на естественно-исторической почвѣ, проникаетъ въ недоступную ему до сихъ поръ душевную дѣятельность,—проникаетъ настолько, разумѣется, насколько мы можемъ установить, на основаніи опыта, свойства тѣхъ чувственныхъ воспріятій, которыя вызываютъ въ нашемъ сознаніи тѣ или другіе образы. Но уже отсюда можно вывести разнообразныя заключенія о сущности нѣкоторыхъ психическихъ явленій; въ этомъ смыслѣ я хочу попытаться изложить здѣсь результаты вышеупомянутыхъ физиологическихъ изслѣдованій.

Поводомъ, собственно, мнѣ служить то обстоятельство, что я недавно покончилъ съ полной разработкой всѣхъ частей физиологической оптики ¹⁾.

Въ этомъ трудѣ, посвященномъ собственно естественнонаучнымъ цѣлямъ, легко могли затеряться или ускользнуть нѣкоторыя изъ относящихся сюда возрѣній и заключеній; поэтому я охотно пользуюсь настоящимъ случаемъ, чтобы соединить ихъ въ краткомъ очеркѣ. Замѣчу еще, что въ упомянутомъ трудѣ моемъ я о всякомъ мало-мальски важномъ фактѣ говорю на основаніи собственнаго опыта и наблюденія; поэтому, если и можетъ быть рѣчь о возникновеніи спора, то никакъ не относительно существенныхъ пунктовъ названныхъ фактовъ, а только развѣ объ индивидуальномъ различіи отдѣльныхъ видовъ воспріятія. За послѣдніе годы, подъ вліяніемъ быстраго развитія глазолечебнаго искусства, работало надъ физиологіей зрѣнія не мало извѣстныхъ изслѣдователей; и по мѣрѣ возрастанія числа наблюденныхъ фактовъ эти послѣдніе дѣлались болѣе и болѣе доступными научной разработкѣ. Впрочемъ, компетентному читателю небезызвѣстно, вѣроятно, сколько труда нужно иногда потратить на то, чтобы установить иной относительно простой и самъ по себѣ понятный фактъ.

¹⁾ Руководство физиологической оптики Г. Гельмгольца, девятый томъ энциклопедіи физики Карстена. Лейпцигъ 1867. (Нынѣ выходитъ 2-ымъ изданіемъ).

Чтобы сдѣлать дальнѣйшія заключенія болѣе удобопонятными, мы прежде всего дадимъ краткую характеристику физическихъ отпавленій глаза, какъ оптическаго инструмента, затѣмъ разсмотримъ фізіологическія явленія возбужденія и дѣйствія нервной системы въ прилегающихъ къ глазу частяхъ ея, и наконецъ обратимся къ психологическому вопросу о томъ, какимъ образомъ изъ нервныхъ возбужденій образуются сознанныя воспріятія. Въ первомъ, физическомъ отдѣлѣ настоящаго изслѣдованія, который мы не можемъ обойти, ибо онъ составляетъ основаніе всего послѣдующаго, должно будетъ повторить многое, несомнѣнно болѣе большинству извѣстное, но въ то же время необходимое, чтобы перейти къ новымъ положеніямъ. Впрочемъ, этотъ именно отдѣлъ представляетъ выдающійся интересъ въ томъ отношеніи, что онъ-то и послужилъ существеннымъ основаніемъ для необычнаго развитія, котораго достигло за послѣднія 20 лѣтъ глазолечебное искусство,—развитія, которое, благодаря своей быстротѣ и своему научному характеру, представляетъ едва ли не единичное явленіе въ исторіи медицины. Не только другъ человѣчества можетъ радоваться этимъ приобрѣтеніямъ, устраняющимъ и предупреждающимъ столько горя, противъ котораго было безсильно прежнее время; и всякій человѣкъ, преданный наукѣ, имѣетъ особыя причины взирать на эти приобрѣтенія съ горделивой радостью. Ибо не слѣдуетъ забывать, что успѣхомъ этимъ наука обязана не слѣпой случайности, но строго послѣдовательному развитію, служащему порукой къ дальнѣйшимъ успѣхамъ. Какъ нѣкогда астрономія служила примѣромъ, на которомъ физическія науки видѣли успѣхъ, основанный на правильной постановкѣ метода,—такъ нынѣ глазолечебное искусство очевиднѣйшимъ образомъ указываетъ намъ, чего можно достигнуть въ врачебной практикѣ путемъ широкаго примѣненія вѣрно понятыхъ методовъ изслѣдованія и правильнаго воззрѣнія на причинную связь явленій. Неудивительно поэтому, что борьба, обѣщающая столько новыхъ и цѣнныхъ побѣдъ надъ враждебными силами природы, привлекла на свою сторону умы; въ этомъ всеобщемъ участіи и слѣдуетъ искать причину столь необычайно быстраго развитія разсматриваемой области изслѣдованія. Позволю себѣ назвать представителей трехъ родственныхъ народовъ, именно: Альбрехта фонъ Графе (Graefe), Дондерса въ Утрехтѣ и Бомана (Bowman) въ Лондонѣ.

И еще другую радость испытываетъ серьезный изслѣдователь этого развитія, вспоминая многозначительныя слова Шиллера о наукѣ:

Wer um die Göttin freit, suche in ihr nicht das Weib.

На основаніи исторіи разсматриваемаго предмета можно бы легко доказать, да изъ дальнѣйшаго изложенія отчасти станеть яснымъ, что важнѣйшіе для практики результаты являлись слѣдствіемъ такихъ изслѣдованій, которыя несвѣдушій наблюдатель могъ принять за ненужныя мелочи, тогда какъ человѣкъ свѣдушій хотя и видѣлъ въ нихъ скрытую зависимость причины и слѣдствія, но изслѣдованіемъ ея занимался прежде всего изъ чисто теоретическаго интереса.

I.

Изъ всѣхъ органовъ чувствъ человѣка глазъ всегда считался прекраснѣйшимъ даромъ природы и удивительнѣйшимъ проявленіемъ ея творческихъ силъ. Глазъ былъ воспѣтъ поэтами и прославленъ ораторами; философы считали его мѣриломъ дѣйствія органической силы, физики искони старались воспроизвести его какъ наиболѣе совершенный оптическій аппаратъ. Такое восторженное поклоненіе этому органу станеть вполне понятнымъ, если принять во вниманіе его значеніе и могущество: способность проникать значительныя пространства, быстроту, съ которой въ немъ чередуются множество разнообразнѣйшихъ картинъ, богатство видовъ, которые онъ намъ доставляетъ. Только благодаря зрѣнію мы получаемъ свѣдѣнія о вселенной и ея безчисленныхъ свѣтящихся мірахъ; благодаря зрѣнію намъ становятся доступными картины природы, жизнь растений и животныхъ во всемъ богатствѣ и блескѣ ея разнообразныхъ формъ и видовъ. Поэтому-то потеря зрѣнія и считается величайшей потерей въ человѣческой жизни.

Но глазъ доставляетъ намъ не однѣ эстетическія радости; гораздо болѣе важно то, что при помощи зрѣнія мы можемъ увѣренно и точно опредѣлить положеніе, разстояніе и величину окружающихъ насъ предметовъ. Такого рода знанія составляютъ существенно-необходимую основу для всѣхъ нашихъ дѣйствій, безразлично, желаемъ ли мы продѣть нитку въ иголку или перескочить со скалы на скалу, когда отъ вѣрной оцѣнки разстоянія можетъ зависѣть наша жизнь. Успѣхъ нашихъ движеній и дѣйствій, основанныхъ главнымъ образомъ на воспріятіи глазомъ образовъ внѣшнихъ предметовъ, мало-по-малу убѣждаетъ насъ въ точности и вѣрности самихъ этихъ воспріятій. Если бы зрѣніе обманывало насъ относительно положенія и разстоянія предметовъ, то это сейчасъ бы сказалось на опытѣ, когда бы

мы захотѣли схватить предметъ тамъ, гдѣ его нѣтъ. Благодаря постоянной опытной провѣркѣ точности воспринимаемыхъ нами образовъ, въ насъ постепенно созрѣла твердая увѣренность въ ихъ вѣрности и точности, увѣренность, которую не въ состояніи поколебать никакія философскія или фізіологическія возраженія, какъ бы хорошо они ни были обоснованы.

Удивительно ли послѣ этого, что глазъ нашъ считается совершеннѣйшимъ оптическимъ аппаратомъ, которому не можетъ быть равнаго между твореніями рукъ человѣческихъ и что въ точности и сложности строенія этого органа искали объясненія его разнообразныхъ отправленій.

Истинное научное изслѣдованіе оптическихъ отправленій органа зрѣнія за послѣднія десять лѣтъ привело, однако, къ странному разочарованію; нѣчто подобное бывало и раньше, когда подвергались критической оцѣнкѣ явленія, къ которымъ относились съ подобной же восторженной вѣрой въ чудесное. И здѣсь, какъ и въ другихъ подобныхъ же случаяхъ, удивленіе возрастаетъ, по мѣрѣ того какъ оно становится разумнѣе и увѣреннѣе въ своихъ объектахъ. Нельзя отрицать громаднаго значенія отправленій столь незначительнаго по своимъ размѣрамъ органа; и удивленіе наше должно перейти на тѣ новыя явленія, которыя открываетъ новая область изслѣдованія.

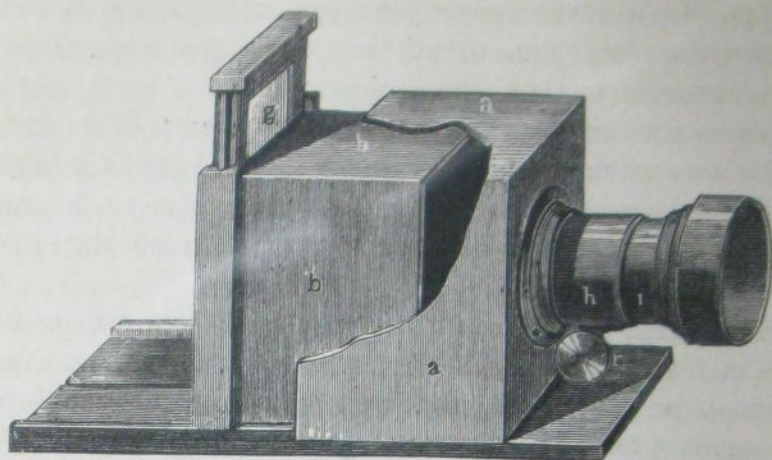
Какъ бы то ни было, впрочемъ, всякое произведеніе органическихъ творческихъ силъ природы остается для насъ невозпроизводимымъ. И если силы эти создали оптическій аппаратъ въ глазу человѣка, то это остается столь же удивительнымъ, какъ и всѣ другія ихъ творенія, даже и въ томъ случаѣ, если бы человеку удалось воспроизвести оптическій инструментъ болѣе совершенный, нежели данный намъ природой органъ зрѣнія.

Разсматриваемый, какъ оптическій инструментъ, глазъ нашъ представляетъ собой камеру-обскуру, аппаратъ, употребляемый, какъ извѣстно, въ фотографіи.

Такая камера-обскура изображена на фигурѣ 1. Она представляетъ собой вычерненный внутри ящикъ, состоящій изъ двухъ входящихъ другъ въ друга частей *a* и *b*; въ передней части этого ящика въ трубѣ *hi* вставлена система стеколъ, преломляющая падающій свѣтъ и дающая на задней стѣнкѣ ящика изображеніе предмета, находящагося передъ аппаратомъ.

Устанавливая и направляя аппаратъ, фотографъ прежде всего получаетъ изображеніе на матовомъ стеклѣ *g*. Изображеніе это, чрезвычайно отчетливое, передается въ натуральныхъ цвѣтахъ красивѣе и ярче, чѣмъ это было бы сдѣлано рукою искуснѣйшаго

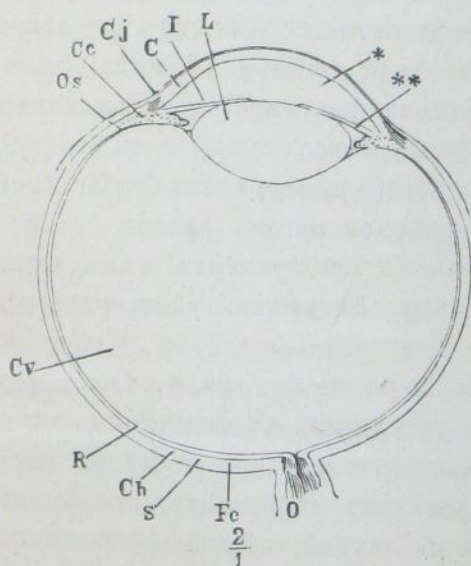
художника,—но, разумѣется въ обратномъ видѣ. Затѣмъ на мѣсто стеклянной пластинки вдвигается заранѣе приготовленная свѣтосъ-чувствительная пластинка, которая подъ дѣйствіемъ свѣта под-



Фиг. 1.

вергается химическимъ измѣненіямъ, болѣе сильнымъ въ освѣщенныхъ мѣстахъ и болѣе слабымъ въ темныхъ. Благодаря этимъ химическимъ измѣненіямъ и получается изображеніе на пластинкѣ.

Натуральная камера-обскура нашего глаза, схематическій разрѣзъ котораго представленъ на фиг. 2, также представляетъ



Фиг. 2.

черный внутри сосудъ, не четырехугольный разумѣется, а шарообразный; онъ состоитъ изъ твердой непрозрачной бѣлой оболочки *S*; переднія видимыя части ея составляютъ бѣлокъ. Внутри эта оболочка заключаетъ другую, такъ наз. сосудистую оболочку *Ch*, состоящую изъ тончайшихъ кровеносныхъ сосудовъ и покрытую густымъ слоемъ черного вещества—пигмента. Внутренность глазного яблока заполнена прозрачной водянистой влагой. На мѣстѣ стеклышка камерь-обскуры въ передней

части глаза мы видимъ прозрачный шарообразный выступъ *C*, наз. роговою оболочкой. Ея положеніе и кривизна остаются неизмѣнными, такъ какъ она соединена съ неподвижной внѣшней стѣн-

кой глазного яблока. Стекла же камеры-обскуры, напротивъ, не укрѣплены неподвижно; они заключены въ трубкѣ, приводимой въ движеніе посредствомъ винта *r* фиг. 1, вслѣдствіе чего можно измѣнять разстояніе предмета отъ прибора и всеже получить ясное изображеніе. Чѣмъ ближе къ аппарату находится предметъ, тѣмъ дальше нужно выдвинуть стекло, и наоборотъ. Точно также и глазъ долженъ воспринимать и воспроизводить близкіе и дальніе предметы, а потому необходимо нуждается въ измѣняемой части. Эту часть представляетъ собой хрусталикъ *L* фиг. 2, лежащій недалеко за роговой оболочкой, но почти скрытый радужной оболочкой *J*. Въ срединѣ, гдѣ радужная оболочка образуетъ круглое отверстіе, зрачекъ, хрусталикъ свободенъ и плотно прилегаетъ къ краямъ названной оболочки. Но онъ настолько прозраченъ, что при обыкновенномъ освѣщеніи можно видѣть лишь темную внутреннюю поверхность глазного яблока. Хрусталикъ представляетъ собой чрезвычайно упругое и прозрачное двояковыпуклое тѣло, чечевицеобразной формы. Онъ укрѣпленъ окружающей его кольцевидной связкой, сложенной въ лучеобразныя складки (*Lonula Linnii*) въ ** фиг. 2, и напряженіе этой связки можетъ измѣняться лежащимъ въ глазу, вокругъ связки, мускуломъ *Cc*, облегаяющимъ роговую оболочку. Если необходимо получить изображеніе предмета, находящагося на близкомъ разстояніи, то мускуль сокращается, отчего напряженіе связки усиливается. Тогда выпуклость хрусталика, особенно передней его поверхности, увеличивается; лучи свѣта преломляются сильнѣе и глазъ получаетъ возможность воспроизводить ясныя изображенія ближайшихъ предметовъ на задней своей поверхности.

Нормальный глазъ въ спокойномъ состояніи ясно различаетъ отдаленные предметы; черезъ напряженіе мускула онъ приспособляется къ предметамъ близкимъ. Механизмъ аккомодациі, только что кратко мной разобранный, былъ со временъ Кеплера величайшей загадкой офтальмологіи и представляетъ вопросъ огромной практической важности вслѣдствіе часто встрѣчающагося несовершенства аккомодациі. Едва ли какой-либо предметъ оптики вызвалъ столько противорѣчивыхъ теорій. Начало къ разгадкѣ было положено англійскимъ окулистомъ Sanson'омъ, извѣстнымъ какъ необычайно внимательный наблюдатель. Онъ замѣтилъ слабые свѣтовые рефлексы внутри зрачка, проявлявшіеся на обѣихъ поверхностяхъ хрусталика. Явленіе это было доступно глазу, и то лишь чрезвычайно слабо и туманно, при сильномъ боковомъ освѣщеніи, совершенной темнотѣ остального помещенія и при извѣстномъ положеніи глаза наблюдателя. Но этимъ слабымъ свѣ-

товымъ рефлексамъ суждено было пролить яркій свѣтъ въ темную дотолѣ область науки. Это былъ первый воспринятый въ глазу живаго человѣка признакъ того, что происходитъ въ хрусталикѣ. Sanson воспользовался этими рефлексивными изображениями, чтобы констатировать измѣненное положеніе хрусталика въ больномъ глазу. Максъ Лапгенбекъ первый замѣтилъ измѣненіе этихъ отраженій при аккомодаци. Его наблюденіями воспользовался Крамеръ въ Утрехтѣ, а независимо отъ него и референтъ, для точнаго приведенія въ извѣстность всѣхъ измѣненій, происходящихъ въ хрусталикѣ во время аккомодаци. Мнѣ удалось примѣнить здѣсь принципъ гелиометра, употребляемаго въ астрономіи для точнаго измѣренія разстояній между свѣтилами, несмотря на ихъ видимое движеніе. Построенный съ этой цѣлью инструментъ, офтальмометръ, даетъ возможность измѣрять въ глазу живаго человѣка кривизну роговой оболочки, кривизну обѣихъ поверхностей, хрусталика, ихъ взаимное разстояніе и т. д., съ большей точностью нежели это практиковалось донинѣ надъ мертвымъ глазомъ. Съ помощью этого инструмента и удалось привести въ извѣстность всѣ измѣненія оптическаго аппарата, поскольку они вліяютъ на аккомодацию.

Таково фізіологическое рѣшеніе задачи. Сюда присоединились дальнѣйшія изслѣдованія окулистовъ, именно Дондерса, надъ индивидуальными недостатками аккомодаци, извѣстными въ обществѣ подъ именемъ близорукости и дальнорукости. Необходимо было выработать вѣрные методы для точнаго опредѣленія границъ аккомодаци у неопытныхъ и мало свѣдущихъ больныхъ. Оказалось, что подъ именемъ близорукости и дальнорукости ошибочно разумѣлись весьма различныя состоянія, что весьма затрудняло выборъ подходящихъ очковъ и что многія упорныя и, повидимому, нервныя страданія просто являлись слѣдствіемъ извѣстныхъ недостатковъ аккомодационнаго аппарата и легко устранялись благодаря правильному выбору очковъ.

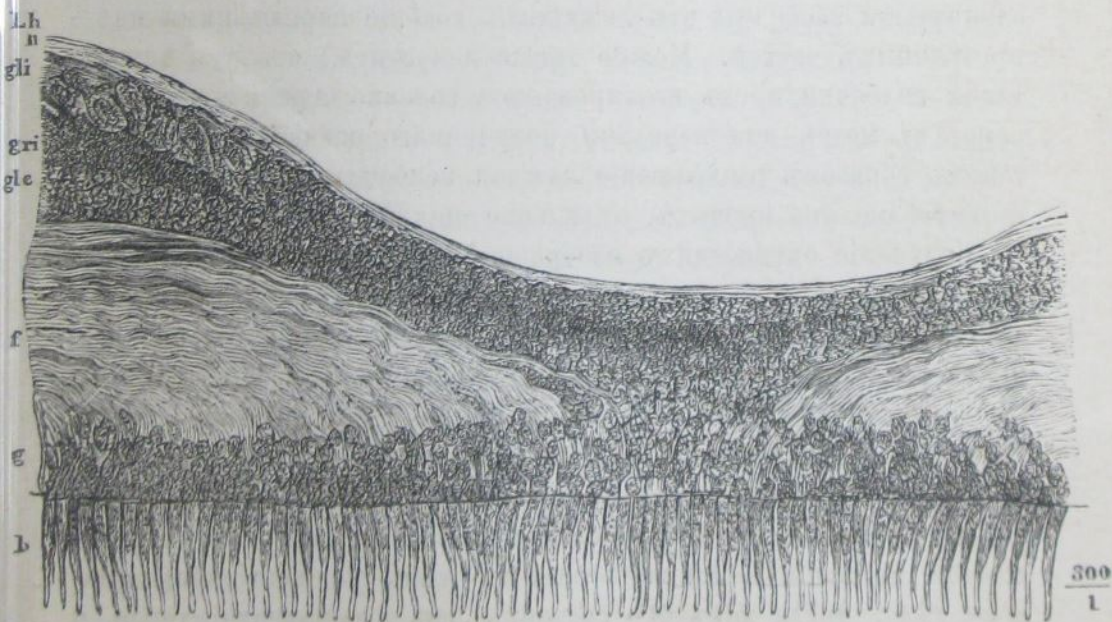
Далѣе Дондерсъ указалъ, что недостатки аккомодаци влекутъ за собой развитіе косоглазія, а А. ф. Графе и раньше доказывалъ, что близорукость, будучи запущена и отъ этого постоянно увеличиваясь, производитъ опаснѣйшія растяженія, заболѣванія и аномаліи въ задней стѣнкѣ глаза.

Таковы результаты недавнихъ изслѣдованій, одинаково плодотворныя для больныхъ и интересныя для фізіологовъ.

Намъ остается теперь поговорить объ экранѣ, на которомъ получаютъ въ глазу изображенія. Такимъ экраномъ служитъ тонкая плева, образованная развѣтвленіями зрительнаго нерва,

такъ наз. сѣтчатая оболочка, помѣщающаяся внутри всѣхъ оболочекъ, покрывающихъ глазное яблоко. Зрительный нервъ *O* фиг. 2 представляетъ цилиндрической канатикъ, проводящій въ глазъ тонкія нервныя волокна, соединенныя и защищенныя крѣпкой сухожильной оболочкой; самъ же нервъ входитъ въ глазъ черезъ заднюю стѣнку глазного яблока, ближе къ носовой полости. Волокна нерва расходятся во всѣ стороны на передней поверхности сѣтчатой оболочки. На концахъ они соединены съ своеобразными тѣльцами, а именно съ клѣтками и зернами, подобными тѣмъ которыя встрѣчаются въ сѣромъ веществѣ мозга. На задней поверхности сѣтчатой оболочки, гдѣ сходятся концы нервныхъ волоконъ, образуется правильная мозаика изъ тонкихъ цилиндрическихъ палочекъ и немного болѣе толстыхъ, бутыловидныхъ колбочекъ, плотно прилегающихъ другъ къ другу и перпендикулярныхъ къ поверхности сѣтчатой оболочки. Каждая изъ этихъ палочекъ и колбочекъ соединена съ волокнами зрительнаго нерва, а именно палочки съ болѣе тонкими, а колбочки съ болѣе толстыми волокнами. Эта мозаика изъ палочекъ и колбочекъ и представляетъ для сѣтчатой оболочки, какъ видно изъ точныхъ опытовъ, ту свѣточувствительную пластинку, въ которой дѣйствіемъ свѣта вызывается нервное возбужденіе

Въ серединѣ сѣтчатой оболочки, ближе къ вискамъ, находится замѣчательное мѣсто, такъ наз. желтая точка. Въ этомъ мѣстѣ



Фиг. 3.

оболочка нѣсколько утолщается; въ центрѣ же находится углубленіе, гдѣ плева очень тонка, ибо составныя части ея сводятся

лишь къ элементамъ, необходимымъ для яснаго различія предметовъ. На фиг. 3 изображенъ увеличенный въ 300 разъ поперечный разрѣзъ этой части сѣтчатой оболочки, полученной Генлеемъ (Henle) при помощи затвердѣвшаго въ алкогольъ препарата.

Lh представляетъ упругую плеву, окружающую сѣтчатую оболочку. Въ *b* изображены колбочки, которыя здѣсь тоньше ($1/400$ мм. въ поперечникѣ), нежели въ прочихъ частяхъ названной оболочки и образуютъ правильную густую мозаику. Прочіе, болѣе или менѣе непрозрачные элементы сѣтчатки отодвинуты въ сторону, за исключеніемъ зеренъ, относящихся къ колбочкамъ *g*. Въ *f* видны нервныя волокна, служащія связью этихъ зеренъ съ расположенными болѣе впереди нервными формаціями. Изъ послѣднихъ *n* представляетъ слой волоконъ зрительнаго нерва, *gli* и *gle* — два слоя клѣтокъ и между ними мелко зернистый слой *gri*. Всѣ эти слои прерываются въ углубленіи сѣтчатки и на фигурѣ видны только послѣдніе тонкіе побѣги этихъ слоевъ. Точно также не входятъ въ это углубленіе и сосуды сѣтчатой оболочки; они кончаются вблизи углубленія нѣжнымъ вѣнкомъ тончайшихъ капиллярныхъ трубокъ.

Углубленіе сѣтчатой оболочки чрезвычайно важно для глаза, ибо имъ обусловлена способность наиболѣе точной оцѣнки разстояній. Послѣдніе свѣточувствительные элементы, колбочки, здѣсь плотно сдвинуты и свободны отъ лежащихъ вообще передъ ними полупрозрачныхъ частей. Можно также допустить, что отъ каждой такой колбочки идетъ изолированное волокно черезъ зрительный нервъ въ мозгъ для передачи полученнаго впечатлѣнія, и что такимъ образомъ раздраженіе каждой колбочки можетъ вызвать, изолировано отъ прочихъ, отдѣльное ощущеніе.

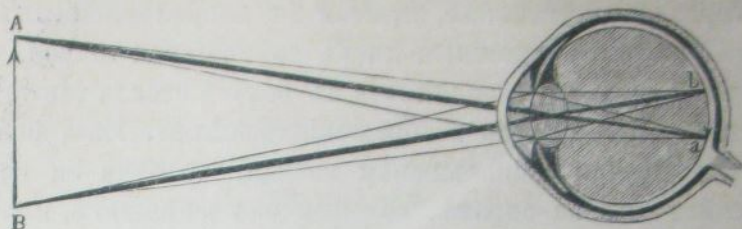
Полученіе оптическихъ изображеній въ камерѣ-обскурѣ основано, какъ извѣстно, на томъ, что лучи свѣта, исходящіе изъ свѣтящейся точки, преломляются въ стеклѣ, измѣняютъ свое направленіе и, соединяясь за стекломъ, образуютъ изображеніе. То же самое дастъ, какъ извѣстно, и всякое собирательное стекло. Если пропустить солнечные лучи черезъ такое стекло, а за нимъ держать на извѣстномъ разстояніи листъ бѣлой бумаги, то можно наблюдать два явленія. Во-первыхъ (на что обыкновенно не обращается вниманія) — стекло бросаетъ тѣнь подобно непрозрачному тѣлу, тогда какъ оно состоитъ изъ прозрачнаго стекла, и во-вторыхъ — въ серединѣ этой тѣни является ослѣпительно ярко освѣщенное пятно, изображеніе солнца. Если бы не было стекла, то лучи свѣта падали бы на всю поверхность, занимаемую теперь

тѣнью; черезъ преломленіе же въ стеклѣ они собираются въ небольшое свѣтящееся пятно, почему свѣтъ и теплота въ этомъ мѣстѣ гораздо интенсивнѣе, нежели въ непреломленныхъ лучахъ солнца. Замѣнимъ солнечный дискъ свѣтящейся точкой, на прим. Сириусомъ; тогда лучи соединятся въ фокусѣ стекла также въ видѣ точки, которая и будетъ изображеніемъ звѣзды. Если по близости находится другая неподвижная звѣзда, то лучи ея соберутся въ другой точкѣ на экранѣ, который она освѣщаетъ, и точка эта будетъ соотвѣтственно изображеніемъ второй звѣзды. Пусть эта звѣзда испускаетъ красные лучи; точка, которую она образуетъ на экранѣ, также будетъ красной. Словомъ, каждой звѣздѣ соотвѣтствуетъ особое изображеніе, имѣющее тотъ же цвѣтъ, какъ испускаемые ею лучи. Если мы теперь вмѣсто отдѣльныхъ свѣтящихся точекъ возьмемъ непрерывную совокупность таковыхъ, напр. свѣтящуюся линію или поверхность, то на экранѣ получится такая же совокупность освѣщенныхъ точекъ. При этомъ необходимо правильно установить экранъ, именно такъ, чтобы всѣ лучи, испускаемые какой-либо свѣтящейся точкой предмета, собирались въ одной точкѣ на экранѣ и притомъ со свойственными имъ силой и окраской, т. е. чтобы эта точка экрана не воспринимала въ то же время лучей отъ другой точки предмета.

Если вмѣсто экрана изъ бумаги взять приготовленную заранѣе фотографическую пластинку, то каждая точка ея подвергнется дѣйствию падающихъ на нее лучей. Лучи эти представляютъ собою всѣ тѣ лучи и только тѣ лучи, которые попадаютъ въ инструментъ отъ соотвѣтственной точки предмета и по силѣ опредѣляются степенью яркости этой послѣдней. И такъ, интенсивность измѣненій, которымъ подвергается свѣточувствительная пластинка, соотвѣтствуетъ въ каждой точкѣ интенсивности (химической) свѣта, исходящаго изъ соотвѣтственной точки объекта.

То же самое происходитъ и въ глазу, съ тою только разницею, что стекла замѣняютъ роговая оболочка и хрусталикъ, а экранъ изъ бумаги и свѣточувствительную пластинку—сѣтчатая оболочка. Когда на сѣтчатой оболочкѣ получается точное оптическое изображеніе, то на каждую колбочку въ этой оболочкѣ падаютъ только лучи, исходящіе изъ соотвѣтственной точки поля зрѣнія. Соединенное съ колбочкой нервное волокно подвергается дѣйствию только этихъ лучей, тогда какъ свѣтъ сосѣднихъ точекъ поля зрѣнія раздражаетъ другія волокна. Фиг. 4 поясняетъ это положеніе; лучи, исходящіе изъ точки *A*, преломляются и собираются на сѣтчатой оболочкѣ въ точкѣ *a*; лучи, выходящіе изъ точки *B*, собираются тамъ же въ точкѣ *b*.

Изъ сказаннаго можно вывести слѣдующія заключенія. Свѣтъ каждой отдѣльной точки поля зрѣнія производитъ особое ощущение;



Фиг. 4.

одинаковая и различная яркость отдѣльныхъ точекъ сохраняется въ глазу и, наконецъ, всѣ впечатлѣнія могутъ обособленно перейти въ сознание.

Глазъ нашъ отличается отъ искусственныхъ оптическихъ инструментовъ главнымъ образомъ громаднымъ, сравнительно, полемъ зрѣнія; въ отдѣльности для каждого глаза оно составляетъ почти два прямыхъ угла (160° справа налѣво и 120° сверху внизъ); для обоихъ глазъ вмѣстѣ даже болѣе двухъ прямыхъ угловъ. Искусственные же инструменты обладаютъ обыкновенно очень небольшимъ полемъ зрѣнія, уменьшающимся по мѣрѣ увеличенія изображенія. Кромѣ того нужно еще замѣтить, что отъ оптическихъ инструментовъ мы требуемъ совершенной ясности изображенія всего предмета, тогда какъ изображеніе, получаемое на сѣтчатой оболочкѣ, обладаетъ значительной ясностью только на весьма маломъ протяженіи, соответствующемъ желтой точкѣ. Угловая величина поперечника углубленія сѣтчатой оболочки составляетъ приблизительно одинъ градусъ, т. е. занимаетъ площадь, покрываемую изображеніемъ на сѣтчаткѣ ногтя указательнаго пальца, когда мы возможно дальше вытянемъ руку. Сила зрѣнія здѣсь такъ велика, что даетъ возможность различить на указанномъ разстояніи пространство между двумя точками, равное угловой минутѣ и составляющее шестидесятую часть поверхности ногтя указательнаго пальца. Это угловое разстояніе соответствуетъ ширинѣ колбочки сѣтчатой оболочки. Всѣ остальные части изображенія наблюдаются нами съ тѣмъ меньшей точностью, чѣмъ ближе онѣ находятся къ краямъ сѣтчатой оболочки. Изображеніе, получаемое нами въ глазу, похоже, поэтому, на рисунокъ, средняя часть котораго выполнена весьма детально, между тѣмъ какъ остальные части лишь кое-какъ набросаны. Несмотря на то, что мы ясно видимъ только незначительную часть поля зрѣнія, мы въ то же время различаемъ прилежащія къ ней части настолько, чтобы замѣтить происходящія

въ нихъ явленія и измѣненія. Въ зрительной трубѣ, какъ извѣстно, подобное не происходитъ. Если предметы слишкомъ малы, то мы вообще не различаемъ ихъ боковыми частями сѣтчатой оболочки. Когда, выражаясь словами поэта, „надъ нами, затерянный въ голубой выси, жаворонокъ поетъ свою пѣсню“—онъ дѣйствительно для насъ затерянъ, пока намъ не удастся помѣстить его изображеніе на углубленіе сѣтчатой оболочки. Тогда только мы улавливаемъ его взоромъ, видимъ его.

Обратить взоръ на предметъ, значитъ такъ поставить глазъ, чтобы изображеніе предмета получилось въ точкѣ наиболѣе яснаго зрѣнія. Это называется прямымъ зрѣніемъ, въ противоположность косвенному, когда мы смотримъ боковыми частями сѣтчатой оболочки.

Вслѣдствіе подвижности глаза, благодаря которой мы можемъ быстро переводить взглядъ съ предмета на предметъ, вполне устраняются недостатки, обусловливаемые незначительной ясностью изображеній и ограниченнымъ числомъ дѣйствующихъ элементовъ сѣтчатой оболочки на большей части поля зрѣнія. Въ этой-то подвижности глаза и заключается главное преимущество его передъ нашими искусственными оптическими инструментами.

Устройство нашего глаза при нормальныхъ условіяхъ доставляетъ намъ все, чего мы можемъ отъ него требовать, именно вполне точное, ясное и опредѣленное представленіе о видѣнныхъ предметахъ, такъ что о несовершенствѣ косвеннаго зрѣнія мы узнаемъ лишь, обративъ на него вниманіе. Фактъ этотъ объясняется способностью нашего вниманія сосредоточиваться въ данный моментъ лишь на одномъ какомъ-либо представленіи или предметѣ и, овладѣвъ имъ, быстро переходить на другой. Вглядываясь въ интересующій насъ предметъ, мы его ясно различаемъ; слѣд. если мы не видимъ ясно предмета, то это значитъ, что въ данный моментъ онъ насъ не интересуется; не обращая на него вниманія, мы не замѣчаемъ неясности его изображенія.

Напротивъ, требуется большой навыкъ, чтобы, напр. для рѣшенія какого-либо физиологическаго вопроса, обратить вниманіе на косвенно видимый объектъ, не глядя на него. Такова связь, благодаря силѣ привычки, между направленіемъ взгляда и вниманіемъ, обращеннымъ на рассматриваемый предметъ. Не менѣе трудно удержать взглядъ неподвижно на какой-либо точкѣ такъ долго, чтобы впечатлѣніе осталось въ глазу и удержало передъ нами изображеніе предмета, когда мы отведемъ отъ него глаза.

На этомъ обстоятельствѣ, главнымъ образомъ, основано то значеніе, которое придаютъ глазу, какъ средству для выраженія

душевныхъ движеній. Направленіе взгляда есть прямое указаніе на состояніе вниманія, а слѣдовательно и представленій въ душѣ человѣка.

Такъ же быстро, какъ движенія взгляда сверху внизъ, справа налѣво, происходятъ и измѣненія аккомодациі, благодаря чему зрительный аппаратъ глаза можетъ воспринимать послѣдовательно то дальніе, то близкіе предметы. Всѣ эти измѣненія направленія и аккомодациі съ чрезвычайнымъ трудомъ достигаются въ искусственныхъ оптическихъ инструментахъ. Хотя и глазъ не можетъ воспринимать одновременно близкіе и дальніе предметы, но онъ приспособляется къ разстоянію съ такой быстротой, что бѣльшая часть людей и не подозрѣваютъ объ этихъ перемѣнахъ, происходящихъ въ ихъ глазу.

Будемъ продолжать изслѣдованіе нашего оптическаго аппарата. Обойдемъ молчаніемъ упомянутыя выше индивидуальныя недостатки аккомодациі, близорукость и дальнорукость. Недостатки эти обусловливаются частію неестественнымъ образомъ жизни, частію преклонными лѣтами. Въ старости люди теряютъ способность приспособляться къ разстоянію и подвергаются близорукости или дальнорукости; для устраненія этихъ недостатковъ служатъ очки.

Другое существенное требованіе, предъявляемое оптическимъ инструментамъ, состоитъ въ ахроматизмѣ, т. е. въ томъ, чтобы они были свободны отъ разложенія свѣта на цвѣта (хроматизмъ). Явленія хроматизма основаны на томъ обстоятельстве, что разноцвѣтные солнечныя лучи неодинаково преломляются въ извѣстныхъ намъ прозрачныхъ срединахъ. Черезъ это измѣняется величина и положеніе изображеній, образуемыхъ лучами; они не покрываютъ другъ друга, и смотря по степени преобладанія красныхъ или синихъ лучей, бѣлая поверхность кажется окруженной красножелтой или синефіолетовой каймой и такимъ образомъ теряетъ ясность очертаній.

Многимъ изъ моихъ читателей, вѣроятно, не безызвѣстно, какую значительную роль игралъ вопросъ о разложеніи свѣта на цвѣта въ глазу при изобрѣтеніи ахроматической зрительной трубы; здѣсь мы видимъ знаменитый примѣръ тому, что изъ двухъ невѣрно построенныхъ посылокъ можно вывести правильное умозаключеніе. Ньютонъ полагалъ, что нашелъ опредѣленное отношеніе между преломленіемъ лучей и разложеніемъ ихъ на цвѣта въ различныхъ прозрачныхъ срединахъ и вывелъ отсюда невозможность устройства ахроматическихъ инструментовъ. Эйлеръ, напротивъ, считая глазъ ахроматичнымъ, призналъ Ньютонovo предположеніе невѣрнымъ и далъ теоретическія правила для по-

строения ахроматическаго инструмента, которыя и были примѣнены на практикѣ Доллондомъ (Dollond). Но послѣдній уже замѣтилъ, что глазъ не можетъ быть ахроматичнымъ, ибо устройство его не удовлетворяетъ представленнымъ Эйлеромъ требованіямъ; наконецъ, Фрауенгоферъ далъ результаты точныхъ измѣреній хроматизма глаза. Глазъ, приспособленный къ безконечно большому разстоянію для краснаго свѣта, приспособленъ въ то же время для фіолетовыхъ лучей къ разстоянію въ два фута. При обыкновенномъ освѣщеніи это разложеніе свѣта незамѣтно только потому, что названные крайніе лучи спектра принадлежатъ къ наименѣ яркимъ и потому наиболѣ замѣтны средніе болѣе яркіе лучи, каковы желтые, зеленые и синіе.

Но явленіе разложенія свѣта на цвѣта въ глазу становится очевиднымъ, если изолировать крайніе лучи спектра посредствомъ фіолетоваго стекла. Стекла, окрашенныя окисью кобальта, пропускаютъ только лучи красные и синіе и поглощаютъ средніе, т. е. зеленые и желтые. Тѣ изъ моихъ читателей, которые обладаютъ нормальнымъ зрѣніемъ и будутъ смотрѣть вечеромъ на уличные фонари черезъ такія фіолетовыя стекла, увидятъ красное пламя, окруженное широкой сине-фіолетовой каймой. Послѣдняя есть результатъ разложенія лучей пламени въ глазу и образована лучами синими и фіолетовыми. Это обыденное явленіе наилучшимъ образомъ убѣждаетъ насъ въ существованіи въ глазу разложенія свѣта на цвѣта.

Причина того, что хроматизмъ глаза при обыкновенныхъ обстоятельствахъ мало замѣтенъ и на дѣлѣ не такъ великъ, какъ въ оптическомъ инструментѣ соотвѣтственной силы, заключается въ томъ, что главнымъ преломляющимъ элементомъ глаза служитъ вода, разлагающая свѣтъ менѣе сильно, нежели стекло. Впрочемъ, разложеніе свѣта въ глазу все же сильнѣе, нежели въ приборѣ, который состоялъ бы изъ чистой воды. Какъ бы то ни было, хотя разложеніе это и существуетъ, но при обыкновенномъ освѣщеніи оно на зрѣніе замѣтнымъ образомъ не вліяетъ.

Второй недостатокъ сильныхъ оптическихъ инструментовъ составляетъ такъ наз. уклоненіе или сферическая аберрація лучей вслѣдствіе шаровидности преломляющей поверхности. Дѣло въ томъ, что такія поверхности только тогда собираютъ приблизительно въ одной точкѣ лучи, испускаемые одною точкою предмета, когда лучи падаютъ почти перпендикулярно къ каждому элементу поверхности. Чтобы лучи собирались строго въ соотвѣтствующихъ точкахъ, хотя бы только въ средней части изображенія, нужно было бы употребить поверхности иной формы, нежели сфериче-

скія; послѣднія механическимъ путемъ въ достаточно совершенномъ видѣ изготовлены быть не могутъ. Форма глаза частію напоминаетъ эллипсоидъ, что дало поводъ предположить отсутствіе въ немъ сферической аберраціи. Но здѣсь естественное предрасположеніе въ пользу органа зрѣнія привело къ сугубо невѣрному заключенію. Точныя изслѣдованія привели къ обнаруженію въ глазу такихъ уклоненій, въ сравненіи съ которыми сферическая аберрація представляется незначительною, уклоненія, которыхъ легко избѣгать въ оптическихъ инструментахъ. Вопросъ о сферической аберраціи въ глазу оказывается совершенно второстепеннымъ. Точныя измѣренія, произведенныя сначала Зенфомъ (Senf) въ Дерптѣ, затѣмъ референтомъ при помощи болѣе удобнаго прибора, упомянутаго уже офтальмометра, далѣе Дондерсомъ (Donders), Кнаппомъ (Knapp) и многими другими, показали, что роговая оболочка у большинства людей не шарообразна, но въ различныхъ меридіанахъ обладаетъ различною кривизною. Впослѣдствіи мной былъ данъ методъ изслѣдованія центрировки глаза, т. е. опредѣленія—симметрично ли расположены роговая оболочка и хрусталикъ относительно одной и той же оси. Примѣненіе этого способа указало на незначительные, хотя ясно замѣтные недостатки центрировки. Слѣдствіемъ обоихъ родовъ уклоненій является такъ наз. астигматизмъ глаза, которому всѣ болѣе или менѣе подвержены и который состоитъ въ невозможности одновременно ясно различать горизонтальныя и вертикальныя линіи на одномъ и томъ же опредѣленномъ разстояніи. Болѣе сильное проявленіе этого недостатка устраняется при помощи очковъ съ цилиндрическими поверхностями. Предметъ этотъ въ послѣднее время возбуждаетъ живѣйшій интересъ окулистовъ.

Но это еще не все. Не эллиптическая преломляющая поверхность вращенія или плохо центрированная зрительная труба дали бы изображеніе звѣзды не въ видѣ точки, но въ видѣ эллипсиса, круга или черты. Изображенія свѣтящейся точки, получаемыя въ глазу, еще менѣе правильны; они неправильно лучисты. Причина этого лежитъ въ хрусталикѣ, волокна котораго расположены лучисто по шести направленіямъ, какъ это можно видѣть на фиг. 5. Дѣйствительно, тѣ лучи, которые намъ кажутся исходящими изъ свѣтящихся точекъ, напр. изъ звѣздъ, отдаленныхъ огоньковъ, суть не болѣе, какъ отраженія лучистаго строенія хрусталика. Насколько этотъ недостатокъ всеобщъ, видно изъ того, что всякая лучистая фигура обыкновенно называется звѣздообразной. Подобнымъ же образомъ объясняется, почему очень узкій серпъ луны многимъ кажется двойнымъ или даже тройнымъ.

Вполнѣ понятно, что если бы оптикъ захотѣлъ продать мнѣ инструментъ, обладающій поименованными недостатками, то я въ сильнѣйшихъ выраженіяхъ высказалъ бы неодобреніе его работы и возвратилъ бы ее обратно. Со своими глазами я конечно, этого не сдѣлаю и буду радъ сохранить ихъ какъ можно дольше со всѣми ихъ недостатками. Незамѣнимость глазъ не уменьшаетъ эти недостатки, если ихъ разсматривать съ нѣсколько односторонней, хотя и правильной точки зрѣнія оптика.



Фиг. 5.

Сказаннымъ не ограничивается еще перечень несовершенствъ нашего органа зрѣнія. Для оптического инструмента необходимо брать чистое, совершенно прозрачное стекло. Когда стекло мутное, то въ полученномъ изображеніи каждая освѣщенная поверхность кажется окруженной свѣтлой полосой; черное кажется сѣрымъ, бѣлое—менѣе яркимъ, чѣмъ бы слѣдовало. Этотъ-то недостатокъ и свойственъ изображеніямъ, получаемымъ въ нашемъ глазу. Имъ объясняется то явленіе, что темный предметъ, находящійся рядомъ съ весьма сильно освѣщеннымъ, кажется неяснымъ. Если свѣтъ отъ яркаго источника, пропущенный черезъ собирательную чечевицу, направить на роговую оболочку и хрусталикъ, то вещество ихъ кажется бѣловатымъ и болѣе тусклымъ нежели лежащая между ними водянистая влага. Тусклость эта наиболѣе замѣтна въ синихъ и фіолетовыхъ лучахъ солнечнаго спектра, въ которыхъ происходитъ явленіе такъ называемой флюоресценціи. Флюоресценціей, какъ извѣстно, называютъ способность нѣкоторыхъ тѣлъ, помѣщенныхъ въ синей и фіолетовой части спектра, свѣтиться особымъ блескомъ. Этимъ объясняется синій цвѣтъ растворовъ хинина и зеленый желто-зеленаго урановаго стекла. Флюоресценція роговой оболочки и хрусталика обусловливается повидимому незначительнымъ количествомъ вещества, похожегаго на хининъ и входящаго въ составъ названныхъ частей глаза. Это свойство хрусталика чрезвычайно цѣнно для физиологовъ. При помощи сильно сконцентрированныхъ синихъ лучей можно опредѣлить положеніе хрусталика въ глазу живого человѣка. Такимъ способомъ было доказано, что онъ расположенъ непосредственно за радужной оболочкой и тѣсно къ ней примыкаетъ. Но для зрѣнія явленія флюоресценціи хрусталика и роговой оболочки безусловно вредны.

Хотя хрусталикъ, извлеченный изъ глаза убитаго животнаго,

чрезвычайно прозраченъ, но оптически онъ мало однороденъ. Тѣни отъ находящихся въ глазу темныхъ тѣлецъ, называемыхъ энтоптическими, можно обнаружить на сѣтчатой оболочкѣ, если смотрѣть черезъ узкое отверстіе на ярко освѣщенную поверхность, напр. на ясное небо. Значительная часть этихъ тѣней вызывается волокнами и пятнами на поверхности хрусталика; остальная часть — плавающими въ стекловидной влагѣ волокнами, зернами и т. п. Находясь близъ сѣтчатой оболочки, они появляются передъ глазами въ видѣ темныхъ точекъ, быстро перемѣщающихся при движеніи глаза, и потому производящихъ впечатлѣніе летающихъ насѣкомыхъ. Такія тѣльца находятся въ каждомъ глазу, но обыкновенно они плаваютъ внѣ поля зрѣнія въ верхней части глазного яблока и, распространяясь въ стекловидной влагѣ, появляются передъ сѣтчатой оболочкой лишь будучи приближены къ ней быстрыми движеніями глаза. Достойно вниманія при этомъ, что люди, начинающіе страдать глазами, нерѣдко принимаютъ эти черныя точки за болѣзненные симптомы, хотя онѣ несомнѣнно плавали въ стекловидной влагѣ ихъ глазъ задолго до заболѣванія.

Знакомому съ исторіей образованія глазного яблока у зародыша человѣка и позвоночныхъ животныхъ эти неправильности въ строеніи хрусталика и стекловидной влаги сами собою объясняются. Исторія ихъ образованія слѣдующая. Часть верхнихъ покрововъ зародыша, углубляясь, расширяется въ бутылкообразную полость до тѣхъ поръ, пока горло бутылки не перетянется. Клѣтки верхнихъ покрововъ образовывающагося такимъ образомъ мѣшечка составляютъ вещество для хрусталика, а покровы переходятъ въ его оболочку. Нижнія же, рыхлыя ткани образуютъ стекловидную влагу.

Нельзя не упомянуть о нѣкоторыхъ неправильностяхъ той оболочки, на которой получаютъ изображенія. Во-первыхъ, недалеко отъ центра поля зрѣнія, именно, въ томъ мѣстѣ, гдѣ зрительный нервъ входитъ въ глазъ, замѣчается на сѣтчатой оболочкѣ какъ-бы отверстіе. Вся масса оболочки состоитъ здѣсь изъ волоконъ нерва; необходимыя же свѣточувствительныя колбочки отсутствуютъ. Поэтому свѣтъ, падающій на эту часть сѣтчатой оболочки, не дѣйствуетъ на нервъ. Этому отверстію въ сѣтчатой оболочкѣ, называемому слѣпой точкой, соотвѣтствуетъ часть поля зрѣнія, на протяженіи которой глазъ не воспринимаетъ изображеній отъ предметовъ.

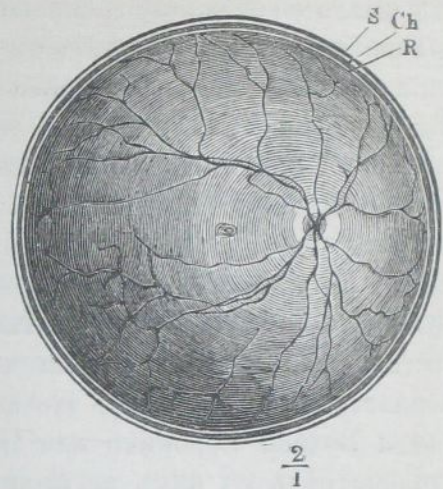
Фиг. 6 представляетъ внутренній видъ задней части поперечнаго разрѣза глазного яблока. Передъ нами сѣтчатая оболочка *R* съ ея древовидно развѣтвленными сосудами. Въ точкѣ ихъ

развѣтвленія зрительный нервъ входитъ въ глазъ. Налѣво отмѣчена желтая точка. Слѣвая точка имѣетъ довольно значительную угловую величину; она простирается до 6° въ длину и до 8° въ ширину, и внутренній край ея отстоитъ приблизительно на 12° отъ центра желтаго пятна.

Легчайшій способъ найти слѣвую точку многимъ, вѣроятно, извѣстенъ. На листѣ бѣлой бумаги ставятъ крестикъ и справа, на разстояніи трехъ дюймовъ, круглое черное пятно, полдюйма въ діаметрѣ. Затѣмъ закрываютъ лѣвый глазъ, а правымъ смотрятъ на крестикъ и постепенно приближаютъ бумагу къ глазу. На разстояніи приблизительно одиннадцати дюймовъ черное пятно исчезнетъ и появится снова, если уменьшить разстояніе.

Слѣвая точка настолько велика, что въ ней могутъ исчезнуть рядомъ расположенные одиннадцать дисковъ луны или лицо челоука, удаленное на 6 или 7 футовъ отъ наблюдателя. Маріоттъ, открывшій это явленіе, забавлялъ англійскаго короля Карла II и его придворныхъ тѣмъ, что училъ ихъ видѣть другъ друга безъ головы.

Большимъ развѣтвленіямъ сѣтчатой оболочки соотвѣтствуетъ множество маленькихъ щелеобразныхъ пробѣловъ, въ которыхъ исчезаютъ свѣтящіяся точки, напримѣръ отдѣльныя неподвижныя звѣзды. Находясь въ переднихъ слояхъ оболочки, сосуды эти бросаютъ тѣнь на лежація за ними части свѣточувствительной мозаики, причеъ болѣе толстые совсѣмъ задерживаютъ свѣтъ, а болѣе тонкіе только ослабляютъ его. Эти тѣни можно замѣтить и на полѣ зрѣнія, если смотрѣть черезъ проколотую иглой карту на ясное небо и при этомъ двигать карту изъ стороны въ сторону. Гораздо же яснѣе видны эти тѣни, если направить собранные чечевицей солнечные лучи на наружный уголь склеротики: глазъ же въ это время долженъ быть обращенъ къ носу. Онѣ имѣютъ древовидную форму, какъ это представлено на фиг. 6 въ сильно увеличенномъ видѣ. Такъ какъ сосуды, дающіе тѣни, лежатъ въ переднихъ слояхъ самой сѣтчатой оболочки, то вполне естественно, что тѣни ихъ могутъ быть восприняты только, когда онѣ упадутъ



Фиг. 6.

на свѣточувствительный слой. Отсюда слѣдуетъ, что задніе слои сѣтчатой оболочки свѣточувствительны. При помощи этихъ тѣней явилась возможность измѣрить разстояніе свѣточувствительнаго слоя сѣтчатой оболочки отъ ея сосудовъ. Именно, если передвигать фокусъ чечевицы, собирающей лучи на склеротику, то передвинется и тѣнь на сѣтчатой оболочкѣ, а съ ней и ея изображеніе въ полѣ зрѣнія. Величина этихъ перемѣщеній легко можетъ быть измѣрена; измѣреніе это было сдѣлано погибшимъ преждевременно Генрихомъ Мюллеромъ, который нашель его равнымъ разстоянію между сосудистымъ слоемъ и колбочками сѣтчатой оболочки.

Что касается желтой точки, то можно прибавить, что она обладаетъ еще и другимъ недостаткомъ: къ слабому свѣту она менѣе чувствительна, нежели прочія части сѣтчатой оболочки. Еще въ древности было извѣстно, что звѣзды, издающія слабый свѣтъ, каковы Волосы Вероники или Плеяды, кажутся болѣе яркими, если смотрѣть на нихъ не прямо, а косвенно. Это зависитъ частію отъ желтой окраски средней части сѣтчатой оболочки, ослабляющей синіе лучи, частію отъ вышеупомянутаго недостаточнаго количества сосудовъ, вслѣдствіе чего затрудняется сообщеніе названной точки съ кровеносной питающей системой.

Всѣ эти неправильности были бы крайне неудобны въ искусственной камерѣ-обскурѣ или на получаемыхъ ею изображеніяхъ. Въ глазу же онѣ почти незамѣтны, такъ что обнаруженіе ихъ отчасти было сопряжено съ большими затрудненіями. Причина этого заключается отнюдь не въ томъ, что мы смотримъ двумя глазами, ибо и однимъ глазомъ можно воспринимать изображенія не менѣе точно, чѣмъ двумя. Причина кроется скорѣе въ постоянной подвижности глаза, а также и въ томъ, что недостатки въ изображеніяхъ приходятся на тѣ части поля зрѣнія, на которыя мы въ данный моментъ не обращаемъ вниманія.

Трудность, съ которою мы замѣчаемъ эти и другія, свойственныя глазу явленія, пока они не усилятся настолько, что мѣшаютъ намъ ясно видѣть предметы, представляетъ удивительную и парадоксальную особенность нашихъ чувственныхъ воспріятій, особенность, свойственную не только зрѣнію, но правильно повторяющуюся на всѣхъ прочихъ органахъ чувствъ. Лучшее всего это сказывается на исторіи открытія названныхъ явленій. Нѣкоторыя изъ нихъ, напримѣръ слѣпая точка, открыты при помощи теоретическихъ разсужденій. Во время продолжительнаго спора о томъ, гдѣ лежитъ основаніе свѣточувствительности, въ сосудистой ли оболочкѣ или въ сѣтчатой, Мариоттъ задался вопросомъ, ка-

кова должна быть чувствительность тамъ, гдѣ сосудистая оболочка пробуравлена. Послѣ долгихъ попытокъ въ этомъ направленіи, ему удалось открыть изъянъ въ полѣ зрѣнія. Впродолженіе тысячелѣтій миллионы людей пользовались глазами; тысячи людей задумывались надъ отправленіями глаза и въ концѣ концовъ, лишь благодаря особому стеченію обстоятельствъ, было открыто явленіе, кажущееся столь простымъ и подлежащимъ непосредственному наблюденію. Да и теперь всякому, производящему въ первый разъ опытъ надъ слѣпой точкой, представляется не мало трудностей неподвижно установить взглядъ на одну точку и въ то же время сосредоточить вниманье на другой. Требуется большой навыкъ къ подобнаго рода оптическимъ опытамъ, чтобы сразу, закрывая одинъ глазъ, найти въ полѣ зрѣнія другого нѣчто, соотвѣтствующее слѣпой точкѣ.

Остальные изъ относящихся сюда явленій открыты случайно и притомъ лицами, богато одаренными соотвѣтственными способностями. Между ними особенно замѣчательны Гете, Пуркинѣ и Иоганнъ Мюллеръ. Наблюдать уже извѣстное изъ описаній явленіе, конечно, легче, нежели открыть его; однако многія изъ описанныхъ Пуркинѣ явленій остались для другихъ незамѣченными, хотя въ то же время нельзя утверждать, чтобы они составляли индивидуальную особенность глаза этого внимательнаго наблюдателя.

Всѣ названныя явленія, подобно цѣлому ряду другихъ, могутъ быть подведены подъ общее правило, состоящее въ томъ, что всякое измѣненіе степени раздраженія нервовъ воспринимается легче равномерно продолжающагося раздраженія. По этому правилу, невосприимаемыя при обыкновенныхъ условіяхъ особенности раздраженія зрительнаго нерва, напр. тѣни отъ кровеносныхъ сосудовъ, ярко выступаютъ при перемѣнѣ освѣщенія и особенно при постоянной смѣнѣ его направленія.

Судя по тому, что намъ извѣстно о раздраженіи нервовъ, мнѣ кажется крайне неправдоподобнымъ предположеніе, что мы имѣемъ здѣсь дѣло исключительно съ явленіями ощущенія; скорѣе можно приписать эти явленія особенностямъ нашего вниманія. Здѣсь я лишь предварительно указываю на это обстоятельство, ибо вопросъ, самъ собой теперь напрашивающійся, можетъ быть рѣшенъ лишь впоследствии въ необходимой связи съ другими.

Вотъ все, относящееся къ физическимъ отправленіямъ глаза. Если меня спросятъ, почему я такъ подробно знакомя читателя съ несовершенствомъ его органа зрѣнія, то я отвѣчу, что дѣлаю это никакъ не изъ желанія унижить значеніе этого маленькаго органа или уменьшить удивленіе, имъ возбуждаемое. Я хотѣлъ

только указать, что удивительной вѣрностью и точностью впечатлѣній мы обязаны отнюдь не механическому совершенству нашего органа зрѣнія. Слѣдующій отдѣлъ нашего изслѣдованія познакомитъ насъ съ еще болѣе смѣлыми и парадоксальными выводами. Мы уже видѣли, что глазъ, какъ оптической инструментъ, далеко несовершененъ и что все значеніе его зависитъ отъ способа его употребленія. Совершенство глаза не абсолютное само по себѣ, но чисто практическое; оно достигается не тѣмъ, что недостатки устраняются, а тѣмъ, что они не препятствуютъ его отправленіямъ.

Въ этомъ отношеніи изученіе глаза даетъ намъ возможность бросить взглядъ на характеръ органической цѣлесообразности вообще, взглядъ, интересъ котораго увеличивается, если сопоставить его съ великими и смѣлыми идеями Дарвина о способахъ постепеннаго совершенствованія органическихъ видовъ. Во всѣхъ органическихъ образованіяхъ въ одинаковой степени можно прослѣдить эту практическую цѣлесообразность, но наиболѣе ясно проявляется она въ строеніи глаза. Глазъ страдаетъ всевозможными недостатками оптическихъ инструментовъ, но обусловленная ими неточность изображеній при обыкновенномъ освѣщеніи не ведетъ за собой болѣе существенныхъ пробѣловъ въ нашемъ зрѣніи, чѣмъ тѣ, которые вызываются напр. конечными размѣрами колбочекъ. Стоитъ, однако, только измѣнить обстоятельства, напр. освѣщеніе, какъ сразу проявляется и разложеніе свѣта на цвѣта, и астигматизмъ, и изъянъ въ сѣтчатой оболочкѣ, и тѣни отъ сосудовъ ея, и несовершенная прозрачность составныхъ частей глаза и т. п.

Итакъ, устройство глаза вполне отвѣчаетъ его назначенію, что ясно сказывается также и въ ограниченіи его недостатковъ. То, что можетъ быть достигнуто трудами неизмѣримаго ряда поколѣній подъ вліяніемъ Дарвиновскаго закона наслѣдственности, совпадаетъ здѣсь съ предначертаніями величайшей мудрости. Разумный человѣкъ не захочетъ колоть дрова бритвой; и мы соотвѣтственно должны допустить, что всякое осложненіе оптическаго строя глаза необходимо влекло бы за собой увеличеніе возможности поврежденія или задержку въ развитіи этого органа. Кромѣ того, необходимо принять во вниманіе еще и то, что мягкія, пропитанныя влагой животныя ткани представляютъ собой крайне неблагопріятный и неудобный матеріаль для физическаго инструмента.

Слѣдствіемъ такого устройства, важность котораго еще выяснится ниже, является то, что совершенно точныя воспріятія

возможны лишь при особомъ способѣ скользить взглядомъ по различнымъ частямъ поля зрѣнія, при способѣ отчасти уже описанномъ выше. Съ другими обстоятельствами, вліяющими съ указаннымъ въ одномъ направленіи, мы познакомимся въ дальнѣйшемъ изложеніи.

Мы повидимому пока не много приблизились къ пониманію акта зрѣнія. Мы узнали лишь одно, именно, какимъ образомъ, благодаря устройству оптическаго аппарата глаза, становится возможнымъ собрать и раздѣлить свѣтъ, попадающій смѣшанно въ нашъ глазъ отъ различныхъ точекъ поля зрѣнія, и обратить при помощи нервнаго волокна въ ощущеніе всѣ лучи, исходящіе изъ одной точки.

Посмотримъ же далѣе, насколько послужитъ намъ къ выясненію загадочныхъ явленій то, что мы уже знаемъ объ ощущеніяхъ глаза.

II.

Зрительныя ощущенія.

Въ первомъ отдѣлѣ нашего сообщенія мы прослѣдили путь свѣтовыхъ лучей до сѣтчатой оболочки глаза и видѣли, какимъ образомъ, благодаря особому устройству зрительнаго аппарата, свѣтъ, исходящій отъ отдѣльныхъ свѣтящихся точекъ въ пространствѣ, снова соединяется въ чувствующихъ концевыхъ органахъ отдѣльныхъ нервныхъ волоконъ, такъ что возбужденіе вызывается только въ этихъ послѣднихъ, а не въ сосѣднихъ съ ними. Въ этомъ фактѣ физиологія прежняго времени видѣла рѣшеніе своей задачи настолько, насколько она казалась ей вообще разрѣшимой. Въ сѣтчатой оболочкѣ свѣтъ извнѣ попадалъ непосредственно на воспринимающее вещество нервныхъ волоконъ и, какъ казалось, непосредственно могъ быть ею ощущаемъ.

Однако наши свѣдѣнія относительно процессовъ, происходящихъ въ нервной системѣ, уже въ прошлое столѣтіе, а главнымъ образомъ въ первую четверть настоящаго, такъ шагнули впередъ, что Иоганнъ Мюллеръ, тогда еще въ Боннѣ, а позднѣе въ Берлинѣ, уже въ 1826 году въ своемъ сочиненіи: „къ сравнительной физиологіи зрѣнія“, открывающемъ новую эпоху, могъ установить основныя положенія ученія о сущности внѣшнихъ ощущеній. Основанія эти не только нашли — да и по настоящее время находятъ, что касается по крайней мѣрѣ самаго существеннаго, — подтвержденіе въ послѣдующихъ изслѣдованіяхъ, но приложимость ихъ оказалась гораздо шире, чѣмъ та, какую могъ предвидѣть знаменитый Берлинскій физиологъ, основываясь на извѣстныхъ ему въ ту пору фактахъ. Установленныя имъ положенія соединяются обыкновенно подъ общимъ именемъ ученія о специфической энергіи внѣшнихъ чувствъ. Эти положенія, слѣдовательно, уже не настолько новы и не настолько малоизвѣстны, чтобы ихъ вполнѣ можно было

причислить къ новѣйшимъ успѣхамъ теоріи зрѣнія, о которыхъ только и должна быть рѣчь въ этомъ сообщеніи; и другіе, да и я самъ, уже не разъ излагали ихъ въ популярной формѣ ¹⁾). Весь относящійся сюда отдѣлъ ученія о зрѣніи представляетъ не что иное, какъ дальнѣйшее развитіе ученія о специфической энергіи внѣшнихъ чувствъ, и я заранѣе извиняюсь передъ читателемъ, если для сохраненія общей связи съ цѣлымъ, приведу здѣсь кое что уже извѣстное въ связи съ тѣмъ новымъ, что мнѣ придется въ своемъ мѣстѣ ввести въ изложеніе. Все, что мы воспринимаемъ изъ внѣшняго міра, мы воспринимаемъ потому, что извѣстныя измѣненія, вызванныя въ нашихъ органахъ чувствъ внѣшними впечатлѣніями, передаются посредствомъ нервовъ мозгу; только въ немъ они достигаютъ нашего сознанія и группируются въ опредѣленные представленія о предметахъ. Если мы разрѣжемъ проводящій нервъ и тѣмъ уничтожимъ возможность передачи впечатлѣнія мозгу, то вмѣстѣ съ тѣмъ исчезнетъ какъ ощущеніе, такъ и воспріятіе впечатлѣнія. Въ частности для глаза доказательствомъ того, что представленіе о видимомъ образуется не непосредственно на каждой сѣтчаткѣ, а лишь черезъ передачу мозгу впечатлѣній, воспріятыхъ на обѣихъ сѣтчаткахъ, служитъ то, что видимый образъ тѣлеснаго предмета трехъ измѣреній получается только при сліяніи и соединеніи впечатлѣній обоихъ глазъ, обстоятельство, на которомъ дальше мы остановимся подробно.

Значитъ то, что мы непосредственно воспринимаемъ, вовсе не есть прямое дѣйствіе внѣшняго возбудителя на концы нашихъ нервовъ, а только нѣкоторое передаваемое нервами измѣненіе, которое мы называемъ состояніемъ раздраженія или возбужденія нерва.

Всѣ нервныя волокна тѣла, насколько мы можемъ судить объ этомъ по собраннымъ до сихъ поръ фактамъ, обладаютъ однимъ и тѣмъ же строеніемъ, и измѣненія, которыя мы называемъ ихъ возбужденіемъ, во всѣхъ нервахъ представляютъ процессы совершенно одинаковаго характера, какъ ни разнообразна въ организмѣ дѣятельность нервовъ, ибо задача ихъ не исчерпывается упомянутой уже передачей впечатлѣній отъ внѣшнихъ органовъ къ мозгу. Нѣкоторые нервы, наоборотъ, передаютъ импульсы, порожаемые волевою дѣятельностью, отъ мозга къ мускуламъ, сокращаютъ послѣдніе и тѣмъ приводятъ члены тѣла въ движеніе.

¹⁾ „О природѣ внѣшнихъ ощущеній человѣка“ въ Кенигсбергскихъ бесѣдахъ по естествознанію. Томъ III, 1852. (См. мои „Научныя статьи“ (Wissensch. Abhandl.) Томъ II, стр. 591). „О зрѣніи человѣка, популярно научная лекція Г. Гельмгольца. Лейпцигъ. 1855“ (См. стр. 365 этого тома).

Другіе передають дѣятельные импульсы къ тѣмъ или другимъ железамъ и вызываютъ отдѣленіе секрета, или къ сердцу и сосудамъ, въ которыхъ регулируютъ кровообращеніе и т. д. Но волокна всѣхъ этихъ нервовъ представляютъ одинаковыя микроскопическія тонкія, прозрачныя какъ стекло цилиндрическія нити съ одинаковымъ, частью маслянистымъ, частью бѣлковымъ содержаниемъ. Правда, волокна эти различны по толщинѣ, но это различіе, насколько мы можемъ въ этомъ убѣдиться, зависитъ исключительно отъ второстепенныхъ обстоятельствъ; оно обусловлено или требованіями большей въ нѣкоторыхъ случаяхъ прочности или зависитъ отъ большаго или меньшаго числа необходимыхъ независимыхъ передаточныхъ путей, и не стоитъ въ болѣе тѣсной связи съ разнообразіемъ ихъ дѣятельности. Всѣ нервныя волокна, какъ показали изслѣдованія Э. Дюбуа-Реймона (E. du Bois-Reymond), одинаковымъ образомъ проявляютъ электровозбудительную силу, во всѣхъ состояніе возбужденія вызывается одними и тѣми же механическими, электрическими, химическими или температурными измѣненіями, распространяется въ обѣ стороны волокна съ одинаковой конечной скоростью, равной приблизительно ста футамъ въ секунду, и сопровождается одинаковыми измѣненіями въ ихъ электровозбудительныхъ свойствахъ. Наконецъ, всѣ они отмираютъ при однихъ и тѣхъ же условіяхъ, и свертываніе содержимаго происходитъ одинаково, представляя только нѣкоторыя кажущіяся, зависящія отъ толщины нерва, отступленія по отношенію къ густотѣ свертыванія. Однимъ словомъ, все, что мы знаемъ о разныхъ родахъ нервовъ, если при этомъ не принимать во вниманіе другихъ органовъ тѣла, съ которыми они связаны и на которыхъ при жизни обнаруживаются результаты ихъ раздраженія,— все это для разныхъ родовъ нервовъ вполнѣ одинаково. Болѣе того, въ послѣднее время двумъ французскимъ фізіологамъ, Филиппо и Вульпіану, удалось сростить верхнюю часть перерѣзаннаго чувствующаго нерва языка съ нижнимъ концомъ, также перерѣзаннаго двигательнаго нерва. Раздраженіе верхняго отрѣзка, которое при нормальныхъ условіяхъ выражается ощущеніемъ, при этомъ измѣненномъ соединеніи передается приращенному двигательному нерву и мускуламъ языка, и проявляется въ видѣ двигательнаго возбужденія.

Изъ этого мы заключаемъ, что разница, которую мы видимъ въ результатахъ раздраженія различныхъ нервныхъ стволовъ, зависитъ исключительно отъ различія органовъ, съ которыми нервъ находится въ связи и на которые онъ переноситъ свое состояніе возбужденія.

Нервы часто сравнивали съ пересѣкающими страну телеграфными проволоками; и въ самомъ дѣлѣ, это сравненіе какъ нельзя болѣе пригодно для выясненія выдающейся особенности ихъ дѣятельности, потому что телеграфная сѣть состоитъ всюду изъ однѣхъ и тѣхъ же мѣдныхъ или желѣзныхъ проволокъ, проводящихъ одинъ и тотъ же родъ движенія, именно электрической токъ, но при этомъ результаты ихъ дѣйствія на станціяхъ самыя разнообразныя, смотря по тому вспомогательному аппарату, съ которымъ онѣ соединены. То звонитъ колоколь, то приводится въ движеніе телеграфная стрѣлка или самопишущій телеграфный приборъ; то вызываются химическія разложенія, посредствомъ которыхъ записывается телеграмма. Даже сотрясенія человѣческихъ рукъ, вызываемыя электрическимъ токомъ, могутъ служить телеграфическими знаками. При кладкѣ атлантическаго кабеля В. Томсонъ замѣтилъ, что самыя слабыя сигналы могутъ быть еще различаемы, а именно путемъ вкусовыхъ ощущеній при прикосновеніи языка къ проводамъ. Для произведенія взрыва въ минѣ пользуются сильнымъ токомъ, для проведенія котораго служатъ опять-таки телеграфныя проволоки. Однимъ словомъ, каждое изъ тѣхъ сотенъ различныхъ дѣйствій, которыя вообще могутъ явиться слѣдствіемъ электрическаго тока, можетъ быть вызвано телеграфной проволокой, проведенной въ какое угодно отдаленное мѣсто, и всегда всѣ эти разнообразныя дѣйствія вызываются однимъ и тѣмъ же процессомъ въ проволокаѣ.

Такимъ образомъ телеграфныя проволоки и нервныя волокна представляютъ поразительные примѣры того положенія, что одинаковыя причины при разныхъ условіяхъ могутъ вызывать неодинаковыя результаты. Насколько теперь это положеніе кажется намъ избитымъ, настолько долго и упорно пришлось поработать человѣчеству, прежде чѣмъ оно пришло къ его признанію и замѣнило имъ предполагаемое прежде однообразіе причины и дѣйствія. Впрочемъ, едва ли можно утверждать, что и въ настоящее время мы уже вполнѣ освоились съ примѣненіемъ этого принципа. Противъ вытекающихъ изъ него слѣдствій сохранились до новѣйшаго времени предубѣжденія какъ разъ въ той области, о которой у насъ въ настоящую минуту идетъ рѣчь.

Итакъ, между тѣмъ какъ нервы мышцъ подъ вліяніемъ раздраженія, вызываютъ движенія, нервы железъ—выдѣленіе секрета, раздраженіе чувствительныхъ нервовъ сопровождается ощущеніемъ. Но намъ извѣстны очень разнообразныя роды ощущеній. Прежде всего всѣ ощущенія, относящіяся къ предметамъ внѣшняго міра, распадутся на пять, вполнѣ раздѣльныхъ одна отъ другой группъ,

соотвѣтственно пяти внѣшнимъ чувствамъ. Различіе между ними такъ велико, что даже сравненіе свѣтового, звукового или обонятельнаго ощущенія по отношенію къ ихъ качеству невозможно. Назовемъ это различіе, которое, слѣдовательно, гораздо глубже, чѣмъ различіе сравнимыхъ качествъ, различіемъ по роду (Modus) ощущеній; различіе же между ощущеніями, принадлежащими одному и тому же внѣшнему чувству, напримѣръ, различіе между свѣтовыми ощущеніями различныхъ цвѣтовъ,—различіемъ по качеству (Qualität).

Какимъ образомъ проявляетъ себя раздраженіе нерва,—будетъ ли это сокращеніе мышцъ, или выдѣленіе секрета железъ, или же извѣстнаго рода ощущеніе, это зависитъ отъ того, какого рода нервъ подвергся раздраженію; но вызываемое дѣйствіе совсѣмъ не зависитъ отъ того, какимъ путемъ раздраженіе вызвано. Въ этомъ отношеніи безразлично, будетъ ли это электрической ударъ, разрывъ или разрѣзъ нерва, смачиваніе его растворомъ поваренной соли или прикосновеніе раскаленной проволоки. Точно также—и это былъ большой шагъ впередъ, сдѣланный Иоганномъ Мюллеромъ—родъ ощущеній, получаемыхъ при раздраженіи чувствительнаго нерва, все равно, будетъ ли это ощущеніе свѣта или звука, осязательное ощущеніе, ощущеніе запаха или вкуса, зависитъ только отъ того, которому изъ внѣшнихъ чувствъ соотвѣтствуетъ раздраженный нервъ, а не отъ рода раздраженія.

Примѣнимъ это къ зрительному нерву, который въ данную минуту представляетъ для насъ главный интересъ. Прежде всего мы знаемъ, что никакого рода воздѣйствіе на какуюнибудь другую часть тѣла, кромѣ глаза и относящихся къ нему зрительныхъ нервовъ никогда не вызываетъ свѣтовыхъ ощущеній. Этому противорѣчатъ только рассказы о лунатикахъ; но мы позволимъ себѣ этимъ рассказамъ не вѣрить. Съ другой стороны, не только проникающіе извнѣ свѣтовые лучи могутъ вызвать въ глазу свѣтовые ощущенія, но и всякаго рода воздѣйствіе, способное раздражить нервъ. Самые слабые электрическіе токи, пропущенные черезъ глазъ, вызываютъ въ насъ представленіе освѣтящейся искрѣ. Ударъ или слабое надавливанье, произведенное ногтемъ на одну сторону глазного яблока, даютъ начало свѣтовымъ ощущеніямъ въ совершенно темномъ пространствѣ, при благопріятныхъ обстоятельствахъ даже довольно интенсивнымъ. При этомъ,—и это необходимо отмѣтить,—въ сѣтчатой оболочкѣ въ дѣйствительности не появляется самостоятельнаго свѣченія, какъ это думали нѣкоторые изъ прежнихъ фізіологовъ.

Свѣтовое ощущеніе можетъ быть настолько интенсивно, что необходимое для его воспроизведенія освѣщеніе сѣтчатки могло бы легко быть замѣчено другимъ наблюдателемъ снаружи черезъ зрачокъ, еслибы дѣйствительно ощущеніе вызывалось самостоятельнымъ свѣщеніемъ оболочки. Однако, ничего подобнаго не замѣчается. Надавливанье и электрической токъ дѣйствительно вызываютъ раздраженіе зрительнаго нерва и согласно закону Мюллера и свѣтовое ощущеніе, но, по крайней мѣрѣ при имѣющихъ здѣсь мѣсто условіяхъ, не получается ни малѣйшаго количества объективнаго свѣта.

Такимъ же образомъ приливъ крови къ глазу, ненормальный составъ ея, обусловленный лихорадочнымъ состояніемъ или введеніемъ въ организмъ опьяняющихъ и наркотическихъ веществъ, могутъ вызвать въ зрительномъ органѣ свѣтоты ощущенія, которымъ не соотвѣтствуетъ никакое внѣшнее свѣтовое явленіе. Даже въ тѣхъ случаяхъ, когда, вслѣдствіе поврежденія или операціи, одинъ глазъ совсѣмъ устраненъ, болѣзненная воспримчивость раненаго конца нерва можетъ еще вызывать фантастическія свѣтоты ощущенія. Изъ этого слѣдуетъ прежде всего, что особенность свѣтоты ощущеній, отличающая ихъ отъ всѣхъ ощущеній другого рода, не зависитъ отъ какихъ либо исключительныхъ свойствъ извнѣ приходящаго, объективнаго свѣта; напротивъ того, всякое воздѣйствіе, способное привести зрительный нервъ въ состояніе возбужденія, вызываетъ свѣтовое ощущеніе, до того сходное съ тѣмъ, какое получается отъ непосредственнаго дѣйствія свѣтоты лучей, что ихъ нельзя отличить другъ отъ друга; поэтому люди, незнакомые съ законами этихъ явленій, легко могутъ придти въ такихъ случаяхъ къ ошибочному заключенію, что имѣютъ дѣло съ настоящимъ объективнымъ свѣтовымъ явленіемъ. Слѣдовательно, исходящій извнѣ свѣтъ вліяетъ на зрительный нервъ совсѣмъ такъ же, какъ могутъ вліять на него и агенты совсѣмъ другого рода. Въ одномъ только отношеніи свѣтоты лучи имѣютъ, дѣйствительно, преимущество передъ другими средствами раздраженія глазнаго нерва. А именно: зрительный нервъ, скрытый въ глубинѣ упругаго глазнаго яблока, въ костяной глазной впадинѣ, почти совсѣмъ уединенъ отъ дѣйствія другихъ раздражителей; онъ доступенъ для нихъ только въ исключительныхъ случаяхъ, тогда какъ свѣтоты лучи могутъ беспрепятственно и въ теченіе любого промежутка времени проникать къ нему черезъ прозрачную среду глаза. Съ другой стороны, и зрительный нервъ, благодаря находящимся на концахъ его волоконъ особымъ концевымъ органамъ, колбочкамъ и па-

лочкамъ сѣтчатки, несравненно болѣе чувствителенъ къ свѣтовымъ лучамъ, чѣмъ какой либо другой нервной аппаратъ нашего тѣла, такъ какъ на послѣдніе лучи дѣйствуютъ только въ томъ случаѣ, если они достаточно сконцентрированы для того, чтобы произвести замѣтное повышеніе температуры.

Этимъ обстоятельствомъ объясняется то, что для насъ ощущеніе въ зрительномъ нервномъ аппаратѣ является самымъ обыкновеннымъ чувственнымъ признакомъ присутствія свѣта въ полѣ зрѣнія, вслѣдствіе чего мы всегда связываемъ свѣтовое ощущеніе съ представленіемъ о свѣтѣ даже въ томъ случаѣ, когда его на самомъ дѣлѣ нѣтъ. Между тѣмъ стоитъ только обратить вниманіе на всю совокупность фактовъ и связь ихъ между собой, чтобы убѣдиться, что свѣтъ есть только одинъ изъ факторовъ, способныхъ привести зрительный нервъ въ состояніе раздраженія, и что, слѣдовательно, никоимъ образомъ нельзя допустить существованія исключительнаго соотношенія между свѣтомъ и свѣтовымъ ощущеніемъ.

Разсмотрѣвъ такимъ образомъ дѣйствіе раздражителей на нервы внѣшнихъ чувствъ вообще, перейдемъ къ изученію качественныхъ различій въ свѣтовыхъ ощущеніяхъ въ частности, а именно къ ощущеніямъ различныхъ цвѣтовъ и прослѣдимъ главнымъ образомъ, насколько эти различія въ ощущеніяхъ соотвѣтствуютъ различіямъ, существующимъ въ окружающемъ насъ физическомъ мірѣ.

Въ физикѣ доказывается, что свѣтъ есть волнообразно распространяющееся колебательное движеніе упругой среды, заполняющей вселенную и называемой свѣтовымъ эфиромъ. Движеніе это подобно тому, какое мы наблюдаемъ, напримѣръ, на гладкой поверхности воды, когда отъ упавшаго въ воду камня кругами разбѣгаются волны. Оно аналогично также тѣмъ сотрясеніямъ, которыя въ видѣ звука распространяются въ окружающемъ насъ воздухѣ; разница только въ томъ, что сфера распространенія свѣта и быстрота, съ которой колеблются отдѣльныя частицы, приводимыя въ движеніе свѣтовой волной, гораздо больше сферы распространенія и быстроты движенія водяныхъ и звуковыхъ волнъ.

Исходящіе отъ солнца свѣтовые лучи по относительной величинѣ волнъ значительно разнятся другъ отъ друга; вѣдь и на водяной поверхности мы наблюдаемъ то легкую рябь, т. е. короткія волны, гряды которыхъ отдѣлены другъ отъ друга разстояніемъ въ нѣсколько дюймовъ, то широкія волны океана: впадины

ихъ между пѣнящимися гребнями достигаютъ иногда 60 и даже 100 футовъ ширины.

Но какъ высокія и низкія, короткія и длинныя волны на водной поверхности отличаются другъ отъ друга не по характеру движенія, а только по величинѣ, подобно этому и распространяемые солнцемъ свѣтотыя волны отличаются другъ отъ друга по силѣ и длинѣ, но въ то же время всѣ представляютъ одинъ и тотъ же родъ движенія; всѣ обнаруживаютъ одни и тѣ же, но, конечно, нѣсколько различныя, въ зависимости отъ длины волнъ, замѣчательныя физическія свойства отраженія, преломленія, интерференціи, диффракціи и поляризаціи. Отсюда мы можемъ заключить, что во всѣхъ свѣтовыхъ волнахъ движеніе свѣтового эфира одинаково. Необходимо упомянуть о томъ, что явленія интерференціи, въ которыхъ свѣтъ, подъ вліяніемъ однороднаго ему свѣта, то ослабѣваетъ, то усиливается, въ зависимости отъ длины пройденнаго пути, являются доказательствомъ, что всѣ свѣтотыя явленія представляютъ колебательное волнообразное движеніе; затѣмъ явленія поляризаціи, въ которыхъ различныя стороны луча показываютъ различныя свойства, приводятъ къ заключенію, что направленіе колебанія движущихся частицъ перпендикулярно направленію распространенія луча.

Лучи, о которыхъ мы говорили, при всемъ своемъ разнообразіи, обладаютъ однимъ, общимъ для всѣхъ, свойствомъ: они нагрѣваютъ на земной поверхности тѣла, на которыя падаютъ, и вслѣдствіе этого и въ нашей кожѣ всѣ безъ исключенія вызываютъ теплое ощущеніе.

Что касается глаза, то въ немъ только нѣкоторыя изъ эфирныхъ колебаній вызываютъ ощущеніе свѣта. Такъ лучи съ значительной длиной волны, которые мы должны были бы сравнивать съ большими волнами океана, для глаза совсѣмъ не ощутимы; мы называемъ ихъ поэтому темной лучистой теплотой; такіе лучи исходятъ, на примѣръ, отъ горячей, но не раскаленной печи; они грѣютъ, но не свѣтятъ.

Лучи очень малой длины волны, которые, слѣдовательно, соотвѣтствуютъ самой слабой ряби, вызываемой на поверхности пруда легкимъ дуновеніемъ вѣтра, вызываютъ въ нашемъ глазу также ощущеніе свѣта настолько слабое, что и ихъ обыкновенно считаютъ невидимыми и называютъ темными химическими лучами. Между очень длинными и очень короткими волнами эфира находятся волны средней длины; ихъ дѣйствіе на глазъ очень сильно, хотя въ физическомъ отношеніи онѣ не отличаются существенно отъ темныхъ тепловыхъ и химическихъ лучей. Различіе заключается

только въ длинѣ волнъ и въ связанныхъ съ нею физическихъ свойствахъ.

Эти то средніе лучи мы называемъ свѣтомъ, потому что только они одни производятъ въ насъ извѣстное свѣтовое впечатлѣніе.

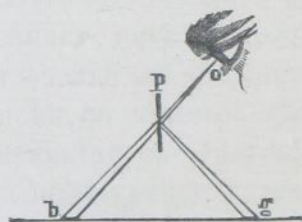
Испытываемыя нами тепловыя ощущенія настолько отличаются отъ свѣтовыхъ ощущеній глаза, что лѣтъ 30 тому назадъ было общепринятымъ мнѣніе, что тепловое начало этихъ лучей и свѣтовое принадлежатъ къ двумъ совершенно разнымъ родамъ лучеиспусканія. Однако новѣйшія, самыя тщательныя изслѣдованія указываютъ на то, что оба эти свойства въ доступныхъ глазу видимыхъ лучахъ вполне тождественны и неразрывно связаны другъ съ другомъ. Какимъ бы оптическимъ процессамъ мы ни подвергали свѣтовой лучъ, мы не въ состояніи ослабить его силу свѣта, не уменьшая въ то же время и въ томъ же отношеніи его тепловую или химическую энергію. Всякій процессъ, прекращающій колебательное движеніе эфира, уничтожаетъ вмѣстѣ съ тѣмъ и всѣ проявленія этого движенія: свѣтъ, теплоту, химическое дѣйствіе, возбужденіе флюоресценціи и такъ далѣе.

Колебанія эфира, сильно дѣйствующія на глазъ и называемыя нами свѣтомъ, вызываютъ, смотря по длинѣ ихъ свѣтовой волны, впечатлѣніе того или другого цвѣта. Тѣ изъ нихъ, которымъ соотвѣтствуетъ наибольшая длина волны, производятъ впечатлѣніе краснаго цвѣта; затѣмъ слѣдуютъ съ постепенно уменьшающейся длиной волны—оранжевыя, желтыя, зеленыя, синія и фіолетовыя; послѣдніе изъ свѣтовыхъ лучей обладаютъ наименьшей длиной волны. Этотъ порядокъ цвѣтовъ всѣмъ хорошо знакомъ: онъ повторяется въ радугѣ. Въ томъ же порядкѣ наблюдаемъ мы цвѣта, направляя на свѣтъ стеклянную призму; наконецъ, алмазь, переливая цвѣтами, разсѣиваетъ ихъ по всѣмъ направленіямъ опять таки въ томъ же порядкѣ. Въ названныхъ прозрачныхъ срединахъ составляющіе бѣлый свѣтъ различно окрашенные свѣтовые лучи, благодаря различію въ ихъ способности преломляться, о которой упоминалось уже въ первой статьѣ, отдѣляются другъ отъ друга, разсѣиваясь, и каждый является окрашеннымъ въ цвѣтъ, соотвѣтствующій длинѣ его волны. Цвѣта различныхъ простыхъ лучей лучше всего видны въ призматическомъ спектрѣ тонкой свѣтящейся линіи; это самыя яркіе и самыя насыщенные цвѣта изъ всѣхъ тѣхъ, какіе мы видимъ въ окружающемъ насъ мірѣ.

Соединяя нѣсколько изъ такихъ цвѣтовъ въ одинъ, мы получаемъ впечатлѣніе новаго, обыкновенно болѣе или менѣе бѣловатаго цвѣта. Если смѣшать элементарныя цвѣтныя лучи какъ разъ въ тѣхъ относительныхъ количествахъ, въ какихъ они содержатся

въ солнечномъ свѣтѣ, смѣсь произведетъ на глазъ впечатлѣніе бѣлаго цвѣта. Наоборотъ, въ случаѣ преобладанія въ этой смѣси лучей бѣльшей, средней или меньшей длины волны, смѣсь эта будетъ казаться намъ или красноватобѣлой, или зеленоватобѣлой, или синеватобѣлой и т. д. Всякій, кто когда либо видалъ живописца за работой, знаетъ, что смѣсь двухъ красокъ даетъ новую. При этомъ, если въ частности результаты смѣшенія цвѣтныхъ лучей во многомъ и не согласуются съ результатами смѣшенія красокъ, то въ общемъ, по крайней мѣрѣ, оба случая даютъ сходное для глаза впечатлѣніе. Освѣщая бѣлый экранъ или даже какую нибудь точку нашей сѣтчатки одновременно двумя разнородными лучами, мы также, вмѣсто двухъ разныхъ, видимъ одинъ составной цвѣтъ, смѣсь цвѣтовъ, болѣе или менѣе отличающуюся отъ каждаго изъ первоначально взятыхъ.

Различіе, существующее между смѣшеніемъ красокъ и смѣшеніемъ цвѣтныхъ лучей, наиболѣе рѣзко выступаетъ въ слѣдующемъ: живописецъ, смѣшивая желтую краску съ синей, получаетъ зеленую, между тѣмъ какъ желтый и синій лучи въ соединеніи даютъ бѣлый свѣтъ. Самый простой способъ смѣшенія разнороднаго свѣта указанъ на фиг. 7; буква *p* обозначаетъ небольшую полированную стеклянную пластинку, *b* и *g* — двѣ цвѣтныхъ облатки. Наблюдатель видитъ *b* сквозь пластинку, другую же облатку — *g* видитъ онъ вслѣдствіе отраженія въ пластинкѣ. Стоитъ только подобрать соотвѣтственное положеніе для *g*, и его отраженное изображеніе какъ разъ совпадаетъ съ *b*, причемъ покажется, что въ *b* видимъ только одну облатку, окрашенную въ цвѣтъ, представляющій смѣсь цвѣтовъ обѣихъ облатокъ. Въ этомъ случаѣ дѣйствительно происходитъ соединеніе двухъ лучей; лучъ отъ *b*, проникая черезъ пластинку *p*, на пути отъ *p* до глаза *O* и на сѣтчаткѣ сливается съ лучомъ, идущимъ отъ *g* и отраженнымъ отъ пластинки *p*. Значитъ, вообще разнородный свѣтъ, содержащій лучи разныхъ длинъ волнъ, производитъ на глазъ различное впечатлѣніе, а именно впечатлѣніе того или другого цвѣта. Но доступное глазу разнообразіе оттѣнковъ гораздо меньше дѣйствительнаго числа возможныхъ соединеній цвѣтовъ въ сложные, попадающихъ извнѣ въ нашъ глазъ. Сѣтчатка не отличаетъ бѣлаго цвѣта, составленнаго только изъ яркочерныхъ и синеватозеленыхъ лучей, отъ того, какой даютъ въ смѣси лучи зеленоватожелтый и фіолетовый, или желтый и ультрамаринный, или красный съ зеленымъ и фіоле-



Фиг. 7.

товымъ, или, наконецъ, всѣ цвѣта спектра вмѣстѣ. Всѣ эти смѣси кажутся намъ одинаково бѣлыми. Но въ физическомъ отношеніи онѣ очень различны. Нѣтъ даже возможности указать на какое бы то ни было сходство между этими смѣсями въ физическомъ отношеніи, если, конечно, исключить одинаковость производимаго ими на глазъ впечатлѣнія. Такъ, напримѣръ, поверхность, освѣщенная краснымъ и зеленоватосинимъ свѣтомъ, на фотографическомъ снимкѣ оказалась бы черной, а другая, освѣщенная желтоватозеленымъ и фіолетовымъ, напротивъ того, очень свѣтлой, хотя обѣ поверхности представляются нашему глазу одинаково бѣлыми. Освѣщая окрашенныя тѣла такимъ на различные лады составленнымъ бѣлымъ свѣтомъ, мы получили бы опять-таки впечатлѣніе различно освѣщенныхъ и окрашенныхъ тѣлъ. Разница между подобными бѣлыми лучами обнаруживается при разложеніи ихъ призмой, а также, когда мы смотримъ на нихъ черезъ цвѣтное стекло.

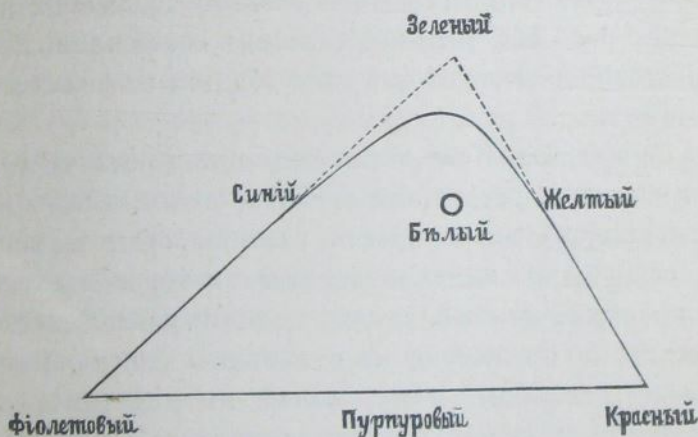
Подобно чисто бѣлому свѣту мы можемъ получить и другіе, не слишкомъ насыщенные цвѣта, подбирая и смѣшивая различные простые лучи такимъ образомъ, чтобы въ результатѣ глазъ не отличалъ бы одного цвѣта отъ другого, несмотря на разницу въ ихъ составѣ; но ни въ химическомъ, ни въ физическомъ отношеніи такіе по внѣшнему виду сходные два цвѣта не могутъ считаться одинаковыми.

Еще Ньютонъ указалъ простой способъ нагляднаго геометрическаго изображенія всѣхъ различаемыхъ глазомъ цвѣтныхъ ощущеній, построения, при помощи котораго и законъ смѣшенія цвѣтовъ можетъ быть выраженъ сравнительно легко. Представимъ себѣ расположенный въ извѣстномъ порядкѣ по окружности круга рядъ основныхъ цвѣтовъ спектра; начинаясь краснымъ и постепенно переходя черезъ всѣ цвѣта радуги, рядъ заканчивается фіолетовымъ цвѣтомъ; промежутокъ между фіолетовымъ и краснымъ концами заполненъ пурпуровымъ цвѣтомъ, который съ одной стороны переходитъ въ болѣе синеватый фіолетовый, а съ другой— въ болѣе желтоватый яркокрасный цвѣтъ спектра. Въ центрѣ круга помѣстимъ бѣлый цвѣтъ, а по направленію радіусовъ, идущихъ отъ середины къ периферіи, расположимъ съ постепенными переходами тѣ цвѣта, которые получаются отъ смѣшенія соответствующихъ насыщенныхъ периферическихъ цвѣтовъ съ бѣлымъ. Такой кругъ дастъ намъ всѣ оттѣнки, какіе могутъ дать различные цвѣта при условіи одинаковой интенсивности освѣщенія.

Оказывается, что въ подобной таблицѣ можно подобрать распределеніе отдѣльныхъ тоновъ и количество цвѣтныхъ лучей въ

каждомъ изъ нихъ такимъ образомъ, что является возможность найти положеніе нѣкотораго равнодѣйствующаго количества лучей, двухъ тоновъ, поступаая подобно тому, какъ поступаютъ при опред. центра тяжести двухъ вѣсомыхъ массъ, пропорціональныхъ даннымъ количествамъ лучей. Иначе говоря, въ правильно составленной таблицѣ составные цвѣта каждаго двухъ тоновъ находятся на прямой, соединяющей мѣста обоихъ тоновъ, причемъ тѣ изъ нихъ, которые содержатъ одинъ изъ тоновъ въ бѣльшей степени, чѣмъ другой, расположены къ нему тѣмъ ближе, чѣмъ больше въ нихъ этого тона и чѣмъ меньше другого.

Но при вышесказанномъ распредѣленіи оказывается, что основные цвѣта спектра, которые, будучи самыми насыщенными цвѣтами въ природѣ, должны стоять дальше всего отъ средняго бѣлаго цвѣта, т. е. на краю таблицы, не могутъ быть расположены по окружности круга. Фигура скорѣе обращается въ контуръ съ тремя выступами, соответствующими красному, зеленому и фіолетовому цвѣтамъ, такъ что общій видъ приближается, пожалуй, къ



Фиг. 8.

треугольнику съ закругленными углами. Такой треуг. изображенъ на фиг. 8-й. Контуръ обозначаетъ кривую, образуемую цвѣтами спектра, а кружокъ въ серединѣ—бѣлый цвѣтъ¹⁾.

Въ углахъ помѣщаются упомянутые основные цвѣта, а по сторонамъ треугольника—переходные, изъ краснаго въ зеленый черезъ желтый, изъ зеленаго въ фіолетовый черезъ зеленоватосиній и ультрамариновый и изъ фіолетоваго въ красный черезъ пурпуровый. Между тѣмъ какъ Ньютонъ пользовался пространственнымъ

¹⁾ Послѣ опытовъ И. И. Мюллера я по прежнему принялъ за основной цвѣтъ фіолетовый, тогда какъ въ первомъ изданіи этихъ статей я склонился въ сторону Максвелла, который основнымъ считаетъ синій.

изображеніемъ системы цвѣтныхъ ощущеній, расположенной, впрочемъ, нѣсколько иначе, чѣмъ описанная нами, только какъ средствомъ для нагляднаго обзора всей совокупности фактовъ, относящихся къ этой области, Максвеллу удалось въ послѣднее время и въ количественномъ отношеніи доказать полную справедливость положеній, выражаемыхъ этой наглядной картиной. Онъ достигъ этого, смѣшивая цвѣта при помощи быстро вращающихся круговъ, секторы которыхъ окрашены въ различные цвѣта. Когда вращательное движеніе такого круга настолько ускоряется, что глазъ не въ состояніи услѣдить за отдѣльными цвѣтными секторами, тогда цвѣта этихъ послѣднихъ сливаются въ однородный составной цвѣтъ, причемъ количество свѣта, соотвѣтствующаго каждому отдѣльному тону, прямо опредѣлено шириною окрашеннаго въ этотъ цвѣтъ сектора. Образующіеся при этомъ составные цвѣта ничѣмъ не отличаются отъ тѣхъ, которые получились бы при непрерывномъ одновременномъ освѣщеніи той же плоскости соотвѣтствующими цвѣтными лучами, что и можетъ быть доказано помощью опыта. Этимъ путемъ мѣра и число вводятся и въ область цвѣтовъ, которая, казалось бы, для нихъ совершенно недоступна, и все качественное разнообразіе ихъ сводится къ количественнымъ соотношеніямъ.

Отсюда и всѣ различія въ тонахъ ограничиваются тремя, которые мы можемъ назвать различіями оттѣнка, насыщенности и яркости.

Подъ оттѣнкомъ мы понимаемъ различіе, существующее между разными основными цвѣтами спектра, которое мы обозначаемъ словами: красный, желтый, зеленый, синій, фіолетовый, пурпуровый. Значить, по отношенію къ оттѣнкамъ цвѣта образуютъ замкнутый рядъ, подобный тому, какой мы получимъ, соединивъ конечные цвѣта радуги пурпуровымъ тономъ и расположивъ всѣ цвѣта въ описанномъ раньше порядкѣ по самому краю таблицы. Наибольшей насыщенностью обладаютъ цвѣта спектра (это справедливо по крайней мѣрѣ для тѣхъ цвѣтовъ, источникомъ которыхъ является объективный свѣтъ; зрительныя ощущенія вообще могутъ достигать и высшей степени насыщенности, какъ мы увидимъ далѣе); она уменьшается по мѣрѣ увеличенія примѣси бѣлыхъ лучей. Такъ, розовый цвѣтъ есть бѣловатый пурпуровый; тѣлесный—бѣловатый красный; свѣтложелтый, свѣтлозеленый, голубой и т. д. такіе же малонасыщенные, разжиженные бѣлыми лучами цвѣта. Всѣ смѣшанные тоны вообще менѣе насыщены, чѣмъ основные цвѣта спектра. Наконецъ, можетъ быть еще рѣчь о непередаваемомъ вышеприведенной таблицей различіи въ яркости, въ интенсивности освѣщенія. Пока мы рассматриваемъ цвѣтные

лучи, это различіе въ яркости выражается только количественно, а не качественно. Въ этомъ случаѣ черный цвѣтъ не что иное какъ темнота, т. е. просто отсутствіе свѣта. Но когда дѣло идетъ объ окраскѣ того или другого предмета, черный цвѣтъ настолько же соотвѣтствуетъ опредѣленной особенностямъ какой нибудь поверхности, отражающей свѣтовые лучи, насколько и бѣлый, и съ такимъ же правомъ, какъ и послѣдній, можетъ быть названъ цвѣтомъ. Дѣйствительно, въ разговорной рѣчи мы находимъ еще цѣлый рядъ терминовъ, характеризующихъ цвѣта малой яркости. Мы называемъ ихъ темными, если они, посылая въ глазъ наблюдателя мало цвѣтныхъ лучей, вмѣстѣ съ тѣмъ насыщены,—сѣрыми, если они бѣловаты. Такъ темносиній цвѣтъ есть насыщенный, но слабоосвѣщенный синій; сѣроватосиній—слабоосвѣщенный и вмѣстѣ съ тѣмъ бѣловатый синій цвѣтъ. Вмѣсто послѣдняго обозначенія для нѣкоторыхъ цвѣтовъ подбираютъ еще особенныя названія. Такъ красно-бурый, коричневый, оливковый—все это неяркіе, то болѣе, то менѣе насыщенные оттѣнки краснаго, желтаго и зеленаго.

Такимъ образомъ, все разнообразіе въ сочетаніяхъ цвѣтныхъ лучей, разъ дѣло идетъ объ ощущеніяхъ, можетъ быть сведено всего къ тремъ родамъ различій: различіе въ оттѣнкѣ, въ насыщенности и въ яркости. Эти термины и употребляются въ системѣ цвѣтовъ. Но мы можемъ выразить это тройкое различіе еще и иначе.

Выше я замѣтилъ, что правильно построенная таблица цвѣтовъ по фигурѣ приближается къ треугольнику. Предположимъ на время, что она дѣйствительно представляетъ прямолинейный треугольникъ, соотвѣтственно пунктирной линіи на фиг. 8; такимъ образомъ мы уклоняемся отъ дѣйствительнаго положенія дѣла, но впослѣдствіи мы примемъ это уклоненіе во вниманіе. Пусть въ углахъ расположены цвѣта: красный, зеленый и фіолетовый; тогда по ранѣе установленному закону всѣ тона по сторонамъ и внутри треугольника получатся путемъ смѣшенія трехъ цвѣтовъ на углахъ треугольника. Значитъ, все разнообразіе тоновъ сводится въ такомъ случаѣ къ разнаго рода сочетаніямъ трехъ основныхъ цвѣтовъ, взятыхъ въ различныхъ пропорціяхъ. Основными цвѣтами лучше всего избрать три вышеуказанные цвѣта. Цвѣта красный, желтый и синій, которые въ прежнее время, руководясь смѣшеніемъ красокъ въ живописи, принимали за основные, основными считаться не могутъ: лучи желтый и синій вмѣстѣ зеленаго луча не даютъ. Наглядно выступаетъ особенность, характеризующая эту зависимость всѣхъ цвѣтныхъ ощущенийъ отъ способа сочетанія трехъ основныхъ цвѣтовъ, если мы сравнимъ въ этомъ отношеніи органъ слуха съ органомъ зрѣнія.

Какъ я упомянулъ уже ранѣе, звукъ есть также волнообразно распространяющееся колебательное движеніе; и при звукѣ мы должны различать системы волнъ съ различной длиною волны, вызывающія въ нашемъ ухѣ ощущенія, различныя по качеству. А именно, колебанія съ большой длиною волны производятъ на него впечатлѣніе низкихъ тоновъ, съ малой—высокихъ.

Можетъ случиться, что одновременно достигнуть нашего уха нѣсколько системъ волнъ, т. е. нѣсколько звуковъ. Но въ ухѣ сліяніе ихъ не вызываетъ впечатлѣнія одного смѣшаннаго тона, подобно тому, какъ ощущеніе двухъ цвѣтовъ въ одно время и въ одномъ мѣстѣ сливается въ ощущеніе одного смѣшаннаго цвѣта. Мы не можемъ замѣнить одновременно раздающіеся звуки *C* и *E* хотя бы звукомъ *D*, не измѣнивъ при этомъ совершенно производимаго ими на ухо впечатлѣнія; для глаза же замѣна краснаго и желтаго цвѣтовъ оранжевымъ не замѣтна. Даже самый сложный аккордъ въ цѣломъ оркестрѣ производитъ совершенно иное впечатлѣніе, если одинъ изъ его тоновъ замѣнить другимъ или двумя другими. Невозможно подобрать двухъ аккордовъ, составленныхъ изъ различныхъ тоновъ, которые звучали бы, по крайней мѣрѣ для привычнаго уха, совершенно одинаково. Если бы ухо относилось къ звукамъ такъ же, какъ глазъ относится къ цвѣтамъ, то каждый аккордъ могъ бы вполне быть замѣненъ сопоставленіемъ всего трехъ постоянныхъ звуковъ: одного очень низкаго, одного средняго и одного очень высокаго, стоило бы только въ каждомъ отдѣльномъ случаѣ соотвѣтственнымъ образомъ подобрать высоту каждаго изъ нихъ. Вся музыка сводилась бы въ такомъ случаѣ къ разнаго рода сочетаніямъ всего изъ трехъ основныхъ тоновъ.

Но мы, напротивъ того, видимъ, что аккордъ только въ томъ случаѣ вызываетъ постоянно одно и то же слуховое ощущеніе, если сила звука каждаго заключающагося въ немъ тона остается неизмѣнной. Слѣдовательно, для полной и точной характеристики аккорда сила звука каждаго отдѣльнаго тона должна быть точно опредѣлена. Подобнымъ же образомъ физическая природа составнаго свѣта можетъ быть вполне опредѣлена только путемъ точнаго измѣренія силъ, входящихъ въ составъ его отдѣльныхъ лучей. Съ другой стороны, въ солнечномъ свѣтѣ, равно какъ и въ свѣтѣ большей части звѣздъ и огней, мы видимъ непрерывный переходъ одного цвѣта въ другой черезъ безчисленный рядъ оттѣнковъ. Поэтому, для точной характеристики такого свѣта въ физическомъ отношеніи, намъ пришлось бы опредѣлить интенсивность свѣта безконечнаго множества элементовъ. Что же касается

ощущеній нашего глаза, то здѣсь мы различаемъ только мѣняющуюся интенсивность трехъ элементовъ.

Въ сложныхъ аккордахъ цѣлаго оркестра привычное въ музыкальномъ отношеніи ухо непосредственно различить отдѣльные тоны каждаго инструмента. Физикъ же не въ состояніи непосредственно глазомъ опредѣлить составъ свѣта; ему необходимо прибѣгнуть къ инструменту и вооружиться призмой, разлагающей сложный свѣтъ на его составныя части; тогда только становится яснымъ различіе въ составѣ свѣтового луча. По темнымъ и свѣтлымъ линиямъ, содержащимся въ спектрѣ, онъ отличаетъ свѣтъ одной постоянной звѣзды отъ свѣта другой; онъ узнаетъ, какіе химическіе элементы содержатся въ пламени тѣхъ или другихъ земныхъ источниковъ свѣта, въ раскаленной атмосферѣ солнца, неподвижныхъ звѣздъ и туманныхъ пятенъ. Фактъ, что самое сочетаніе лучей въ свѣтѣ каждаго источника представляетъ характерныя и неуничтожаемыя физическія особенности, послужилъ основаніемъ спектральному анализу, этому блестящему изобрѣтенію послѣднихъ лѣтъ, открывшему доступъ химическимъ изслѣдованіямъ въ самыя отдаленныя мѣста небеснаго пространства.

Чрезвычайно интересно, что попадаютъ, и довольно часто, глаза, для которыхъ различія въ тонахъ сводятся къ системѣ еще болѣе простой, а именно къ смѣшенію только двухъ цвѣтовъ. Такое свойство глазъ называется цвѣтной слѣпотой, потому что люди, страдающіе ею, смѣшиваютъ между собой оттѣнки нѣкоторыхъ такихъ цвѣтовъ, въ которыхъ обыкновенный глазъ не видитъ никакого сходства. Но другіе цвѣта они различаютъ вполне опредѣленно и, какъ кажется, проявляютъ въ этомъ случаѣ даже большую остроту, чѣмъ люди съ нормальнымъ зрѣніемъ. Чаше всего встрѣчаются глаза, страдающіе красной слѣпотой, то-есть такіе, которые въ системѣ цвѣтовъ вовсе не различаютъ краснаго цвѣта и всѣхъ тѣхъ особенностей въ тонахъ, которыя обуславливаются примѣсью краснаго; всѣ цвѣта представляются имъ оттѣнками синяго и зеленаго или, какъ они говорятъ, желтаго цвѣта. Такимъ образомъ цвѣтъ яркокрасный, тѣлесный, бѣлый и зеленоватоголубой кажутся имъ вполне тождественными или же, въ лучшемъ случаѣ, различающимся только по яркости; также и пурпуровый, фіолетовый и синій, или красный, оранжевый, желтый и зеленый. Яркокрасные цвѣты герани въ ихъ глазахъ принимаютъ тотъ же оттѣнокъ, какъ и листья этого растенія; они не въ состояніи отличить на желѣзной дорогѣ краснаго сигнальнаго фонаря отъ зеленаго. Красная часть спектра для нихъ невидима, и даже очень насыщенный красный цвѣтъ кажется имъ

почти чернымъ. Рассказываютъ, что одинъ шотландскій пасторъ, страдавшій красной слѣпотой, былъ введенъ въ странное заблужденіе: онъ выбралъ себѣ на таларъ краснаго сукна, принявъ его за черное.

Въ этой области мы снова наталкиваемся на удивительную неоднородность сѣтчатки. Во-первыхъ, каждый человѣкъ страдаетъ красной слѣпотой въ периферическихъ частяхъ поля зрѣнія. Въ цвѣткѣ герани, передвигаемомъ взадъ и впередъ по краю поля зрѣнія, можно различить движущійся предметъ, но цвѣтъ его опредѣлить нельзя; если же двигать его передъ пучкомъ листьевъ того же растенія, то онъ ничѣмъ не отличается отъ зеленого цвѣта листьевъ. Вообще же все красное, если только оно не находится прямо передъ глазами, кажется гораздо темнѣе. Полоса красной слѣпоты шире всего въ обращенной къ носу части поля зрѣнія, а, по новѣйшимъ изслѣдованіямъ Войнова, на самомъ краю поля зрѣнія существуетъ даже узкая зона, для которой вовсе не существуетъ различія въ цвѣтахъ; ею ощущается только различіе въ яркости. Въ этой крайней зонѣ все кажется бѣлымъ, сѣрымъ или чернымъ; вѣроятно здѣсь расположены волокна, чувствительныя исключительно только къ зеленому цвѣту.

Во-вторыхъ, какъ я уже упоминалъ, средняя часть сѣтчатки окрашена вокругъ центрального углубленія въ желтый цвѣтъ; вслѣдствіе этого всѣ голубые цвѣта какъ разъ посреди поля зрѣнія кажутся нѣсколько темными. Это особенно замѣтно въ смѣшеніяхъ краснаго и голубоватозеленаго цвѣта. Такая смѣсь, расположенная въ центрѣ поля зрѣнія, кажется бѣлой, но уже въ небольшомъ разстояніи отъ центра голубой цвѣтъ становится преобладающимъ; наоборотъ, если расположенныя по краямъ поля зрѣнія пространства кажутся бѣлыми, къ центру бѣлый цвѣтъ постепенно переходитъ въ красный. Но и эти различія между частями поля зрѣнія сглаживаются, благодаря постоянной подвижности взгляда. Мы уже знаемъ напередъ, при часто встрѣчающихся въ природѣ бѣловатыхъ и тусклыхъ тонахъ, какого рода впечатлѣніямъ, испытываемымъ центральными частями сѣтчатки, соотвѣтствуютъ впечатлѣнія, испытываемыя ея краями; вслѣдствіе этого о цвѣтахъ тѣлъ мы судимъ непосредственно по тому ощущенію, какое они вызвали бы именно въ центральной области сѣтчатки. И въ этомъ случаѣ только рѣже встрѣчающееся сочетание цвѣтовъ или особенная напряженность вниманія можетъ заставить насъ замѣтить разницу, если только мы не задались заранѣе цѣлью усмотрѣть эту разницу. Теорія цвѣтовъ съ ея странными и запутанными условіями представляла загадку, раз-

рѣшеніе которой стоило не малаго, но безуспѣшнаго труда не только нашему великому поэту ¹⁾, но и намъ—физикамъ и физиологамъ. Считаю и себя въ ихъ числѣ, потому что самъ много стараній и времени потратилъ въ этомъ направленіи, собственно вовсе не приближаясь къ цѣли, пока, наконецъ, не замѣтилъ, что уже въ началѣ нынѣшняго столѣтія найдено и давно опубликовано изумительно простое разрѣшеніе загадки. Рѣшеніе это дано тѣмъ самымъ Томасомъ Юнгомъ, который въ загадкѣ Египетскихъ іероглифовъ напалъ на первый вѣрный слѣдъ къ ихъ разбору. Это былъ одинъ изъ самыхъ остроумныхъ людей, когда либо жившихъ на землѣ; несчастье его заключалось въ томъ, что онъ далеко въ этомъ отношеніи опередилъ своихъ современниковъ. Правда, они смотрѣли на него съ удивленіемъ, но не могли слѣдовать повсюду за смѣлымъ полетомъ его мысли, и такимъ образомъ многія изъ его идей, имѣвшихъ очень важное значеніе, оставались погребенными и забытыми въ большихъ фоліантахъ Лондонскаго Королевскаго Общества, пока позднѣйшее поколѣніе, медленно подвигаясь впередъ, не пришло къ тѣмъ же открытіямъ, которыя были уже имъ сдѣланы, и не убѣдилось въ вѣрности и опредѣленности его заключеній.

Излагая здѣсь его теорію цвѣтовъ, я вмѣстѣ съ тѣмъ прошу читателя обратить вниманіе на то, что заключенія о сущности зрительныхъ ощущеній, которыя будутъ сдѣланы впоследствии, вполне независимы отъ того, что есть гадательнаго въ этой теоріи.

Томасъ Юнгъ допускаетъ, что глазъ снабженъ тремя родами нервныхъ волоконъ, изъ которыхъ одни, при какомъ бы то ни было раздраженіи, вызываютъ ощущеніе краснаго цвѣта, вторые ощущеніе зеленаго, третьи—фіолетоваго. Онъ допускаетъ далѣе, что первые сильнѣе всего раздражаются колебаніями свѣтового эфира сравнительно большой длины волны; зеленые (т. е. дающіе ощущеніе зеленаго цвѣта) колебаніями средней длины волны, фіолетовые—наконецъ, лучами наименьшей длины волнъ. Такъ красная часть спектра раздражаетъ только одну систему волоконъ,—именно, волокна перваго рода и потому какъ разъ эта часть должна казаться намъ красной; на ряду съ этимъ при переходѣ отъ красной къ другимъ частямъ спектра замѣтнымъ становится раздраженіе второго рода волоконъ (зеленыхъ); этимъ обусловлено смѣшанное ощущеніе желтаго цвѣта. Средняя часть спектра раздражаетъ преимущественно волокна, воспринимающія зеленые лучи: господствующимъ является ощущеніе зеленаго цвѣта. Тамъ

¹⁾ Гёте (ред.).

же, гдѣ это ощущеніе соединяется съ ощущеніемъ фіолетоваго цвѣта, получается синій цвѣтъ. На наиболѣе преломляемомъ концѣ спектра преобладаетъ ощущеніе фіолетоваго ¹⁾. Мы видимъ, что это предположеніе есть только дальнѣйшая специализація закона о специфическихъ органахъ чувствъ. Такъ же какъ различіе между ощущеніемъ свѣта и ощущеніемъ тепла основывается только на томъ, попадаютъ ли солнечные лучи на площадь занимаемую зрительными или осязательными нервами, такъ и въ гипотезѣ Юнга напередъ допускается, что различіе цвѣтовыхъ ощущеній основывается только на болѣе или менѣе сильномъ раздраженіи одного рода волоконъ сравнительно съ другими. Раздраженіе въ одинаковой мѣрѣ всѣхъ трехъ родовъ нервовъ даетъ ощущеніе бѣлаго цвѣта. Въ такомъ случаѣ причина явленій красной слѣпоты заключается въ томъ, что нервныя волокна одного рода, а именно красныя, лишены способности раздражаться. На краю сѣтчатки каждаго нормальнаго глаза вѣроятно или совсѣмъ нѣтъ красныхъ волоконъ, или по крайней мѣрѣ число ихъ очень ограничено. Анатомія человѣка и другихъ млекопитающихъ, правда, не дала еще ни одного указанія, которое могло бы подтвердить эту гипотезу; зато Максъ Шульцъ нашелъ у птицъ и пресмыкающихся образованія, имѣющія къ ней явное отношеніе. А именно, въ глазахъ многихъ изъ этихъ животныхъ въ палочномъ слоѣ сѣтчатки находится нѣкоторое количество палочекъ, содержащихъ на переднемъ своемъ концѣ, обращенномъ къ падающему извнѣ свѣту, каплю красной маслянистой жидкости; другія палочки содержатъ желтую каплю; въ третьихъ ея нѣтъ вовсе. Несомнѣнно, что лучи краснаго цвѣта легче проникаютъ къ палочкамъ съ красной каплей, чѣмъ лучи какого нибудь другаго свѣта; желтый и зеленый свѣтъ, напротивъ того, относительно лучше всего проникаетъ къ палочкамъ съ желтыми каплями. Синій свѣтъ почти совсѣмъ не коснется ни тѣхъ, ни другихъ, но зато тѣмъ сильнѣе будетъ дѣйствовать на безцвѣтныя палочки. Такимъ образомъ мы врядъ ли ошибемся, если будемъ разсматривать эти палочки какъ концевыя органы нервныхъ волоконъ, воспринимающихъ соотвѣтственно красныя, желтыя и синія лучи. Впослѣдствіи я нашелъ,

¹⁾ Цвѣтъ трехъ основныхъ тоновъ эмпирически еще не можетъ быть строго установленъ; впечатлѣніе наибольшей насыщенности получается отъ трехъ вышеозначенныхъ цвѣтовъ спектра. Томасъ Юнгъ тоже избралъ основнымъ тономъ наиболѣе преломляемаго конца спектра—фіолетовый. Maxwell считаетъ синій болѣе вѣроятнымъ. По опытамъ И. И. Мюллера (Archiv für Ophthalmologie XV, 2, S. 208), опять-таки фіолетовый слѣдуетъ скорѣе принять за основной. Рѣшеніе вопроса усложняется явленіями флюоресценціи на сѣтчатой оболочкѣ глаза.

что вполне сходная съ предыдущей теорія оказывается чрезвычайно подходящей и плодотворной въ примѣненіи къ не менѣ загадочнымъ особенностямъ, обнаруживающимся въ ощущеніяхъ музыкальныхъ звуковъ, особенностямъ, объясняющимся при помощи этой теоріи очень просто. Предположимъ, что въ такъ называемой ушной улиткѣ, въ которой расположены рядами одно подлѣ другого нервныя волокна, снабженныя маленькими упругими придатками, Corti'евыми дугами, тоже правильно расположенными другъ подлѣ друга, на подобіе молоточковъ и клавишей фортепіано, предположимъ, говорю я, что здѣсь каждое отдѣльное нервное волоконце приспособлено къ воспріятію звука опредѣленной высоты, именно той, при которой его упругій придатокъ приходитъ въ наиболѣе сильное колебательное движеніе. Здѣсь не мѣсто входить въ подробности относительно характерныхъ особенностей каждаго звукового ощущенія,—особенностей, побудившихъ меня высказать настоящую гипотезу, аналогія которой съ теоріей цвѣтовъ Юнга такъ очевидна. Благодаря ей возникновеніе обертоновъ, дрожаніе тоновъ, воспріятіе звуковыхъ оттѣнковъ, разница между созвучіемъ и диссонансомъ, образованіе музыкальной шкалы и т. д. сводится къ такому же простому принципу, какъ и принципъ Юнга въ его ученіи о цвѣтахъ. Но ухо, въ анатомическомъ отношеніи, представляетъ гораздо рѣзче выраженныя особенности, говорящія въ пользу этой гипотезы; и съ тѣхъ поръ, правда не у человѣка и другихъ позвоночныхъ, слуховой лабиринтъ которыхъ скрытъ слишкомъ глубоко, но у черепокожихъ удалось дѣйствительно непосредственно доказать существованіе подобнаго соотношенія. Въ слуховомъ органѣ живого экземпляра такого животнаго можно наблюдать наружныя придатки въ видѣ расчлененныхъ волосковъ, къ которымъ подходятъ волокна слуховыхъ нервовъ, и Г-ну Гензену въ Килѣ удалось убѣдиться, что дѣйствительно одни изъ этихъ волосковъ приводились въ колебательное движеніе одними тонами, другіе—другими.

Остается устранить еще одно возраженіе противъ теоріи Юнга. Я упоминалъ уже ранѣе, что при пространственномъ построеніи системы цвѣтовъ, контуръ фигуры—линія, по которой расположены самыя насыщенные цвѣта, именно цвѣта спектра—приближается къ треугольнику. Между тѣмъ наши заключенія о теоріи трехъ основныхъ цвѣтовъ выведены изъ предположенія, что прямолинейный треугольникъ заключаетъ въ себѣ вообще всю систему цвѣтовъ, потому что только тогда можно получить всѣ тона путемъ смѣшенія основныхъ цвѣтовъ, стоящихъ по угламъ треугольника. Необходимо однако помнить слѣдующую разницу: таблица цвѣ-

товъ обнимаетъ всѣ встрѣчающіеся въ природѣ тона, а приведенная теорія имѣетъ въ виду сочетанія ощущеній. Стоитъ только допустить, что доступные глазу цвѣтные лучи не вызываютъ еще вполне чистыхъ цвѣтовыхъ ощущеній, т. е. что первоначальный красный цвѣтъ, даже вполне свободный отъ примѣси бѣлыхъ лучей, все-таки возбуждаетъ не только красныя волокна, но, хотя и слабо, и зеленыя, а можетъ быть еще слабѣе и фіолетовыя, — тогда станетъ понятнымъ, что ощущеніе, вызываемое въ глазу самымъ чистымъ краснымъ свѣтомъ, не есть еще самое чистое ощущеніе краснаго цвѣта; въ послѣднемъ случаѣ красный цвѣтъ казался бы еще болѣе насыщеннымъ, болѣе краснымъ, чѣмъ цвѣтъ окружающихъ насъ въ природѣ красныхъ тѣлъ. Такой выводъ оправдывается на дѣлѣ. Есть возможность достигнуть подобнаго болѣе полного ощущенія краснаго цвѣта. Этотъ фактъ имѣетъ громадное значеніе не только какъ опроверженіе возможнаго противъ теоріи Юнга возраженія; онъ важенъ, какъ всякій легко пойметъ, также и для выясненія значенія цвѣтовыхъ ощущеній вообще. Чтобы разяснить въ чемъ дѣло, я долженъ остановиться на рядѣ явленій иного рода.

Каждый нервный аппаратъ, поддерживаемый въ дѣятельномъ состояніи, утомляется тѣмъ болѣе, чѣмъ энергичнѣе и продолжительнѣе его дѣятельность. Но работа текущей въ артеріяхъ красной крови постоянно направлена къ возобновленію потраченнаго матеріала и къ устраненію вызванныхъ дѣятельностью нервовъ измѣненій, выражающихся утомленіемъ. То же происходитъ и въ глазу. Сѣтчатка на всемъ ея протяженіи, при утомленіи, — напри- мѣръ, послѣ того, какъ мы довольно продолжительное время остаемся на открытомъ мѣстѣ при яркомъ солнечномъ освѣщеніи, — становится вообще невоспримчивой къ болѣе слабому свѣту. Перейдемъ непосредственно послѣ того въ темное, слабо освѣщенное пространство. Сначала мы ничего не видимъ; мы, какъ говорится, ослѣплены свѣтомъ, въ которомъ находились раньше. Глазъ отдыхаетъ съ теченіемъ времени, и, въ концѣ концовъ, при томъ же слабомъ освѣщеніи, казавшемся намъ абсолютной темнотой, мы уже видимъ предметы и даже въ состояніи читать.

Этимъ выражается общее утомленіе сѣтчатки; но возможно также частное утомленіе, утомленіе отдѣльныхъ частей ея. Это въ томъ случаѣ, когда одно мѣсто сѣтчатки въ продолженіе болѣе или менѣе долгаго времени подвергается дѣйствию сильнаго свѣта. Остановимъ взглядъ неподвижно на какомъ нибудь свѣтломъ предметѣ, окруженномъ темнымъ фономъ и будемъ фиксировать его долгое время, не сводя глазъ съ одной опредѣленной точки;

послѣднее необходимо для того, чтобы изображеніе лежало неподвижно на опредѣленномъ мѣстѣ сѣтчатки и утомляло бы рѣзко ограниченную часть ея площади, Если вслѣдъ затѣмъ мы переведемъ глаза на равномерно окрашенную темносѣрую поверхность, мы увидимъ на ней изображеніе видѣннаго предмета, одинаковое съ нимъ по формѣ, но иначе освѣщенное: части затѣнныя будутъ казаться свѣтлыми, свѣтлыя темными, вродѣ того, какъ это бываетъ на негативахъ фотографическихъ снимковъ. При тщательной фиксаціи можно получить очень тонко очерченныя изображенія, въ которыхъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ является даже возможность различать отдѣльныя буквы. Причину этого явленія слѣдуетъ уже искать въ мѣстномъ утомленіи сѣтчатки; части сѣтчатки, находившіяся подъ дѣйствіемъ свѣтовыхъ лучей, стали теперь менѣ чувствительны къ свѣту сѣраго фона, чѣмъ сосѣднія съ ними, неутомленныя. Вслѣдствіе этого на фонѣ, въ дѣйствительности окрашенномъ вполне равномерно, появляется темное пятно, равное по величинѣ какъ разъ той части сѣтчатки, которая подвергалась дѣйствію свѣта.

Надо замѣтить, что бѣлые, хорошо освѣщенные листы бумаги представляютъ объекты достаточно свѣтлые для полученія такого рода субъективныхъ изображеній (слѣдовъ). Если смотрѣть на предметы значительно болѣе яркіе, на пламя или, въ особенности, на солнце, то первоначальное, не сразу исчезающее раздраженіе, вызывающее на сѣтчаткѣ позитивное изображеніе (т. е. объективное изображеніе предмета), присоединяется къ дѣйствію утомленія, т. е. негативному изображенію; кромѣ того первоначальные составные цвѣта бѣлаго свѣта различны, какъ по времени дѣйствія, такъ и по силѣ. Это влечетъ за собой возникновенія окрашенныхъ изображеній; явленіе становится уже болѣе сложнымъ. При помощи этихъ слѣдовъ изображеній легко убѣдиться въ томъ, что впечатлѣніе, производимое свѣтлой поверхностью, начинаетъ ослабѣвать уже съ первой секунды; черезъ минуту его интенсивность оказывается уменьшенной уже на половину или на четверть. Чтобы убѣдиться въ этомъ, проще всего произвести опытъ въ слѣдующей формѣ. Бѣлый листъ прикрываютъ на половину черной бумагой, пристально фиксируютъ какую нибудь точку листа, выбранную, не далеко отъ чернаго края и, черезъ 30—60 секундъ, быстро отнимаютъ черныя бумагу, продолжая смотрѣть въ прежнемъ направленіи. Тогда подъ черной бумагой сразу выступаетъ бѣлый цвѣтъ во всей его первоначальной чистотѣ и яркости. Это дѣлаетъ очевиднымъ, насколько первое впечатлѣніе притупилось, несмотря на небольшой промежутокъ времени, въ продолженіе котораго

глазъ находился подъ дѣйствиемъ бѣлыхъ лучей. Замѣчательно, что пока наблюдатель смотритъ на эту бѣлую поверхность, онъ совсѣмъ не отдаетъ себѣ отчета, насколько сильно уменьшается кажущаяся ему яркость.

Возможно, наконецъ, частное утомленіе еще и въ другомъ отношеніи, именно въ отношеніи ощущеній отдѣльныхъ цвѣтовъ, наступающее въ тѣхъ случаяхъ, когда мы подвергаемъ всю сѣтчатку или опредѣленное мѣсто ея освѣщенію однимъ и тѣмъ же цвѣтомъ въ продолженіе болѣе или менѣе значительнаго промежутка времени (скажемъ, отъ полуминуты до пяти минутъ). Въ такомъ случаѣ, согласно теоріи Юнга, утомляются конечно только чувствительныя къ свѣту нервныя волокна одного или двухъ рядовъ, именно тѣ, которыя особенно воспримчивы по отношенію къ данному цвѣту. Другіе нервы, не будучи раздражены, утомленію не подвергаются. Въ результатѣ, при разсматриваніи находящагося на сѣромъ фонѣ изображенія, напр. краснаго цвѣта, получается слѣдующее: въ томъ мѣстѣ сѣтчатки, которое утомлено краснымъ цвѣтомъ, свѣтъ фона, составленный изъ равномерно распредѣленныхъ цвѣтныхъ лучей, можетъ вызвать въ сильной мѣрѣ только еще ощущенія зеленаго и фіолетоваго цвѣтовъ. Такимъ образомъ, мѣсто, утомленное краснымъ цвѣтомъ, на время какъ бы поражается красной слѣпотой. Соотвѣтствующій ему слѣдъ окрашивается въ дополнительный красному синевадозеленый цвѣтъ.

Это-то явленіе и даетъ намъ возможность дѣйствительно вызывать въ сѣтчаткѣ первоначальныя ощущенія самыхъ чистыхъ и самыхъ насыщенныхъ цвѣтовъ. Мы хотимъ, положимъ, испытать ощущеніе чистаго краснаго цвѣта. Мы должны утомить часть сѣтчатки глаза, смотря въ теченіе нѣкотораго времени на зелено-голубую часть спектра, цвѣтъ которой есть дополнительный къ красному. Мы достигаемъ этимъ того, что сѣтчатка становится одинаково нечувствительной какъ къ зеленому, такъ и къ фіолетовому цвѣтамъ. Полученное субъективное изображеніе мы совмѣщаемъ затѣмъ съ красной частью по возможности чистаго призматическаго спектра. Тогда оно является окрашеннымъ въ ослѣпительно яркій и насыщенный красный цвѣтъ; красная же часть спектра, представляющая во всякомъ случаѣ самый чистый красный цвѣтъ изъ окружающихъ насъ красокъ природы, для уже утомленной сѣтчатки представляется менѣе насыщенной, чѣмъ цвѣтъ послѣдовательнаго изображенія, и какъ бы подернутой бѣловатымъ туманомъ.

Приведенныхъ фактовъ вполне достаточно. Я не желалъ бы входить въ дальнѣйшія частности, такъ какъ врядъ ли бы мнѣ

удалось при этомъ избѣгнуть и болѣе обстоятельнаго описанія многихъ отдѣльныхъ опытовъ. Возможно ли въ виду этихъ фактовъ придерживаться долѣе естественно присущаго намъ предположенія, что наши ощущенія, особенно зрительныя, въ качественномъ отношеніи представляютъ точное изображеніе окружающихъ насъ предметовъ? Очевидно нѣтъ. Въ главныхъ чертахъ рѣшеніе этого вопроса дано уже закономъ о специфическихъ энергіяхъ чувствъ, выведеннымъ Г. Мюллеромъ на основаніи фактовъ. Чѣмъ представляются намъ солнечные лучи — свѣтомъ или тепломъ, это вовсе не зависитъ отъ присущихъ имъ внутреннихъ свойствъ; весь вопросъ въ томъ, какого рода нервами они воспринимаются, зрительными или нервами кожи. Надавливанье глазного яблока, пропущенный черезъ глазъ слабый электрической токъ, введенное въ организмъ наркотическое средство могутъ, подобно солнечнымъ лучамъ, вызвать ощущеніе свѣта. Въ ощущеніяхъ, наиболѣе рѣзко различающихся другъ отъ друга, а именно въ ощущеніяхъ зрительныхъ, слуховыхъ, вкусовыхъ, обонятельныхъ и осязательныхъ, различіе зависитъ вовсе не отъ свойствъ и природы объекта, которымъ ощущеніе вызвано, а только отъ того, въ какой связи данный нервъ находится съ центральными частями нервной системы. Это различіе настолько глубокое, что оно исключаетъ всякую возможность сравненія между собой ощущеній цвѣта и звука въ отношеніи сходства или отличія. Является еще вопросъ, нельзя ли въ качественномъ отношеніи для каждаго отдѣльнаго чувства отыскать соотвѣтствіе между субъективнымъ и объективнымъ. Дѣйствительно, когда волны свѣтового эфира раздражаютъ зрительный нервъ, то ощущеніе того или другого цвѣта опредѣляется во всякомъ случаѣ длиною волны. Система цвѣтовъ, естественнымъ путемъ доступныхъ глазу, показываетъ намъ кромѣ того, что существуетъ рядъ различій, зависящихъ отъ разнообразныхъ сочетаній свѣтовыхъ лучей. Но число этихъ различій чрезвычайно сокращено; они сведены отъ безконечно большого числа къ тремъ. Существенная особенность глаза заключается въ его способности тонко различать пространственныя отношенія; въ виду именно этой особенности вся организація глаза гораздо сложнѣе организаціи уха; можно поэтому удовлетвориться и тѣмъ, что глазъ вообще способенъ воспринимать въ свѣтовомъ лучѣ только нѣкоторое, и сравнительно весьма малое, число качественныхъ различій. Наоборотъ ухо, организація котораго въ этомъ послѣднемъ отношеніи гораздо совершеннѣе, почти совсѣмъ лишено способности судить о пространственныхъ отношеніяхъ. Удивительно однако то обстоятельство, что пока мы,

собственно говоря, остаемся на точкѣ зрѣнія нормальнаго, вполнѣ довѣряющаго своимъ внѣшнимъ чувствамъ человѣка, ни границы доступной глазу части спектра, ни различія въ цвѣтахъ, являющіяся упрощеннымъ выраженіемъ различія между разнородными лучами,—не обнаруживаются ни въ какой другой области, за исключеніемъ области зрѣнія. Одинаковый съ виду свѣтъ можетъ во всѣхъ другихъ, извѣстныхъ намъ химическихъ и физическихъ своихъ дѣйствіяхъ оказываться вполнѣ различнымъ. Наконецъ, мы видимъ, что и первоначальные, простые элементы, изъ которыхъ слагаются наши цвѣтныя ощущенія, ощущенія чистыхъ основныхъ тоновъ при обыкновенномъ неутомленномъ состояніи глаза, безъ предварительнаго искусственнаго подготовленія его не могутъ быть вызваны никакого рода внѣшними свѣтовыми лучами. Слѣдовательно, эти ощущенія могутъ вообще существовать только какъ субъективныя явленія.

Такимъ образомъ, между качествомъ свѣта и качествомъ ощущенія остается только одно соотвѣтствіе; сначала оно можетъ показаться довольно незначительнымъ, на самомъ же дѣлѣ его можно съ пользой приложить во многихъ случаяхъ: „Одинаковый свѣтъ при однихъ и тѣхъ же условіяхъ возбуждаетъ одинаковыя цвѣтныя ощущенія. Свѣтъ, возбуждающій при однихъ и тѣхъ же условіяхъ разныя цвѣтныя ощущенія, неодинаковъ“.

Такое соотвѣтствіе между двумя обстоятельствами указываетъ на то, что одно изъ нихъ является признакомъ другого. Мнѣ кажется, что недостаточно тщательное разграниченіе понятій о знакѣ и изображеніи, существовавшее до сихъ поръ въ ученіи о воспріятіяхъ, было причиною безчисленныхъ заблужденій и ошибочныхъ теорій.

Изображеніе должно быть подобно изображенному предмету. Оно только настолько и является изображеніемъ, насколько такое подобіе имѣетъ мѣсто. Статуя представляетъ изображеніе человѣка, если въ своихъ формахъ воспроизводитъ формы человѣка. Если она даже исполнена въ уменьшенномъ масштабѣ, извѣстной пространственной единицѣ должна въ ней соотвѣтствовать опредѣленная величина.

Картина является изображеніемъ оригинала отчасти потому, что подражаетъ его окраскѣ подходящими тонами, отчасти потому, что въ соотвѣтственнымъ образомъ измѣненныхъ пространственныхъ отношеніяхъ воспроизводитъ нѣкоторыя пространственныя отношенія оригинала, именно его перспективную проэктію.

Нервныя раздраженія въ нашемъ мозгу и представленія въ нашемъ сознаніи могутъ быть изображеніями того, что происхо-

дить во внѣшнемъ мірѣ, если послѣдовательность во времени первыхъ вполне соотвѣтствуетъ послѣдовательности во времени вторыхъ и если они обозначаютъ одинаковые предметы одинаковыми знаками, а, слѣдовательно, и закономерную послѣдовательность—такую же закономерную послѣдовательностью.

Этого очевидно достаточно для задачъ нашего разума, который изъ непрерывной смѣны міровыхъ явленій долженъ выбирать то, что остается неизмѣннымъ и соединять въ понятіе или законъ. Что этого достаточно и для достиженія всевозможныхъ практическихъ цѣлей, это покажетъ третья часть нашего соображенія.

Но нельзя не признать, что такое полное отсутствіе болѣе близкаго соотвѣтствія между качествомъ ощущенія и качествомъ объекта можетъ навести на сомнѣнія не только людей безъ всякаго образованія, привыкшихъ слѣпо довѣрять своимъ внѣшнимъ чувствамъ, но и образованныхъ, которымъ хорошо извѣстно, насколько возможны случаи обмановъ чувствъ. Не даромъ же физики и тѣ, прежде чѣмъ допустить тождество свѣтовыхъ и тепловыхъ лучей, существенное различіе между которыми казалось такъ ясно выраженнымъ въ ощущеніяхъ свѣта и тепла,—не даромъ они такъ долго колебались, придумывая всевозможныя возраженія, пока не исчерпали ихъ до конца. Даже Гёте не могъ допустить, чтобы бѣлый цвѣтъ, дающій ощущенію впечатлѣніе наиболѣе чистаго и яркаго свѣта, могъ быть составленъ изъ болѣе темныхъ цвѣтныхъ лучей. Это-то сомнѣніе и побудило его главнымъ образомъ выступить противникомъ теоріи Ньютона. Открытый Ньютономъ фактъ разложенія бѣлаго свѣта на составныя его части явился зачаткомъ новѣйшаго ученія объ энергіяхъ внѣшнихъ чувствъ; вмѣстѣ съ этимъ современникъ Ньютона, Джонъ Локъ, вполне вѣрно установилъ основныя положенія о значеніи воспринимаемыхъ внѣшними чувствами свойствъ,—обстоятельство, которое я старался выяснитъ въ другомъ мѣстѣ. Правда, ясно чувствуется, что для большого числа людей именно въ этомъ и заключается камень преткновенія, но вмѣстѣ съ тѣмъ противоположное мнѣніе нигдѣ точно не формулировано и не выражено настолько опредѣленно, чтобы можно было прямо указать, что собственно заключается въ немъ ошибочнаго. Причина этой неопредѣленности, какъ мнѣ кажется, заключается въ томъ, что за всѣмъ этимъ кроются болѣе глубокія противорѣчія въ понятіяхъ.

Слѣдуетъ только избѣгать смѣшенія понятій, соединенныхъ со словами „проявляться“ и „казаться“. Въ окраскѣ тѣлъ проявляются опредѣленныя объективныя различія въ свойствахъ тѣлъ;

значить, и съ точки зрѣнія естествознанія они не представляются, тѣмъ либо кажущимся, хотя то, какимъ образомъ они проявляются, зависитъ прежде всего отъ устройства нашего нервнаго аппарата. Обманчиво казаться можетъ что нибудь только въ томъ случаѣ, если тотъ видъ, въ которомъ обыкновенно проявляется объектъ, мы замѣнимъ видомъ проявленія другого предмета. Но это никогда не можетъ случиться при разсматриваньи красокъ; другого рода проявленія, которое по отношенію къ глазу мы могли бы назвать нормальнымъ, для нихъ не существуетъ. Главное затрудненіе, какъ мнѣ кажется, заключается въ понятіи свойства. Всякое недоразумѣніе исчезаетъ, разъ мы уяснимъ себѣ, что вообще всякое свойство или качество предмета есть ничто иное, какъ способность его производить извѣстное дѣйствіе на другія тѣла. Это можетъ быть или взаимодѣйствіе между однородными частицами одного и того же тѣла, отчего зависитъ разница въ агрегатномъ состояніи его, или, какъ въ химическихъ реакціяхъ, дѣйствіе одного тѣла на другое, или же дѣйствіе, производимое на наши органы чувствъ; въ послѣднемъ случаѣ оно выражается въ ощущеніяхъ, подобныхъ тѣмъ, которыя мы теперь разсматриваемъ. Такое дѣйствіе мы называемъ свойствомъ, когда тотъ реактивъ, на которомъ оно обнаруживается, не указывается прямо, но подразумѣвается, какъ нѣчто, само собою понятное. Мы говоримъ, напримѣръ, о растворимости вещества, т. е. о его отношеніи къ водѣ; говоримъ о его вѣсѣ, т. е. о его притяженіи къ землѣ; съ тѣмъ же правомъ называемъ его синимъ, предполагая, какъ нѣчто само собою понятное, что въ этомъ случаѣ мы хотимъ только обозначить его дѣйствіе на нормальный глазъ.

Если же то, что мы называемъ свойствомъ, предполагаетъ всегда извѣстное отношеніе между двумя тѣлами, то, конечно, опредѣляемое свойствомъ дѣйствіе никоимъ образомъ не можетъ зависѣть отъ природы только одного изъ тѣлъ; оно, напротивъ того, существуетъ только въ силу существованія нѣкотораго втораго тѣла и зависить отъ природы послѣдняго, на которое и производится дѣйствіе.

Поэтому ни къ чему рѣшительно не ведутъ разсужденія о такихъ свойствахъ свѣта, которыя принадлежали бы исключительно ему одному, независимо отъ какихъ бы то ни было другихъ объектовъ и которыя должны воспроизводиться въ ощущеніяхъ глаза. Понятіе о такихъ свойствахъ есть само по себѣ противорѣчіе. Самое существованіе такихъ свойствъ невозможно, а потому нельзя и требовать соотвѣтствія между ними и ощущеніями цвѣта.

Конечно, эти соображенія давно уже занимали мыслителей; ясно выраженные у Локка и Гербарта, они вполне въ духѣ Канта. Но въ прежнее время, чтобы понять ихъ вполне и освоиться съ ними, требовался, можетъ быть, очень значительный навыкъ къ отвлеченному мышленію, тогда какъ теперь они самымъ нагляднымъ образомъ иллюстрируются тѣми фактами, которые мы только что привели.

Послѣ этого уклоненія въ міръ отвлеченнаго возвратимся еще разъ къ пестротѣ и великолѣпію цвѣтовъ и рассмотримъ то свойство ихъ, которое характеризуетъ ихъ, какъ чувственные признаки извѣстныхъ внѣшнихъ качествъ свѣта или тѣлъ, отражающихъ свѣтъ. Существеннымъ условіемъ вѣрнаго признака является его постоянство: одному и тому же предмету долженъ всегда соотвѣтствовать одинъ и тотъ же знакъ. Но мы уже видѣли, что цвѣтныя ощущенія не вполне удовлетворяютъ и этому условію. Они не одинаково сильны на всемъ полѣ сѣтчатки. Однако постоянная подвижность взгляда даетъ намъ возможность устранить и это препятствіе такимъ же образомъ, какъ она устраняла неравномѣрную рѣзкость изображенія, получаемого на сѣтчаткѣ. Путемъ этого особаго рода наблюденія мы сглаживаемъ и этотъ недостатокъ зрительнаго органа.

Мы видѣли также, что утомленіе глаза можетъ сопровождаться въ краткій промежутокъ времени очень значительными измѣненіями въ интенсивности раздраженія. Но и тутъ постоянная подвижность взгляда содѣйствуетъ тому, что утомленіе въ большинствѣ случаевъ распространяется въ одинаковой мѣрѣ по всей площади сѣтчатки, благодаря чему рѣзкія субъективныя изображенія (слѣды) могутъ имѣть мѣсто только въ исключительныхъ случаяхъ; вызвать ихъ могутъ развѣ только очень яркіе предметы, каковы солнечный дискъ или очень яркое пламя. При равномѣрномъ утомленіи всей сѣтчатки, по крайней мѣрѣ, взаимное отношеніе яркости и цвѣта въ разнообразныхъ окружающихъ насъ предметахъ остается приблизительно неизмѣненнымъ, поэтому утомленіе дѣйствуетъ только такъ, какъ будто бы мало-по-малу ослаблялась сила освѣщенія.

Это приводитъ насъ къ рассмотрѣнію тѣхъ особенностей изображеній, получаемыхъ нашимъ органомъ зрѣнія, которыя зависятъ отъ различнаго освѣщенія находящихся передъ нами предметовъ.

Здѣсь мы снова встрѣчаемся съ поучительнымъ фактомъ. Предметы внѣшняго міра доступны нашему глазу при освѣщеніи самой разнообразной яркости, начиная отъ самаго яркаго солнечнаго

свѣта и постепенно переходя къ лунному свѣту, причѣмъ первый въ 150,000 разъ ярче свѣта луны въ полнолуніе. Цвѣтъ освѣщенія также можетъ измѣняться замѣтнымъ образомъ, какъ въ томъ случаѣ, когда мы примѣняемъ для этого искусственное освѣщеніе, всегда дающее болѣе или менѣе красноватожелтый свѣтъ, такъ и въ томъ, когда мы находимся подъ зеленоватою тѣнью бесѣдки или въ комнатѣ съ яркими обоями и яркими оконными занавѣсками. Съ измѣненіемъ яркости и цвѣта освѣщенія измѣняется, конечно, и количество свѣта, которое каждое освѣщенное тѣло посылаетъ въ нашъ глазъ, и его цвѣтъ. Все разнообразіе красокъ именно тѣмъ и обуславливается, что различными тѣлами отражаются и поглощаются различныя количества простыхъ солнечныхъ лучей. Киноварь отражаетъ лучи большой длины волны, почти не ослабляя ихъ яркости; всѣ остальные лучи отражаются ею въ очень маломъ количествѣ. Поэтому киноварь и кажется намъ окрашенной въ цвѣтъ тѣхъ лучей, которые она отражаетъ и посылаетъ въ нашъ глазъ, т. е. въ красный. Если мы освѣтимъ ее другимъ какимъ-нибудь свѣтомъ, въ которомъ красные лучи отсутствуютъ, она окажется почти черной.

Изъ этого легко вывести подтверждаемое въ многочисленныхъ его видоизмѣненіяхъ повседневымъ опытомъ заключеніе, что кажушіеся цвѣтъ и яркость освѣщенныхъ тѣлъ измѣняются съ измѣненіемъ свѣта и яркости освѣщенія. Это одинъ изъ тѣхъ фактовъ, которые, главнымъ образомъ, затрогиваютъ художника; на немъ основаны многіе самые красивые эффекты въ живописи. Но что прежде всего интересуется насъ въ актѣ зрѣнія, такъ это возможность познавать и узнавать окружающіе насъ предметы. Очень рѣдко, развѣ только въ силу эстетическихъ или физическихъ соображеній, мы обращаемъ вниманіе на освѣщеніе. Между тѣмъ въ окраскѣ тѣла постоянны не цвѣтъ и яркость отбрасываемыхъ имъ въ нашъ глазъ лучей, а отношеніе между интенсивностью различныхъ по цвѣту простыхъ составныхъ частей отраженнаго свѣта и интенсивностью соотвѣтствующихъ составныхъ частей освѣщенія. Только это отношеніе можетъ быть разсматриваемо какъ выраженіе постояннаго свойства тѣла.

Если все это принять въ соображеніе, то съ теоретической точки зрѣнія, опредѣленіе цвѣта тѣла при мѣняющемся освѣщеніи можетъ показаться намъ задачей безнадежно трудной. Если же мы, наоборотъ, обратимся къ практикѣ, то не трудно убѣдиться, что при самыхъ разнообразныхъ условіяхъ мы въ состояніи безошибочно и съ полной увѣренностью опредѣлить цвѣтъ тѣла, не задумываясь ни минуты. При полномъ лунномъ освѣщеніи бѣлая

бумага темнѣе, чѣмъ чернѣй бархатъ при дневномъ свѣтѣ, а мы вѣдь безъ малѣйшаго колебанія называемъ бумагу бѣлой, а бархатъ чернымъ. Мало того, намъ гораздо труднѣе признать, что сѣрое яркоосвѣщенное солнцемъ тѣло отражаетъ свѣтъ того же цвѣта, а можетъ быть и той же яркости, какъ и затѣненное бѣлое, чѣмъ признать, что цвѣтъ находящейся въ тѣни бѣлой бумаги тотъ же, какъ и цвѣтъ лежащей подлѣ нея, но освѣщенной солнцемъ такой же бумаги. Сѣрый цвѣтъ кажется намъ специфически отличнымъ отъ бѣлаго. Пока дѣло идетъ о цвѣтѣ тѣла, то это и на самомъ дѣлѣ такъ, потому что тѣло, отражающее только половину свѣтовыхъ лучей, должно обладать поверхностью совсѣмъ иного характера, чѣмъ тѣло, отражающее всѣ лучи. И все же впечатлѣніе, получаемое сѣтчаткой отъ освѣщенного сѣраго предмета, можетъ быть вполне тождественнымъ съ впечатлѣніемъ отъ затѣненного бѣлаго. Каждый художникъ, изображая затѣненный бѣлый цвѣтъ, пользуется сѣрой краской; если онъ достигъ при этомъ полнаго сходства съ природой, то нарисованный предметъ кажется намъ, несмотря на это, часто бѣлымъ.

Убѣдиться непосредственно въ томъ, что сѣрый и бѣлый цвѣтъ одно и то же, можно только сконцентрировавъ на примѣръ при помощи двояковыпуклаго стекла сильный свѣтъ на сѣромъ кружкѣ, притомъ такъ, чтобы границы болѣе яркаго освѣщенія совпадали съ краями круга и чтобы непосредственно для чувственнаго впечатлѣнія нигдѣ не обнаруживалось существованіе искусственнаго освѣщенія. При этихъ условіяхъ сѣрый цвѣтъ дѣйствительно кажется бѣлымъ.

Мы можемъ допустить—это допущеніе подтверждается нѣкоторыми явленіями контраста,—что освѣщеніе самаго яркаго имѣющагося на лицо бѣлаго цвѣта является масштабомъ для сужденія о цвѣтахъ болѣе темныхъ сосѣднихъ съ нимъ тѣлъ, такъ какъ при обыкновенныхъ условіяхъ съ уменьшеніемъ силы свѣта, по мѣрѣ утомленія сѣтчатки, яркость всѣхъ цвѣтовъ ослабѣваетъ въ одинаковой степени. Послѣднее остается въ случаяхъ освѣщенія очень яркаго или, наоборотъ, очень слабаго, справедливымъ по отношенію къ интенсивности объективнаго свѣта, но уже невѣрно по отношенію къ ощущенію.

При очень яркомъ, почти ослѣпительномъ освѣщеніи, разница въ ощущеніи яркости очень свѣтлыхъ поверхностей все болѣе и болѣе сглаживается, съ другой стороны, при очень слабомъ свѣтѣ нельзя замѣтить различія въ яркости болѣе темныхъ предметовъ. Такимъ образомъ, при солнечномъ освѣщеніи цвѣта средней яркости приближаются къ наиболѣе яркимъ, при лунномъ къ наи-

болѣ темнымъ цвѣтамъ. Этимъ различіемъ пользуются художники, и не смотря на то, что картины обыкновенно выставлены на дневной свѣтъ и что въ живописи, даже приблизительно, нельзя достигнуть той разницы въ среднемъ освѣщеніи, какая существуетъ между солнечнымъ и луннымъ, художники все-таки изображаютъ и тотъ и другой. Для получения иллюзіи солнечнаго свѣта они предметы средней яркости изображаютъ почти совсѣмъ свѣтлыми; эффекты луннаго освѣщенія достигаются тѣмъ, что такіе предметы дѣлаются почти совсѣмъ темными. Къ этому присоединяется еще одно обстоятельство, основанное на нѣкоторой особенности воспріятія. А именно, при равномерномъ усиленіи яркости разныхъ цвѣтовъ, впечатлѣніе, производимое краснымъ и желтымъ, усиливается въ большей степени, чѣмъ впечатлѣніе, производимое голубымъ. Если подобрать два куска красной и голубой бумаги, которые при обыкновенномъ дневномъ свѣтѣ казались бы приблизительно одинаково яркими, то при яркомъ солнечномъ свѣтѣ красный покажется ярче, а при лунномъ или звѣздномъ свѣтѣ—голубой. То же явленіе мы можемъ наблюдать и на цвѣтахъ спектра. Этимъ опять-таки пользуются живописцы. Въ ландшафтахъ съ солнечнымъ освѣщеніемъ преобладаютъ желтые тона, въ лунномъ освѣщеніи—голубые.

Въ этихъ явленіяхъ особенно явственно выступаетъ то обстоятельство, что наше сужденіе о цвѣтахъ тѣлѣ поставлено внѣ всякой зависимости отъ силы освѣщенія. Точно также мы почти совсѣмъ находимся внѣ вліянія, оказываемаго цвѣтомъ господствующаго освѣщенія. Намъ, правда, извѣстно до нѣкоторой степени, что свѣтъ свѣчи въ сравненіи съ дневнымъ свѣтомъ обладаетъ красноватожелтымъ оттѣнкомъ. Но насколько цвѣтъ его разнится отъ цвѣта солнечнаго свѣта, мы узнаемъ наглядно только тогда, когда мы оба освѣщенія получаемъ рядомъ и въ одинаковой степени. Пусть черезъ узкое отверстіе въ темную комнату падаетъ свѣтъ отъ сѣраго облачнаго неба, т. е. ослабленный бѣлый дневной свѣтъ (можно пользоваться и луннымъ свѣтомъ). Съ одной стороны, пусть этотъ свѣтъ падаетъ на горизонтальный листъ бѣлой бумаги; съ другой на этотъ же листъ падаетъ свѣтъ отъ свѣчи; если мы поставимъ на бумагу небольшой стержень въ вертикальномъ положеніи, то онъ будетъ отбрасывать двѣ тѣни. Одна изъ нихъ не освѣщается дневнымъ свѣтомъ, но освѣщается свѣтомъ свѣчи; она красноватожелтаго цвѣта. Вторая тѣнь освѣщается дневнымъ свѣтомъ и не освѣщается свѣтомъ свѣчи; она бѣлаго цвѣта, но въ силу контраста кажется голубой. Эти два цвѣта тѣней, голубой и красноватожелтой мы называемъ бѣлыми, одинъ

при дневномъ освѣщеніи, другой при свѣтѣ свѣчи. Помѣщенные одинъ возлѣ другого, они кажутся различными, довольно насыщенными цвѣтами. И все-таки мы, не задумываясь ни минуты, признаемъ при свѣтѣ свѣчи бѣлую бумагу бѣлой и отличаемъ ее отъ золотистожелтой.

Въ этомъ ряду явленій замѣчательнѣе всего то, что мы отдѣляемъ цвѣтъ прозрачной цвѣтной преграды отъ цвѣта лежащихъ за ней предметовъ, что замѣчается при цѣломъ рядѣ очень интересныхъ явленій контраста. Бываетъ даже, что рассматриваемые черезъ зеленый вуаль бѣлые предметы кажутся намъ красноватыми, потому что на нихъ появляется красноватый свѣтовой слѣдъ отъ зеленаго цвѣта. Между тѣмъ отраженный отъ нихъ свѣтъ, будучи смѣшанъ съ зеленымъ свѣтомъ вуаля, во всякомъ случаѣ долженъ скорѣе имѣть зеленоватый оттѣнокъ. Такимъ образомъ мы вполне отдѣляемъ свѣтъ, отражаемый преградой, отъ свѣта видимыхъ черезъ нее предметовъ ¹⁾.

Измѣненія въ цвѣтѣ, относящіяся къ послѣднимъ двумъ опытамъ, получили названіе явленій контраста. По большей части это ложныя представленія о цвѣтѣ предметовъ, основанныя на неясно выраженныхъ цвѣтовыхъ слѣдахъ; отсюда получается такъ называемый послѣдовательный контрастъ, являющійся слѣдствіемъ движенія глаза по цвѣтнымъ предметамъ. Но отчасти явленія контраста основываются и на томъ, что привычка опредѣлять окраску тѣлъ по относительной яркости и окраскѣ различныхъ одновременно доступныхъ глазу предметовъ можетъ привести насъ къ ошибочному заключенію въ тѣхъ случаяхъ, когда является уклоненіе отъ нормальныхъ условій. Такое уклоненіе мы видимъ въ соединеніи двухъ освѣщеній или двухъ цвѣтныхъ преградъ, дѣйствительно существующихъ или кажущихся тамъ, гдѣ ихъ на самомъ дѣлѣ нѣтъ; эти послѣдніе случаи представляютъ явленіе одновременнаго контраста. Напримѣръ, при опытѣ съ цвѣтными тѣнями, фонъ, освѣщенный двойнымъ свѣтомъ, будучи самымъ свѣтлымъ изъ всѣхъ одновременно доступныхъ глазу предметовъ, даетъ намъ невѣрный масштабъ для бѣлаго цвѣта. По сравненію съ нимъ настоящій но менѣе яркій бѣлый цвѣтъ одной изъ тѣней представляется намъ голубымъ. Этимъ контрастамъ содѣйствуетъ еще то обстоятельство, что ясно замѣтныя различія въ ощущеніяхъ кажутся намъ значительнѣе, чѣмъ неясно замѣтныя. Различія въ цвѣтахъ, находящихся передъ глазами болѣе замѣтны, чѣмъ раз-

¹⁾ Цѣлый рядъ опытовъ, относящихся къ этому явленію, описанъ въ моемъ руководствѣ къ физиологической оптикѣ стр. 398—400; 410—411.

личія, оставшіяся въ памяти; то же можно сказать и о смежных частях сѣтчатки по сравненію съ мѣстами, отдаленными другъ отъ друга. Все это оказываетъ свое опредѣленное вліяніе. Здѣсь приходится принимать во вниманіе довольно многочисленныя и разнообразныя условія; ихъ изслѣдованіе въ отдѣльныхъ случаяхъ представляетъ въ интересномъ освѣщеніи тѣ мотивы, въ силу которыхъ мы составляемъ свои сужденія о цвѣтахъ. Но здѣсь разбирать этотъ отдѣлъ болѣе подробно мы уже не можемъ. Онъ представляетъ, впрочемъ, такой же интересъ для теоріи живописи, какъ и для физиологіи, такъ какъ художники очень часто прибѣгаютъ къ преувеличенному подражанію естественнымъ явленіямъ контраста, чтобы дать зрителю иллюзію бѣльшаго разнообразія въ освѣщеніи и бѣльшей насыщенности тоновъ, чѣмъ тѣ, какія они въ дѣйствительности могутъ воспроизвести при помощи красокъ.

Этимъ мы заканчиваемъ ученіе о зрительныхъ ощущеніяхъ. Этотъ отдѣлъ нашихъ изслѣдованій показалъ намъ, слѣдовательно, что качественная сторона зрительныхъ ощущеній является только признакомъ опредѣленныхъ качественныхъ различій, отчасти свѣта, отчасти освѣщенныхъ тѣлъ, не имѣя вмѣстѣ съ тѣмъ строго соотвѣтствующаго имъ объективнаго значенія; даже единственное существенно необходимое условіе системы признаковъ, именно постоянство, присуще имъ только съ очень существенными ограниченіями и недостатками; поэтому выше мы могли сказать о нихъ только то, что они при всѣхъ прочихъ одинаковыхъ условіяхъ для одинаковыхъ предметовъ являются одинаковыми.

Однако, окончателно мы все-таки приходимъ къ заключенію, что при помощи этой довольно непостоянной системы признаковъ мы въ состояніи разрѣшить существенную часть поставленной намъ задачи, т. е. распознавать одинаковые цвѣта повсюду постояннымъ образомъ. Разрѣшаемъ мы ее не только хорошо, но даже поразительно хорошо, если принять во вниманіе встрѣчающіяся намъ затрудненія.

Изъ этой непостоянной системы разныхъ степеней яркости и разныхъ тоновъ, находящейся въ зависимости и отъ силы освѣщенія, и отъ прогрессирующаго утомленія глаза, и отъ того, на какое мѣсто сѣтчатки падаетъ свѣтъ, мы въ состояніи выдѣлить одну постоянную характеристику, именно цвѣтъ тѣла, соотвѣтствующій остающемуся неизмѣннымъ свойству поверхности тѣла. Выдѣляемъ мы ее не путемъ долгаго обдумыванья, а съ мгновенною произвольной очевидностью.

Тѣ неточности и несовершенства, которыя мы нашли въ оптическомъ аппаратѣ и въ изображеніи на сѣтчаткѣ кажутся ничтож-

ными по сравненію съ тѣми несообразностями, которыя мы встрѣтили здѣсь, въ области ощущеній. Можно, пожалуй, подумать, что природа намѣренно впадала въ самыя смѣлыя противорѣчія, твердо рѣшивъ разрушить всякую мечту о какой-либо предустановленной гармоніи между внѣшнимъ и внутреннимъ міромъ.

Въ какомъ же положеніи находится въ настоящее время вопросъ о выясненіи самаго акта зрѣнія? Многіе могутъ подумать, что мы дальше, чѣмъ когда-либо отъ разрѣшенія этой задачи; загадка стала еще запутаннѣе; надежды разобраться въ ней еще меньше. Можетъ быть, найдутся и такіе, которые готовы укорять науку, сумѣвшую только разрушить бесплодной критикой прекрасный чувственный міръ, обративъ въ ничто его обломки; это приведетъ ихъ къ тому, что они, полагаясь на здоровый человѣческій разумъ, будутъ больше довѣрять своимъ внѣшнимъ чувствамъ, чѣмъ физиологу.

Но мы еще не коснулись одной части изслѣдованія, предметомъ которой должно быть пространственное видѣніе. Посмотримъ, не оправдывается ли въ концѣ концовъ и въ наукѣ естественное довѣріе къ справедливости того, чему учатъ насъ наши внѣшнія чувства.

III.

Зрительныя воспріятія.

Цвѣта, о значеніи которыхъ мы говорили въ предъидущей главѣ, составляютъ украшеніе, отъ котораго мы неохотно отказались бы; съ другой стороны, они представляютъ средство, помощью котораго мы легче различаемъ и узнаемъ предметы окружающаго насъ міра; по значенію, однако, они далеко уступаютъ способности нашего глаза быстро давать себѣ отчетъ въ пространственныхъ отношеніяхъ, способности, имѣющей самое широкое примѣненіе. Никакое другое чувство не можетъ въ этомъ отношеніи соперничать съ чувствомъ зрѣнія. Правда, чувство осязанія также даетъ намъ возможность судить о пространственныхъ отношеніяхъ и имѣетъ даже передъ зрѣніемъ то преимущество, что оно вѣрнѣе познаетъ тѣ матеріальные объекты, которые ему доступны, такъ какъ оно одновременно даетъ намъ понятіе и о сопротивленіи, оказываемомъ тѣломъ, о его массѣ и вѣсѣ. Но кругъ, доступный осязанію, ограниченъ и познание путемъ осязанія даже на небольшихъ разстояніяхъ далеко не такъ тонко, какъ познание при посредствѣ зрѣнія. Во всякомъ случаѣ, какъ показываютъ опыты надъ слѣпорожденными, одного осязанія достаточно для образованія вполне законченныхъ представленій о пространствѣ. Осязаніе не нуждается для этой цѣли въ помощи зрѣнія. Мы даже убѣдимся впоследствии, что полученныя нами при посредствѣ зрѣнія представленія о пространствѣ мы постоянно, гдѣ только возможно, контролируемъ и исправляемъ представленіями, полученными черезъ осязаніе, и считаемъ показанія послѣдняго рѣшающими. Оба чувства, одаренныя весьма различными способностями, но работающія по существу надъ одной и той же задачей, очень счастливо дополняютъ другъ друга. Между тѣмъ какъ чувство осязанія есть надежный факторъ съ узко ограниченнымъ

кругозоромъ, глазъ проникаетъ въ неизмѣримо далекія пространства, соперничая въ этомъ отношеніи съ самымъ смѣлымъ полетомъ фантазіи.

Эта связь имѣетъ огромную важность для предстоящей намъ задачи. Ибо, имѣя здѣсь дѣло только съ чувствомъ зрѣнія и зная, что одного осязанія достаточно для образованія представленій о пространствѣ, мы можемъ предполагать эти представленія уже данными въ общихъ чертахъ и ограничиться лишь изслѣдованіемъ того, гдѣ начинается соотвѣтствіе между представленіями, получаемыми съ одной стороны при посредствѣ зрѣнія, съ другой—при помощи осязанія. Вопросъ о томъ, какимъ образомъ вообще изъ чувственныхъ ощущеній получается представленіе о пространствѣ, мы отложимъ къ концу нашей статьи.

При обзорѣ общеизвѣстныхъ фактовъ прежде всего бросается въ глаза то, что распредѣленіе ощущеній по различнымъ нервнымъ аппаратамъ, пространственно отдѣленнымъ другъ отъ друга, вовсе не предполагаетъ пространственнаго раздѣленія причинъ этихъ ощущеній безусловно необходимымъ. Мы можемъ, на примѣръ, ощущать свѣтъ, теплоту, различные тоны какого-нибудь музыкальнаго инструмента, даже запахъ въ комнатѣ и сознавать, что всѣ эти агенты существуютъ въ воздухѣ комнаты одновременно, не отдѣленные пространственно другъ отъ друга. Отъ составнаго цвѣта, дающаго изображеніе на нашей сѣтчатой оболочкѣ, мы получаемъ три различныхъ элементарныхъ ощущенія, вѣроятно, въ различныхъ нервахъ, но мы не отдѣляемъ ихъ одно отъ другого. Мы слышимъ одновременно различные тоны звучащей струны или человѣческаго голоса, а именно одинъ основной тонъ и цѣлый рядъ гармоническихъ обертоновъ, которые тоже, вѣроятно, ощущаются различными нервами, но мы не представляемъ себѣ ихъ отдѣленными въ пространствѣ другъ отъ друга. Многіе изъ употребляемыхъ нами въ пищу веществъ даютъ различныя вкусовыя ощущенія въ различныхъ мѣстахъ языка и въ то же время, когда пища проходитъ черезъ глотку, мы воспринимаемъ запахъ ея составныхъ частей, а между тѣмъ всѣ эти различныя ощущенія, воспринимаемыя разными нервными аппаратами, остаются связанными въ одномъ общемъ ощущеніи вкуса принятой пищи.

Во всякомъ случаѣ при нѣкоторомъ вниманіи мы можемъ прослѣдить, черезъ какія части нашего тѣла проникаютъ эти ощущенія, но изъ различія этихъ частей еще не слѣдуетъ, чтобы у насъ являлось представленіе о пространственно раздѣленномъ объектѣ, вызвавшемъ ощущенія.

Соотвѣтствующій фактъ находимъ мы въ области зрѣнія: не-

смотря на то, что ощущенія получаются въ двухъ отдѣльныхъ нервныхъ аппаратахъ, смотря двумя глазами, мы не видимъ предмета вдвойнѣ. Какъ оказывается, это есть частный случай гораздо болѣе общаго закона.

Такимъ образомъ, если мы находимъ, что на сѣтчатой оболочкѣ получается плоское оптическое изображеніе предметовъ поля зрѣнія, и что различныя части этого изображенія возбуждаютъ различныя нервныя волокна, то это еще не есть достаточная причина для отнесенія этихъ ощущеній на пространственно отдѣленныя части поля зрѣнія. Очевидно, что для воспроизведенія представленія о пространственномъ отдѣленіи этихъ впечатлѣній необходимо еще нѣчто другое.

Та же проблема, очевидно, приложима и къ чувству осязанія. Прикосновеніе къ двумъ различнымъ мѣстамъ кожи вызываетъ раздраженіе въ двухъ различныхъ чувствующихъ нервныхъ волокнахъ. Но ихъ пространственное отдѣленіе, какъ мы должны заключить, еще не служитъ достаточной причиной для того, чтобы мы сознали существованіе двухъ мѣстъ прикосновенія и составили себѣ представленіе о двухъ прикасающихся объектахъ. При осязаніи на это имѣютъ вліяніе даже побочныя обстоятельства. Когда мы касаемся стола обоими указательными пальцами и ощущаемъ подъ каждымъ пальцемъ песчинку, то мы составляемъ себѣ представленіе о существованіи двухъ песчинокъ. Когда же мы складываемъ вмѣстѣ концы пальцевъ и между ними держимъ одну песчинку, то, получая какъ и прежде тѣ же ощущенія прикосновенія въ тѣхъ же двухъ нервныхъ волокнахъ, мы, однако, при этихъ условіяхъ составляемъ себѣ представленіе о существованіи только одной песчинки. Очевидно, на результатъ представленія имѣетъ вліяніе то, что мы даемъ себѣ отчетъ въ относительномъ положеніи нашихъ органовъ; извѣстно, что въ случаяхъ, когда мы имѣемъ невѣрное или несовершенное представленіе о положеніи осязающихъ пальцевъ,—напримѣръ, когда мы перекрещиваемъ два пальца, намъ кажется, что мы ощущаемъ два шарика, между тѣмъ какъ въ дѣйствительности подъ пальцами находится только одинъ.

Что же это такое, что на ряду съ пространственнымъ отдѣленіемъ ощущающихъ нервовъ, вызываетъ соотвѣтствующее пространственное отдѣленіе въ представленіи? При разрѣшеніи этого вопроса мы наталкиваемся на неоконченный еще споръ. Одна сторона, слѣдуя примѣру Иоганна Мюллера, отвѣчаетъ, что имѣющій пространственное протяженіе органъ чувства, а именно сѣтчатая оболочка или кожа, ощущаетъ самъ себя въ этомъ про-

странственномъ протяженіи, что представленіе это прирожденное и что получаемыя извнѣ впечатлѣнія сами собой вносятся въ представленіи на соотвѣтствующія мѣста пространственно протяженнаго образа. Мы будемъ называть этомъ взглядъ нати-вистической теоріей представленій о пространствѣ. Она закрываетъ путь къ дальнѣйшимъ изысканіямъ относительно происхожденія представленій о пространствѣ, такъ какъ считаетъ ихъ первоначально данными, прирожденными, необъяснимыми.

Противоположный взглядъ былъ высказанъ въ общихъ чертахъ еще англійскими сенсуалистами: Молине, Дж. Локкомъ, Джуриномъ. Примѣненіе его къ спеціальнымъ физиологическимъ вопросамъ могло начаться только въ новѣйшее время, съ тѣхъ поръ, какъ точнѣе были изучены движенія глаза. Изобрѣтеніе стереоскопа Уитстономъ сдѣлало болѣе очевидными недостатки и недочеты натиристической теоріи и повело къ другому разрѣшенію вопроса, которое ближе примыкаетъ къ взгляду сенсуалистовъ и которое мы будемъ называть эмпиристической теоріей зрѣнія. Эта теорія предполагаетъ, что наши чувственные ощущенія суть только знаки вещей внѣшняго міра и происходящихъ въ немъ процессовъ, научиться ихъ толковать мы должны путемъ опыта и упражненія. Что касается воспріятія пространственныхъ различій, то оно можетъ быть усвояемо при помощи движеній, а именно движеній глаза въ полѣ зрѣнія. Эмпиристическая теорія, конечно, тоже должна признать разницу между ощущеніями различныхъ мѣстъ сѣтчатой оболочки, происходящую отъ различія ея частей. Не будь этой разницы, было бы вообще невозможно дѣлать локальныя различія въ полѣ зрѣнія. Ощущеніе краснаго цвѣта при паденіи красныхъ лучей на правую сторону сѣтчатой оболочки должно какимъ-нибудь образомъ отличаться отъ ощущенія того же цвѣта въ случаѣ паденія лучей на лѣвую сторону сѣтчатой оболочки и эта разница обоихъ ощущеній должна отличаться отъ разницы ощущеній, вызываемыхъ послѣдовательно двумя различными оттѣнками краснаго цвѣта въ одномъ и томъ же мѣстѣ сѣтчатой оболочки. Это различіе въ ощущеніяхъ, которыя одинъ и тотъ же цвѣтъ возбуждаетъ въ различныхъ мѣстахъ сѣтчатой оболочки—различіе, природа котораго до сихъ поръ остается невыясненной,—мы будемъ называть согласно Лотце локальнымъ знакомъ ощущенія. Я считаю преждевременнымъ строить какія бы то ни было дальнѣйшія гипотезы относительно характера этихъ локальныхъ знаковъ. Но существованіе ихъ несомнѣнно слѣдуетъ изъ того факта, что мы дѣлаемъ локальныя различія въ полѣ зрѣнія.

Такимъ образомъ, разница между двумя противоположными взглядами состоитъ въ томъ, что эмпиристическая теорія рассматриваетъ локальные знаки, какъ знаки, все равно какого бы рода они ни были, и полагаетъ, что значеніе этихъ знаковъ для познанаія внѣшняго міра можетъ быть изучено и дѣйствительно изучается. При этомъ, конечно, допущеніе какого-либо подобія между локальными знаками и соотвѣтствующими имъ внѣшними различіями является совершенно излишнимъ. Нативистическая теорія, наоборотъ, предполагаетъ, что локальные знаки суть непосредственныя представленія о внѣшнихъ различіяхъ какъ таковыхъ, и по роду, и по величинѣ. Читатель изъ этого видитъ, что глубокому противорѣчію, раздѣляющему различныя философскія системы, изъ которыхъ одна предполагаетъ существованіе предустановленной гармоніи между законами мышленія и представленія съ одной стороны и законами внѣшняго міра—съ другой, а другая выводитъ согласованіе между внутреннимъ міромъ и внѣшнимъ прямо изъ опыта,—что этому противорѣчію не чужда и область интересующая насъ въ настоящую минуту.

Пока дѣло идетъ о полѣ зрѣнія, имѣющемъ видъ плана, отдѣльныя части котораго не представляютъ никакой или по крайней мѣрѣ никакой замѣтной разницы въ удаленіи ихъ отъ глаза, пока мы, напримѣръ, рассматриваемъ небо или отдаленныя части ландшафта, обѣ теоріи даютъ по существу одинаково хорошее объясненіе воспріятію пространственныхъ отношеній такого поля. Плоское изображеніе на сѣтчатой оболочкѣ соотвѣтствуетъ плоскому образу, вызываемому внѣшнимъ объектомъ въ нашемъ представленіи. Существующія между ними несоотвѣтствія уже не такъ велики, чтобы ихъ нельзя было объяснить нативистической теоріей при помощи сравнительно простыхъ допущеній.

Первое несоотвѣтствіе заключается въ томъ, что на сѣтчатой оболочкѣ получается обратное изображеніе; фиг. 4 на стр. 44 показываетъ, какимъ образомъ вслѣдствіе пересѣченія лучей въ хрусталикѣ получается такое положеніе изображенія. Точка *a* есть изображеніе *A*, *b*—изображеніе *B*. Въ теоріи зрѣнія это обстоятельство давно считалось камнемъ преткновенія, для устраненія котораго не мало было придумано всевозможныхъ гипотезъ. Въ концѣ концовъ остановились, главнымъ образомъ, на двухъ изъ нихъ: или понятіе „верхъ“ и „низъ“ въ зрительныхъ ощущеніяхъ рассматриваютъ вообще, какъ это дѣлалъ Иоганнъ Мюллеръ, какъ относительное, указывающее лишь отношеніе одного къ другому, причѣмъ предполагаютъ, что согласіе между представленіями о верхѣ, получаемыми съ одной стороны при помощи зрѣнія, съ

другой путем осязанія, приобрѣтается путемъ опыта; для этого осязающій органъ—руку мы должны помѣстить въ полѣ зрѣнія; или же, въ виду того, что для воспріятія возбужденій необходимо, чтобъ они отъ сѣтчатыхъ оболочекъ шли къ мозгу, то, вмѣстѣ съ Фикомъ, дѣлали другое предположеніе, а именно полагали, что зрительныя и осязательныя нервныя волокна такъ расположены въ мозгу, что устанавливають согласованіе между верхомъ и низомъ, правой и лѣвой стороною, — предположеніе, въ подтвержденіе котораго анатомія до сихъ поръ не привела еще ни одного факта.

Второе несоотвѣтствіе съ точки зрѣнія нативистическихъ теорій заключается въ томъ, что на сѣтчатыхъ оболочкахъ получаются два изображенія, а мы несмотря на это не видимъ предметы вдвойнѣ. Это затрудненіе послѣдователи названныхъ теорій полагали устранить допущеніемъ, что обѣ сѣтчатыя оболочки, подверженныя возбужденію, передають мозгу только одно ощущеніе, а именно, что точки обѣихъ сѣтчатокъ находятся попарно въ соотвѣтствіи, и каждая двѣ точки, составляющія пару (идентичныя или корреспондирующія), ощущаются какъ одна. Анатомія, дѣйствительно, указываетъ на фактъ, который дѣлаетъ такое предположеніе вѣроятнымъ; а именно, оба зрительные нерва, у входа въ мозгъ, скрещиваются и соединяются вмѣстѣ. Патологическія явленія при болѣзняхъ мозга даютъ основаніе думать, что нервныя волокна обѣихъ правыхъ половинъ сѣтчатыхъ оболочекъ направляются въ правое мозговое полушаріе, а лѣвыхъ въ лѣвое; тогда дѣйствительно корреспондирующія волокна соединяются вмѣстѣ. Но если это и въ самомъ дѣлѣ такъ, то во всякомъ случаѣ въ анатоміи такое соединеніе корреспондирующихъ волоконъ еще не доказано.

Для эмпиристической теоріи оба названные пункта не представляютъ никакихъ затрудненій, такъ какъ она требуетъ только, чтобы данный чувственный знакъ будь онъ простой или сложный, былъ признанъ за знакъ того, что онъ означаетъ. Человѣкъ, незнакомый съ наукой, совершенно довѣряетъ своимъ зрительнымъ воспріятіямъ; ему и въ голову не приходитъ, что существуютъ двѣ сѣтчатыхъ оболочки и на нихъ два обратныхъ изображенія, что имѣютъ мѣсто какія-то раздраженія зрительныхъ нервныхъ волоконъ, передающіяся мозгу. Ему нѣтъ дѣла до того, что изображенія на сѣтчатыхъ оболочкахъ обратныя, что такихъ изображеній два. Онъ знакомъ только съ впечатлѣніями, получаемыми имъ при помощи глаза отъ той или другой, такъ или иначе расположенной вещи, и этимъ онъ руководствуется. Возможность же

изученія пространственнаго значенія присущихъ нашимъ зрительнымъ ощущеніямъ локальныхъ знаковъ обусловлена тѣмъ, что мы можемъ вносить въ поле зрѣнія движущіяся части нашего собственнаго тѣла; поэтому, когда мы путемъ осязанія уже познаемъ знакомимся съ пространственными отношеніями и узнаемъ, что такое движеніе, тогда намъ уже не трудно прослѣдить, какія измѣненія въ зрительномъ впечатлѣніи соотвѣтствуютъ движенію въ томъ или другомъ направленіи видимой нами руки. Съ другой стороны, когда мы вращаемъ глаза въ полѣ зрѣнія, наполненномъ покоящимися предметами, сѣтчатая оболочка, вращаясь вмѣстѣ съ глазомъ, сдвигается по отношенію къ изображенію, сохраняющему почти неизмѣнное положеніе. Этимъ путемъ мы узнаемъ, какое впечатлѣніе производитъ одинъ и тотъ же объектъ на различныя мѣста сѣтчатой оболочки. Неизмѣнное изображеніе, перемѣщающееся по сѣтчатой оболочкѣ при вращеніи глаза, играетъ роль циркуля, который мы двигаемъ по чертежу, чтобы узнать, какія разстоянія одинаковы, какія нѣтъ. Даже если бы локальные знаки ощущенія были системой какъ угодно, безъ всякаго порядка перемѣшанныхъ знаковъ (чего я ни въ какомъ случаѣ не считаю вѣроятнымъ), то и тогда подобнымъ путемъ можно было бы узнать, какіе изъ нихъ принадлежатъ сосѣднимъ мѣстамъ, и какіе пары знаковъ соотвѣтствуютъ одинаковымъ разстояніямъ въ различныхъ частяхъ поля зрѣнія.

Съ этимъ предположеніемъ согласуется и то, что и вполне развитый глазъ взрослого человѣка, какъ показали относящіеся сюда опыты Фехнера, Фолькмана и мои, сравниваетъ точно и правильно по величинѣ только такія пары линій и угловъ, которыя, при помощи нормальныхъ движеній глаза, могутъ непосредственно одни за другими давать изображеніе по одной и той же линіи или въ одномъ и томъ же углу сѣтчатой оболочки.

Далѣе простымъ опытомъ можно показать, что согласованіе воспріятій, получаемыхъ при посредствѣ зрѣнія и осязанія, основывается и у взрослого на непрерывномъ сравненіи обоихъ черезъ посредство изображенія нашихъ рукъ на сѣтчатой оболочкѣ. Если надѣтъ очки съ призматическими стеклами, преломляющіе углы которыхъ обращены вправо, то всѣ предметы представляются глазамъ смѣщенными въ правую сторону. Если мы захотимъ взять одинъ изъ видимыхъ предметовъ, причемъ глаза закроемъ прежде, чѣмъ рука появится въ полѣ зрѣнія, рука пройдетъ мимо предмета съ правой его стороны. Если же мы при этомъ опытѣ будемъ слѣдить за рукой глазами, мы дадимъ ей должное направленіе. Въ этомъ случаѣ изображеніе руки мы стремимся при-

вести на сѣтчатой оболочкѣ въ совпаденіе съ изображеніемъ предмета, который хотимъ взять. Стоитъ только въ теченіе одной или двухъ минутъ ощущивать предметы рукою, слѣдя за ними глазами, и согласованіе между зрѣніемъ и осязаніемъ устанавливается снова, несмотря на оптической обманъ очковъ; послѣ этого мы уже научаемся, даже вовремя закрывъ глаза, безошибочно направлять руку къ предмету, хотя видимъ его не по тому направленію, по которому онъ расположенъ въ дѣйствительности. Послѣ этого мы безошибочно направляемъ къ нему и другую руку, которой не видимъ. Отсюда слѣдуетъ, что мы приспособляемъ ошибочныя зрительныя воспріятія къ воспріятіямъ чувства осязанія и исправляемъ ихъ при помощи послѣднихъ. Если, послѣ того какъ опытъ нѣсколько разъ былъ повторенъ въ описанномъ порядкѣ, снять очки и смотрѣть на предметъ свободными глазами, удаливъ руки изъ поля зрѣнія, затѣмъ, закрывъ глаза, постараться взять какой-нибудь предметъ, то рука непременно пройдетъ мимо предмета, на этотъ разъ съ лѣвой его стороны, т. е. уклонится въ сторону противоположную той, въ которую она направлялась въ первомъ случаѣ. Установившаяся новая связь между зрительными и осязательными воспріятіями продолжаетъ существовать и при вновь наступившихъ нормальныхъ условіяхъ.

Когда мы препаруемъ иглами подъ сложнымъ микроскопомъ, дающимъ обратное изображеніе, или еще проще, когда мы приучаемся бриться передъ обыкновеннымъ зеркаломъ, въ которомъ правая сторона изображенія соотвѣтствуетъ лѣвой сторонѣ предмета и наоборотъ, мы въ этихъ случаяхъ опять-таки приспособляемъ движенія къ изображенію на сѣтчатой оболочкѣ.

Упомянутые до сихъ поръ случаи, въ которыхъ представленіе о полѣ зрѣнія, расположенномъ въ планѣ, по существу однородно и подобно дѣйствительно существующему изображенію на сѣтчатыхъ оболочкахъ, могутъ быть одинаково хорошо объяснены какъ съ точки зрѣнія одной, такъ и другой изъ противоположныхъ теорій, но дѣло принимаетъ совсѣмъ другой оборотъ, когда мы переходимъ къ разсмотрѣнію объектовъ близко отъ насъ находящихся, въ которыхъ намъ доступны не два только, а всѣ три измѣренія. Здѣсь начинается существенное, глубокое несоотвѣтствіе между изображеніями на сѣтчатыхъ оболочкахъ съ одной стороны и какъ дѣйствительнымъ внѣшнимъ міромъ, такъ и представленіемъ, которое мы о немъ составляемъ, съ другой. Въ области этихъ вопросовъ и слѣдуетъ искать рѣшеніе спора между двумя противоположными теоріями. Поэтому-то эта область, составляющая ученіе о воспріятіи глубины въ полѣ зрѣнія и о бино-

кулярномъ зрѣніи, при посредствѣ котораго мы и постигаемъ главнымъ образомъ глубину,—эта область уже нѣсколько лѣтъ служитъ ареной многихъ изысканій и многихъ споровъ. Въ самомъ дѣлѣ, вѣдь это все, какъ показываетъ предыдущее, вопросы основные, имѣющіе обширное значеніе для всего человѣческаго знанія.

На сѣтчатой оболочкѣ каждаго глаза образуются плоскія изображенія. Какъ бы мы ни представляли себѣ ходъ нервовъ, оба соединенныя изображенія сѣтчатыхъ оболочекъ могутъ представить въ мозгу только плоское изображеніе. На самомъ же дѣлѣ вмѣсто двухъ плоскихъ изображеній мы находимъ въ нашемъ представленіи одно тѣлесное изображеніе, имѣющее три измѣренія. Здѣсь такъ-же, какъ и въ системѣ цвѣтовъ, внѣшній міръ однимъ измѣреніемъ богаче ощущенія; но на этотъ разъ представленіе въ нашемъ сознаніи вполне соответствуетъ богатству внѣшняго міра. Доступное намъ представленіе глубины — и это слѣдуетъ непремѣнно замѣтить — такъ-же живо, непосредственно и точно, какъ представленіе о размѣрахъ плоскаго поля зрѣнія. Мы хотимъ, положимъ, сдѣлать прыжокъ съ камня на камень; вѣдь цѣлость наша и жизнь зависятъ какъ отъ того, насколько вѣрно можемъ мы судить объ отдѣляющемъ насъ отъ камня разстояніи, такъ и отъ того, насколько точно можемъ мы опредѣлить его положеніе относительно правой и лѣвой стороны. Въ дѣйствительности сужденіе о томъ и другомъ составляется нами одинаково скоро и точно.

Какимъ же образомъ создается представленіе о глубинѣ? Разсмотримъ прежде всего нѣкоторые факты.

Надо замѣтить, что тѣлесность предметовъ и то или другое ихъ отъ насъ разстояніе не вполне ускользаетъ отъ насъ даже и въ томъ случаѣ, когда мы смотримъ на нихъ только однимъ глазомъ и не двигаясь съ мѣста. При этомъ мы располагаемъ тѣми же по существу вспомогательными средствами, какія употребляетъ живописецъ, чтобы придать изображеннымъ на полотнѣ предметамъ тѣлесность и передать ихъ разстояніе. Мы хвалимъ картину, когда объекты на ней кажутся намъ не плоскими, а выпукло выдѣленными на полотнѣ. Пейзажистъ при выборѣ освѣщенія для ландшафта охотно останавливается на эффектахъ низко стоящаго солнца; оно даетъ ему сгущенныя тѣни, при которыхъ особенно рѣзко выдѣляется форма изображаемыхъ предметовъ; онъ предпочитаетъ не совсѣмъ ясный воздухъ, такъ какъ малѣйшая неясность заставляетъ отступать даль; онъ выбираетъ виды съ людьми и животными, ибо по предметамъ извѣстной величины мы легко судимъ объ истинной величинѣ другихъ

изображенныхъ предметовъ и ихъ кажущемся удаленіи. Наконецъ, извѣстная правильность въ предметахъ, являющихся продуктомъ человѣческой промышленности, какъ, на примѣръ, въ постройкахъ, тоже полезна для ориентированія, потому что этими предметами точно указывается направленіе горизонтальной плоскости. Изображеніе тѣлесности въ правильныхъ и симметричныхъ предметахъ лучше всего удается при помощи правильно построенныхъ перспективныхъ чертежей, какъ показываютъ чертежи построекъ, машинъ и орудій. Мы знаемъ, что форма всѣхъ этихъ предметовъ въ общихъ чертахъ ограничивается или пересѣкающимися подъ прямымъ угломъ плоскостями, или шаровыми поверхностями или вообще поверхностями вращенія. Этого достаточно, чтобъ дополнить для нашего пониманія то, чего чертежъ непосредственно не даетъ; мало того, даже симметрія человѣческаго тѣла и вообще тѣла животнаго облегчаетъ пониманіе ихъ перспективныхъ изображеній.

Наоборотъ, даже самый искусный живописецъ терпитъ неудачу въ изображеніи предметовъ неизвѣстной и совершенно неправильной формы, каковы: скалы, льдины и т. д.; даже исполненныя самой природой, самыя вѣрныя изображенія такихъ предметовъ на фотографическихъ снимкахъ очень часто представляютъ непонятное смѣшеніе свѣтлыхъ и темныхъ пятенъ. Если же мы имѣемъ эти предметы дѣйствительно передъ глазами, то достаточно одного взгляда, чтобъ форма ихъ намъ стала совершенно понятной.

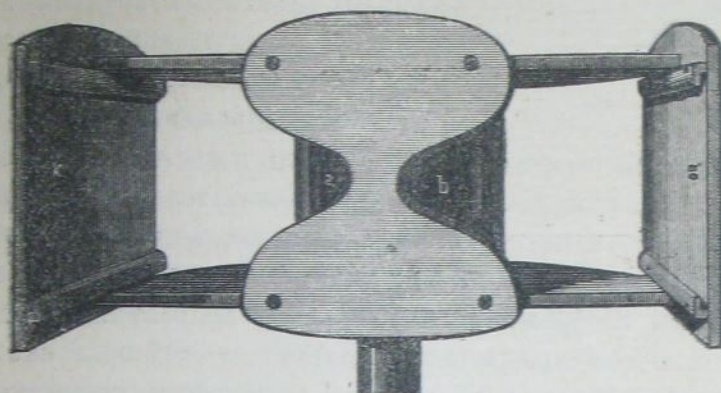
Одинъ изъ великихъ мастеровъ живописи, Леонардо-да-Винчи, почти такой-же великій физикъ, какъ и художникъ, первый точно высказалъ, въ чемъ заключается превосходство непосредственнаго созерцанія дѣйствительнаго предмета надъ любымъ его изображеніемъ въ картинѣ. Въ своемъ *Trattato della pittura* онъ обратилъ вниманіе на то, что мы видимъ двумя глазами, и что представленія, которыя мы на основаніи ихъ свидѣтельства составляемъ о внѣшнемъ мірѣ, не вполне тождественны. Каждый глазъ видитъ въ своемъ изображеніи на сѣтчатой оболочкѣ перспективное изображеніе лежащихъ передъ нимъ предметовъ; но такъ какъ глаза занимаютъ нѣсколько различныхъ положенія въ пространствѣ, то образованныя въ нихъ перспективныя изображенія получены въ различныхъ точкахъ, а потому и различны. Когда я держу передъ собою палецъ и попеременно закрываю и открываю то правый, то лѣвый глазъ, палецъ заслоняетъ мнѣ въ изображеніи лѣваго глаза мѣсто противоположащей стѣны комнаты, расположенное правѣе, чѣмъ въ изображеніи праваго глаза.

Когда я, вытянувъ правую руку, держу ее такъ, что она обращена большимъ пальцемъ къ лицу, то правымъ глазомъ я вижу большую часть верхней части руки, а лѣвымъ большую часть ладони. То же самое происходитъ, когда мы наблюдаемъ тѣла, различныя части которыхъ неодинаково удалены отъ нашихъ глазъ. Но если бы я видѣлъ руку, изображенную на картинѣ въ только что мною разсмотрѣнномъ положеніи, то оба глаза получили бы совершенно одинаковыя изображенія: одинъ увидѣлъ бы точно такую же часть ладони и верха, какъ и другой. Такимъ образомъ мы видимъ, что отъ тѣлесныхъ предметовъ оба глаза получаютъ различныя изображенія, отъ картины одинаковыя. Въ этомъ и заключается разница въ получаемомъ впечатлѣніи—разница, которую не въ состояніи устранить даже доведенное до совершенства искусство изображенія. Изобрѣтеніе стереоскопа Уитстономъ показало, какую роль зрѣніе двумя глазами и разница въ изображеніяхъ на сѣтчатыхъ оболочкахъ обоихъ глазъ дѣйствительно играетъ въ образованіи представленій о третьемъ измѣреніи въ полѣ зрѣнія. Я предполагаю извѣстнымъ и устройство прибора и тотъ своеобразный оптический обманъ, который онъ производитъ. Мы видимъ въ немъ тѣлесныя формы изображенныхъ на стереоскопическихъ картинкахъ объектовъ съ осязательной ясностью, какъ будто бы объекты дѣйствительно находились передъ нами. Оптический обманъ достигается тѣмъ, что оба глаза видятъ нѣсколько различныя картинки; правый глазъ видитъ картинку, изображающую объектъ перспективно такимъ, какимъ онъ кажется съ того мѣста, на которомъ находится правый глазъ, а лѣвый видитъ картинку, изображающую предметъ такимъ, какимъ онъ кажется съ того положенія, какое занимаетъ лѣвый глазъ. Если картинки хорошо и точно выполнены, какъ, напримѣръ, фотографированіемъ объекта изъ двухъ различныхъ положеній, то, смотря въ стереоскопъ, мы получаемъ совершенно то же зрительное впечатлѣніе, какъ отъ самого объекта, конечно, не принимая во вниманіе окраски.

Человѣку, достаточно свободно управляющему движеніями глазъ, не нужно даже никакого прибора, чтобъ скомбинировать изъ двухъ стереоскопическихъ картинокъ одно представленіе о тѣлесномъ предметѣ. Надо только умѣть такъ направить глаза, чтобъ оба одновременно фиксировали соотвѣтствующія точки обѣихъ картинокъ. Но удобнѣе дѣлать это съ помощью приборовъ, которые какъ будто совмѣщаютъ обѣ картинки въ одномъ и томъ же мѣстѣ.

Въ первоначальномъ приборѣ Уитстона, изображенномъ на

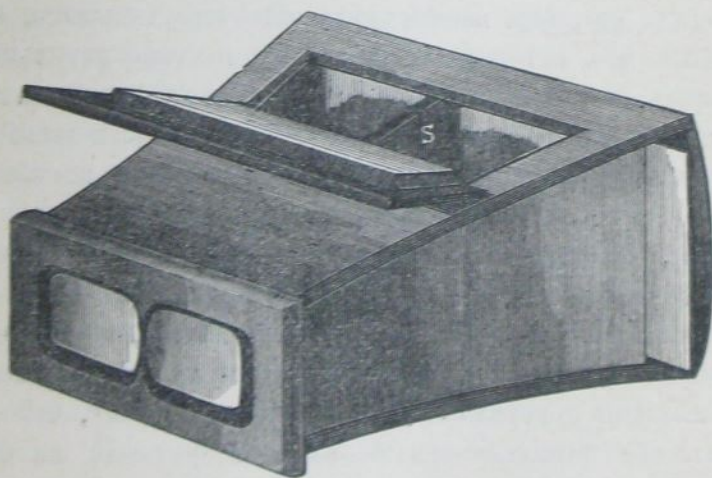
фиг. 9, правый глаз наблюдателя смотрѣлъ въ зеркало *b*, лѣвый въ зеркало *a*. Оба зеркала были поставлены наклонно къ линіи зрѣнія наблюдателя, а обѣ картинки были такъ помѣщены по сторонамъ въ *g* и *k*, что изображенія ихъ, казалось, совпадали



Фиг. 9.

позади зеркалъ. Но правый глаз видѣлъ въ зеркалѣ только то изображеніе, которое давало правое зеркало, лѣвый видѣлъ другое изображеніе въ другомъ зеркалѣ.

Обыкновенный призматическій стереоскопъ Брюстера, изображенный на фиг. 10, удобнѣе, хотя даетъ менѣе рельефныя



Фиг. 10.

изображенія. Здѣсь обѣ картинки находятся рядомъ на одномъ листѣ, который вкладывается въ нижнюю часть стереоскопа, представляющаго раздѣленный стѣною *S* пополамъ ящикъ. Наверху находятся два слабо призматическихъ стекла съ выпуклыми поверхностями, благодаря которымъ изображенія кажутся удаленными, увеличенными и нѣсколько отодвинутыми къ срединѣ

ящика. Фиг. 11, изображающая разрёзъ верхней части прибора, даетъ въ *L* и *R* разрёзъ обоихъ призматическихъ стеколъ. Такимъ образомъ и здѣсь обѣ картинки кажутся наблюдателю



Фиг. 11.

лежащими на одномъ и томъ же мѣстѣ въ средней плоскости ящика, и каждый глазъ видитъ только соотвѣтствующее ему изображение.

Оптическій обманъ въ стереоскопѣ всего очевиднѣе тамъ, гдѣ у насъ нѣтъ никакихъ другихъ вспомогательныхъ средствъ для распознаванія тѣлесности предметовъ, какъ на примѣръ въ геометрическихъ фигурахъ, въ чертежахъ моделей кристалловъ; затѣмъ также и въ изображеніяхъ совершенно неправильныхъ тѣлъ, особенно, если они прозрачны и поэтому не оттѣнены какъ обыкновенныя непрозрачныя тѣла. Такъ на примѣръ, стереоскопическія фотографіи глетчеровыхъ ледянъ хъ глыбъ часто представляютъ для невооруженнаго глаза только непонятное смѣшеніе темныхъ и свѣтлыхъ пятенъ, между тѣмъ какъ въ стереоскопѣ осязательно—живо выступаетъ перерѣзанный трещинами свѣтлый, прозрачный ледъ съ его гладкими блестящими поверхностями.

Со мною нѣсколько разъ случалось, что постройки города, пейзажи, которые я зналъ по стереоскопическимъ картинкамъ, не производили на меня впечатлѣнія чего нибудь новаго, когда они въ первый разъ вставляли передо мной въ дѣйствительности. Ничего подобнаго раньше при разсматриваніи всевозможныхъ изображеній и картинъ со мною никогда не случалось, и это потому, что послѣднія несовершенно передаютъ чувственное впечатлѣніе.

Не менѣе поразительна точность стереоскопическаго зрѣнія; на немъ основано сдѣланное Дове очень остроумное примѣненіе. Если вмѣсто стереоскопическихъ рисунковъ вставить въ стереоскопъ два оттиска одного и того же набора или клише, которые поэтому совершенно подобны, то они комбинируются въ изображеніе совершенно плоской поверхности, соотвѣтственно тому, что я раньше говорилъ объ одинаковости обоихъ изображеній на сѣтчатыхъ оболочкахъ, получаемыхъ отъ плоской картины. Но нѣтъ возможности, какой бы степени ни достигло человѣческое искусство, такъ скопировать буквы и знаки одного мѣднаго клише на другое, чтобы въ обоихъ оттискахъ не было ни малѣйшей разницы, а этого достаточно, чтобы при стереоскопической ихъ комбинаціи одни буквы и линіи выступили впередъ, другія отступили назадъ. Это легчайшій способъ узнавать фальшивыя денежные бумаги. Въ стереоскопѣ кладутъ рядомъ подозрительную и настоящую бумажку

и смотреть, являются ли въ общемъ изображеніи всѣ черты въ одной плоскости.

Этотъ фактъ имѣетъ большое значеніе и для теоріи зрѣнія, такъ какъ онъ ясно свидѣтельствуетъ о той живости, точности и остротѣ нашихъ представленій о глубинѣ, которыя обусловлены разницею обоихъ изображеній на сѣтчатыхъ оболочкахъ.

На очереди теперь вопросъ, какимъ же образомъ возможно, чтобы два различныхъ перспективныхъ плоскихъ изображенія, изображенія о двухъ измѣреніяхъ, соединялись въ представленіе объ одномъ тѣлесномъ предметѣ о трехъ измѣреніяхъ?

Прежде всего надо констатировать тотъ фактъ, что мы на самомъ дѣлѣ можемъ отличить одно отъ другого два плоскихъ изображенія, которыя намъ даютъ оба глаза. Когда я держу передъ собой вытянутый палецъ и смотрю на противоположную стѣну, то, какъ уже упомянулъ выше, палецъ заслоняетъ одному глазу одну, другому—другую часть стѣны, такъ что я вижу палецъ два раза, передъ двумя различными мѣстами стѣны; поэтому, смотря на стѣну, я вижу двойное изображеніе пальца.

Обыкновенно, когда мы обращаемъ вниманіе на тѣлесность видимыхъ вещей, мы вовсе не замѣчаемъ этихъ двойныхъ изображеній, или по крайней мѣрѣ замѣчаемъ ихъ только въ исключительныхъ случаяхъ. Чтобы видѣть ихъ, мы должны смотрѣть на поле зрѣнія иначе, а именно такъ, какъ смотритъ художникъ, желающій его срисовать. Онъ старается забыть дѣйствительную форму, величину и удаленіе предметовъ, которые онъ хочетъ изобразить. Онъ старается видѣть ихъ такими, какими они являются въ плоскомъ полѣ зрѣнія, чтобы такъ и перенести ихъ на плоскость рисунка. Можно думать, что это простѣйшія и первоначальныя условія зрѣнія; и дѣйствительно, большинство фізіологовъ считаютъ его формой зрѣнія, данной непосредственнымъ ощущеніемъ. Что же касается формы зрѣнія, при которой мы различаемъ тѣлесность предметовъ, то она является уже результатомъ навыка второстепенной формой зрѣнія, представленіемъ, выработаннымъ путемъ опыта. Каждый художникъ знаетъ, напротивъ, насколько труднѣе схватить ту кажущуюся форму предметовъ, подъ которой они являются въ плоскомъ полѣ зрѣнія, чѣмъ ихъ истинную тѣлесную форму и величину. Представленіе о послѣдней, отъ котораго художникъ не можетъ вполне освободиться, и затрудняетъ главнымъ образомъ рисованіе съ натуры.

Такимъ образомъ, когда мы представляемъ себѣ поле зрѣнія такимъ, какимъ представляетъ его себѣ художникъ, обращая вниманіе на поверхностныя формы предметовъ, мы дѣйствительно замѣ-

чаемъ разницу въ обоихъ изображеніяхъ на сѣтчатыхъ оболочкахъ; мы видимъ тогда двойными тѣ предметы, которые лежатъ отъ глаза ближе или дальше фиксируемой точки и не слишкомъ удалены отъ нея въ сторону, такъ что допускаютъ еще ясное распознаваніе своего положенія. Въ началѣ мы видимъ только далеко лежащія другъ отъ друга двойныя изображенія, но при дальнѣйшемъ упражненіи въ наблюденіи ихъ замѣчаемъ и такія, между которыми существуетъ лишь незначительная разница въ положеніяхъ.

Если я держу, напримѣръ, палецъ въ нѣкоторомъ удаленіи отъ лица и смотрю на противоположную стѣну, причемъ палецъ, какъ было уже замѣчено выше, закрываетъ моему правому глазу однѣ точки стѣны, лѣвому—другія, то, одновременно открывъ оба глаза, я вижу стѣну, одну точку которой я фиксирую, въ простомъ видѣ; но съ пальцемъ совпадаютъ два различныхъ мѣста стѣны и отчасти имъ прикрываются; поэтому я вижу палецъ вдвойнѣ.

Всѣ эти и подобныя явленія, наблюдаемыя при различныхъ положеніяхъ двойныхъ изображеній, сводятся къ одному простому правилу формулированному Іоганномъ Мюллеромъ. Каждой точкѣ одной изъ сѣтчатыхъ оболочекъ можно найти соответствующую (корреспондирующую) точку на другой. Въ общемъ плоскомъ полѣ зрѣнія обоихъ глазъ изображенія корреспондирующихъ точекъ, говоря вообще, совпадаютъ, изображенія же не корреспондирующихъ точекъ не совпадаютъ. Корреспондирующія точки (не принимая во вниманіе небольшихъ отступленій) суть точки сѣтчатыхъ оболочекъ одинаково отстоящія направо или налѣво и вверхъ или внизъ отъ фиксируемой точки.

Я уже упомянулъ выше, что нативистическая теорія зрѣнія должна предположить и дѣйствительно предполагаетъ полное сліяніе ощущеній, возбуждаемыхъ въ корреспондирующихъ или, какъ ихъ называлъ Іоганнъ Мюллеръ, идентичныхъ точкахъ. Это предположеніе нашло яркое выраженіе въ анатомической гипотезѣ, полагающей, что два нервныя волокна, исходящія изъ корреспондирующихъ мѣстъ сѣтчатыхъ оболочекъ, соединяются въ одно волокно или въ мѣстѣ пересѣченія зрительныхъ нервовъ или въ мозгу. Я долженъ при этомъ замѣтить, что Іоганнъ Мюллеръ хотя говорилъ о возможности такого механическаго объясненія, однако не принялъ его окончательно. Онъ хотѣлъ, чтобы на его законъ объ идентичныхъ точкахъ смотрѣли, какъ на выраженіе извѣстныхъ фактовъ, и придавалъ значеніе только тому, что локализация этихъ ощущеній въ полѣ зрѣнія всегда одинакова.

При этомъ являлось, однако, затрудненіе въ томъ, что распоз-

наваніе двойныхъ изображеній въ тѣхъ случаяхъ, когда возможно сліяніе ихъ въ представленіе о пространственно протяженномъ предметѣ, относительно довольно неточно, что представляетъ рѣзкій контрастъ съ той удивительной точностью, съ которой, какъ показалъ Дове, мы судимъ о стереоскопическомъ рельефѣ. И однако мы дѣлаемъ это при помощи той же разницы въ изображенія на сѣтчатыхъ оболочкахъ, которая лежитъ въ основѣ явленія двойныхъ изображеній. Для воспроизведенія рельефа достаточно самой незначительной разницы въ двухъ стереоскопическихъ картинкахъ, а между тѣмъ эта разница должна быть увеличена въ двадцать, тридцать разъ, чтобы мы могли замѣтить ее въ двойныхъ изображеніяхъ, даже если мы предположимъ, что наблюдение будетъ производить опытный наблюдатель, и притомъ самымъ тщательнымъ образомъ.

Къ этому прибавляются еще другія обстоятельства, которые то затрудняютъ, то облегчаютъ воспріятіе двойныхъ изображеній. Больше всего затрудняетъ это воспріятіе представленіе о рельефѣ. Чѣмъ оно живѣе, тѣмъ труднѣе видѣть двойныя изображенія, поэтому труднѣе видѣть двойныя изображенія дѣйствительныхъ объектовъ, чѣмъ ихъ стереоскопическихъ снимковъ. Наблюденіе напротивъ облегчается, когда окраска и степень яркости линій въ обоихъ рисункахъ неодинакова или когда въ рисунки вставлены корреспондирующія линіи и точки, которыя въ силу контраста обнаруживаютъ недостатокъ согласованія сосѣднихъ не вполне корреспондирующихъ линій и точекъ. Всѣ эти обстоятельства не имѣли бы, конечно, никакого вліянія, если бы одинаковая локализція ощущеній обуславливалась тѣмъ или другимъ соединеніемъ нервныхъ волоконъ.

Затѣмъ къ этому послѣ изобрѣтенія стереоскопа присоединилось еще затрудненіе въ объясненіи воспріятій глубины на основаніи разницы въ изображеніяхъ на сѣтчатыхъ оболочкахъ. Прежде всего Брюке обратилъ вниманіе на рядъ фактовъ, которые, казалось, дѣлали возможнымъ согласованіе стереоскопическихъ явленій съ теоріей прирожденной тождественности сѣтчатыхъ оболочекъ. Наблюдая за движеніемъ нашего взгляда при разсматриваніи стереоскопическихъ изображеній или соотвѣтствующихъ предметовъ, мы замѣчаемъ, что непрерывно слѣдимъ за различными линіями контура, причемъ фиксируемую каждый разъ точку видимъ въ простомъ видѣ, а остальные въ двойномъ. Обыкновенно наше вниманіе сосредоточивается на фиксируемой точкѣ, и мы такъ мало замѣчаемъ двойныя изображенія, что они представляютъ подчасъ совершенно новое явленіе для взрослыхъ людей, когда обращаютъ

на это ихъ вниманіе. Въ виду того, что при слѣдованіи по контурамъ такой фигуры мы неравномѣрно двигаемъ глазами въ разныя стороны, заставляя ихъ то сходиться, то расходиться, въ зависимости отъ того, пробѣгаемъ ли мы по болѣе близкимъ или далекимъ частямъ контура, эта неравномѣрность движеній и могла бы служить къ образованію представленія о различномъ удаленіи видимыхъ линій. Дѣйствительно, при такомъ движеніи взгляда по стереоскопическому чертежу мы получаемъ гораздо болѣе ясную и точную картину изображеннаго на немъ рельефа, чѣмъ при неподвижномъ фиксированіи одной точки; причина этого лежитъ, быть можетъ, просто въ томъ, что при движеніи взгляда мы послѣдовательно видимъ всѣ точки фигуры прямо, а потому и яснѣе, чѣмъ когда мы только одну точку видимъ прямо, всѣ же остальные косвенно.

Сдѣланное Брюке допущеніе, что воспріятіе глубины является только при движеніи взгляда, было опровергнуто опытами Дове, показавшими, что своеобразный оптический обманъ въ стереоскопѣ имѣетъ мѣсто и при освѣщеніи электрической искрой. Свѣтъ послѣдней длится менѣе одной четырехтысячной доли секунды. Продолженіе такого незначительнаго промежутка времени тяжелой тѣла на земной поверхности, двигающіяся даже со значительными скоростями, такъ мало перемѣщаются впередъ, что кажутся абсолютно неподвижными. Поэтому во время освѣщенія искрою, глазъ не можетъ сдѣлать ни малѣйшаго замѣтнаго движенія а между тѣмъ мы все-таки получаемъ полное впечатлѣніе стереоскопическаго рельефа.

Явленіе стереоскопическаго блеска, открытое также Дове, показало далѣе, что сліяніе ощущеній обоихъ глазъ, предполагаемое анатомической гипотезой, въ дѣйствительности не происходитъ. Когда на одной стереоскопической картинкѣ какая-нибудь плоскость изображена бѣлой, на другой черной, то въ соединенномъ изображеніи она кажется блестящей, даже когда для рисунка взята совершенно матовая, не имѣющая блеска бумага. Стереоскопическіе чертежи моделей кристалловъ часто дѣлаются такъ, что на одномъ изъ нихъ изображены бѣлыя линіи на черномъ полѣ, на другомъ черныя линіи на бѣломъ полѣ. Все вмѣстѣ производитъ тогда такое впечатлѣніе, какъ будто модель кристалла сдѣлана изъ блестящаго графита. Еще лучше выходятъ, благодаря этому приему, на стереоскопическихъ фотографіяхъ блескъ воды, листьевъ растений и т. д.

Это своеобразное явленіе объясняется слѣдующимъ образомъ: матовая поверхность, какъ напримѣръ матовая бѣлая бумага,

разсѣиваетъ падающій на нее свѣтъ въ одинаковой мѣрѣ по всѣмъ направлѣніямъ, и поэтому кажется всегда одинаково свѣтлой, съ какой бы стороны мы на нее ни смотрѣли; вслѣдствіе этого она кажется одинаково свѣтлой какъ одному, такъ и другому глазу. Блестящая же поверхность, кромѣ того что разсѣиваетъ свѣтъ равномерно по всѣмъ направлѣніямъ, по извѣстному направлѣнію еще правильно отражаетъ свѣтъ. Этотъ отраженный свѣтъ можетъ попасть въ одинъ глазъ. Тогда отражающая поверхность покажется этому глазу болѣе свѣтлой, чѣмъ другому; а такъ какъ это можетъ произойти только съ блестящими тѣлами, то намъ и кажется, когда мы получаемъ подобное впечатлѣніе, что мы видимъ блескъ въ стереоскопическомъ изображеніи.

Если бы дѣйствительно происходило сліяніе впечатлѣній, получаемыхъ обѣими сѣтчатými оболочками, то соединеніе цвѣтовъ бѣлаго и чернаго давало бы сѣрый цвѣтъ. Стереоскопическое же комбинированіе бѣлаго и чернаго цвѣта въ блескъ указываетъ на то, что впечатлѣнія обѣихъ сѣтчатыхъ оболочекъ не сливаются въ ощущеніи, такъ какъ получаемое при этомъ чувственное впечатлѣніе никоимъ образомъ не можетъ быть получено отъ одинаково окрашенныхъ сѣрыхъ поверхностей.

Что впечатлѣніе блеска не можетъ быть объяснено извѣстнаго рода смѣной впечатлѣній того или другого глаза или такъ называемымъ соревнованіемъ сѣтчатыхъ оболочекъ, это опять-таки становится очевиднымъ при мгновенномъ освѣщеніи подобныхъ картинокъ электрическою искрою: при такомъ освѣщеніи впечатлѣніе блеска получается вполне. Мало того, можно показать, что изображенія обоихъ глазъ не только не сливаются въ ощущеніи, но что получаемыя нами отъ обоихъ глазъ ощущенія не одинаковы и прямо сознаются нами какъ различныя. Въ самомъ дѣлѣ, если бы ощущеніе, получаемое нами отъ праваго глаза, было совершенно тождественно съ ощущеніемъ, получаемымъ отъ лѣваго, то при свѣтѣ электрической искры, когда никакія глазныя движенія не могутъ придти на помощь распознаванію, было бы безразлично, видитъ ли правый глазъ правую картинку и лѣвый лѣвую или, наоборотъ, правый лѣвую, а лѣвый правую. На дѣлѣ же это совсѣмъ не безразлично; стоитъ намъ только переложить картинки, и мы получимъ обратный рельефъ предмета: то, что было дальше, кажется ближе, выпуклыя мѣста кажутся углубленными и наоборотъ. Въ виду того, что при освѣщеніи электрическою искрою мы никогда [не смѣшиваемъ прямого рельефа съ обратнымъ, только что сказанное прямо указываетъ на то, что впечатлѣніе праваго глаза отличается отъ впечатлѣнія лѣваго.

Весьма своеобразны и интересны также явления, наблюдаемые въ случаяхъ, когда передъ обоими глазами одновременно найдутся рисунки, которые нельзя совмѣстить въ представленіе объ одномъ предметѣ, на примѣръ, если одинъ глазъ смотритъ на напечатанный листъ, другой на гравюру. Тогда начинается такъ называемое соревнованіе полей зрѣнія. Оба изображенія не покрываютъ одновременно другъ друга: на однихъ мѣстахъ видно одно, на другихъ другое. Если оба рисунка одинаково четки, то обыкновенно черезъ промежутки въ нѣсколько секундъ мѣняются мѣста, на которыхъ видно то или другое изображеніе. Но если одно изображеніе представляетъ на какомъ-нибудь мѣстѣ поля зрѣнія равномерное непрерывное черное или бѣлое поле, другое тамъ же ясно очерченные контура, то послѣдніе обыкновенно являются преобладающими и, оставаясь нѣкоторое время передъ глазами, вытѣсняють воспріятіе равномернаго поля. Я долженъ, однако, наперекоръ мнѣніямъ прежнихъ наблюдателей замѣтить, что всегда можно управлять этимъ соревнованіемъ, направляя вниманіе по произволу. Если мы попытаемся читать, то преобладать будутъ буквы, по крайней мѣрѣ, въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ мы читаемъ. Если же мы, наоборотъ, станемъ слѣдить за штриховкой и контурами гравюры, то выступать эти послѣдніе. Я нахожу далѣе, что при такихъ обстоятельствахъ можно приковать вниманіе къ слабо освѣщенному объекту и такимъ образомъ вытѣснить объектъ болѣе свѣтлый, находящійся въ изображеніи на сѣтчатой оболочкѣ другого глаза, напр. слѣдить за волокнами равномерно-бѣлой чистой поверхности бумаги и вытѣснить при этомъ рѣзкіе черные рисунки другого поля. Такимъ образомъ это соревнованіе сводится къ преобладанію или колебанію вниманія, а не къ преобладанію или колебанію ощущенія и представляетъ наиболѣе удобное явленіе для изученія причинъ, направляющихъ вниманіе. Для этого недостаточно одного сознательнаго намѣренія смотрѣть то однимъ глазомъ, то другимъ, но надо еще вызвать возможно ясное чувственное представленіе о томъ, что мы хотимъ видѣть. Тогда оно выступаетъ и въ дѣйствительности. Если же предоставить ходъ воображенія самому себѣ, не связывая его опредѣленнымъ намѣреніемъ, то бессознательно и начинается то колебаніе, которое мы обозначили именемъ соревнованія. При этомъ свѣтлые и ярко начерченные объекты обыкновенно преобладаютъ надъ темными и плохо различимыми въ другомъ полѣ зрѣнія, по крайней мѣрѣ нѣкоторое время.

Мало того, если держать передъ глазами различно окрашенные стекла и смотрѣть черезъ нихъ на одинаковые объекты поля

зрѣнія, то начинается подобное же соревнованіе между цвѣтами, причѣмъ мѣстами выступаетъ то одинъ цвѣтъ, то другой и только по истеченіи нѣкотораго времени, когда живость цвѣтныхъ впечатлѣній уже ослаблена наступающей усталостью и возбуждаемыми ею дополнительными субъективными изображеніями, смѣна цвѣтовъ прекращается, и мы видимъ нѣчто въ родѣ составнаго цвѣта двухъ первоначальныхъ цвѣтовъ.

Остановить вниманіе на томъ или другомъ цвѣтѣ гораздо труднѣе, чѣмъ на различныхъ рисункахъ, вызывающихъ соревнованіе. Ибо мы только тогда можемъ на продолжительное время приковать вниманіе къ чувственному впечатлѣнію, когда въ немъ постоянно является что-нибудь новое, за чѣмъ можно слѣдить. Есть, однако, средство этому помочь, получая отъ обращенной къ глазу стороны стекла отраженное изображеніе буквъ и линій, на которомъ и сосредоточиваемъ наше вниманіе. Эти изображенія представляются бѣлыми, а не окрашенными; но когда мы сосредоточиваемъ вниманіе на одномъ изъ нихъ, въ воспріятіи выступаетъ соотвѣтствующій цвѣтъ поля.

Относительно опытовъ, касающихся соревнованія цвѣтовъ, долгое время существовалъ между лучшими наблюдателями странный споръ, самая возможность котораго весьма характерна для этого явленія. Одни—между ними мы находимъ имена Дове, Реньо, Брюке, Лудвига, Панума, Геринга—утверждаютъ, что при бинокулярномъ сліяніи двухъ цвѣтовъ виденъ ихъ составной цвѣтъ. Другіе, какъ Г. Мейеръ въ Цюрихѣ, Фолькманъ, Мейснеръ, Функе, такъ же опредѣленно увѣряютъ, будто никогда не видали при этомъ составнаго цвѣта. Я самъ рѣшительно долженъ примкнуть къ послѣднимъ, въ виду того, что тщательное изслѣдованіе тѣхъ случаевъ, гдѣ мнѣ казалось, что я вижу составной цвѣтъ, каждый разъ приводило къ заключенію, что я имѣлъ дѣло съ явленіями контраста. Каждый разъ, когда я сопоставлялъ дѣйствительный составной цвѣтъ съ бинокулярнымъ смѣшеніемъ цвѣтовъ, различіе ихъ выступало совершенно ясно. Съ другой стороны, не можетъ быть никакого сомнѣнія въ томъ, что вышеназванные наблюдатели видѣли дѣйствительно составной цвѣтъ; здѣсь мы, такимъ образомъ, встрѣчаемся съ очень крупною индивидуальной особенностью. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ, которые Дове считаетъ особенно благоприятными (бинокулярное соединеніе дополнительныхъ поляризаціонныхъ цвѣтовъ въ бѣлый цвѣтъ), я ее могъ получить и слѣда какого-нибудь смѣшенія.

Это удивительное различіе при сравнительно простомъ наблюденіи имѣетъ по моему мнѣнію громадный интересъ и служить

замѣчательнымъ подтвержденіемъ тому предположенію эмпиристической теоріи, что можно считать вообще локально раздѣленными только тѣ ощущенія, которыя отдѣлимы другъ отъ друга произвольными движеніями. По теоріи Т. Юнга три различныхъ ощущенія являются и тогда, когда мы рассматриваемъ смѣшанный цвѣтъ однимъ глазомъ; но они не могутъ быть раздѣлены никакими движеніями глаза и всегда остаются одинаковымъ образомъ соединенными въ пространствѣ. И, однако, мы видѣли, что и тутъ въ исключительныхъ случаяхъ является раздѣленіе въ представленіи, когда намъ кажется, что часть цвѣта принадлежитъ прозрачной цвѣтной поверхности. Правда, при освѣщеніи двухъ корреспондирующихъ мѣстъ сѣтчатыхъ оболочекъ различными цвѣтами, раздѣленіе ихъ, при обыкновенномъ зрѣніи, происходитъ рѣдко, и даже, когда происходитъ, то падаетъ большей частью на такія мѣста поля зрѣнія, на которыя мы обращаемъ мало вниманія. Но такое раздѣленіе на двѣ составныя части, движущіяся до извѣстной степени независимо другъ отъ друга при глазныхъ движеніяхъ, все-таки существуетъ, и способность отдѣлять другъ отъ друга цвѣта, одновременно падающіе на обѣ сѣтчатыя оболочки, будетъ уже зависѣть отъ степени вниманія, удѣляемой наблюдателемъ косвенно видимымъ частямъ поля зрѣнія и встрѣчающимся на нихъ двойнымъ изображеніемъ. Монокулярное и бинокулярное смѣшеніе цвѣтовъ возбуждаютъ одновременно различные ощущенія цвѣтовъ съ одинаковой локализацией въ полѣ зрѣнія. Разница въ представленіи состоитъ только въ томъ, что мы или воспринимаемъ этотъ комплексъ ощущеній непосредственно, какъ нѣчто цѣлое, не разлагая его на части, или же умѣемъ распознавать составныя части и отдѣлять ихъ другъ отъ друга. Первое происходитъ большей частью, хотя и не всегда, при монокулярномъ смѣшеніи цвѣтовъ, второе—при бинокулярномъ смѣшеніи. Но такъ какъ распознаваніе это основывается на добытомъ предварительными наблюденіями навыкѣ, то и понятно, почему тутъ могутъ являться такія крупныя индивидуальныя особенности.

Слѣдя за соревнованіемъ сѣтчатокъ при совмѣщеніи двухъ стереоскопическихъ рисунковъ, изъ которыхъ одинъ вырисованъ черными линиями на бѣломъ полѣ, другой—бѣлыми на черномъ полѣ, мы замѣчаемъ, что корреспондирующія бѣлыя и черныя линіи всегда видны вмѣстѣ, причемъ, конечно, остаются видимыми и черное поле одного рисунка и бѣлое другого. Поэтому въ этомъ блестящемъ подобно графиту полѣ образуется впечатлѣніе гораздо болѣе спокойное, чѣмъ то, которое получается при соревнованіи сѣтчатокъ въ случаѣ двухъ совершенно различныхъ

чертежей. Это видно лучше всего, если положить рядомъ съ черной половиной чертежа напечатанный бѣлый листъ; тогда черное поле даетъ съ одной стороны блескъ, съ другой, бинокулярно покрываясь, оно возбуждаетъ соревнованіе. Пока мы обращаемъ вниманіе на форму изображеннаго объекта и пробѣгаемъ по немъ глазами, фиксируемая точка проходитъ по различно окрашеннымъ линіямъ контура, и фиксированіе можетъ сохраниться только до тѣхъ поръ, пока мы одновременно слѣдуемъ за обоими. Поэтому необходимо удерживать вниманіе на обоихъ контурахъ, и тогда впечатлѣнія отъ обоихъ получаютъ одно рядомъ съ другимъ. Нѣтъ лучшаго средства удержатъ соединенное впечатлѣніе двухъ картинокъ, какъ только что упомянутое. Можно на короткое время скомбинировать и совершенно различные покрывающіе другъ друга рисунки, обращая вниманіе на то, какимъ образомъ они налагаются одинъ на другой, подъ какими углами пересѣкаются принадлежащія тому и другому линіи и т. д. Но какъ только вниманіе сосредоточивается на одной изъ этихъ линій, другое поле, въ котромъ нѣтъ такой линіи, исчезаетъ.

Возвращаясь еще разъ къ фактамъ, касающимся бинокулярнаго зрѣнія, мы находимъ:

1) Возбужденіе корреспондирующихъ мѣстъ сѣтчатыхъ оболочекъ не сливаются въ одно впечатлѣніе настолько, чтобы не было возможности ихъ различить, потому что, еслибъ такое сліяніе было на самомъ дѣлѣ, было бы невозможно явленіе стереоскопическаго блеска. Выше было доказано, что это явленіе не можетъ быть объяснено соревнованіемъ сѣтчатокъ, даже если разсматривать его какъ слѣдствіе колебанія ощущенія, а не вниманія. Наоборотъ, оно связано съ прекращеніемъ такого соревнованія.

2) Ощущенія, вызываемыя возбужденіемъ корреспондирующихъ мѣстъ сѣтчатыхъ оболочекъ, отличаются одно отъ другого; ибо въ противномъ случаѣ было бы невозможно отличить при моментальномъ освѣщеніи вѣрный стереоскопическій рельефъ отъ псевдоскопическаго.

3) Сліяніе обоихъ различныхъ ощущеній корреспондирующихъ мѣстъ происходитъ не оттого, что одно изъ нихъ на время исчезаетъ; потому-то бинокулярное воспріятіе глубины основывается только на томъ, что оба различныя изображенія одновременно достигаютъ сознанія, а такое воспріятіе возможно и при покоящемся изображеніи на сѣтчатой оболочкѣ, и при мгновенномъ освѣщеніи.

Итакъ мы видимъ изъ этого изслѣдованія, что два различаемыя нами ощущенія, не сливаясь, одновре-

менно достигаютъ сознанія, и что поэтому сліяніе ихъ въ одно представленіе о вѣшнемъ мірѣ достигается не путемъ какого-нибудь предусмотрѣннаго механизма въ ощущеніи, а актомъ сознанія.

4) Мы находимъ далѣе, что, хотя локалізація зрительныхъ впечатлѣній, получаемыхъ корреспондирующими мѣстами сѣтчатыхъ оболочекъ, въ общемъ и одинакова или, по крайней мѣрѣ, почти одинакова, представленіе, относящее оба впечатлѣнія на одинъ и тотъ же единичный объектъ, можетъ замѣтно нарушить эту одинаковость. Еслибъ эта одинаковая локалізація обусловливалась непосредственнымъ актомъ ощущенія, то это ощущеніе, конечно, не могло бы уничтожиться вслѣдствіе противорѣчащаго представленія. Но одинаковая локалізація корреспондирующихъ изображеній основывается на глазомѣрѣ, т. е. на добытомъ путемъ опыта сужденіи о разстояніяхъ, на приобретенномъ пониманіи значенія локальныхъ знаковъ. Тутъ одно знаніе, добытое путемъ опыта, борется съ другимъ, также добытымъ путемъ опыта; поэтому понятно, что представленіе, по которому два зрительныхъ изображенія принадлежатъ одному объекту, вліяетъ путемъ глазомѣра на сужденіе объ ихъ взаимномъ положеніи, и что вслѣдствіе этого разстоянія ихъ отъ фиксируемой точки въ плоскости поля зрѣнія разсматриваются какъ равныя, хотя на самомъ дѣлѣ они не вполне равны.

Далѣе слѣдуетъ, что разъ одинаковая локалізація корреспондирующихъ мѣстъ въ обоихъ поляхъ зрѣнія не основывается на ощущеніи, то и первоначальное сравненіе различныхъ разстояній въ каждомъ отдѣльномъ полѣ зрѣнія также не можетъ основываться на непосредственномъ ощущеніи, потому что еслибъ это было такъ, то и согласованіе обоихъ полей зрѣнія давалось бы непосредственно ощущеніемъ, при разъ установленной тождественности обѣихъ фиксируемыхъ точекъ и согласованіи хотя бы одного меридіана одного глаза съ корреспондирующимъ меридіаномъ другого.

Читатель видитъ, что всѣ эти факты приводятъ насъ къ эмпиристической теоріи. Я долженъ упомянуть при этомъ, что въ новѣйшее время являлись попытки объяснить образованіе воспріятія глубины и явленія бинокулярнаго видѣнія въ простомъ и двойномъ видѣ существованіемъ особаго рода механизмовъ. Эти попытки, критическій разборъ которыхъ въ данномъ мѣстѣ я дать не въ состояніи—это привело бы насъ къ вопросамъ слишкомъ запутаннымъ и спеціальнымъ—эти попытки, несмотря на свои отчасти искусственныя и въ то же время очень неточныя

и растяжимыя допущенія, до сихъ поръ приводили къ неудачѣ вслѣдствіе того, что дѣйствительный міръ представляетъ безконечное различіе условій, изъ которыхъ далеко не всѣ могли быть предусмотрѣны. Такимъ образомъ, если эти системы и объясняютъ какой-нибудь одинъ опредѣленный случай въ области зрѣнія, то онѣ совершенно непримѣнимы къ другимъ. Тогда прибѣгаютъ къ весьма сомнительному предположенію, что въ этихъ другихъ случаяхъ ощущение погашается и побѣждается противоставляемымъ ему опытомъ. Но во что обратились бы наши воспріятія, еслибы мы могли погашать ощущенія, относящіяся къ объекту нашего вниманія, въ угоду противоположнымъ представленіямъ? Во всякомъ случаѣ ясно, что каждый разъ, когда рѣшать долженъ опытъ, образованіе вѣрнаго представленія при помощи этого опыта происходитъ гораздо легче, если не приходится преодолѣвать никакія противоположныя ощущенія, чѣмъ если вѣрное сужденіе достигается только наперекоръ ихъ вліянію.

Кромѣ того, всѣ эти гипотезы, представляющія изъ себя различныя видоизмѣненія нативистическихъ теорій и примѣняемая одна за другой къ объясненію явленій, совершенно излишни. До сихъ поръ не извѣстенъ еще ни одинъ фактъ, который нельзя было бы объяснить эмпиристической теоріей, не предполагающей никакихъ недоказанныхъ анатомическихъ структуръ, никакихъ совершенно неслыханныхъ родовъ фізіологической дѣятельности нервной субстанции, не дѣлающей никакихъ допущеній, кромѣ существованія подтверждающейся изъ ежедневнаго опыта, хорошо извѣстной въ своихъ существенныхъ чертахъ ассоціаціи ощущеній и представленій. Правда, полное объясненіе психической дѣятельности еще не дано, да и врядъ ли будетъ дано въ ближайшемъ будущемъ. Въ виду того, однако, что эта дѣятельность фактически существуетъ и что до сихъ поръ еще ни одна форма нативистическихъ теорій не могла избѣгнуть ссылки на эту дѣятельность въ тѣхъ случаяхъ, когда другія попытки объясненія не достигали своей цѣли,—въ виду этого невозможность проникновенія въ тайны духовной жизни не должна считаться недостаткомъ нашей теоріи зрѣнія.

Въ области представленій о пространствѣ невозможно провести какую бы то ни было границу для отдѣленія одной части, подлежащей непосредственному ощущенію, отъ другой, добытой лишь путемъ опыта. Гдѣ бы мы ни пытались провести эту границу, всегда найдутся случаи, въ которыхъ опытъ оказывается точнѣе, опредѣленнѣе и непосредственнѣе ощущенія и побѣж-

дасть это послѣднее. Одно только допущеніе не приводитъ ни къ какимъ противорѣчіямъ, — допущеніе, дѣлаемое эмпиристической теоріей, рассматривающей всѣ представленія о пространствѣ какъ основанныя на опытѣ и полагающей, что и локальные знаки нашихъ зрительныхъ ощущеній и качества ихъ сами по себѣ суть только знаки, значеніе коихъ мы должны научиться понимать.

Мы научаемся ихъ понимать, сравнивая ихъ съ результатами нашихъ движеній и тѣми измѣненіями, которыя происходятъ вслѣдствіе нихъ во внѣшнемъ мірѣ. Ребенокъ прежде всего начинаетъ играть ручками; бываетъ періодъ, когда онъ еще не умѣетъ направить руки и глаза къ блестящему или цвѣтному предмету, привлекающему его вниманіе. Затѣмъ онъ хватается всѣ предметы, повертываетъ ихъ туда и сюда, осматриваетъ, ощупываетъ, облизываетъ со всѣхъ сторонъ. Больше другихъ ему нравятся простые предметы; самая простая игрушка доставляетъ ему больше счастья, чѣмъ самая хитрая изобрѣтенія современной промышленности въ этой области. Когда ребенокъ въ продолженіе нѣсколькихъ недѣль, каждый день понемногу, рассматриваетъ такой предметъ и знаетъ его наконецъ во всѣхъ его перспективныхъ изображеніяхъ, то бросаетъ его и берется за другія формы. Такимъ образомъ онъ изучаетъ различныя зрительныя изображенія, получаемыя отъ одного предмета, въ связи съ тѣми движеніями, которыя онъ можетъ сообщить объекту своими ручками. Получаемое такъ путемъ образное представленіе о пространственной формѣ предмета есть совокупность всѣхъ этихъ зрительныхъ изображеній. Разъ мы составили себѣ точное образное представленіе о формѣ какого-нибудь объекта, то можемъ силою воображенія представить себѣ, какой видъ будетъ имѣть этотъ предметъ, рассматриваемый съ той или другой стороны, повернутый такъ или иначе. Всѣ эти отдѣльныя образныя представленія заключаются въ представленіи о тѣлесности предмета и могутъ быть изъ нея выведены вмѣстѣ съ представленіемъ о тѣхъ движеніяхъ, которыя мы должны произвести, чтобы получить видъ предмета съ различныхъ сторонъ.

Я часто находилъ замѣчательное подтвержденіе этому при наблюденіи стереоскопическихъ изображеній. Рассматривая напр., запутанныя чертежи очень сложныхъ формъ кристалловъ, я вначалѣ лишь съ трудомъ комбинирую ихъ. Въ такомъ случаѣ прежде всего я выскиваю въ изображеніяхъ двѣ соотвѣтствующія другъ другу точки и произвольнымъ движеніемъ глазъ привожу ихъ въ совпаденіе; но до тѣхъ поръ, пока я не пойму, какого рода форму изображаютъ картинки, мои глаза все время расходятся, и совпа-

денія уже не имѣютъ мѣста. Тогда я стараюсь слѣдить глазами за различными линіями контура; тѣлесная форма предмета становится сразу понятной, и съ этого момента начиная, оптическія оси обоихъ глазъ, уже не расходясь, безъ малѣйшей трудности скользятъ по линіямъ контура предполагаемаго тѣла. Вмѣстѣ съ вѣрнымъ представленіемъ о тѣлесной формѣ объекта найдено и правило для соотвѣтствующихъ движеній глазъ при разсмотрѣваніи тѣла. Производя эти движенія и получая ожидаемыя зрительныя изображенія, мы переводимъ наше представленіе снова въ область реального міра и съ цѣлью убѣдиться въ вѣрности этого представленія смотримъ, совпадаетъ ли это переведенное представленіе съ оригиналомъ.

Я думаю, что именно на этотъ послѣдній пунктъ и слѣдуетъ обратить особое вниманіе. Толкованіе нашихъ чувственныхъ ощущеній основывается на опытѣ, а не на простомъ наблюденіи происходящаго внѣ насъ. Опытъ показываетъ намъ, что связь между двумя явленіями существуетъ въ каждый произвольно выбранный нами моментъ, при произвольно измѣняемыхъ нами условіяхъ. Слѣдовательно, соотвѣтствіе обоихъ явленій оказывается постояннымъ во времени, такъ какъ мы можемъ удостовѣриться въ немъ въ любой моментъ. Простое наблюденіе не даетъ намъ такой же увѣренности въ знаніи, несмотря на частыя повторенія при различныхъ обстоятельствахъ, ибо оно показываетъ намъ, что явленія, о соотвѣтствіи которыхъ идетъ рѣчь, часто или всегда до сихъ поръ происходили вмѣстѣ, но изъ этого не слѣдуетъ, что они наступятъ въ каждый произвольно выбранный нами моментъ. Даже дѣлая обзоръ результатовъ научныхъ наблюденій, законченныхъ въ отношеніи метода, собранныхъ астрономіей, метеорологіей, геологіей, мы видимъ, что только тогда наступаетъ увѣренность въ причинахъ разсматриваемыхъ явленій, когда тѣ же самыя причины, какъ силы, могутъ быть обнаружены на опытѣ въ нашихъ лабораторіяхъ. Науки неэкспериментальныя не повели еще до сихъ поръ къ открытію никакой новой силы. Я полагаю, что этотъ фактъ не мало важенъ.

Ясно, что изъ добытаго вышеописаннымъ путемъ опыта относительно значенія чувственныхъ знаковъ мы научаемся всему тому, что потомъ снова можетъ быть повѣрено опытомъ, т. е. узнаемъ все дѣйствительно реальное содержаніе нашихъ представленій. До сихъ поръ мы предполагали, что у насъ составилось уже представленіе о пространствѣ и о движеніяхъ, благодаря чувству осязанія. Прежде всего мы, конечно, непосредственно узнаемъ только, что благодаря волевымъ импуль-

самъ мы производимъ тѣ или другія измѣренія, воспринимаемыя нами при посредствѣ чувствъ осязанія и зрѣнія. Большинство этихъ произвольно производимыхъ измѣненій сводится къ измѣненію положенія въ пространствѣ, т. е. къ движенію; при этомъ, правда, могутъ происходить и другія измѣненія,—измѣненія въ самихъ предметахъ. Теперь спрашивается, сознаемъ ли мы движенія нашихъ рукъ и глазъ какъ нѣкоторыя измѣненія въ пространствѣ, не зная этого заранее, и можемъ ли отличить ихъ отъ другихъ измѣненій, собственно въ самыхъ свойствахъ предметовъ? Я полагаю, что да! Существенное отличіе пространственныхъ отношеній заключается именно въ томъ, что они суть перемѣнныя отношенія между веществами, не зависящія отъ ихъ качества и массы, между тѣмъ какъ всѣ другія реальныя отношенія между предметами зависятъ отъ свойствъ послѣднихъ. Непосредственно и проще всего это сказывается въ зрительныхъ воспріятіяхъ. Движеніе глаза, слѣдствіемъ котораго является передвиженіе изображенія на сѣтчатой оболочкѣ, вызываетъ при повтореніи въ одномъ и томъ же направленіи всегда одинъ и тотъ же рядъ измѣненій, каково бы ни было содержаніе поля зрѣнія; вслѣдствіе этого движенія впечатлѣнія, имѣвшія до сихъ поръ локальные знаки a_0, a_1, a_2, a_3 , получаютъ новые локальные знаки b_0, b_1, b_2, b_3 , и это происходитъ всегда, каковы бы ни были качества этихъ впечатлѣній. Благодаря этому, эти измѣненія относятся нами въ особую группу; мы называемъ ихъ пространственными измѣненіями. Съ точки зрѣнія эмпиристической задача вполнѣ этимъ рѣшается, и намъ нечего вдаваться въ дальнѣйшее разсмотрѣніе вопроса о томъ, насколько общее представленіе о пространствѣ дается a priori и насколько a posteriori.

Нѣкоторый камень преткновенія для эмпиристической теоріи представляетъ возможность обмана чувствъ. Въ самомъ дѣлѣ, разъ мы научаемся толкованію нашихъ ощущеній изъ опыта, эти ощущенія всегда въ свою очередь должны согласоваться съ опытомъ. Происхожденіе обмана чувствъ объясняется тѣмъ, что мы и въ тѣхъ случаяхъ, когда изображенія на сѣтчатыхъ оболочкахъ измѣнены въ силу какихъ нибудь необычныхъ обстоятельствъ, составляемъ себѣ такія представленія о внѣшнихъ предметахъ, которыя были бы вѣрны при нормальномъ образѣ наблюденія. Подъ нормальнымъ образомъ наблюденія я разумѣю здѣсь не только то, что лучи свѣта прямолинейно распространяются отъ свѣтящейся точки до нашей роговой оболочки, но и то, что мы при этомъ такъ управляемъ глазами, какъ это требуется для полученія наиболѣе отчетливыхъ изображеній. Для этого мы должны послѣдовательно

получать изображенія отдѣльныхъ точекъ линій контура разсматриваемаго объекта въ центрахъ обѣихъ сѣтчатыхъ оболочекъ и при этомъ производитъ глазомъ тѣ движенія, которыя допускають наиболѣе точное сравненіе положеній глаза. Каждое отступленіе отъ этихъ условій производитъ обманъ чувствъ. Съ давнихъ поръ былъ извѣстенъ обманъ зрѣнія, имѣющій мѣсто, когда лучи свѣта до вступленія въ глазъ претерпѣвають преломленіе или отраженіе. Зablужденія относительно истиннаго положенія видимыхъ предметовъ съ другой стороны могутъ быть вызваны недостаткомъ въ аккомодации, когда смотрятъ, напр., черезъ одно или два узкихъ отверстія, несоотвѣтствующимъ схожденіемъ лучей при монокулярномъ зрѣніи, наконецъ передвиженіемъ глазного яблока при нажатіи пальцемъ и при параличѣ глазныхъ мускуловъ. Далѣе обманъ зрѣніявозможенъ тогда, когда не точно различаются извѣстные элементы ощущенія. Сюда относится напр. степень схождения глазъ, сужденіе о которой не точно вслѣдствіе быстро наступающаго утомленія дѣйствующихъ при этомъ мускуловъ. Для всѣхъ этихъ обмановъ чувствъ существуетъ слѣдующее простое правило: намъ всегда кажется, что мы видимъ передъ собой тѣ объекты, которые должны были бы дѣйствительно находиться, чтобы вызвать тѣ же изображенія на сѣтчатыхъ оболочкахъ при нормальномъ образѣ наблюденія. Но если эти изображенія таковы, что не могутъ быть получены ни при какомъ нормальномъ образѣ наблюденія, то мы судимъ по ближайшему сходству съ таковыми, причемъ легче пренебрегаемъ неточно воспринятыми элементами ощущенія, чѣмъ точно воспринятыми. Когда нѣсколько толкованій одинаково близки, мы невольно колеблемся между ними то туда, то сюда. Колебаніе это можно побороть, стараясь мысленно вызвать возможно ясное представленіе о данномъ объектѣ.

Это все такія явленія, которыя можно было бы назвать невѣрными индуктивными заключеніями. Правда, что, выводя ихъ, мы не группируемъ сознательно всѣхъ прежнихъ наблюденій подобнаго рода и не изслѣдуемъ ихъ совмѣстно для обоснованія заключенія. Поэтому я и называлъ ихъ раньше безсознательными заключеніями; однако, это обозначеніе, принятое и другими защитниками эмпиристической теоріи, вызвало много противорѣчій и возраженій, ибо, въ обыкновенномъ изложеніи психологіи, заключеніе разсматривается какъ высшая точка дѣятельности нашей сознательной духовной жизни, тогда какъ заключенія, играющія такую существенную роль въ нашихъ чувственныхъ воспріятіяхъ, не могутъ быть выражены въ формѣ логически ана-

лизированнаго заключенія; для того, чтобы убѣдиться, что мы имѣемъ здѣсь дѣло съ тѣмъ же родомъ духовной дѣятельности, какой проявляется въ такъ называемыхъ заключеніяхъ, намъ придется отступить нѣсколько въ сторону отъ обычныхъ путей психологическаго анализа.

Разница между заключеніями логиковъ и индуктивными заключеніями, результатъ которыхъ проявляется въ пріобрѣтенномъ благодаря чувственнымъ ощущеніямъ представленіи о внѣшнемъ мірѣ на мой взглядъ только внѣшняя и состоитъ главнымъ образомъ въ томъ, что первыя могутъ быть выражены словами, вторыя же нѣтъ, потому что они имѣютъ дѣло не со словами, а съ ощущеніями и съ воспоминаніями объ ощущеніяхъ. Именно въ томъ, что послѣднія не могутъ быть описаны словами, и заключается громадная трудность говорить вообще обо всей этой области духовной дѣятельности.

На ряду со знаніемъ, работающимъ надъ понятіями, и способнымъ поэтому быть выраженнымъ словами, стоитъ еще другая область познавательной способности, комбинирующая лишь чувственныя впечатлѣнія и не могущая поэтому непосредственно быть выраженной словомъ. Это знаніе опредѣляется по-нѣмецки глаголомъ „kennen“. Мы знаемъ (wir kennen) человѣка, дорогу, кушанье, пахучее вещество, т. е. мы эти объекты видѣли, пробовали или нюхали, твердо сохраняемъ въ памяти полученное отъ нихъ чувственное впечатлѣніе, которое и узнаемъ, если оно повторится, и, однако, мы не въ состояніи дать себѣ или другимъ отчетъ объ этихъ предметахъ словами. Несмотря на это, это знаніе очевидно можетъ обладать наивысшей степенью опредѣленности и точности и не уступаетъ въ этомъ отношеніи никакому другому знанію, находящему себѣ выраженіе въ словѣ. Но его нельзя непосредственно передать, если соотвѣтствующіе объекты не находятся тутъ же или если впечатлѣніе не можетъ быть воспроизведено какимъ-нибудь инымъ путемъ, напр. портретомъ въ случаѣ, если это человѣкъ.

Для такого рода знанія очень важно знать ту мускульную инервацію, которую надо примѣнить, чтобы движеніемъ частей нашего тѣла достигнуть какой-нибудь цѣли. Мы всѣ знаемъ, что въ дѣтскомъ возрастѣ мы должны учиться ходить; позднѣе мы учимся ходить на ходуляхъ, кататься на конькахъ, ѣздить верхомъ, плавать, пѣть, выговаривать новыя буквы иностранныхъ языковъ и т. д. Наблюденія надъ грудными дѣтьми показываютъ, что они должны накопить массу познаній такого рода, что взрослому человѣку потомъ трудно себѣ даже представить, что было

вообще время, когда ему приходилось приобретать эти познанія, приходилось, напр., выучиваться направлять глаза на свѣтъ, который онъ хочет видѣть. Такое знаніе мы опредѣляемъ глаголомъ мочь (въ смыслѣ французскаго *savoir* и нѣмецкаго *können*) или умѣть (въ смыслѣ *verstehen*) (напр.: я умѣю ѣздить верхомъ). Этимологія нѣмецкаго „*können*“, повидимому, одна съ этимологіей нѣмецкаго же „*kennen*“, и сродство формъ можетъ быть объяснено сродствомъ понятій, обозначаемыхъ этими словами. Собственно говоря, слово „*können*“ употребляется теперь и въ тѣхъ случаяхъ, когда для большей опредѣленности слѣдовало бы пользоваться словомъ „*vermögen*“ (по-французски—*rouvoir*); послѣднее выражаетъ наличность силы и орудія, а не только умѣнье пользоваться ими.

Я прошу обратить здѣсь вниманіе на то, что это знаніе примѣняемыхъ волевыхъ импульсовъ должно достигнуть высокой степени увѣренности, опредѣленности и точности для того, чтобы мы могли научиться поддерживать такое искусственное равновѣсіе, какое необходимо при хожденіи на ходуляхъ или катаньи на конькахъ, или для того, чтобы пѣвецъ могъ взять голосомъ, а скрипачъ—пальцемъ тонъ, періодъ колебанія котораго не долженъ измѣняться даже на поль-процента.

Далѣе ясно, что между подобными чувственными воспоминаніями можно установить такую же связь, которая, будучи выражена словами, называлась бы предложеніемъ или сужденіемъ. Я могу, напримѣръ, знать, что человѣкъ, лицо котораго мнѣ знакомо, имѣетъ своеобразный голосъ, звукъ котораго у меня живо сохраняется въ воспоминаніи. Я узналъ бы это лицо и голосъ изъ тысячи другихъ и каждый разъ зналъ бы, что одно соотвѣтствуетъ другому. Но я не могу выразить это предложеніе словами, если я не могу дать еще какихъ-нибудь другихъ, находящихся выраженіе въ словѣ, примѣтъ о томъ же человѣкѣ. Въ послѣднемъ случаѣ я могу помочь себѣ какимъ-нибудь указаніемъ и сказать: доносящійся до насъ теперь голосъ принадлежитъ человѣку, котораго мы видѣли тамъ-то и тогда-то.

Слова могутъ быть замѣнены чувственными впечатлѣніями не только въ единичныхъ, но и въ общихъ предложеніяхъ. Мнѣ достаточно напомнить о вліяніи произведеній искусства. Статуя какого нибудь бога не произвела бы на меня впечатлѣнія опредѣленнаго характера, темперамента, опредѣленнаго настроенія, если бы я не зналъ, что являемая ею черты лица и мимика имѣютъ именно это значеніе въ большинствѣ или во всѣхъ случаяхъ, гдѣ они являются. Оставаясь въ области чувственныхъ воспріятій,

можно привести еще слѣдующее: когда я знаю, что для фиксаціи точки, удаленной на два фута и такъ или иначе расположенной направо, необходимо взглянуть на нее опредѣленнымъ образомъ, причѣмъ мнѣ хорошо извѣстенъ родъ примѣняемой для этого инерваціи, то это тоже есть общее предложеніе, пригодное для всѣхъ тѣхъ случаевъ, въ которыхъ я фиксировалъ или буду фиксировать расположенную такимъ образомъ точку. Это предложеніе, которое я не въ состояніи выразить словами, есть результатъ, въ которомъ сохраняется мой добытый до сихъ поръ къ этому частному случаю относящійся опытъ. Онъ можетъ стать большой посылкой заключенія каждый разъ, какъ я фиксирую точку въ вышеописанномъ положеніи и чувствую, что смотрю такъ, какъ требуетъ эта посылка. Послѣднее воспріятіе есть моя малая посылка, а заключеніе—то, что на соотвѣтствующемъ мѣстѣ находится видимый объектъ.

Положимъ теперь, что я направляю глаза такимъ образомъ, какъ объ этомъ только что было говорено, но смотрю въ стереоскопъ. Я теперь знаю, что передо мной вовсе нѣтъ на соотвѣтствующемъ мѣстѣ дѣйствительнаго объекта, но я получаю точно такое же чувственное впечатлѣніе, какъ если бы онъ тамъ находился, и не могу ни себѣ, ни другимъ описать или охарактеризовать это впечатлѣніе иначе, какъ впечатлѣніе, которое получилось бы при нормальномъ образѣ наблюденія, если бы тамъ находился дѣйствительный объектъ. Это мы должны хорошенько замѣтить. Физиологъ, правда, можетъ описать это впечатлѣніе и иначе, по положенію глазъ, по положенію изображеній на сѣтчатыхъ оболочкахъ и т. д. Но получаемое нами ощущеніе не можетъ быть непосредственно опредѣлено или охарактеризовано какимъ-нибудь другимъ образомъ. Итакъ, ощущеніе это признается нами за обманчивое, и, однако, мы не можемъ освободиться отъ ощущенія этого обмана. Мы не можемъ уничтожить воспоминанія о его нормальномъ значеніи, даже когда знаемъ, что его въ соотвѣтствующемъ случаѣ нѣтъ, точно также какъ не можемъ освободиться отъ значенія какого-нибудь слова нашего родного языка, когда оно случайно употреблено какъ знакъ для совершенно другой цѣли.

Обстоятельство, что эти заключенія въ области чувственныхъ воспріятій такъ настоятельно необходимы въ нашемъ сознаніи, какъ настоятельно необходимо представленіе о внѣшнихъ силахъ природы, и что результатъ ихъ поэтому дается, какъ намъ кажется, непосредственнымъ воспріятіемъ безъ всякой самодѣятельности съ нашей стороны, это обстоятельство, опять таки, не отличаетъ

ихъ отъ логическихъ и сознательныхъ заключеній, по крайней мѣрѣ тѣхъ, которыя дѣйствительно заслуживаютъ это названіе. Все, что мы можемъ сдѣлать усиліемъ воли и сознанія при построеніи заключенія, ограничивается лишь собираніемъ матеріала для его посылокъ. Разъ этотъ матеріаль весь собранъ, заключеніе неопровержимо напрашивается само собой. Тѣ же заключенія, которыя можно по произволу дѣлать или не дѣлать, вообще не много стоятъ.

Эти изслѣдованія приводятъ насъ къ области психическихъ дѣйствій, о которыхъ очень мало говорилось до сихъ поръ въ научныхъ изслѣдованіяхъ, т. к. о нихъ очень трудно говорить словами. Больше всего на нихъ обращено вниманія въ эстетическихъ изслѣдованіяхъ, гдѣ они играютъ большую роль подъ названіями „созерцательность“, „безсознательное сообразованіе съ разумомъ“, „чувственная разсудочность“ и подобными полутемными обозначеніями. По отношенію къ нимъ существуетъ невѣрное предвзятое мнѣніе, что они неясны, неопредѣленны, происходятъ полусознательно, что они, какъ родъ чисто механическихъ операцій, значительно ниже сознательнаго мышленія, выражаемаго языкомъ. Я не думаю, чтобы въ характерѣ самой дѣятельности можно было доказать разницу между первыми и послѣдними. Громадное превосходство познанія, созрѣвшаго до возможности быть выраженнымъ словами, достаточно объясняется съ одной стороны тѣмъ, что языкъ даетъ возможность собрать воедино опытность милліоновъ индивидовъ и тысячъ поколѣній, сохранить ее и постоянной повѣркой достигать все болѣе точныхъ и болѣе общихъ результатовъ; съ другой стороны, возможность разумнаго совместнаго дѣйствія людей, а вмѣстѣ съ тѣмъ и главное ихъ могущество, основывается также на языкѣ. Въ обоихъ этихъ отношеніяхъ знаніе, неспособное быть выраженнымъ словами (*das Kennen*), не можетъ соперничать со знаніемъ, выражаемымъ словами (*das Wissen*); но отсюда отнюдь не слѣдуетъ, чтобы первое обладало меньшей ясностью или было другой природы.

Послѣдователи нативистическихъ теорій ссылаются часто на способности новорожденныхъ животныхъ, изъ которыхъ многія оказываются гораздо ловчѣе ребенка. Ребенокъ, несмотря на превосходящее количество мозга и способность къ духовному развитію, научается простѣйшимъ приемамъ, какъ напр. умѣнью наводить глаза на какой-нибудь предметъ или взять руками что-нибудь видимое, весьма медленно. Отсюда не слѣдуетъ, что ребенокъ долженъ научиться большому, чѣмъ животное, вѣрно направляемое, но и ограниченное инстинктомъ. Говорятъ, что те-

ленокъ видѣть вымя и идетъ къ нему; но надо еще убѣдиться, не слышитъ ли онъ просто его запаха и не дѣлаетъ ли движеній, приближающихъ его къ этому запаху. Ребенокъ во всякомъ случаѣ не имѣетъ этого зрительнаго образа; онъ часто упорно отворачивается отъ груди въ противоположную сторону и ищетъ ее тамъ, гдѣ ея нѣтъ.

Чѣмъ ограниченнѣе духовныя способности животныхъ во взросломъ состояніи, тѣмъ вѣрнѣе ведетъ ихъ вообще инстинктъ съ самаго начала. Новѣйшія наблюденія ¹⁾ надъ молодыми искусственно выведенными цыплятами, которымъ немедленно по вылупленіи надѣваютъ на голову темную шапочку, показываютъ, что если они на третій день, когда они уже достаточно окрѣпли для движеній, услышатъ кудахтанье насѣдки, то прямо бѣгутъ къ ней. Если шапочка при этомъ остается на нихъ, то они натыкаются на препятствія, если же она снята, то они избѣгаютъ ихъ. Кромѣ того, они съ самаго начала, ловко и не промахиваясь, клюютъ лежащія на землѣ мелкіе предметы, но что надо расклевать и чего надо избѣгать, этому они должны сперва научиться, потому что сначала клюютъ и собственный пометъ. При этомъ надо, однако, вспомнить, что они уже прежде клевали въ яичной скорлупѣ и, можетъ-быть, даже видѣли при этомъ; поэтому вышеуказанная опытность при первой попыткѣ бѣжать болѣе доказательна. Для всѣхъ этихъ фактовъ мы не имѣемъ другого объясненія, какъ то, что душевныя состоянія, соотвѣтствовавшія у родителей и предковъ извѣстнымъ сложнымъ зрительнымъ образамъ, перешли на потомковъ и побуждаютъ и ихъ стремиться къ такимъ зрительнымъ образамъ, которые сулятъ наслажденіе, и избѣгать такихъ, которые наоборотъ угрожаютъ опасностью. Впрочемъ, произведенныя до сихъ поръ наблюденія показываютъ, что между животными инстинктами встрѣчается масса неожиданныхъ и интересныхъ фактовъ, заслуживающихъ по отношенію къ высказанному здѣсь вопросу тщательнаго изученія. Какъ дитя, научившееся пить изъ рожка, не хочетъ болѣе брать грудь, такъ и утята, выросшіе на кухнѣ, боятся воды, такъ и цыпленокъ, не нашедшій до пятаго дня насѣдки, привязывается къ ухаживающему за нимъ человѣку и не слѣдуетъ уже за насѣдкой. Это, повидимому, показываетъ, что побужденія, дѣйствующія вначалѣ, пока память представляетъ еще *tabula rasa*, быстро теряютъ свое вліяніе. Прежде чѣмъ эти соотношенія не изучены тщательно, я считаю преждевременнымъ

¹⁾ По указанію Тиндала наблюденія М-ра Спальдинга и леди Амберли (Address to the Brit. Assoc. 1874).

ставить какую-нибудь теорію инстинктовъ; во всякомъ случаѣ человѣкъ именно тѣмъ и отличается отъ животныхъ, что у него эти природенныя стремленія сведены въ возможно меньшей мѣрѣ.

Мы находимъ, впрочемъ, для всей этой области удивительную аналогію съ другой, произвольно выбранной, не данной природою системой знаковъ, понимать которую, какъ то можно доказать, мы должны научиться, а именно со словами нашего родного языка.

Первоначальное изученіе родного языка представляетъ, очевидно, гораздо болѣе трудное дѣло, чѣмъ всякое позднѣйшее изученіе иностраннаго языка. Прежде всего надо догадаться, что эти звуки суть знаки; одновременно съ этимъ должно быть найдено значеніе каждаго изъ нихъ тѣмъ же путемъ индукціи, какъ и при чувственныхъ ощущеніяхъ. И однако мы видимъ, что дѣти къ концу перваго года уже понимаютъ отдѣльныя слова и предложенія, хотя и не могутъ ихъ еще произнести. То же замѣчается иногда и на собакахъ.

Съ другой стороны, эта выученная связь между названнымъ и соотвѣтствующимъ ему предметомъ становится столь же твердой и неизбѣжной, какъ и связь между ощущеніемъ и объектомъ.

Мы не можемъ не подумать о нормальномъ значеніи слова, когда оно случайно употреблено для другой цѣли. Мы не можемъ отдѣлаться отъ душевнаго волненія, вызваннаго въ насъ вымышленной исторіей, даже когда знаемъ, что она вымышлена, точно такъ же, какъ не можемъ забыть о нормальномъ значеніи ощущенія въ случаѣ обмана чувствъ, который мы признаемъ за таковой.

Наконецъ, надо отмѣтить еще третье совпаденіе. Элементарныя знаки языка составляютъ всего 24 буквы, и однако, комбинируя ихъ, мы можемъ выразить самыя разнообразныя мысли и сообщать ихъ другъ другу. Подумаемъ теперь о томъ громадномъ богатствѣ элементарныхъ знаковъ, которое по сравненію съ этимъ можетъ дать зрительный нервный аппаратъ. Число зрительныхъ нервныхъ волоконъ доходитъ до 250000. Каждое изъ нихъ способно воспринимать безконечное число различныхъ степеней ощущеній отъ одного или трехъ различныхъ основныхъ цвѣтовъ. Поэтому тутъ получается безконечно болѣе богатая система комбинацій, чѣмъ съ немногими буквами, и къ этому прибавляется еще возможность быстрѣйшей перемѣны въ зрительныхъ изображеніяхъ. Нечего удивляться, что языкъ нашихъ чувствъ приноситъ намъ гораздо болѣе тонкія и богаче индивидуализированныя вѣсти, чѣмъ слова.

Таково рѣшеніе вопроса о возможности зрѣнія, и, какъ мнѣ кажется, единственное допускаемое извѣстными до сихъ поръ фактами. Удивительныя и грубыя несоотвѣтствія между ощущеніями и объектами, какъ относительно качества, такъ и локализации, весьма поучительны; они то и направляютъ насъ на вѣрный путь. И даже тѣ физиологи, которые стремятся еще спасти остатки предустановленной гармоніи между ощущеніями и объектами, должны сознаться, что окончательное усовершенствованіе и утонченіе чувственного воспріятія основывается на опытѣ, и это въ такой степени, что опыту именно и должно было бы принадлежать окончательное рѣшеніе въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ воспріятіе противорѣчитъ гипотетически прирожденнымъ приспособленіямъ органа. Значеніе, которое можно еще, пожалуй, признать за этими приспособленіями, сводится такимъ образомъ къ тому, что они въ состояніи поддержать первыя упражненія въ воспріятіяхъ.

Такимъ образомъ согласованіе между зрительными воспріятіями и внѣшнимъ міромъ основывается вполнѣ или по крайней мѣрѣ главнымъ образомъ на томъ же, на чемъ основывается все наше знакомство съ дѣйствительнымъ міромъ, а именно на приобрѣтенной опытности и постоянной провѣркѣ ея помощью новыхъ опытовъ, что мы дѣлаемъ при каждомъ движеніи нашего тѣла. Конечно, мы лишь настолько убѣждены въ этомъ согласованіи, насколько возможна самая его провѣрка; этого, однако, достаточно для нашихъ практическихъ цѣлей. По ту сторону этой границы, напр. въ области качествъ, мы отчасти можемъ даже опредѣленнымъ образомъ указать на существующія несогласованія. Только отношенія времени, пространства, равенства и выведенныя отсюда отношенія числа, величины, закономерности, короче говоря все, что относится къ математикѣ, обще внѣшнему и внутреннему міру, и въ нихъ можно дѣйствительно найти полное согласованіе представленій съ изображенными предметами. Но, я думаю, мы не будемъ гнѣваться на милостивую природу за то, что она прикрыла для насъ все величіе и всю пустоту этихъ отвлеченностей пестрымъ блескомъ разнообразныхъ знаковъ; тѣмъ самымъ она сдѣлала ихъ яснѣе и удобнѣе для практическихъ цѣлей. Что же касается интересовъ теоретическаго знанія, то остаются еще достаточно ясныя слѣды, чтобы вѣрно направить его при изслѣдованіи того, что есть знакъ и что—изображеніе.

ВИХРОВЫЯ БУРИ И ГРОЗЫ.

Es regnet, wenn es regnen will,
Und regnet seinen Lauf;
Und wenn's genug geregnet hat,
So hört es wieder auf.

Дождь идетъ, когда идти желаетъ,
И затѣмъ безъ устали идетъ,
А когда идти надоѣдаетъ,
Онъ тогда идти перестаетъ.

Перев. П. Н. Вейнберга.

Не могу сказать, гдѣ прочелъ я это стихотвореньице, но издавна оно укрѣпилось въ моей памяти, вѣроятно потому, что, затрогивая больное мѣсто физика, оно, несмотря на всю приобрѣтенную въ новѣйшее время проникаемость при сопоставленіи въ связь явленій природы, на множество новоучрежденныхъ метеорологическихъ станцій съ добытыми на нихъ длиннѣйшими рядами наблюдений, тѣмъ не менѣе звучитъ для него насмѣшкой, перенести которую равнодушно онъ не въ состояніи. Подъ тѣмъ самымъ небеснымъ сводомъ, на которомъ, служа эмблемой неизмѣнной законѣрности, вращаются вѣчныя свѣтила,—подъ тѣмъ самымъ сводомъ скучиваются облака, падаетъ дождь, вѣтры мѣняютъ свое направленіе, точно представители совершенно противоположной крайности, самыя капризныя изъ всѣхъ явленій природѣ, быстро и неуловимо ускользающія отъ всякаго опыта, неподчиняющіяся никакому закону. Астрономъ, замѣчая, что солнечное затменіе въ 600 г. до Р. Х. на часъ съ четвертью отличается отъ его вычислений, открываетъ неизвѣстное до сей поры вліяніе морскихъ приливовъ и отливовъ на движеніе луны и земли, а по предсказаннымъ имъ моментамъ, въ которые наступаютъ затменія спутниковъ Юпитера, морякъ на дальнемъ морѣ можетъ провѣрить свои часы. Если же спросить метеоролога, какая завтра будетъ погода,—отвѣтъ во всякомъ случаѣ заставитъ вспомнить о Бюргеровскомъ человѣкѣ, выдумавшемъ „если“ и „но“. Врядъ ли поэтому слѣдуетъ упрекать людей, которые въ виду этихъ обстоятельствъ охотнѣе полагаются на мнѣнія моряка и пастуха изощрившихся въ наблюденія надъ примѣтами погоды. Послѣднимъ по одному роду ихъ занятій не мало приходится имѣть дѣла съ дождями и бурями *).

*) Это было написано до введенія ежедневныхъ телеграфныхъ сообщений о состояніи погоды (1883).

Мы такъ далеко шагнули впередъ, благодаря развитію естественныхъ наукъ въ послѣднемъ столѣтіи, въ познаніи вседержащаго могущества законовъ природы, что, конечно, не только не считаемъ больше „громовержца Зевса“ единственнымъ виновникомъ дурной и хорошей погоды, но вѣримъ, по крайней мѣрѣ абстрактно, въ то, что погода есть лишь проявленіе игры уже хорошо извѣстныхъ физическихъ силъ: давленія атмосферы, тепла, испаряющейся и низвергающейся воды. Если же мы вздумаемъ абстрактное перевести въ конкретное, если на основаніи знаній о силахъ, вліяющихъ на состояніе погоды даннаго мѣста въ опредѣленный промежутокъ времени,—знаній, добытыхъ съ такимъ трудомъ и строго подтвержденныхъ въ тысячѣ другихъ научныхъ и техническихъ приложеніяхъ, мы захотимъ сдѣлать какія либо заключенія, то можно быть увѣреннымъ, что придется вспомнить одну нѣмецкую поговорку, вмѣсто которой я, однако, приведу болѣе вѣжливую, латинскую: „hic haeret aqua“.

Почему же это такъ? Вотъ вопросъ, который, помимо того значенія, какое заключается въ рѣшеніи этой метеорологической задачи для моряка, крестьянина и путешественника, представляетъ еще несравненно болѣе широкій и общій интересъ въ теоріи научнаго знанія. Можно ли указать какія либо основанія тому, что случай, какъ какой-то непокорный и ужъ абсолютно не научный злой духъ, до сихъ поръ оспариваетъ въ этой области господство у вѣчной закономерности, которая въ то же самое время является и господствомъ всеобъемлющей мысли? И что это за основанія?

Но достаточно одного взгляда на карту земли, чтобы приблизительно указать причину всей исключительной запутанности метеорологическихъ явленій: это въ высшей степени неравномѣрное распредѣленіе суши и воды и такое же неравномѣрное поднятіе земной поверхности внутри материка. Если принять въ соображеніе, что лучистая солнечная теплота только въ поверхностныхъ слояхъ, но зато сильно, накаливаетъ почву, что въ воду она проникаетъ глубже и послѣдняя нагрѣвается въ меньшей степени, но зато въ бѣльшей массѣ, что нагрѣтая почва мало, а нагрѣтая вода сильно испаряются, что растенія различнаго рода, точно также какъ цвѣтъ и родъ горной породы или почвы имѣютъ огромное вліяніе на нагрѣваніе находящихся надъ ними воздушныхъ слоевъ,—если все это принять во вниманіе, то нетрудно понять, что задача рѣшить, какія слѣдствія могутъ произвести въ совокупности всѣ эти разнородныя причины, окажется далеко легкой даже въ томъ случаѣ, если мы допустимъ, что для каждаго квадратнаго фута земной поверхности извѣстно тепловое состояніе, обусловленное особенностями мѣста.

Въ виду того однако, что и такого вычисленія произвести нельзя, надо ожидать, что (какъ это уже и было достигнуто въ аналогичномъ вопросѣ объ отливахъ и приливахъ), наблюденія, произведенныя въ теченіе одного или нѣсколькихъ годовъ, дадутъ возможность сдѣлать выводы для послѣдующаго времени. Приливы и отливы также являются результатомъ правильно измѣняющихся силъ, притяженія солнца и луны; съ другой стороны, теоретическому вычисленію высоты прилива въ какой нибудь точкѣ берега препятствуетъ неправильная форма морского бассейна.

Однако, здѣсь достаточно немногихъ наблюденій въ данномъ мѣстѣ для того, чтобы съ желаемой точностью предсказать теченіе прилива и отлива, время ихъ наступленія и высоту за нѣсколько дней впередъ или назадъ. Нужно посредствомъ наблюденій вычислить только двѣ имѣющія значенія величины: высоту отлива при полнолуніи или новолуніи и время его запаздыванія относительно момента прохожденія луны черезъ меридіанъ, и тогда можно для даннаго мѣста составить постоянныя таблицы отливовъ, какія ежегодно издаются для моряковъ во всѣхъ болѣе или менѣе значительныхъ гаваняхъ и полагаются въ основу плана морского пути.

Почему же нельзя этого сдѣлать по отношенію къ погодѣ, когда ежегодно солнце одинаково дѣйствуетъ на одну и ту же поверхность суши и воды? Почему однѣ и тѣ же причины при одинаковыхъ, повидимому, условіяхъ не производятъ однихъ и тѣхъ же дѣйствій въ каждомъ году?

Для правильной постановки этого вопроса замѣтимъ прежде всего, что повсюду на землѣ погода такъ переменчива, какъ у насъ. Въ жаркомъ поясѣ она, вообще говоря, гораздо устойчивѣй. Въ Атлантическомъ океанѣ, къ югу отъ Канарскихъ острововъ до экватора, изъ году въ годъ, при голубомъ небѣ, господствуетъ одинъ и тотъ же сѣверовосточный пассатъ; онъ направляетъ легко и вѣрно мореплавателей въ среднюю Америку.

Испанцы оттого и назвали эту часть океана „Дамскимъ моремъ“. Подобныя же явленія встрѣчаются во многихъ моряхъ жаркаго пояса.

Въ тропической Америкѣ приглашенія въ гости формулируются такимъ образомъ, что просятъ придти въ одинъ изъ ближайшихъ дней „послѣ грозы“; настолько опредѣленно ожидается тамъ наступленіе этого момента. Да и въ южной уже Европѣ въ средніе мѣсяцы лѣта бури довольно рѣдки. Въ это время господствуютъ сѣверо-восточные лѣтніе вѣтры—этезіи Грековъ, описанные еще

Аристотелемъ; Неархъ, адмиралъ Александра Македонскаго, при составленіи плана военной экспедиціи въ Индію имѣлъ въ виду правильное наступленіе Мونسона въ Индѣйскомъ океанѣ.

Но и въ тѣхъ широтахъ и въ тѣ времена года, когда погода характеризуется особенной переменчивостью, можно въ дикой игрѣ случая уловить слѣды законмѣрности. Какъ лѣтомъ возможны у насъ необыкновенно прохладные дни, даже сравнительно очень низкой температуры, такъ возможны и исключительно теплые дни въ январѣ мѣсяцѣ. Но мы убѣждены, однако, что средняя температура лѣта выше средней зимней температуры. Неправильности исчезаютъ, если для опредѣленнаго мѣста мы беремъ среднее за долгіе промежутки времени или изъ большого числа годовъ. Въ самомъ дѣлѣ, метеорологи путемъ этого рода продолжавшихся въ теченіе долгихъ промежутковъ времени наблюденій стремились къ тому, чтобы установить среднія величины температуръ, барометрическихъ давленій, количествъ осадковъ, среднія направленія вѣтровъ для цѣлаго ряда станцій за отдѣльные мѣсяцы и даже за болѣе короткіе промежутки времени, напр. за каждые пять дней, съ цѣлью отдѣлить то, что совершается, повидимому, безъ всякой правильности, отъ того, что есть законмѣрнаго въ этихъ явленіяхъ.

Что касается этой законмѣрной части явленій, причинную связь которыхъ по большей части нетрудно бываетъ опредѣлить, я позволю себѣ напомнить читателю относящіеся сюда факты настолько, насколько знаніе ихъ въ послѣдствіи окажется для насъ необходимымъ.

Земля пріобрѣтаетъ тепло отъ солнца, лучи котораго неравномѣрно распредѣляются на ея поверхности. Вблизи экватора, гдѣ лучи въ полдень падаютъ почти отвѣсно, нагрѣваніе, ими производимое, наиболѣе сильно; оно слабо въ полярныхъ странахъ, гдѣ солнце никогда не подымается высоко надъ горизонтомъ. Съ другой стороны, земля теряетъ свою теплоту посредствомъ излученія въ холодное міровое пространство, причемъ излучаютъ ее какъ всѣ частицы земной поверхности, такъ и частицы атмосферы. Въ силу этого въ сосѣдствѣ съ экваторомъ образуется жаркій поясъ; тамъ воздухъ сильно накаляется, расширяется и становится легче, тогда какъ въ холодныхъ поясахъ, вокругъ полюса, земная поверхность наиболѣе охлаждена и лежащій надъ ней воздухъ оказывается наиболѣе тяжелымъ и плотнымъ. Поэтому воздухъ холодныхъ поясовъ опускается внизъ и распространяется надъ почвой, что можетъ имѣть мѣсто лишь въ томъ случаѣ, если воздухъ направляется къ экватору. Напротивъ, воздухъ жаркихъ поясовъ подымается вверхъ, расширяется и такимъ образомъ течетъ по

направленію къ полюсу. Благодаря же тому, что притекающій къ экватору воздухъ по мѣрѣ того, какъ достигаетъ теплыхъ поясовъ, нагрѣвается и подымается, а текущій въ высотахъ назадъ теплый воздухъ охлаждается по мѣрѣ того, какъ достигаетъ холоднаго пояса земли, мы наблюдаемъ эту непрерывную циркуляцію всей атмосферной массы, которая движется вблизи поверхности земли по направленію отъ полюса къ экватору, а въ верхнихъ слояхъ атмосферы отъ экватора къ полюсу. Это тѣ же самыя причины, которыя обусловливаютъ восходящіе потоки воздуха около пламени свѣчи или лампы, въ затопленной печи, производятъ циркуляцію воздуха въ нагрѣтой комнатѣ, причемъ воздухъ отъ печки подымается, течетъ вдоль потолка къ оконной стѣнѣ, здѣсь опускается и уже по полу возвращается къ печкѣ. Въ атмосферѣ, однако, направленіе этихъ теченій измѣняется вслѣдствіе суточного вращенія земли.

Это вращеніе сообщаетъ каждой точкѣ экватора скорость въ 469 метровъ въ секунду по направленію отъ запада къ востоку; параллельные же круги высшихъ географическихъ широтъ обладаютъ меньшей западно-восточной скоростью по мѣрѣ того, какъ убываютъ ихъ радіусы по отношенію къ экваторіальному. На шестидесятомъ градусѣ сѣверной широты, гдѣ лежатъ Петербургъ и Стокгольмъ, эта скорость составляетъ только половину экваторіальной, но тѣмъ не менѣе эта половина равна скорости полета пушечнаго ядра.

Если воздушное кольцо, охватывающее какойнибудь изъ параллельныхъ круговъ верхнихъ широтъ, безвѣтренно, т. е. принимаетъ участіе во вращеніи этого круга и всѣми своими частями равномерно придвигается къ экватору, то оно послѣдовательно проходитъ черезъ параллели все большаго и большаго радіуса, обладающія все большею и большею западно-восточной скоростью. Это кольцо должно само расширяться, его радіусъ, разстояніе отъ оси вращенія, долженъ непрерывно возрастать. Механическій законъ, который опредѣляетъ при этомъ состояніи упомянутаго воздушнаго кольца измѣненіе скорости его вращенія, принято называть закономъ сохраненія момента вращенія. Въ описаніяхъ движеній планетъ онъ извѣстенъ подъ именемъ перваго Кеплерова закона и выражается въ слѣдующей формѣ: радіусъ векторъ (прямая, соединяющая данную планету съ солнцемъ) въ равныя промежутки времени описываетъ равныя площади. Это же можно высказать въ болѣе удобной для примѣненія къ нашему случаю формѣ: Составляющая скорости какойнибудь планеты, направленная по окружности, описываемой планетой около

солнца, обратно пропорціональна разстоянію этой планеты отъ солнца.

Этотъ же самый законъ имѣеть мѣсто для вращательнаго движенія всѣхъ тѣлъ, если дѣйствующія на нихъ силы направлены или къ оси вращенія или отъ нея. Можно указать на весьма несложный механической опытъ. Стоитъ по срединѣ шнура укрѣпить какое нибудь тяжелое тѣло, лучше всего просверленный шаръ, и, держа въ рукахъ концы шнура, привести его въ вертикальное положеніе. Если ослабить шнуръ, то легко заставить вращаться шарикъ въ горизонтальной плоскости, но стоитъ только натянуть шнурокъ, вслѣдствіе чего шарикъ приблизится къ вертикальной оси своей орбиты, движеніе его станетъ быстрѣе и тѣмъ быстрѣе, чѣмъ меньше будутъ становиться описываемые имъ круги.

Если мы примѣнимъ только что сказанное къ нашему воздушному кольцу, то найдемъ, что его скорость, направленная съ запада на востокъ, уменьшается въ то время, какъ кольцо, расширяясь, приближается къ экватору и придвигается къ параллелямъ, обладающимъ большей скоростью. Наше воздушное кольцо должно, слѣдовательно, при своемъ перемѣщеніи къ экватору, отставать въ общемъ движеніи съ запада на востокъ отъ тѣхъ точекъ земной поверхности, которыхъ оно достигло, и образовать не что иное, какъ восточный вѣтеръ. Наоборотъ, движеніе воздушныхъ массъ, текущихъ отъ экватора къ полюсу и обладающихъ большей скоростью, чѣмъ параллели, которыхъ онѣ достигаютъ, кажется намъ западнымъ вѣтромъ. Но благодаря сопротивленію, какое оказываютъ каждому такому воздушному кольцу треніе почвы, деревья, дома, горы,—скорость движенія воздуха, по крайней мѣрѣ въ нижнихъ слояхъ атмосферы, съ теченіемъ времени начинаетъ сравниться со скоростью земной поверхности, вслѣдствіе чего скорость этихъ восточныхъ и западныхъ вѣтровъ значительно падаетъ.

Самыми постоянными оказываются теченія надъ морями жаркаго пояса, теченія въ формѣ такъ называемыхъ пассатовъ. Нижній пассатъ представляетъ теченіе, направленное отъ полюса къ экватору въ сѣверномъ полушаріи; это сѣверовосточный вѣтеръ, въ южномъ—юговосточный.

Верхній пассатъ имѣеть противоположное направленіе. Его можно наблюдать на такихъ горныхъ высотахъ, какъ вершина Генериффа и Мауна-Кеа Сандвичевыхъ острововъ. На его направленіе указываютъ иногда также облака несущейся вулканической золы.

Такъ какъ западные вѣтры движутся быстрѣе, а восточные

медленнѣе лежащихъ подъ ними параллелей, то первые обладаютъ большою центробѣжной силой и больше напораютъ на экваторъ, чѣмъ послѣдніе. Поэтому движеніе воздуха при пассатныхъ вѣтрахъ должно почти равняться движенію земной поверхности, т. е. наблюдателю, находящемуся на землѣ, будетъ представляться полное затишье, но по мѣрѣ поднятія центробѣжная сила господствующихъ вверху западныхъ вѣтровъ можетъ взять перевѣсъ и погнать къ полюсу воздушныя массы. Такимъ образомъ вблизи экватора образуется между двумя полосами пассатовъ поясъ безвѣтрія или затишья. Обратное, вращательное движеніе верхнихъ западныхъ теченій, какъ уже было замѣчено и раньше, возрастаетъ по мѣрѣ приближенія ихъ къ параллельнымъ кругамъ меньшихъ размѣровъ, точно также и центробѣжная сила. На полюсѣ силы обоихъ вѣтровъ должны бы были сдѣлаться безконечно большими, еслибъ ихъ движеніе не было уже раньше ослаблено треніемъ и вліяніемъ различныхъ сопротивленій. Новѣйшія изысканія относительно величины воздушнаго тренія, указываютъ однако на то, что внутри такихъ расширяющихся воздушныхъ массъ, какъ тѣ, съ которыми намъ приходится имѣть дѣло, убыль скорости отъ вліянія трущихся слоевъ воздуха идетъ чрезвычайно медленно. Быстрая убыль имѣетъ мѣсто только при сопротивленіи почвы.

Всякій знаетъ, какъ мощно разражается буря на свободной поверхности моря и равнины, какой силы она достигаетъ на высокихъ башняхъ и отдѣльныхъ горныхъ вершинахъ, тогда какъ одновременно на улицахъ среди города, въ лѣсахъ и между холмами она чувствуется въ гораздо болѣе слабой степени.

Такъ какъ наши поднявшіеся въ верхніе слои атмосферы западные вѣтры не могутъ потерять свою экваторіальную скорость и центробѣжную силу, а съ другой стороны, къ нимъ постоянно прибавляются новыя воздушныя массы съ большей скоростью вращенія, то охлаждающійся и становящійся мало-по-малу тяжелымъ воздухъ этихъ западныхъ вѣтровъ долженъ будетъ, наконецъ, въ среднихъ широтахъ заполнить всю атмосферу и образовать два пояса, взявшихъ перевѣсъ западныхъ вѣтровъ. Между двумя этими поясами и экваторомъ лежатъ пассаты. Границы между этими поясами колеблются въ зависимости отъ положенія солнца. Лѣтомъ даже въ южной Европѣ пассаты наблюдаются, какъ упомянутые уже этезіи грековъ. Зимой они отступаютъ къ Канарскимъ островамъ. Мы живемъ въ полосѣ спускающихся къ землѣ экваторіальныхъ теченій, западныхъ вѣтровъ, которые на землѣ кажутся югозападными; здѣсь они могутъ умѣрить свою скорость и вслѣдствіе этого отступить къ полюсу.

Но границы пояса западныхъ вѣтровъ часто нарушаются теченіями холоднаго воздуха, идущими отъ полюса. Такъ какъ нижніе слои западныхъ вѣтровъ, какъ замѣчено, мало-по-малу увеличиваютъ воздушную массу на полюсѣ, верхніе же убавляютъ ея количество на экваторѣ, то время отъ времени въ какомъ нибудь мѣстѣ кольцеваго пространства накопившаяся и отяжелѣвшая отъ продолжительнаго охлажденія воздушная масса холоднаго пояса начинаетъ оттѣснять въ высоту слой западныхъ вѣтровъ, врывается холоднымъ и сухимъ нордостомъ въ умѣренный поясъ и снова пополняетъ запасъ воздуха пассатовъ. Дове изслѣдовалъ это во всѣхъ частностяхъ и доказалъ, что вѣчныя измѣненія нашей погоды основываются на смѣнѣ холоднаго, сухого, полярнаго вѣтра теплымъ, влажнымъ, экваторіальнымъ. Въ дальнѣйшемъ я попытаюсь разобрать, какого рода механическими условіями, по моему мнѣнію, вызвана эта смѣна.

Само собою разумѣется, что эта система вѣтровъ претерпѣваетъ различныя мѣстныя возмущенія какъ отъ горныхъ хребтовъ, препятствующихъ непрерывному теченію, такъ и отъ разности температуръ суши и воды. Суша, болѣе теплая лѣтомъ и холодная зимой, обуславливаетъ восходящія въ первомъ случаѣ и нисходящія во второмъ теченія, которыя и нарушаютъ различными способами вышеописанную главную систему вѣтровъ.

Наконецъ, намъ остается еще упомянуть о циркуляціи воды черезъ атмосферу. Теплый воздухъ можетъ содержать больше водяныхъ паровъ, чѣмъ холодный. Подъ водяными парами здѣсь слѣдуетъ подразумѣвать газообразную воду, вполне прозрачную, какъ воздухъ. Только при охлажденіи влажнаго воздуха паръ выдѣляется изъ него въ видѣ тумана, въ формѣ мельчайшихъ, какъ пыль, шариковъ капельно-жидкой воды. Высоко носящіяся въ атмосферѣ массы такого тумана представляются намъ облаками. Между прочимъ необходимое для осажденія пара охлажденіе наступаетъ тогда, когда содержащій пары воды воздухъ подъ уменьшеннымъ давленіемъ расширяется. Какъ извѣстно, расширеніе газа сопровождается его охлажденіемъ. При очень сильномъ туманѣ отдѣльныя капельки носящейся водяной пыли соединяются въ болѣе крупныя и начинаютъ быстро падать въ видѣ дождя. Это бываетъ, напримѣръ, въ тихомъ поясѣ тропическихъ морей, гдѣ нагрѣтый, насыщенный водяными парами воздухъ подымается, образуя направляющійся къ полюсу верхній пассатъ. Это даетъ начало тропическимъ дождямъ, о которыхъ рѣчь уже была. Они наступаютъ обыкновенно во времена года, соотвѣтствующія наивысшему стоянію солнца.

Понятно, что воздухъ, освободившись отъ вѣса выпавшей воды быстро поднимается, причемъ, благодаря приобрѣтенной скорости, онъ выходитъ изъ положенія равновѣсія, такъ сильно расширяясь и охлаждаясь, что теряетъ много влаги и можетъ теперь протечь длинный путь верхнимъ пассатомъ, пока не дастъ при дальнѣйшемъ охлажденіи черезъ лучеиспусканіе въ холодное мировое пространство и при соприкосновеніи съ холодными полосами земли новыхъ осадковъ. Эти послѣдніе происходятъ на границѣ пассатнаго пояса и носятъ здѣсь названіе подтропическихъ дождей. Зимой они выпадаютъ въ южной Европѣ, двигаются затѣмъ въ пачалѣ лѣта черезъ Германію на сѣверъ и осенью возвращаются назадъ. Въ нашихъ широтахъ дожди приносятся западными вѣтрами, т. е. спускающимися къ землѣ экваторіальными теченіями.

Вотъ въ общихъ чертахъ главная система правильнаго движенія воздуха и воды въ земной атмосферѣ, постоянно поддерживаемая разностью температуры жаркаго и холоднаго поясовъ. Существуютъ, какъ я уже замѣтилъ, обширныя пространства на земной поверхности, гдѣ правильность этихъ явленій почти что не нарушается; тѣмъ рѣзче зато проявляется сила и стремительность такихъ нарушеній въ другихъ мѣстахъ. Въ особенности поучительными являются возмущенія, нарушающія правильное теченіе метеорологическихъ явленій жаркаго пояса. Здѣсь еще сравнительно легко можно разобратъ въ механизмѣ ихъ возникновенія и участіи дѣйствующихъ силъ; здѣсь именно еще не спутаны различныя нарушающія правильный ходъ обстоятельства, какъ это имѣетъ мѣсто обыкновенно въ болѣе холодныхъ поясахъ.

Нарушаютъ это постоянство тропической погоды органы или вихревыя бури. Это бури ужасающей силы, — онѣ преимущественно разражаются въ нѣкоторыхъ мѣстахъ тропическихъ морей. Начало этихъ бурь, достигающихъ въ концѣ концовъ и Европы, залегаетъ въ тропической части Атлантическаго океана, чаще всего вблизи Антильскихъ острововъ. Недоброй славой, впрочемъ, пользуются, благодаря свирѣпствующимъ на нихъ ураганамъ, и Индѣйскій океанъ и Китайское море. Заслуга Дове заключается въ томъ, что онъ нашелъ вихревой характеръ этихъ бурь, благодаря одной изъ нихъ, пронесшейся черезъ Европу въ ночь подъ Рождество 1821 г. Его мнѣніе, опубликованное въ 1828 г., подтвердилось затѣмъ изысканіями надъ Вестъ-Индскими вихревыми бурями Redfield'a (1831 г.) и Reid'a (1838); теперь это всѣми и всюду признано.

Въ центрѣ такого вихря находится пространство, гдѣ воздухъ движется умѣренно или даже совершенно спокоенъ, но послѣднее имѣетъ мѣсто только вначалѣ: съ перемѣщеніемъ вихря его спо-

койная центральная часть мало-по-малу приходитъ въ движеніе. Эта центральная часть большихъ оркановъ достигаетъ отъ трехъ до семи географическихъ миль въ поперечникѣ и характеризуется низкимъ стояніемъ барометра; разница въ стояніи барометра въ центрѣ и на периферіи вихря достигаетъ $1\frac{1}{2}$ — $2\frac{3}{4}$ дюйма. Это указываетъ на то, что воздушная масса внутри вихря значительно уменьшается, какъ будто вытѣсняется прочь.

Вокругъ этого безвѣтреннаго пространства, наоборотъ, господствуетъ сильнѣйшій ураганъ. Поперечникъ этого бурнаго кольца достигаетъ иной разъ 250 географическихъ миль и даже та часть оркана, гдѣ вѣтеръ настолько силенъ, что кораблю приходится убраться всѣ паруса, можетъ имѣть въ поперечникѣ 100 миль.

Направленіе вращенія въ вихревыхъ буряхъ вполнѣ определенно. Въ сѣверномъ полушаріи вращеніе вокругъ центра совершается отъ сѣвера къ западу, югу, востоку и къ сѣверу; въ южномъ же полушаріи вращеніе обратное или иначе говоря: вращеніе вихря совершается по тому же направленію, по какому движется и земная поверхность того полушарія, гдѣ онъ проносится. Обращенная къ экватору сторона будетъ всегда западнымъ вѣтромъ. Направленіе вѣтра нельзя назвать строго кругообразнымъ; внизу онъ движется нѣсколько внутрь къ центру, въ то время какъ вверху своеобразно разорванныя облака указываютъ на верхнее теченіе, идущее отъ центра прочь.

Не поддаются описанію яростныя проявленія этихъ бурь близъ мѣста ихъ зарожденія, въ тропическихъ моряхъ; у насъ въ Европѣ нѣтъ ничего подобнаго. Съ Антильскихъ острововъ бываетъ видно, какъ образуется предвѣщающій бѣдствіе облачный столбъ. Постепенно темнѣя, онъ все растетъ и растетъ. Крѣпчаетъ вмѣстѣ съ тѣмъ набѣжавшій съ востока вѣтеръ, облака опускаются ниже и разряжаются страшнѣйшими ливнями при непрерывномъ сверканіи безчисленныхъ молній. Восточный вѣтеръ въ теченіе слѣдующихъ часовъ усиливается и достигаетъ ужасающей силы. Когда потомъ надвигается безвѣтренный центръ со своимъ удушливымъ воздухомъ и темнымъ облачнымъ покровомъ, то наступаетъ затишье. Но жители Вестъ-Индіи уже знаютъ, какъ обманчива эта тишина и какъ недолго она продлится.

Вскорѣ затѣмъ надвигается другой край вихря; вдругъ разражается мощный западный вѣтеръ, который, мало-по-малу ослабѣвая, продолжается нѣсколько часовъ. Наконецъ, снова съ глубокого неба сіяетъ солнце, освѣщая картину разрушенія. Опустошенія, производимыя такой бурей, ея ревъ, ея сила—ужасны. Вся растительность истреблена, какъ еслибы по странѣ прошелъ

огонь, который бы все опалилъ и сжегъ. Большую часть деревьевъ буря вырываетъ съ корнями; на уцѣлѣвшихъ не остается ни листа. Дома разрушены, кровли сорваны.

Въ 1837 г. на остр. Св. Оомы только что выстроенный домъ былъ сорванъ съ фундамента и сброшенъ на улицу; 24-пудовыя пушки падали съ крѣпостныхъ валовъ. Въ 1831 г. на Барбадосѣ одинъ англійскій офицеръ, искавшій спасенія въ оконной нишѣ перваго этажа, за шумомъ бури не слышалъ, какъ сзади него обвалился цѣлый домъ. Суда жестоко страдаютъ отъ этихъ бурь; даже стоящія уже въ гавани разбиваются или идутъ ко дну. Суда въ открытомъ морѣ ищутъ спасенія, направляясь къ центральной части вихря; если же буря настолько сильна, что паруса не могутъ ужъ больше служить для произвольнаго выбора пути, то ничего больше не остается, какъ отдаться во власть вѣтра. Piddington описалъ путь одного англійскаго брига Charles Heddie, который пять дней носился въ Индѣйскомъ океанѣ и пять разъ обошелъ по спирали вокругъ вихревого центра.

Не мало бѣдъ приносить и производимое бурей поднятіе морской воды, которая то потоками устремляется внутрь страны, то въ формѣ брызгъ и пѣны переносится на цѣлыя мили внутрь материка, поражая растенія и рыбъ. Къ несчастью и человѣческія жертвы насчитываются тысячами: погибаютъ и моряки, погибаютъ и прибрежные жители подъ развалинами домовъ, подъ снесенными бурей деревьями.

Эти мощные воздушные вихри не остаются на мѣстѣ, но постоянно движутся впередъ довольно правильно, начинаясь въ 10° — 20° широты, слѣдовательно очень близко отъ экватора и тихаго пояса. Потомъ они удаляются отъ экватора, пересѣкая сначала направленіе пассатовъ—сѣверные по направленію къ сѣверо-западу, южные—къ юго-западу. Достигнувъ же границы пассатовъ, они принимаютъ болѣе восточное направленіе. На сѣверѣ Атлантическаго океана, на примѣръ, они на своемъ пути слѣдуютъ по направленію ряда Вестъ-Индскихъ острововъ до Флориды, причемъ пробѣгаютъ отъ четырехъ до пяти миль въ часъ, затѣмъ движутся почти параллельно берегу Соединенныхъ Штатовъ, но по мѣрѣ удаленія къ сѣверу отодвигаются отъ него и, пересѣкая Атлантическій океанъ, устремляются къ Европѣ со скоростью отъ шести до восьми миль въ часъ. Въ среднемъ имъ нужно десять или двѣнадцатъ дней для перехода отъ береговъ Вестъ-Индіи къ берегамъ Европы.

Въ теченіе этого времени сила ихъ мало-по-малу уменьшается, центръ приходитъ въ вихревое движеніе и поперечникъ вихря

увеличивается. Однако же и въ европейскихъ моряхъ эти вѣтры еще опасны для кораблей и случается, что они вырываютъ деревья и сносятъ кровли домовъ.

Но надо надѣяться, что въ виду опасностей, которымъ подвергаются корабли вдоль европейскаго берега, правильная система метеорологическихъ сообщений по телеграфу въ состояніи будетъ точно предсказывать приближеніе вихревыхъ бурь.

Я не углубляюсь въ описаніе отдѣльныхъ явленій, такъ какъ въ виду нашихъ цѣлей насъ должны интересовать только правильно повторяющіяся составляющія всего происходящаго. Превосходный обзоръ ихъ, достигающій до новѣйшаго времени, далъ Th. Reye въ своей книгѣ „Вихревыя бури, Торнадо и смерчи“, изд. въ 1872 г.

Мы обращаемся теперь къ вопросу, какъ это возможно, чтобы такія слабыя, вызванныя колебаніями температуры, разности атмосферныхъ давленій, выражающіяся обыкновенно такой незначительной разницей въ барометрическихъ показаніяхъ, могли служить причиной такихъ ужасныхъ разрядовъ и сильныхъ движеній. Какъ разъ для выясненія этого вопроса много сдѣлано упомянутою выше работою Reye, которая вообще многое открываетъ намъ въ перемѣнчивомъ кругу метеорологическихъ явленій.

Дѣло здѣсь главнымъ образомъ сводится къ понятію о неустойчивомъ равновѣсіи. Если мы повѣсимъ за верхній конецъ какой нибудь стержень, вѣсъ его будетъ стремиться опустить центръ тяжести по возможности ниже: стержень направится по вертикали внизъ. Въ этомъ положеніи онъ будетъ въ положеніи устойчивомъ. Толкнемъ ли мы его или отведемъ и въ сторону, предоставленный самому себѣ онъ всегда будетъ возвращаться къ своему прежнему вертикальному положенію; эта характерная черта устойчиваго равновѣсія. Попробуемъ, наоборотъ, поставить стержень на его нижній конецъ, такъ чтобы центръ тяжести лежалъ какъ разъ по вертикали надъ точкой опоры, тогда, говоря строго, возможно такое положеніе, при которомъ сила тяжести будетъ дѣйствовать одинаково влѣво и вправо, къ наблюдателю и отъ него и нѣтъ никакой причины, чтобы стержень упалъ въ ту или другую сторону. Но если удастся на одинъ моментъ воспроизвести такое состояніе, которое въ механикѣ называется неустойчивымъ равновѣсіемъ, то малѣйшаго дуновенія, малѣйшаго сотрясенія опоры достаточно, чтобы наступилъ перевѣсъ въ какую либо сторону. И какъ только стержень чуть-чуть отклонится въ сторону, сила тяжести съ возрастающей скоростью начнетъ тянуть его въ томъ же направленіи.

Практическое примѣненіе закона достаточнаго основанія въ

этомъ случаѣ не имѣеть мѣста болѣе, чѣмъ въ извѣстной Буридановской баснѣ объ ослѣ, поставленномъ между двумя одинаковыми кулями овса. Что въ послѣднемъ случаѣ характерно, такъ это то, что самая незначительная сила, самое ничтожное перемѣщеніе приводятъ стержень въ движеніе въ ту или другую сторону.

Оба рода равновѣсія имѣютъ мѣсто въ томъ случаѣ, когда въ одномъ сосудѣ двѣ жидкости различныхъ плотностей налиты одна на другую. Масло на поверхности воды находится въ положеніи устойчиваго равновѣсія; раздѣляющая ихъ плоскость горизонтальна. Если какимъ либо образомъ заставить воду отчасти войти въ масло, то сейчасъ же тяжелая вода въ болѣе легкомъ маслѣ начнетъ опускаться и, наоборотъ, очутившееся внизу масло снова поднимается вверхъ. Но и надъ масломъ при вполнѣ горизонтальной плоскости разграниченія вода можетъ дать случай неустойчиваго равновѣсія съ тѣмъ условіемъ, однако, чтобъ эта плоскость въ каждой точкѣ испытывала бы одинаковое давленіе и такимъ образомъ, чтобы нигдѣ не приходилось ей подаваться въ ту или другую сторону. Но какъ только въ какомъ нибудь мѣстѣ масло приподнимется, а въ другомъ опустится вода, сейчасъ же болѣе легкое масло всей массой должно устремиться вверхъ, между тѣмъ какъ вся болѣе тяжелая вода пойти внизъ.

Воздухъ, содержащій большее количество тепла, къ воздуху, содержащему меньшее количество, относится какъ масло къ водѣ. Въ мѣстахъ, гдѣ тотъ и другой находятся подъ одинаковыми давленіями, болѣе теплый—въ то же время и болѣе легкій—подымается вверхъ. Остается еще замѣтить, что если и тотъ и другой подымаются, то въ такомъ случаѣ и тотъ и другой расширяются и потому охлаждаются; такимъ образомъ, болѣе теплымъ и легкимъ остается тотъ, который раньше содержалъ бѣльшее количество тепла. Устойчивое равновѣсіе возможно поэтому только въ томъ случаѣ, когда наверху располагается воздухъ съ большимъ запасомъ тепла, а подъ нимъ менѣе богатый тепломъ. Я не могу сказать: „болѣе теплый—вверху, болѣе холодный—внизу“, такъ какъ на дѣлѣ можетъ оказаться, что болѣе богатый тепломъ воздухъ, который наверху расширяется и охлаждается, можетъ имѣть болѣе низкую температуру, чѣмъ воздухъ, лежащій подъ нимъ, обладающій меньшимъ количествомъ тепла и бѣльшей плотностью. Только въ томъ случаѣ, когда обѣ воздушныя массы лежатъ на одинаковой высотѣ и находятся подъ одинаковымъ давленіемъ,—только въ такомъ случаѣ разница въ температурѣ соотвѣтствуетъ разницѣ въ количествѣ содержащагося въ воздушныхъ массахъ тепла.

Нагрѣвается воздухъ главныхъ образомъ вблизи земной поверхности, которою поглощается солнечная теплота. Последнее обстоятельство могло бы дать начало неустойчивому равновѣсію, но такъ какъ для этого нагрѣванія нужно продолжительное время, неустойчивое же равновѣсіе можетъ установиться только на одинъ моментъ, то, при поднятіи нагрѣтаго воздуха, происходитъ быстрое уравниваніе условій. Дрожаніе воздуха, наблюдаемое надъ очень нагрѣтой земной поверхностью, служитъ выраженіемъ этихъ нарушеній и происходящихъ отсюда неправильныхъ воздушныхъ теченій.

Все это, однако, имѣетъ мѣсто лишь въ томъ случаѣ, когда различные слои воздуха представляются одинаковыми по составу. Какъ только мы имѣемъ два слоя воздуха, изъ которыхъ одинъ сухой, другой влажный, то, какъ показалъ Reye, является возможность скопленія большихъ воздушныхъ массъ, находящихся сначала въ устойчивомъ равновѣсіи; это последнее однако при дальнѣйшихъ измѣненіяхъ температуры мало-по-малу приближается къ неустойчивому и наконецъ окончательно можетъ принять этотъ видъ. По исчисленіямъ названнаго математика, основаннымъ на новѣйшей механической теоріи тепла и въ особенности на общемъ принципѣ, данномъ профессоромъ Клаузіусомъ, туманный воздухъ болѣе поддается измѣненіямъ давленія, чѣмъ сухой. Газъ, при сжатіи, нагрѣвается и поэтому сильнѣе сопротивляется оказываемому на него давленію, чѣмъ это было бы въ случаѣ неизмѣнной температуры, такъ какъ съ повышеніемъ температуры увеличивается упругость газа. Быстрый, сильный ударъ по поршню, давящему на воздухъ въ цилиндрѣ изъ слоновой кости или стекла, настолько можетъ нагрѣть воздухъ, что лежащій въ цилиндрѣ труть вспыхнетъ. Такого рода огниво составляетъ у малайцевъ предметъ домашняго обихода; въ физическихъ кабинетахъ оно извѣстно подъ именемъ пневматическаго огнива. Если теперь въ сжатомъ воздухѣ носятъ въ видѣ тумана водяныя капельки, то часть тепла отъ сжатія пойдетъ на то, чтобъ обратить нѣкоторую долю воды въ паръ и это потому, что въ воздухѣ, съ повышеніемъ его температуры, несмотря на уменьшеніе объема, можетъ содержаться большее количество водяныхъ паровъ, чѣмъ раньше. Вычисленія Reye даютъ, что приращеніе объема, полученное отъ образованія пара, меньше сокращенія этого объема, происходящаго отъ того, что часть тепла, развившагося при сжатіи, затрачивается на превращеніе воды въ паръ. Такой влажный воздухъ не нагрѣется настолько, какъ сухой, и потому будетъ меньше сопротивляться увеличенію давленія.

Обратно, если туманный воздухъ расширяется, онъ охлаждается,

какъ и всѣ газообразныя тѣла при расширеніи. Но охлажденіе это не такъ значительно, какъ въ случаѣ сухого воздуха, и это потому, что при охлажденіи часть содержащагося въ немъ водяного пара осаждается въ видѣ тонкой пыли капельно жидкой воды или тумана. А пары, вновь обратившіеся въ воду, снова отдаютъ теплоту, поглощенную при ихъ образованіи изъ воды. Въ силу всего этого туманный воздухъ не можетъ охлаждаться при расширеніи въ такой степени, какъ сухой. Здѣсь опять уменьшеніе объема вслѣдствіе сгущенія части паровъ меньше его увеличенія вслѣдствіе освобожденія теплоты, такъ что въ цѣломъ туманный воздухъ, при данномъ уменьшеніи давленія, сильнѣй расширится, чѣмъ сухой, въ томъ, конечно, предположеніи, что при этихъ измѣненіяхъ воздухъ не можетъ ни получать тепла извнѣ, ни отдавать его наружу. Такимъ образомъ, если массы сухого и влажнаго воздуха расположены другъ подъ другомъ или одна возлѣ другой, возможно двоякаго рода равновѣсіе. Можетъ случиться, что влажный воздухъ и сухой могутъ имѣть такія температуры (сухой—болѣе теплую), что на средней высотѣ атмосферы и тотъ и другой представляются одинаково тяжелыми. Тогда въ нижней половинѣ воздушнаго кольца, гдѣ давленіе больше, туманный воздухъ будетъ становиться и болѣе плотнымъ и начнетъ опускаться къ землѣ. Въ верхней половинѣ атмосферы, напротивъ, этотъ же туманный воздухъ, при меньшемъ давленіи, будетъ расширяться больше, чѣмъ сухой, становиться легче и подыматься.

Механическимъ примѣромъ этого явленія можетъ служить стеклянный цилиндръ, въ полъ-метра вышиною, наполненный водою, въ которую опускается стеклянная колба отверстіемъ внизъ, причемъ горлышко обмотано свинцовой проволокой такого вѣса, что колба остается почти погруженной въ воду. Если на плоское дно колбы положить еще грузикъ, то можно достигнуть того, что колба на нѣкоторой средней высотѣ цилиндра будетъ такъ же тяжела, какъ и вода. Въ этомъ мѣстѣ она находится въ неустойчивомъ равновѣсіи; едва она приподымется, какъ содержащійся въ ней воздухъ расширится, колба станетъ легче и совсѣмъ выскочитъ наверхъ, если же съ этого средняго положенія колба чуть-чуть смѣстится внизъ, воздухъ сожмется еще больше и она погрузится на дно. Въ этомъ примѣрѣ вода, какъ мало сжимаемая, уподобляется сухому воздуху, а колба съ воздухомъ—плавающей тамъ массѣ туманнаго воздуха.

Представимъ себѣ теперь надъ поверхностью одного изъ тропическихъ морей на границѣ полосы безвѣтрія, гдѣ воздушныя

движенія слабы, слой теплаго почти насыщеннаго парами воздуха, покрывающій тысячи и тысячи квадратных миль. Надъ этимъ слоемъ проносится верхній пассать. Масса увлекаемаго имъ водянаго пара при самомъ поднятіи пролилась тропическимъ дождемъ. Такимъ образомъ этотъ въ верхнихъ слояхъ проносящійся воздухъ сухъ, и благодаря выдѣлившейся отъ выпаденія осадковъ теплотѣ, обладаетъ большимъ количествомъ тепла. Примемъ сначала, что на границѣ обоихъ слоевъ равновѣсіе было такого рода, что нижній изъ двухъ воздушныхъ слоевъ былъ болѣе влажнымъ и тяжелымъ.

Тогда равновѣсіе устойчиво и можетъ продолжаться долгое время. Если это происходитъ на границѣ тихаго пояса, гдѣ пассаты гонятъ воздухъ не слишкомъ быстро, то нижній слой отъ продолжительнаго дѣйствія солнечныхъ лучей нагрѣвается, увлажняется и становится легче. Верхній же, наоборотъ, благодаря лучеиспусканію въ холодное міровое пространство, будетъ терять теплоту. Поэтому мало-по-малу равновѣсіе начнетъ приближаться къ неустойчивому. Оно перейдетъ въ неустойчивое, какъ только при давленіи, имѣющемъ мѣсто на пограничной плоскости, плотности и тяжести обоихъ слоевъ будутъ одинаковы; потому что тогда всякая частица нижняго слоя, немного поднявшись надъ этой плоскостью, продолжаетъ перемѣщаться по направленію вверхъ.

Если въ какомъ нибудь мѣстѣ нарушается равновѣсіе, и влажный воздухъ, затуманиваясь и отдѣляя осадки, поднимается кверху, то давленіе здѣсь уменьшается, такъ какъ наполняющіеся поднимающимся туманнымъ воздухомъ верхніе слои становятся легче, чѣмъ были раньше, и легче, чѣмъ сосѣдніе слои, если только кругомъ находится еще сухой воздухъ. Къ мѣсту, гдѣ давленіе уменьшилось, со всѣхъ сторонъ долженъ будетъ притекать внизу воздухъ; онъ въ свою очередь уносится восходящимъ потокомъ, въ то время какъ вокругъ, гдѣ еще устойчивое равновѣсіе не нарушено, оно еще лучше можетъ сохраняться, вслѣдствіе разряженія влажнаго воздуха и пониженія его пограничной плоскости, такъ что здѣсь никакое новое нарушеніе произойти не должно.

Восходящій и сильно расширяющійся воздухъ распространяется въ верхнихъ слояхъ атмосферы, удаляясь такимъ образомъ отъ центра движенія; направленіе движенія замѣчается по движенію образовавшихся при этомъ облаковъ. Все происходящее можетъ повести къ состоянію покоя и къ новому равновѣсію только тогда, когда верхній сухой воздухъ настолько опустится, что лежащій въ вихревомъ центрѣ наполненный влажнымъ воздухомъ

каналъ въ одномъ сѣченіи съ сухими слоями будетъ содержать одинаково тяжелый съ ними воздухъ. Это и можетъ наступить при извѣстной степени пониженія, такъ какъ въ глубинѣ влажный воздухъ плотнѣе сухого, по крайней мѣрѣ въ томъ случаѣ, когда онъ теряетъ свою влагу при выпаденіи дождя.

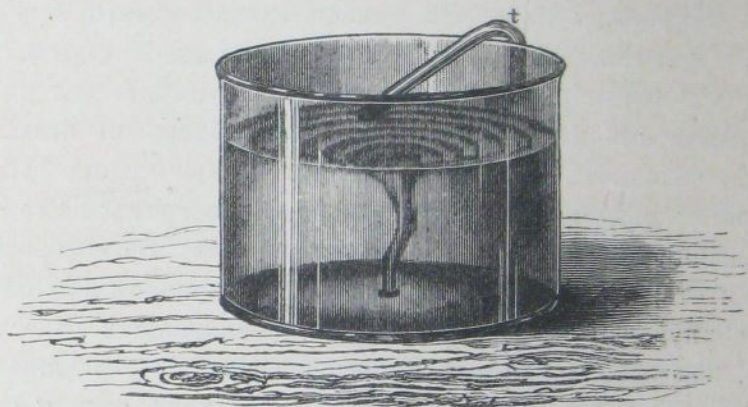
Но такъ какъ вѣсъ влажнаго, поднимающагося кверху воздуха обыкновенно значительно уменьшается въ силу того, что находящійся въ немъ туманъ настолько уплотняется, что выпадаетъ дождемъ, то и поднятіе его продолжается до тѣхъ поръ, пока весь нижній влажный слой не поднимется наверхъ.

Притекая къ мѣсту разрыва въ нижнихъ частяхъ атмосферы воздушная масса указываетъ, если она только достаточно расширилась, на замѣтное вліяніе вращенія земли. Вообразимъ себѣ воздушное кольцо съ радіусомъ въ 120 географическихъ миль, центръ котораго совпадаетъ съ мѣстомъ разрыва и которое, становясь мало-по-малу все уже и уже, стремится къ этому послѣднему. Пусть его центръ лежитъ въ широтѣ 15° , полосѣ, которая какъ указываютъ многія наблюденія, служитъ мѣстомъ зарожденія вихревыхъ бурь. Въ такомъ случаѣ южный край лежитъ въ 7° широты, сѣверный — въ 23° . Но въ 7° широты скорость вращенія земли равна 460 метр. въ секунду, а для 23° широты она равна 426 метр. Такое кольцо, находясь въ безвѣтренномъ мѣстѣ, обладаетъ съ южной стороны большей скоростью, чѣмъ съ сѣверной; разница между ними равна 34 метрамъ; на самомъ дѣлѣ эта разница еще больше, если мы примемъ въ соображеніе, что южная сторона кольца лежитъ въ тихомъ поясѣ или близъ него, а сѣверную часть захватываютъ направляющіеся къ востоку пассаты. Это начальное механическое состояніе воздушнаго кольца мы можемъ себѣ еще представить такъ, какъ еслибы оно въ цѣломъ двигалось поступательно со средней скоростью своего центра въ 443 метра, и вмѣстѣ съ тѣмъ вращалось бы въ направленіи вращенія земли со скоростью 17 метр. въ секунду. Значитъ, въ движеніи такого кольца принимаетъ участіе (является составляющимъ движеніемъ, говоря математическимъ языкомъ) вращеніе, которое проистекаетъ отъ вращенія земли, но въ виду такой близости къ экватору оказывается довольно малымъ.

Если воздушное кольцо суживается, то, подобно тому какъ я ужъ это объяснилъ для случая текущихъ къ полюсу и суживающихся при этомъ вихревыхъ колець, моментъ вращенія долженъ оставаться постояннымъ, т. е. скорость возрастать пропорціонально уменьшенію радіуса кольца. По вычисленіямъ оказывается, что воздушное кольцо, радіусъ котораго вначалѣ равняется 100

геогр. милямъ, съ центромъ расположеннымъ въ 15° широты, можетъ обладать скоростью въ $278\frac{1}{2}$ метр. въ секунду, когда радіусъ его достигаетъ 5 миль. Это равняется скорости полета пушечнаго ядра.

Процессъ образованія вихревыхъ буръ можно до извѣстной степени наглядно представить въ маленькомъ масштабѣ въ водѣ. Берутъ стеклянный сосудъ, подобный изображенному на прилагаемомъ рисункѣ; на днѣ сосуда имѣется отверстіе, вначалѣ опыта закрытое пробкой. Помѣшивая рукой, приводятъ воду въ медленное вращательное движеніе, послѣ чего пробку удаляютъ. Вода начинаетъ вытекать изъ середины сосуда; убыль пополняется новыми массами воды, притекающими къ центральной части отъ периферіи, причемъ, по мѣрѣ приближенія этихъ массъ къ центру, скорость ихъ увеличивается. Близъ середины центробѣжная сила этихъ быстро вращающихся колець такъ велика, что давленіе воды не въ состояніи больше продолжать ихъ суженіе. Вслѣдствіе этого образуется въ водяной массѣ, какъ это показано на рис. 18, вертикальная, воздухомъ заполненная трубка, которая



Фиг. 18.

спускается внизъ къ самому отверстію, воронкообразно расширяясь вверху. Эта трубка принимаетъ какъ разъ ту форму, какую обыкновенно принимаютъ смерчи. Если въ эту трубочку бросить пробку, окрашенную съ одной стороны въ черный, а съ другой—въ бѣлый цвѣтъ, пробка начинаетъ такъ быстро вращаться, что оба цвѣта сливаются въ одинъ сѣрый. Можно какъ угодно долго поддерживать этотъ вихрь, стоитъ только при помощи небольшого насоса вытекающую изъ сосуда воду снова возвращать въ сосудъ, направляя струю касательно по стѣнкѣ такъ, чтобы вступающая въ сосудъ вода тотчасъ принимала вихревое движеніе. Для этой цѣли служить изображенная на рисункѣ трубка *t*.

На этомъ же примѣрѣ мы можемъ такимъ образомъ наблюдать переходъ отъ начальнаго, медленнаго движенія вихря къ необычайно быстрому. Какъ только образовался вихрь, истечение воды становится медленнымъ, такъ какъ бѣольшая часть отверстія занята воздушнымъ каналомъ. При этомъ главнымъ образомъ вытекаетъ вода со дна сосуда; скорость ея значительно уменьшена треніемъ о стекло.

Если бросить въ воду песку, который идетъ ко дну, то онъ быстро спустится по спирали къ отверстию, между тѣмъ какъ плавающіе въ водѣ кусочки облатки могутъ кружиться въ теченіе четверти часа, не приближаясь къ отверстию. Такимъ же направленнымъ къ центру движеніемъ по спирали обладаютъ вихри на земной поверхности. Здѣсь опять-таки мы можемъ допустить, что поднятіе теплаго воздуха наверхъ производится главнымъ образомъ большой центробѣжной силой. Только по мѣрѣ того, какъ сила вращательнаго движенія уменьшается отъ тренія воздуха о земную поверхность, воздухъ можетъ подниматься вверхъ, кружась тамъ, расширяя мало-по-малу свои круги съ ослабленіемъ вращенія и уступая мѣсто вновь поднимающимся массамъ воздуха.

Но разъ такой вихрь образовался, то онъ въ воздухѣ, какъ и въ водѣ, можетъ долго существовать, даже если прекратится дѣйствіе вызвавшихъ его причинъ; движеніе воздушныхъ массъ по кругообразнымъ орбитамъ поддерживается инерціей, свойственной всякой тяжелой массѣ. Оно постепенно прекращается въ силу тренія. Что касается законовъ движенія такихъ вихрей, то я представилъ въ 1858 г. теоретическія изысканія, результаты которыхъ (въ нѣкоторыхъ простѣйшихъ случаяхъ) подтверждаются опытомъ. Эта теорія примѣнима также къ движенію большихъ атмосферическихъ вихрей. Въ поясѣ пассатовъ оси вращенія вихрей расположены наклонно по той причинѣ, что нижняя часть увлекается нижнимъ пассатомъ въ направленіи къ юго-западу, а верхняя—верхнимъ къ сѣверо-востоку. Но наклонно расположенный вихрь долженъ двигаться въ направленіи, въ какомъ протекаетъ воздухъ черезъ острый уголъ, образуемый вихремъ съ земной поверхностью, т. е. въ сѣверномъ пассатѣ къ сѣверо-западу. На границѣ пассатовъ вихрь вступаетъ въ область преимущественно юго-западныхъ и западныхъ вѣтровъ и, увлекаемый ими, направляется на первыхъ порахъ къ сѣверо-востоку, отступая затѣмъ мало-по-малу въ восточномъ направленіи. Одновременно съ этимъ, вслѣдствіе тренія объ землю, интенсивность его уменьшается, какъ скоро онъ достигаетъ мѣстности, гдѣ противо-

положность двухъ различныхъ воздушныхъ слоевъ уже не выражается такъ рѣзко и постоянно, какъ въ пассатномъ поясѣ.

Не менѣе опустошительны, хотя и не такъ обширны, какъ вихревыя бури морей, вихри, наблюдаемыя на сушѣ, какъ торнадо Сѣверной Америки или наши воздушныя и водяныя смерчи. Наши грозы, повидимому, также обязаны, въ главныхъ чертахъ, своимъ происхожденіемъ образованію неустойчиваго равновѣсія между различными слоями воздуха.

Я говорилъ уже раньше, что здѣсь, въ средней Европѣ, мы живемъ въ такомъ поясѣ, гдѣ экваторіальныя и полярныя теченія, чередуясь, вытѣсняють другъ друга.

Первыя приносятъ намъ воздухъ, потерявшій, правда, значительный запасъ своей влаги въ тропическихъ дождяхъ, тѣмъ не менѣе содержащій еще такое ея количество, что при дальнѣйшемъ охлажденіи по пути къ умѣренному поясу, онъ способенъ къ образованію новыхъ осадковъ. Содержаніе влаги въ воздухѣ во время лѣтнихъ жаровъ познается по особенному ощущенію зноя, въ противоположность сухому горячему воздуху лѣтнихъ восточныхъ вѣтровъ. Въ тепломъ, сухомъ воздухѣ испарина способствуетъ охлажденію нашего тѣла, во влажномъ же—нѣтъ. Въ воздухѣ, нагрѣтомъ нѣсколько выше 42° С. и насыщенномъ влагой, теплокровное животное погибаетъ по прошествіи нѣкотораго времени, потому что тѣло животного, поставленное въ условія, при которыхъ охлажденіе невозможно, продолжая развивать внутреннее тепло черезъ обмѣнъ веществъ, должно принять наконецъ температуру нѣсколько выше окружающей среды. Душный воздухъ бываетъ большей частью предвѣстникомъ грозы. При столкновеніи двухъ теченій наступаетъ безвѣтріе. Если же въ какомъ нибудь мѣстѣ беретъ перевѣсъ полярное теченіе, такъ что теплый, сырой воздухъ западныхъ теченій начинаетъ подыматься наверхъ, то онъ быстро теряетъ свою способность къ сопротивленію, такъ какъ стремящаяся вверхъ часть воздушнаго моря расширяется и охлаждается, вслѣдствіе чего вода осѣдаетъ и образуетъ дождь. Какъ и при вихревыхъ буряхъ, поднявшійся кверху воздухъ становится легче и къ тому мѣсту, гдѣ такимъ образомъ давленіе нѣсколько уменьшилось, сейчасъ же прибываютъ новыя теплыя и влажныя массы, и процессъ повторяется въ томъ же порядкѣ. Восходящіе потоки, обильно осаждающіе на высотѣ влагу, образуютъ скоро сгущивающіяся и обширныя массы грозовыхъ тучъ. Обыкновенно при этомъ усиливаются вначалѣ слабыя боковыя движенія, обусловливаемыя поднятіемъ воздушной массы, образуя вихри, которые обыкновенно предше-

ствують первымъ каплямъ дождя и послѣдующимъ его усиленіямъ. Какъ вращеніе ихъ такъ и поступательное движеніе не такъ правильно, какъ движеніе тропическихъ вихрей.

Гроза не разразится въ томъ случаѣ, если восточному теченію ранѣе удалось вытѣснить господствовавшее знойное западное, потому что гроза есть ни что иное, какъ процессъ этого вытѣсненія, и указанныя Реуе особенности равновѣсія между сухимъ и влажнымъ воздухомъ дѣйствуютъ такъ, что это вытѣсненіе наступаетъ сразу на всемъ протяженіи, разъ только ему положено начало.

Что касается электрическихъ разрядовъ, то источникомъ ихъ повидимому является запасъ отрицательнаго элетричества, которымъ заряжена земля. Разнаго рода газы, даже чистый, но не капельно жидкій водяной паръ представляютъ изоляторы и не могутъ обмѣниваться съ землею электричествомъ.

Если даже съ водяной поверхности, заряженной отрицательнымъ электричествомъ, поднимаются пары, они не уносятъ съ собою электричества ¹⁾. Когда водяныя массы въ скопившихся облакахъ сблизились настолько, что между двумя каплями можетъ произойти искра, то они образуютъ сильный кондукторъ, въ который могутъ съ земной поверхности перескакивать мощныя искры. Молніи указываютъ на послѣдовавшее въ этотъ моментъ новое усиленное выдѣленіе осадковъ; но дождь, благодаря которому происходитъ молнія, требуетъ больше времени для достиженія земли, чѣмъ электрической лучъ. Поэтому-то черезъ нѣсколько секундъ послѣ появленія молніи мы замѣчаемъ, что дождь, служащій ея причиной, усилился. Порядокъ, въ которомъ мы замѣчаемъ измѣненія, какъ разъ обратный обыкновенному слѣдованію причины и дѣйствія. Сначала сверкаетъ молнія, затѣмъ усиливается дождь и послѣ него мѣняется направленіе вѣтра. Однако, первая причина заключается въ давленіи тяжелаго восточнаго вѣтра; оно обусловливаетъ дождь, а дождь молнію.

Нѣтъ ничего невѣроятнаго въ томъ, что, какъ увѣряютъ, взрывъ или пушечная пальба могутъ вызвать грозу. Разъ только достигнуто въ атмосферѣ состояніе неустойчиваго равновѣсія, достаточно малѣйшей причины, побуждающей подняться первую частицу влажнаго воздуха, на примѣръ искры въ пороховой бочкѣ, чтобы вызвать разрядъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ нарушено равновѣсіе.

Во всѣхъ описанныхъ явленіяхъ нѣтъ ничего такого, что не

¹⁾ Это мѣсто измѣнено соотвѣтственно опытамъ, произведеннымъ Mr. Blake въ берлинской физической лабораторіи, и даннымъ Вернеромъ Сименсомъ объясненіемъ грозы.

основывалось бы на простомъ и обусловленномъ законами дѣйствиі хорошо извѣстныхъ физическихъ силъ; только неустойчивое равновѣсіе играетъ здѣсь особенную роль, такъ какъ при таковомъ малѣйшія измѣненія температуры, влажности или скорости отдѣльныхъ воздушныхъ частицъ могутъ вызвать въ тотъ или другой моментъ, въ томъ или иномъ мѣстѣ проявленіе колоссальныхъ силъ. Чтобы имѣть возможность предсказать, въ какой моментъ и въ какомъ именно мѣстѣ нарушится это неустойчивое равновѣсіе, мы должны бы, во-первыхъ, знать предыдущее состояніе атмосферы точнѣе, чѣмъ мы его знаемъ на самомъ дѣлѣ, такъ какъ для всей земной поверхности мы знаемъ только среднія значенія температуры и влажности вѣтра, а точныя показанія у насъ имѣются только для отдѣльныхъ станцій и для опредѣленныхъ часовъ наблюденій. Во-вторыхъ, имѣя уже данныя числа, мы должны бы были умѣть помощью этихъ данныхъ съ точностью вести вычисленія для всего хода послѣдующихъ явленій. Но хотя мы и могли бы установить общія правила для такихъ вычисленій, выполненіе ихъ на самомъ дѣлѣ представило бы такія трудности, что намъ поневолѣ пришлось бы отказаться въ ожиданіи иныхъ, лучшихъ методовъ вычисленія. Вообще слѣдуетъ замѣтить, что нашему вычисленію и пониманію доступны только такія явленія, при которыхъ маленькая ошибка въ заданіи можетъ вызвать лишь малую же ошибку въ конечномъ результатѣ. Какъ только къ дѣлу примѣшивается неустойчивое равновѣсіе, то наша задача становится невыполнимою.

Такимъ образомъ, случайность еще не исключается изъ нашего міросозерцанія, но она въ дѣйствительности служитъ только выраженіемъ недостаточности нашихъ знаній и неповоротливости нашихъ соображеній. Только геній, который обладалъ бы познаніемъ всѣхъ причинъ, мысль котораго работала бы достаточно точно и быстро, чтобы непосредственно слѣдить за всѣми безпорядочными измѣненіями погоды,—только такой геній созерцалъ бы въ этомъ, какъ въ теченіи свѣтила, одно гармоническое господство законовъ, которое мы можемъ лишь предполагать и о которомъ можемъ только догадываться.

ВОЗНИКНОВЕНІЕ ПЛАНЕТНОЙ СИСТЕМЫ.

Высокочитимое собраніе!

Я намѣренъ сегодня изложить передъ Вами Канто-Лапласовскую гипотезу объ образованіи міровыхъ тѣлъ и въ особенности нашей планетной системы,—гипотезу, о которой говорятъ такъ много. Я долженъ объяснить выборъ этой темы. Отъ такой популярной лекціи, какъ наша сегодняшняя, слушатель имѣетъ право ожидать точнаго изложенія установленныхъ фактовъ и готовыхъ выводовъ изъ изслѣдованій, а не какихъ нибудь предположеній, гипотезъ и фантазій. Между всѣми предметами, занимающими разумъ и фантазію человѣка, вопросъ о происхожденіи міра является преобладающимъ, и съ древнѣйшихъ временъ у различныхъ народовъ получалъ самыя разнообразныя рѣшенія. Благодѣтельные и грозныя божества, гиганты, Кронось, пожирающій своихъ дѣтей, Нифлгеймъ съ гигантомъ Имеромъ, котораго убиваютъ божественныя Азы, чтобы создать изъ него міръ, суть образы, которыми мыслящія племена населяли космогоническую систему. Но всеобщность факта, что каждый народъ вырабатывалъ свое космогоническое ученіе и развивалъ его до мелкихъ подробностей, указываетъ на интересъ и огромное для всѣхъ значеніе вопроса о происхожденіи, о началѣ окружающихъ насъ вещей. Вопросъ о началѣ тѣсно связанъ съ вопросомъ о концѣ; что могло возникнуть, можетъ также и исчезнуть. Этотъ вопросъ о концѣ имѣетъ даже, можетъ быть, еще большій практической интересъ, чѣмъ вопросъ о началѣ.

Предварительно я долженъ замѣтить, что теорія, которую я намѣренъ изложить, была создана ученымъ, извѣстнымъ преимущественно какъ абстрактный философъ-мыслитель, творецъ трансцендентальнаго идеализма, категорическаго императива, Иммануэломъ Кантомъ. Сочиненіе, въ которомъ онъ изложилъ ее: „Всеобщая естественная исторія и теорія неба“ (1775), одно изъ первыхъ изданныхъ имъ и относится къ 31-му году его жизни.

Первый періодъ его научной дѣятельности продолжался почти до 40-ваго года его жизни. Сочиненія, относящіяся къ этому періоду, преимущественно естественно-научнаго содержанія; они изобилуютъ замѣчательными для того времени мыслями, тогда какъ чисто философскія работы, еще немногочисленные, отчасти были вызваны, какъ наприм. его диссертация, виѣшними побужденіями. Онѣ не вполне самостоятельны, и интересны только своей рѣзкой и отчасти насмѣшливой критикой. Извѣстно, что въ юности Кантъ по своимъ наклонностямъ былъ естествоиспытателемъ и, можетъ быть, только благодаря вліянію виѣшнихъ обстоятельствъ, отсутствію необходимыхъ средствъ для самостоятельныхъ естественно-научныхъ работъ и направленію умовъ того времени, обратился онъ къ философіи; уже гораздо позже являлись его самостоятельныя и значительныя работы въ этой области; такъ „Критика чистаго разума“ относится къ 57-му году его жизни. Впрочемъ, въ позднѣйшій періодъ его жизни, между большими философскими его трудами, встрѣчаются также естествонаучныя статьи. Кромѣ того онъ читалъ лекціи по физической географіи, въ которой, ограничиваясь небольшими познаніями и средствами того времени и той отдаленной мѣстности, гдѣ онъ жилъ, стремился провести общіе широкіе взгляды, какъ это позднѣе сдѣлалъ А. Гумбольдтъ. Было бы прямымъ извращеніемъ историческаго хода событій, злоупотребляя именемъ Канта, утверждать, что естественныя науки должны оставить индуктивный методъ, благодаря которому онѣ возвысились, и возвратиться къ произвольнымъ выводамъ такъ называемаго яко-бы „дедуктивнаго“ метода. Противъ этого больше всего возсталъ бы самъ Кантъ, еслибы онъ былъ среди насъ.

Повидимому совершенно независимо отъ Канта ту же самую гипотезу объ образованіи нашей планетной системы предложилъ вторично знаменитѣйшій французскій астрономъ Пьеръ Симонъ Маркизь де-Лапласъ; этой гипотезой завершается механика нашей планетной системы, созданная имъ колоссальнымъ трудомъ и замѣчательнымъ математическимъ остроуміемъ. Имена двухъ великихъ ученыхъ, являющихся такимъ образомъ нашими опытными руководителями на этой дорогѣ, доказываютъ, что, соглашаясь съ высказанными ими взглядами, мы вовсе не пускаемся въ міръ фантазіи, но имѣемъ дѣло съ обдуманной и осторожной попыткой на основаніи извѣстныхъ соотношеній настоящаго дѣлать выводы о прошедшемъ.

Понятно, что гипотеза о происхожденіи той части міра, которую мы населяемъ, слѣдовательно о предметахъ отдаленнаго прош-

лаго, не можетъ быть провѣрена непосредственнымъ опытомъ; но она можетъ получить косвенное подтвержденіе, если успѣхи естественнаучныхъ знаній присоединять къ ранѣе извѣстнымъ новымъ фактамъ, которые могутъ быть ею объяснены, въ особенности если будетъ показано, что образованіе міровыхъ тѣлъ продолжается и теперь. Подобныя различныя косвенныя подтвержденія гипотезы, дѣйствительно, были найдены и такимъ образомъ сильно увеличили ея вѣроятность. Отчасти это обстоятельство, отчасти то, что названная гипотеза въ новѣйшее время стала упоминаться въ популярныхъ и научныхъ книгахъ въ связи съ философскими, этическими и богословскими вопросами, придаетъ мнѣ смѣлость посвятить ей сегодняшнее чтеніе. При этомъ я намѣренъ сообщить Вамъ не столько новаго по содержанію, сколько постараться дать вамъ возможно связный обзоръ фактовъ, которые привели къ этой гипотезѣ и подтвердили ее.

Эти оговорки, которыя я долженъ былъ предпослать, нужны только для оправданія выбора подобной темы для популярной лекціи. Наука вполне имѣетъ право и даже обязана представить подобное изслѣдованіе. Для нея является опредѣленный и важный вопросъ, именно вопросъ о существованіи границъ приложимости законовъ природы, которые управляютъ теченіемъ всѣхъ настоящихъ явленій; вопросъ о томъ, были ли эти законы справедливыми въ отдаленныя прошлыя времена и могутъ ли они остаться такими же всегда и въ будущемъ, или же предположеніе о вѣчной законности явленій природы приведетъ насъ непременно на основаніи настоящаго состоянія къ невѣрнымъ заключеніямъ о прошедшемъ или будущемъ, или же къ нарушенію законовъ природы, къ такому началу, которое не можетъ быть вызвано извѣстными намъ законами и явленіями. Подобныя изслѣдованія о возможной и вѣроятной прошлой исторіи существующаго теперь міра не представляютъ со стороны науки произвольной спекуляціи; они сводятся къ вопросу о предѣлахъ приложимости методовъ науки и о всеобщности найденныхъ до сихъ поръ законовъ.

Можетъ быть покажется смѣлымъ, что мы, ограниченные узкимъ кругомъ нашихъ наблюденій, пространствомъ маленькой земли, являющейся лишь пылинкой нашего млечнаго пути, и кратковременностью человѣческой жизни, считаемъ законы, которые мы усматриваемъ изъ небольшого доступнаго намъ круга фактовъ, неизбѣжными для всего безграничнаго пространства и безконечнаго времени. Но всѣ наши мысли и дѣйствія, значительныя и незначительныя, опираются на довѣріе къ неизмѣнной законности

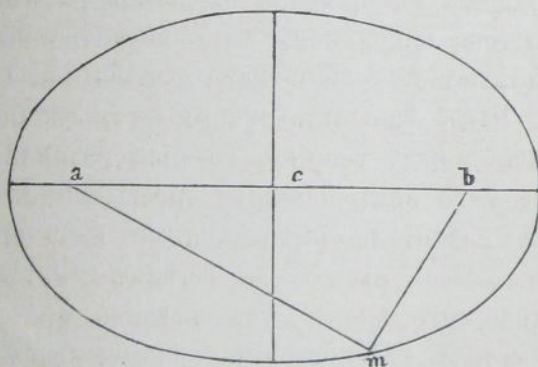
природы, которое тѣмъ болѣе укрѣпляется, чѣмъ глубже мы проникаемъ въ связь явленій природы. Последняя половина нынѣшняго столѣтія дала важныя фактическія подтвержденія того, что найденныя нами общіе законы прилагаются и соблюдаются въ самыхъ отдаленныхъ пространствахъ.

Впереди всего стоитъ законъ тяготѣнія. Какъ Вамъ всеѣмъ извѣстно, небесныя тѣла носятся и движутся въ неизмѣримомъ пространствѣ. Сравнительно съ огромными разстояніями между ними даже самая большія изъ нихъ приходится разсматривать какъ пылинки матеріи. Ближайшія неподвижныя звѣзды даже при сильнѣйшемъ увеличеніи не обнаруживаютъ видимаго діаметра; можно быть увѣреннымъ, что и наше солнце, разсматриваемое съ ближайшихъ неподвижныхъ звѣздъ, является ничѣмъ инымъ какъ недѣлимой свѣтлой точкой, такъ какъ массы тѣхъ звѣздъ во всѣхъ тѣхъ случаяхъ, когда удалось ихъ опредѣлить, не особенно отличаются отъ массы солнца. Несмотря на громадность разстояній между ними, существуетъ невидимая связь, приводящая ихъ во взаимную зависимость. Это сила тяготѣнія, съ которой взаимно притягиваются всѣ тяжелыя массы и съ которой мы знакомы изъ ежедневнаго опыта, какъ съ силой тяжести, дѣйствующей между тѣлами на землѣ и массой нашей земли. Сила, заставляющая камень падать на землю, есть не что иное, какъ та сила, благодаря которой луна сопровождаетъ землю во время ея движенія около солнца и которая мѣшаетъ самой землѣ удалиться отъ солнца и уйти въ безпредѣльное пространство.

Движеніе планетъ можно себѣ уяснить на простомъ механическомъ примѣрѣ. Прикрѣпимъ возможно выше къ дереву или къ выступу стѣны шелковую нить, къ нижнему концу которой привязано маленькое тяжелое тѣло, напр. свинцовый шаръ. Если его оставить въ покоѣ, то нить приметъ вертикальное направленіе. Это есть положеніе равновѣсія шара. Чтобы его отмѣтить, установимъ въ томъ мѣстѣ, гдѣ шаръ стремится остановиться, какое-нибудь устойчивое тѣло, напр. глобусъ на штативѣ. Отведемъ шаръ въ сторону; онъ возвратится, коснется глобуса и, если его снова удалить, онъ снова будетъ стремиться къ нему, потому что сила тяжести тянетъ его къ положенію его равновѣсія, находящемуся внутри глобуса. Въ какую бы сторону отъ глобуса мы ни удаляли шаръ, всегда происходитъ одно и то же. Въ нашемъ примѣрѣ сила, притягивающая свинцовый шаръ къ глобусу, замѣняетъ силу притяженія луны къ землѣ, или планетъ къ солнцу. Убѣдившись въ описанныхъ явленіяхъ, попробуемъ сообщить свинцовому шару, находящемуся на нѣкоторомъ разстояніи отъ гло-

буса, умѣренное движеніе въ сторону. Если правильно подобрать силу удара, то маленькій шаръ будетъ вращаться по кругу около большаго и можетъ оставаться въ такомъ движеніи долгое время, совершенно также, какъ луна въ своемъ вращеніи около земли, планеты—около солнца. Но въ нашемъ примѣрѣ круги, описываемые шаромъ, съ теченіемъ времени, конечно, будутъ дѣлаться все меньше и меньше, такъ какъ мы не можемъ въ такой мѣрѣ, какъ въ планетной системѣ, исключить силы сопротивленія, напр. сопротивленіе воздуха, твердость нити и тренія.

При движеніи планетъ или свинцоваго шара по кругу около центра притяженія сила притяженія остается, понятно, все время одинаковой. Въ этомъ случаѣ безразлично, по какому закону увеличивалась бы или уменьшалась бы сила при другихъ разстояніяхъ отъ центра, въ каковыхъ само движущееся тѣло никогда не находится. Если же первоначальный ударъ не былъ надлежащей силы, то орбиты въ обоихъ случаяхъ будутъ не круговыми, а эллиптическими, т. е. формы, какую имѣетъ кривая линія на черт. 19. Но въ обоихъ случаяхъ эти два эллипса расположены различно относительно центра притяженія. Въ нашемъ примѣрѣ сила притяженія тѣмъ сильнѣе, чѣмъ дальше свинцовый шаръ



Фиг. 19.

находится отъ своего положенія равновѣсія. Вслѣдствіе этого эллипсъ движенія располагается такъ, что центръ притяженія находится въ центрѣ c эллипса. Для планеты, наоборотъ, сила притяженія тѣмъ меньше, чѣмъ она находится дальше отъ притягивающаго ее тѣла, вслѣдствіе чего планета опишетъ эллипсъ, одинъ изъ фокусовъ котораго совпадаетъ съ центромъ притяженія. Оба фокуса a и b представляютъ собой двѣ точки, симметрично расположенныя относительно концовъ эллипса и обладающія свойствомъ, что сумма ихъ разстояній $am + bm$ отъ произвольной точки m на эллипсѣ есть величина постоянная. Такъ

какъ Кеплеръ показалъ, что планетныя орбиты суть эллипсы подобнаго рода, и такъ какъ форма и положеніе орбиты, какъ показываетъ только что приведенный примѣръ, зависятъ отъ закона измѣненія величины силы притяженія, то Ньютонъ могъ на основаніи формы планетныхъ орбитъ вывести извѣстный законъ силы тяготѣнія планетъ къ солнцу, по которому эта сила при увеличеніи разстоянія во столько разъ уменьшается, во сколько увеличивается квадратъ разстоянія. Сила тяжести на землѣ должна подчиняться этому закону, и Ньютонъ впервые опубликовалъ свое замѣчательное открытіе только послѣ того, какъ удалось найти прямое его подтвержденіе, а именно, когда изъ наблюденій было найдено, что сила притяженія луны къ землѣ такъ относится къ силѣ тяжести, дѣйствующей на земной поверхности, какъ того требуетъ открытый имъ законъ. Втеченіе 18-го столѣтія математическій анализъ и методы астрономическихъ наблюденій усовершенствовались настолько, что всѣ сложныя взаимодействія, которыя происходятъ между планетами и ихъ спутниками вслѣдствіе ихъ взаимнаго притяженія и которыя астрономы называютъ пертурбаціями, а именно пертурбаціи въ томъ простомъ эллиптическомъ движеніи, которое каждая изъ нихъ совершала бы, если бы не было другихъ тѣлъ, могли быть опредѣлены теоретически изъ закона Ньютона и сравнены съ дѣйствительными явленіями на небѣ. Созданіе теоріи планетнаго движенія во всей ея цѣлости принадлежитъ, какъ уже было упомянуто, главнымъ образомъ Лапласу. Согласіе между теоріей, которая развилась изъ такого простаго закона тяготѣнія, и между чрезвычайно запутанными и разнообразными явленіями, вытекающими изъ него, достигаетъ такой полноты, какой мы еще не имѣемъ ни въ одной другой отрасли человѣческаго знанія. Основываясь на этомъ согласіи, заключаютъ, что тамъ, гдѣ постоянно обнаруживается отступленіе, должны вліять еще неизвѣстныя причины. Такъ, вслѣдствіе несогласія между дѣйствительнымъ и вычисленнымъ движеніемъ Урана Бесселемъ была высказана догадка о существованіи отдаленной планеты. Леверрье и Адамсономъ было вычислено положеніе этой планеты, и такимъ образомъ былъ найденъ Нептунъ, наиболѣе удаленная планета изъ всѣхъ до сихъ поръ извѣстныхъ.

Законъ тяготѣнія оказался примѣнимымъ не только къ области силы притяженія нашего солнца; наблюденія надъ неподвижными звѣздами показали, что и двойныя звѣзды также вращаются одна около другой по эллипсамъ и подчиняются тому же закону тяготѣнія, который управляетъ нашей планетной системой. Разстоянія нѣкоторыхъ изъ нихъ намъ извѣстны. Ближайшая изъ нихъ, а

въ созвѣздіи Центавра, находится въ 226.000 разъ дальше отъ солнца, чѣмъ земля. Свѣтъ, пробѣгающій огромное пространство въ 40.000 миль въ секунду и достигающій земли отъ солнца черезъ 8 минутъ употребляетъ 3 года, чтобы отъ α Центавра достигнуть до насъ. Усовершенствованные измѣрительные методы новѣйшей астрономіи сдѣлали возможнымъ опредѣленіе такихъ звѣздныхъ разстояній, для прохожденія которыхъ свѣтъ употребляетъ 35 лѣтъ, какъ на примѣръ разстояніе до полярной звѣзды. Но законъ тяготѣнія, управляя движеніемъ двойныхъ звѣздъ, проявляется также еще въ такой глубинѣ звѣзднаго неба, измѣрить которую при помощи существующихъ методовъ до сихъ поръ не удалось.

И здѣсь законъ тяготѣнія привелъ къ открытію новыхъ тѣлъ, какъ и въ случаѣ Нептуна. Петерсъ въ Альтонѣ нашелъ въ подтвержденіе догадки, также уже высказанной Бесселемъ, что Сириусъ, самая яркая изъ нашихъ неподвижныхъ звѣздъ, двигается по эллипсу около невидимаго центра. Онъ долженъ имѣть темнаго спутника; и дѣйствительно, послѣдній былъ найденъ астрономами Сѣверной Америки при помощи извѣстнаго огромнаго телескопа Кембриджскаго Университета. Спутникъ не совсѣмъ темный, но свѣтъ, испускаемый имъ, такъ слабъ, что онъ можетъ быть видимъ только при помощи наисовершеннѣйшихъ инструментовъ. При этомъ оказалось, что масса Сириуса въ 13,76 разъ, масса спутника въ 6,71 разъ больше массы солнца, а взаимное ихъ разстояніе равно 37-ми радіусамъ земной орбиты, т. е. нѣсколько больше, чѣмъ разстояніе Нептуна отъ солнца.

Другая неподвижная звѣзда, Прокционъ, находится въ такомъ же положеніи, какъ и Сириусъ, но ея спутника не удалось еще увидѣть.

Итакъ оказывается, что въ тяготѣніи мы открыли свойство, общее всѣмъ тяжелымъ матеріямъ, которое не ограничивается только тѣлами нашей планетной системы, но обнаруживается и за ея предѣлами во всемъ небесномъ пространствѣ, которое могло быть изслѣдовано до сихъ поръ при помощи нашихъ методовъ наблюденій. Не только этимъ свойствомъ, общимъ всѣмъ матеріямъ, обладаютъ отдаленныя небесныя тѣла, подобно земнымъ, но изъ спектральнаго анализа мы узнаемъ, что значительное число извѣстныхъ намъ химическихъ элементовъ находится въ атмосферахъ неподвижныхъ звѣздъ и даже въ туманныхъ пятнахъ. Мы знаемъ, что узкая свѣтлая линія, разсматриваемая въ стеклянную призму, кажется цвѣтной полосой, на одномъ концѣ красной и желтой, на другомъ—голубой и фіолетовой, а въ сре-

динѣ—зеленой. Подобное цвѣтное изображеніе называютъ цвѣтнымъ спектромъ; радуга представляетъ такое изображеніе, получаемое преломленіемъ лучей, хотя и не въ призмѣ; она даетъ при этомъ рядъ цвѣтовъ, который можетъ быть полученъ путемъ разложенія бѣлаго солнечнаго луча. Явленіе призматическаго спектра происходитъ отъ того, что свѣтъ солнца и большей части раскаленныхъ тѣлъ состоитъ изъ различнаго рода свѣтовыхъ лучей, которые представляются нашему глазу различно окрашенными и отдѣляются другъ отъ друга при преломленіи въ призмѣ.

Если раскалить какое-нибудь твердое или жидкое тѣло до свѣченія, то спектръ его представится, подобно радугѣ, въ видѣ непрерывной широкой цвѣтной полосы, цвѣта которой расположены въ извѣстномъ порядкѣ: красный, желтый, зеленый, голубой, фіолетовый; этотъ спектръ ни чѣмъ не характеризуетъ свойствъ тѣла, испускающаго лучи.

Совершенно другое происходитъ, когда свѣтовые лучи исходятъ отъ раскаленнаго газа или раскаленнаго пара, т. е. отъ матеріи, приведенной нагрѣваніемъ въ газообразное состояніе. Спектръ подобнаго тѣла состоитъ изъ одной, нѣсколькихъ или даже очень многихъ отдѣльныхъ свѣтлыхъ линій, положеніе и распредѣленіе которыхъ въ спектрѣ характеризуетъ вещество изъ котораго состоитъ газъ или паръ, такъ что при помощи спектральнаго анализа можно узнать, каковъ химическій составъ раскаленнаго газообразнаго тѣла. Подобные спектры газовъ даютъ намъ въ міровомъ пространствѣ многія туманныя пятна, именно спектры, содержащіе свѣтлыя линіи раскаленныхъ водорода и азота и большей частью еще одну линію, которая до сихъ поръ не найдена еще ни въ одномъ спектрѣ земныхъ элементовъ.

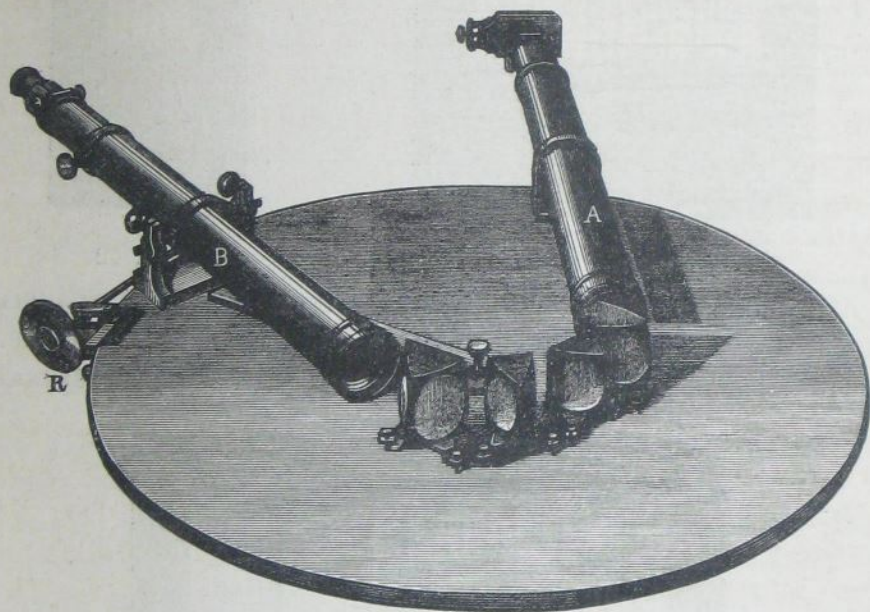
Кромѣ указанія на присутствіе двухъ извѣстныхъ земныхъ элементовъ, это открытіе важно тѣмъ, что оно является первымъ несомнѣннымъ доказательствомъ того, что космическія туманности во многихъ случаяхъ не представляютъ собранія мелкихъ звѣздъ; что, напротивъ, бѣольшая часть ихъ свѣта исходитъ отъ газообразныхъ тѣлъ.

Въ иномъ видѣ представляются спектры газовъ, когда газъ находится передъ раскаленнымъ твердымъ тѣломъ, температура котораго значительно выше температуры самаго газа. Наблюдатель видитъ въ этомъ случаѣ непрерывный спектръ твердаго тѣла, прорѣзанный узкими темными линіями на тѣхъ мѣстахъ, гдѣ были бы видны свѣтлыя линіи, если бы мы разсматривали свѣтящійся газъ на темномъ фонѣ. Кирхгофъ первый объяснилъ связь между обоими видами спектровъ и показалъ, какъ по такимъ

темнымъ линиямъ въ спектрѣ можно узнать, какой газъ находится передъ раскаленнымъ тѣломъ. Такого рода — спектры солнца и значительнаго числа неподвижныхъ звѣздъ.

Темныя линіи солнечнаго спектра, открытыя Вульстеномъ, впервые были вполне изучены и измѣрены Фраунгоферомъ, и поэтому извѣстны подъ названіемъ Фраунгоферовыхъ линій.

Позже, именно впервые Кирхгофомъ, а потомъ преимущественно Ангстремомъ, употреблялись сложные приборы для достиженія дальнѣйшаго разложенія свѣта. Чертежъ 20 представляетъ



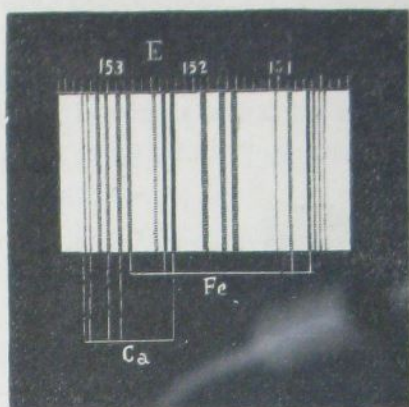
Фиг. 20.

приборъ съ 4-мя призмами, сдѣланный для Кирхгофа Штейнгейлемъ. На концѣ трубы *A* находится щель, которая даетъ узкую свѣтлую линію; она можетъ суживаться или расширяться при помощи предназначеннаго для этого винта; черезъ нее пропускаютъ испытуемый свѣтъ.

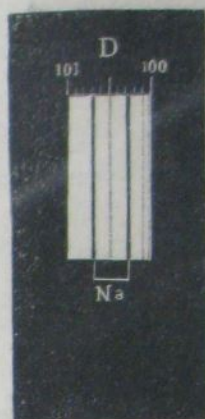
Послѣдній проходитъ черезъ зрительную трубу *A*, потомъ черезъ 4 призмы, наконецъ черезъ зрительную трубу *B* и такимъ образомъ достигаетъ глаза наблюдателя.

На чертежахъ 21, 22, 23 находятся заимствованныя у Кирхгофа изображенія небольшихъ частей солнечнаго спектра, зеленой, желтой и золотисто желтой, подъ которыми написанные химическіе знаки *Fe* (железо), *Ca* (металлъ кальцій), *Na* (металлъ натрій,) *Pb* (свинець); проведенныя кверху линіи указываютъ, на какихъ мѣстахъ пары этихъ металловъ, раскаленные въ пламени или въ электрической искрѣ даютъ свѣтлыя линіи.

Шкалы, помещенныя наверху, указываютъ на то, какія мѣста занимаютъ эти отдѣльныя части въ чертежѣ Кирхгофа, изображающемъ весь солнечный спектръ. Уже здѣсь замѣчается преобладаніе линий желѣза. Во всемъ спектрѣ Кирхгофъ нашелъ ихъ не

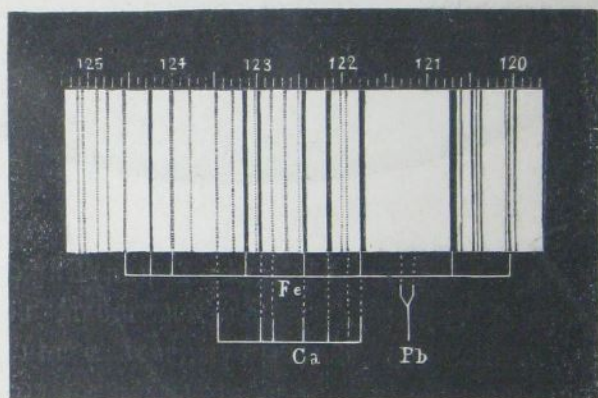


Фиг. 21



Фиг. 22.

менѣе 450. Это указываетъ на присутствіе большого количества паровъ желѣза въ солнечной атмосферѣ, что позволяетъ между прочимъ заключить о ея высокой температурѣ. Кромѣ указанныхъ



Фиг. 23.

на чертежахъ 21, 22, 23 линий желѣза, кальція, натрія, обнаруживается присутствіе водорода, цинка, мѣди, магнія, алюминія, барія и другихъ земныхъ элементовъ. Напротивъ, отсутствуютъ свинецъ, (см. ч. 23 *Pb.*) золото, серебро, ртуть, олово, сурьма, мышьякъ и другіе.

Спектры многихъ неподвижныхъ звѣздъ имѣютъ подобный-же видъ; они представляютъ систему узкихъ темныхъ линий, совпадающихъ съ линиями земныхъ элементовъ. Въ атмосферѣ Альдебарана въ созвѣздіи Тельца, обнаруживаются не только водородъ,

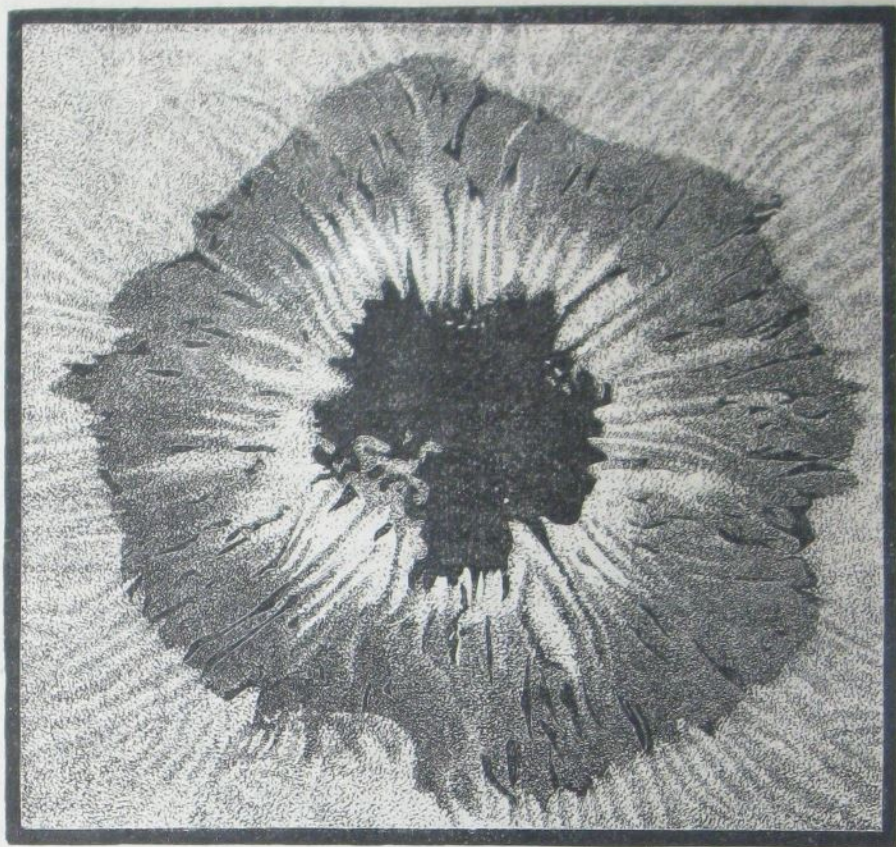
жельзо, магній, кальцій, натрій, но также и ртуть, сурьма, висмутъ; въ звѣздѣ α созвѣздія Оріона (Бетагейза) по Фогелю обнаруживается рѣдкій на землѣ металл талій и т. д. Но мы пока не можемъ сказать, что объяснили всѣ спектры звѣздъ; многія неподвижныя звѣзды даютъ своеобразныя полосатыя спектры, которые, вѣроятно, принадлежатъ газамъ, молекулы которыхъ не вполне разложены высокой температурой на ихъ составныя атомы. Въ спектрѣ солнца также находится много линій, которыя мы не можемъ еще отождествить съ линіями земныхъ элементовъ. Можетъ быть онѣ образуются неизвѣстной намъ матеріей, можетъ быть также, онѣ обязаны своимъ происхожденіемъ высокой температурѣ солнца, далеко превосходящей наши искусственнымъ образомъ получаемыя температуры. Вполнѣ установлено, однако, что извѣстные земныя элементы распространены далеко въ міровомъ пространствѣ, въ особенности азотъ, составляющій большую часть нашей атмосферы, и водородъ, составная часть воды, образующейся при его горѣніи. Оба найдены въ неразложимыхъ туманныхъ пятнахъ, которыя въ виду неизмѣнности ихъ формы должны быть громадныхъ размѣровъ и на громадныхъ разстояніяхъ отъ насъ. По этой причинѣ В. Гершель уже разсматривалъ ихъ не какъ принадлежащія къ нашей системѣ неподвижныхъ звѣздъ, но какъ особыя системы другихъ млечныхъ путей.

Далѣе, при помощи спектральнаго анализа мы кое-что узнали объ устройствѣ солнца и открыли на немъ явленія, намъ знакомыя и понятныя.

Мы знаемъ, что солнце представляетъ громадный шаръ, діаметръ котораго въ 112 разъ больше діаметра земли.

То, что представляется его поверхностью, можно разсматривать, какъ слой раскаленнаго тумана, глубина котораго, какъ заключаемъ на основаніи явленій солнечныхъ пятенъ, простирается приблизительно до 100 миль. Этотъ слой тумана, непрерывно отдающій тепло во внѣшнее пространство, и такимъ образомъ непремѣнно болѣе холодный, чѣмъ внутренняя масса солнца, тѣмъ не менѣе все-таки горячѣе всякаго нашего земнаго пламени, даже горячѣе раскаленнаго угля электрическихъ лампъ, дающихъ максимальную температуру, достижимую на землѣ. Объ этомъ можно съ увѣренностью заключить изъ чрезвычайной силы свѣта солнца, на основаніи доказаннаго Кирхгофомъ закона объ лучеиспусканіи непрозрачныхъ тѣлъ. Древнѣйшая гипотеза, по которой солнце есть темное, холодное тѣло, окруженное фотосферой, испускающей тепловые и свѣтовые лучи только во внѣшнее пространство, представляется физически невозможной. Снаружи не-

прозрачной фотосферы находится вокруг солнца слой прозрачных газовъ, который достаточно раскаленъ, чтобы дать въ спектрѣ свѣтлыя цвѣтныя линіи, почему онъ называется хромосферой. Эти линіи суть свѣтлыя линіи водорода, натрія, магнія, желѣза. Въ этихъ слояхъ газовъ и тумана происходятъ страшныя бури, превосходящія по размѣрамъ и быстротѣ земныя бури въ такой же



Фиг. 24.

степени, въ какой величина солнца превосходитъ величину земли. Потоки раскаленныхъ паровъ водорода взлетаютъ вверхъ на нѣсколько тысячъ миль ¹⁾ съ увлекаемыми при этомъ облаками паровъ въ видѣ исполинскихъ фонтановъ или огненныхъ языковъ. Прежде можно было наблюдать эти явленія, такъ называемыя розовыя протуберанцы солнца, только во время полныхъ солнечныхъ затмений. Теперь Янсенемъ и Локьеромъ найденъ способъ наблюдать ихъ ежедневно при помощи спектроскопа. Съ другой стороны, обыкновенно находятъ на поверхности солнца отдѣльныя

¹⁾ На 15.000 географич. миль по наблюденіямъ Фогеля въ Боткампѣ. Отклоненія спектроскопическихъ линій показываютъ, что скорость доходитъ до 4 или 5 миль въ секунду, по Локьеру даже до 8 или 9 миль.

темныя мѣста, такъ называемыя солнечныя пятна, которыя видѣль еще Галилей. Они углубляются воронкообразно, причемъ стѣнки воронки менѣе темны, чѣмъ середина углубленія, ядро. Чертежъ 24 представляетъ изображеніе Секки солнечнаго пятна, какимъ оно кажется при весьма сильномъ увеличеніи. Діаметръ его достигаетъ иногда нѣсколькихъ тысячъ миль, такъ что въ немъ могутъ помѣститься рядомъ двѣ или три земли. Прежде исчезновенія эти пятна могутъ претерпѣвать въ теченіе недѣль и мѣсяцевъ медленныя измѣненія, принимая участіе во вращеніи солнца. Иногда же въ нихъ происходятъ очень быстрыя измѣненія. Что ядро пятна лежитъ глубже, чѣмъ край окружающей полутѣни, мы заключаемъ изъ взаимнаго ихъ расположенія при приближеніи пятна къ краю солнца, когда его части видны по косому направленію. Черт. 25 съ 1-го до 5-го представляетъ различные виды подобнаго пятна, приближающагося къ краю солнца.



Фиг. 25.

Изъ спектроскопическихъ наблюденій оказывается, что на краю этихъ пятенъ происходятъ сильныя движенія и что вблизи ихъ находятся большіе протуберанцы; сравнительно часто замѣчаются въ нихъ вращательныя или вихревыя движенія. Пятна можно считать за тѣ мѣста, гдѣ охлажденные газы изъ внѣшнихъ слоевъ солнечной атмосферы опускаются и производятъ, вѣроятно, только мѣстное поверхностное охлажденіе солнечной массы.

Объясняется это явленіе тѣмъ, что поднимающіеся изъ раскаленнаго солнечнаго ядра газы съ парами мало летучихъ металловъ сильно разрѣжаются и при этомъ охлаждаются, частью вслѣдствіе разрѣженія, частью же вслѣдствіе испусканія лучей въ мировое пространство. При этомъ мало летучая ихъ составная часть выдѣляется въ видѣ тумана или облаковъ. Это охлажденіе должно быть, конечно, разсматриваемо, только какъ относительное; температура газовъ, вѣроятно, всегда остается выше всѣхъ достигаемыхъ на землѣ. Наиболѣе охлажденные и лишенные тяжелыхъ паровъ верхніе слои достигаютъ солнечнаго ядра, не образуя ту-

мана. Они представляются въ видѣ углубленія, такъ какъ кругомъ возвышаются до 100 миль слои раскаленнаго тумана.

Въ солнечной атмосферѣ не можетъ быть недостатка въ бурныхъ движеніяхъ, потому что при охлажденіи ея извнѣ наиболѣе холодныя и поэтому относительно наиболѣе плотныя и тяжелыя части ея оказываются лежащими надъ болѣе горячими и легкими. Вслѣдствіе подобной же причины мы имѣемъ и въ земной атмосферѣ продолжительныя и иногда внезапныя и весьма бурныя движенія, потому что наша атмосфера, нагрѣтая освѣщенной солнцемъ землей, также охлаждается въ верхнихъ слояхъ. Но, соотвѣтственно гораздо болѣе колоссальнымъ размѣрамъ и температурѣ солнца, и метеорологическіе процессы на ея поверхности несравненно болѣе бурны и грандіозны.

Мы приступимъ теперь къ вопросу о постоянствѣ настоящаго состоянія нашей системы. Долгое время почти повсюду было распространено мнѣніе, что она абсолютно неизмѣнна, по крайней мѣрѣ, въ своихъ существенныхъ свойствахъ. Это мнѣніе основывается, главнымъ образомъ, на заключеніи, сдѣланномъ Лапласомъ изъ его долгихъ и трудныхъ изслѣдованій о вліяніи планетныхъ пертурбацій.

Подъ пертурбаціями въ движеніяхъ планетъ астрономы понимаютъ, какъ я уже упомянулъ, тѣ отступленія отъ эллиптическихъ орбитъ, которыя происходятъ вслѣдствіе взаимнаго притяженія различныхъ планетъ и ихъ спутниковъ. Притяженіе солнца какъ самага большаго тѣла нашей системы, представляетъ, конечно, главнѣйшую и преобладающую силу, которая опредѣляетъ движеніе планетъ. Если бы она дѣйствовала одна, то каждая изъ планетъ описывала бы въ неизмѣнный промежутокъ времени постоянный эллипсъ, оси котораго сохраняли бы опредѣленное направленіе и величину.

Въ дѣйствительности же дѣйствуютъ на каждую планету, кромѣ притяженія солнца, еще притяженія всѣхъ другихъ планетъ, которыя, несмотря на свою малость, вызываютъ въ теченіе большого промежутка времени медленныя измѣненія плоскости, направленія и величины осей ихъ эллиптическихъ орбитъ.

Быль поднять вопросъ о томъ, можетъ ли измѣненіе орбитъ дойти до того, что двѣ сосѣднія планеты сольются или, что нѣкоторыя изъ нихъ упадутъ на солнце. Лапласъ могъ отвѣтить, что этого случиться не можетъ, такъ какъ всѣ такого рода измѣненія въ планетныхъ орбитахъ увеличиваются и уменьшаются періодически и всегда возвращаются къ нѣкоторому среднему значенію. Необходимо замѣтить, что результатъ изслѣдованій Лапласа имѣеть

мѣсто только для пертурбацій, производимыхъ взаимными притяженіями планетъ, и въ предположеніи, что никакія силы другого рода не оказываютъ вліянія на ихъ движеніе.

На землѣ мы не можемъ себѣ представить такого вѣчно продолжающагося движенія, какими представляются движенія планетъ при нашихъ способахъ наблюденія, такъ какъ каждое движеніе тѣла на землѣ встрѣчаетъ сопротивленіе. Наболѣе важными силами сопротивленія являются треніе, сопротивленіе воздуха и неупругіе удары.

Вслѣдствіе основного закона механики каждое движеніе тѣла, на которое не дѣйствуютъ никакія силы, продолжается вѣчно по прямой линіи съ неизмѣнной скоростью. Если мы устранимъ вліяніе силы тяжести, напримѣръ, на шаръ, катящійся по плоскости, то увидимъ, что онъ прокатится впередъ на нѣкоторое разстояніе, тѣмъ большее, чѣмъ ровнѣе путѣ; при этомъ мы услышимъ шумъ катящагося тѣла, указывающій, что оно передаетъ колебанія окружающимъ предметамъ; оно трется даже объ самую гладкую плоскость, должно привести въ движеніе окружающій воздухъ и отдать ему часть своего движенія. Вслѣдствіе этого скорость его движенія дѣлается все меньше и меньше, пока она, наконецъ, совсѣмъ не уничтожится. Точно также тщательно приготовленное колесо, вращающееся на тонкой оси, будучи приведено въ движеніе, сохраняетъ нѣкоторое время это движеніе, но въ крайнемъ случаѣ, повертѣвшись $\frac{1}{4}$ часа или даже дольше, наконецъ, все-таки останавливается, ибо ему приходится преодолѣвать треніе объ ось и кромѣ того сопротивленіе воздуха, которое впрочемъ также происходитъ, главнымъ образомъ, вслѣдствіе тренія другъ о друга частицъ воздуха, приводимыхъ въ движеніе колесомъ.

Если бы мы могли привести тѣло во вращеніе такъ, чтобы оно не соприкасалось ни съ какими другими тѣлами, и помѣстить его въ абсолютную пустоту, то, безъ сомнѣнія, оно вѣчно стало бы двигаться съ неуменьшающеюся скоростью. Въ такомъ положеніи, которое невозможно для земныхъ предметовъ, повидимому, находятся планеты и ихъ спутники. Повидимому, они движутся въ совершенно пустомъ міровомъ пространствѣ, не соприкасаясь съ другими тѣлами, о которыя могли бы тереться, вслѣдствіе чего ихъ движеніе никогда не должно уменьшиться. Но мы видимъ, что заключеніе это находится въ связи съ вопросами:

- 1) дѣйствительно ли міровое пространство совершенная пустота?
- 2) Правда ли, что при движеніи планетъ не происходитъ никакого тренія?

На эти оба вопроса должны мы теперь отвѣтить отрицательно, благодаря успѣхамъ естествознанія со времени Лапласа.

Міровое пространство не есть совершенная пустота. Во-первыхъ, въ немъ непрерывно распространено вещество, колебанія котораго производятъ свѣтъ и лучистую теплоту, и которое въ физикѣ называется свѣтовымъ эфиромъ. Во-вторыхъ, большіе и маленькіе обломки тяжелыхъ массъ, величина которыхъ, начиная съ размѣровъ исполинскихъ камней, доходить до пылинки, распространены вездѣ, по крайней мѣрѣ, въ тѣхъ частяхъ пространства, по которымъ проходитъ наша земля.

Что касается свѣтового эфира, то существованіе его несомнѣнно. Что свѣтъ и лучистая теплота есть волнообразно распространяющееся движеніе, можно считать доказаннымъ окончательно. Чтобы подобное движеніе могло распространяться черезъ міровое пространство, въ немъ должно существовать нѣчто, способное двигаться. Изъ результата этого движенія или того, что въ механикѣ называется живой силой движенія, мы можемъ даже вычислить извѣстные предѣлы для плотности движущагося вещества. Подобное вычисленіе было произведено Томсономъ, извѣстнымъ физикомъ въ Глазго, для свѣтового эфира и показало, что его плотность гораздо меньше плотности воздуха въ такъ называемой пустотѣ хорошаго воздушнаго насоса; но абсолютно равной нулю масса эфира быть не можетъ. Объемъ, равный объему земли, не можетъ содержать меньше 2775 фунтовъ свѣтового эфира ¹⁾.

Этому соотвѣтствуютъ явленія, происходящія въ міровомъ пространствѣ. Замѣчая, что брошенный въ воздухѣ тяжелый камень едва обнаруживаетъ вліяніе сопротивленія воздуха, а легкое перышко уже замѣтно имъ задерживается, заключаемъ, что вещество, наполняющее міровое пространство, слишкомъ разрѣжено, чтобы возможно было замѣтить гдѣ-либо уменьшеніе движенія тяжелыхъ планетъ за то время, въ теченіе котораго астрономическія наблюденія даютъ возможность опредѣлить ихъ орбиты. Другое происходитъ съ маленькими тѣлами нашей системы. Именно, Энке показалъ на маленькой кометѣ, носящей его имя, что она вращается вокругъ солнца по непрерывно суживающейся орбитѣ и на прохожденіе ея употребляетъ все меньшіе и меньшіе промежутки времени. Такимъ образомъ, онъ получилъ такой же видъ движенія, какой мы могли наблюдать на упомянутомъ вращающемся по кругу шарѣ, который все время уменьшаетъ свою скорость вслѣдствіе сопротивленія воздуха и описываетъ

¹⁾ Основанія этого вычисленія, конечно, не будутъ правильны, если подтвердится гипотеза Максвелла, по которой свѣтъ заключается въ электрическихъ и магнитныхъ колебаніяхъ.

вокругъ центра притяженія все меньшіе и меньшіе круги. Причина этого слѣдующая. Сила, представляющая сопротивленіе притяженію всѣхъ планетъ и кометъ къ солнцу и мѣшающая имъ приближаться къ нему, есть такъ называемая центробѣжная сила, т. е. такая, которая стремится направить движеніе прямолинейно по касательной къ ихъ орбитамъ. По мѣрѣ того, какъ сила ихъ движенія уменьшается, онѣ уступаютъ притяженію солнца и приближаются къ нему. Если сопротивленіе продолжается, то онѣ будутъ продолжать приближаться къ солнцу, пока не исчезнутъ въ немъ. На такомъ пути находится, повидимому, комета Энке. Этимъ доказывается присутствіе въ міровомъ пространствѣ сопротивленія, которое, хотя и гораздо медленнѣе, но должно дѣйствовать и уже давно дѣйствуетъ также на гораздо большія массы планетъ.

Явленія падающихъ звѣздъ и метеорныхъ камней яснѣе обнаруживаютъ присутствіе въ міровомъ пространствѣ большихъ и малыхъ отдѣльныхъ массъ. Теперь мы знаемъ, что это тѣла, блуждающія въ міровомъ пространствѣ прежде, чѣмъ попасть въ область нашей земной атмосферы. Въ сильно сопротивляющейся средѣ, какой является земная атмосфера, они замедляютъ свое движеніе и нагрѣваются вслѣдствіе тренія. Многимъ изъ нихъ удается найти выходъ изъ земной атмосферы и продолжать свой путь въ міровомъ пространствѣ съ измѣненными и замедленными движеніями. Другіе падаютъ на землю: большіе въ видѣ метеорныхъ камней, малые же, вѣроятно, превращаются нагрѣваніемъ въ пыль и въ такомъ видѣ незамѣтно падаютъ на поверхность земли. По опредѣленію Александра Гершеля падающія звѣзды представляются въ среднемъ приблизительно величиной съ булыжникъ. Ихъ накачиваніе большей частью происходитъ еще въ высшихъ и разрѣженныхъ частяхъ атмосферы, четыре или больше миль надъ поверхностью земли. Двигаясь въ міровомъ пространствѣ по тѣмъ же законамъ, какъ планеты и кометы, онѣ имѣютъ также и планетную скорость отъ 4 до 9 миль въ секунду. Отсюда ясно, что онѣ, въ дѣйствительности, суть *stelle cadenti*, падающія звѣзды, какъ онѣ давно и назывались поэтами.

Громадная скорость, съ которой онѣ проникаютъ въ нашу атмосферу, представляетъ также, безъ сомнѣнія, причину ихъ сильнаго нагрѣванія. Мы всѣ знаемъ, что вслѣдствіе тренія тѣла нагрѣваются. Каждая спичка, которую мы зажигаемъ, каждое плохо смазанное каретное колесо, каждый буравчикъ, вгоняемый въ твердое дерево, могутъ служить примѣрами. Воздухъ нагрѣвается

подобно твердому тѣлу отъ тренія, но также и благодаря работѣ, затраченной на его сжатіе. Одинъ изъ важнѣйшихъ результатовъ новѣйшей физики, опытнымъ доказательствомъ котораго, главнымъ образомъ, мы обязаны англичанину Джоулю, заключается въ томъ, что получаемое въ подобныхъ случаяхъ количество тепла прямо пропорціонально затраченной при этомъ механической работѣ. Работы силы тяжести, производимой при паденіи извѣстнаго вѣсового количества воды съ высоты 425 метровъ и равной произведенію величины этой силы на указанную высоту, достаточно, какъ показалъ Джоуль, для того, чтобы то же самое вѣсовое количество воды нагрѣть на 1° С, если эту работу затратить, производя треніе внутри воды. Механическій эквивалентъ скорости отъ 4 до 6 миль въ секунду легко вычисляется по извѣстнымъ механическимъ законамъ; превращенный въ теплоту, онъ обладаетъ способностью нагрѣть кусокъ метеорнаго желѣза до 90.000° и $2.500.000^{\circ}$ С при предположеніи, что все тепло удерживается желѣзомъ, а не передается большей частью воздуху, какъ это въ дѣйствительности случается. Это вычисленіе показываетъ по крайней мѣрѣ, что присущая падающимъ звѣздамъ скорость есть вполне достаточная причина, чтобы ихъ привести въ сильно раскаленное состояніе. Получаемыя на землѣ температуры едва достигаютъ 2000° . И дѣйствительно, внѣшняя кора упавшихъ метеорныхъ камней большей частью показываетъ слѣды начинающагося плавленія; если удастся изслѣдовать метеорные камни вскорѣ послѣ ихъ паденія, то находятъ ихъ поверхность горячей, между тѣмъ, какъ внутренніе отдѣльные обломки иногда еще показываютъ сильный холодъ мірового пространства. Падающія звѣзды кажутся отдѣльному наблюдателю, случайно смотрящему на звѣздное небо, рѣдкими и исключительными явленіями. Если же будемъ наблюдать постоянно, то замѣтимъ, что они происходятъ довольно правильно, въ особенности на востокѣ, гдѣ больше всего падаетъ звѣздъ. Но отдѣльный наблюдатель обзрѣваетъ только маленькую часть атмосферы, если же сдѣлать вычисленіе для всей земной поверхности, то найдемъ, что ежедневно падаетъ звѣздъ около $7\frac{1}{2}$ милліоновъ! Сами по себѣ онѣ въ той части мірового пространства, въ которой движется земля, довольно рѣдки и отдалены другъ отъ друга. Изъ расчетовъ А. Гершеля можно вычислить, что каждый камень отъ ближайшаго находится, среднимъ числомъ, на разстояніи ста миль. Земля же, двигаясь со скоростью 4 миль въ секунду, имѣетъ поперечникъ въ 1.700 миль; она пронизываетъ въ каждую секунду 9 милліоновъ куб. миль мірового пространства и увлекаетъ съ собой встрѣчающіеся ей камни.

Многія падаюція звѣзды неправильно размѣщены въ міровомъ пространствѣ; это, вѣроятно, тѣ, которыя уже потерпѣли пертурбацію при встрѣчѣ съ планетами. Но существуютъ также группы тѣлъ, которыя двигаются по правильнымъ эллипсамъ и пересѣкаютъ земную орбиту въ опредѣленныхъ мѣстахъ, почему всегда появляются въ опредѣленные дни года, такъ, напримѣръ, ежегодно 10-го августа. Кромѣ того, каждые 33 года происходятъ повторяющіеся нѣсколько лѣтъ подрядъ великолѣпные фейерверки отъ 12 до 14 ноября. Замѣчательно, что по орбитамъ этихъ группъ звѣздъ двигаются извѣстныя кометы, откуда является догадка, что кометы мало-по-малу распадаются на группы метеоритовъ. Это важное явленіе. Что производитъ земля, безъ сомнѣнія производятъ и другія планеты и еще въ болѣшихъ размѣрахъ солнце, которое притягиваетъ всѣ маленькія и наиболѣе подверженныя вліянію сопротивляющейся среды тѣла и притомъ тѣмъ быстрѣе чѣмъ они меньше. Земля и планеты притягиваютъ, втеченіе миліоновъ лѣтъ, свободныя массы мірового пространства и удерживаютъ разъ притянутое. Отсюда слѣдуетъ, что когда-то земля и планеты были меньше, чѣмъ онѣ теперь, и что въ міровомъ пространствѣ было больше массъ; и если мы пойдемъ далѣе въ подобномъ разсужденіи, то придемъ къ такому положенію, когда, можетъ быть, всѣ массы, соединенныя теперь въ солнце и планеты, двигались въ міровомъ пространствѣ совершенно разрозненно. Если мы допустимъ, что маленькія массы метеоритовъ, какія теперь падаютъ, также образовались изъ мельчайшей пыли черезъ постепенное сгущеніе, то мы дойдемъ до представленія о первоначальномъ распредѣленіи матеріи въ видѣ тончайшихъ туманныхъ массъ. Явленіе падающихъ звѣздъ и метеоритовъ, разсматриваемое, какъ продолжающійся процессъ, благодаря которому нѣкогда образовались наши міры, получаетъ большое значеніе.

Это осталось бы только догадкой, еще не имѣющей много вѣроятія, если бы не оказалось, что наши предшественники уже давно пришли къ совершенно такой же гипотезѣ путемъ совершенно другихъ разсужденій.

Мы знаемъ, что около солнца вращается значительное число планетъ; кромѣ восьми большихъ: Меркурія, Венеры, Земли Марса, Юпитера, Сатурна, Урана, Нептуна, вращаются еще между Марсомъ и Юпитеромъ, какъ найдено до сихъ поръ, 156 маленькихъ планетъ или планетоидъ. Около самыхъ большихъ планетъ, именно около земли и 4-хъ наиболѣе удаленныхъ: Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна, двигаются также спутники; наконецъ солнце и, по крайней мѣрѣ, самыя большія планеты

вращаются около своих осей. Удивительно, что всѣ орбиты планетъ и ихъ спутниковъ точно также, какъ и экваторіальныя плоскости планетъ не очень много отклоняются другъ отъ друга, и что всѣ вращенія происходятъ въ этихъ плоскостяхъ въ одномъ и томъ же направленіи. Единственное важное исключеніе, какъ извѣстно, представляютъ спутники Урана, орбиты которыхъ почти перпендикулярны къ орбитамъ большихъ планетъ. При этомъ замѣчается, что согласіе въ направленіи этихъ плоскостей вообще тѣмъ большее, чѣмъ больше сами тѣла и чѣмъ больше ихъ орбиты, между тѣмъ какъ для маленькихъ тѣлъ и маленькихъ орбитъ, также и для вращенія планетъ около своихъ осей наблюдаются замѣчательныя отклоненія.

Такъ, наибольшее отклоненіе планетныхъ орбитъ отъ земной, исключая орбитъ Меркурія и планетоидъ, равняется 3° (Венера). Далѣе, экваторіальная плоскость солнца отклонена приблизительно на $7\frac{1}{2}^\circ$, экваторіальная же плоскость Юпитера только на половину этого. Экваторіальная плоскость земли отклонена приблизительно на $23\frac{1}{2}^\circ$, Марса—на $28\frac{1}{2}^\circ$, еще болѣе—отдѣльныя орбиты маленькихъ планетъ и спутниковъ. По этимъ орбитамъ они всѣ движутся въ одномъ и томъ же направленіи вокругъ солнца и, на сколько удалось опредѣлить, вращаются вокругъ своихъ осей также, какъ и земля, т. е. съ запада на востокъ. Если бы планеты были независимы другъ отъ друга, то было бы одинаково возможно всякое направленіе плоскости орбиты для каждой изъ нихъ, движеніе назадъ также вѣроятно, какъ и движеніе впередъ. Орбиты сильно эллиптической формы были бы столь же вѣроятны, какъ и близко подходящія къ круговымъ, каковыя найдены у всѣхъ названныхъ тѣлъ. И дѣйствительно, въ движеніяхъ кометъ и метеорныхъ группъ господствуетъ полная неправильность, благодаря чему мы имѣемъ нѣкоторыя основанія разсматривать ихъ, какъ тѣла случайно попавшія въ сферу притяженія нашего солнца. Число согласныхъ явленій среди планетъ и ихъ спутниковъ слишкомъ велико, чтобы ихъ считать случайнымъ. Можно поставить вопросъ о причинѣ этого согласія; объясненія его должно искать въ первоначальной связи всѣхъ массъ. Мы знаемъ силы и явленія, которыя стягиваютъ первоначально разрозненные массы, но не знаемъ такихъ силъ, которыя могли бы отбросить столь большія тѣла, какъ планеты, на то огромное разстояніе отъ солнца, въ которомъ мы ихъ теперь находимъ. Кромѣ того планеты должны были бы имѣть весьма растянутый эллиптической путь, если бы онѣ отдѣлились отъ общей массы вблизи солнца. Такимъ образомъ мы должны принять, что общая масса, въ ея первоначаль-

номъ состояніи, распространялась по крайней мѣрѣ до орбиты наиболѣе отдаленной планеты.

Вотъ тѣ главнѣйшія соображенія, которыя привели Канта и Лапласа къ ихъ гипотезѣ. Наша система когда-то была, по ихъ воззрѣніямъ, хаотическою туманностью, въ которой множество билліоновъ кубическихъ миль едва содержали одинъ граммъ вещества, въ то время, когда оно простиралось до орбиты отдаленнѣйшей планеты. Отдѣлившись отъ туманностей сосѣднихъ неподвижныхъ звѣздъ, наша туманность получила медленное вращательное движеніе. Она сгустилась подъ вліяніемъ взаимнаго притяженія своихъ частицъ, и по мѣрѣ того, какъ она сгущалась, вращательное движеніе должно было усиливаться и стремиться образовать изъ нея нѣчто въ родѣ круглой пластинки. Отъ времени до времени подъ вліяніемъ увеличивающейся центробѣжной силы отдѣлялись вблизи окружности этой пластинки массы и, отдѣлившись, вновь образовывали вращающуюся туманность, которая или уплотнялась и образовывала планету, или во время этого уплотненія также съ своей стороны отдѣляла периферическія массы, становившіяся спутниками или, какъ у Сатурна, образовавшія кольцо. Въ другомъ случаѣ масса, отдѣлившаяся отъ главнаго шара, распалась на многія части и образовала рой малыхъ планетъ между Марсомъ и Юпитеромъ.

Наши новѣйшія изслѣдованія о природѣ падающихъ звѣздъ показываютъ что процессъ уплотненія разьединенныхъ массъ въ большія тѣла еще не оконченъ, но, хотя и въ слабой степени, еще продолжаетъ совершаться; можетъ быть только форма явленія измѣнилась оттого, что газообразныя и въ видѣ пыли разсѣяанныя въ міровомъ пространствѣ массы подъ вліяніемъ силъ притяженія и сдѣпленія ихъ элементовъ успѣли соединиться въ большія тѣла, чѣмъ тѣ, которыя существовали сначала. Падающія звѣзды, представляющія теперь продолженіе того процесса, путемъ котораго образовались міровыя тѣла, важны еще въ другомъ отношеніи: онѣ производятъ свѣтъ и теплоту, а это ведетъ насъ къ третьему ряду соображеній, приводящихъ опять къ той же цѣли.

Вся жизнь и всѣ движенія на нашей землѣ, за немногими исключеніями, поддерживаются единственной двигательной силой солнечныхъ лучей, приносящихъ намъ свѣтъ и теплоту. Они нагрѣваютъ воздухъ жаркихъ поясовъ; онъ становится легче и поднимается, холодный же опускается отъ полюсовъ. Такъ возникаютъ большія теченія воздуха, называемыя пассатными вѣтрами. Мѣстныя разности температуръ надъ сушей и моремъ, равнинами и горами вносятъ многочисленныя измѣненія въ это вели-

кое движеніе и вызываютъ неправильныя переменныя вѣтровъ. Теплыя пары поднимаются вмѣстѣ съ теплымъ воздухомъ, сгущаются въ облака и выпадаютъ въ болѣе холодномъ поясѣ и на снѣжныя вершины горъ въ видѣ дождя или снѣга. Вода собирается въ ручьи и рѣки, орошаетъ равнины и дѣлаетъ возможною жизнь, разрушаетъ горныя породы, уноситъ остатки ихъ и такимъ образомъ работаетъ надъ перестройкой земной поверхности. Только подъ вліяніемъ солнечныхъ лучей земля покрывается пестрымъ ковромъ растеній, которыя, произрастая, накапливаютъ въ себѣ органическія вещества, служащія всему царству животныхъ для питанія и, въ особенности, намъ еще какъ горючій матеріалъ. Даже каменный и бурый уголь, источники силы нашихъ паровыхъ машинъ, суть остатки допотопныхъ растеній, древнія произведенія солнечныхъ лучей. Надо ли удивляться, что наши праотцы арійскаго племени въ Индіи и Персіи смотрѣли на солнце, какъ на наиболѣе подходящій символъ божества. Они были правы, считая его источникомъ всей жизни, источникомъ почти всѣхъ земныхъ явленій.

Но откуда у солнца эта сила? оно испускаетъ сильный свѣтъ, какого нельзя произвести земными средствами. Оно доставляетъ такъ много теплоты, какъ если бы въ каждый часъ на каждомъ квадратномъ футѣ его поверхности сжигали бы по 1500 фун. угля. Отъ этой истекающей отъ него теплоты небольшая часть, попадающая въ нашу атмосферу, производитъ огромную механическую работу.

Каждая паровая машина показываетъ, что теплота въ состояніи произвести большую работу. Дѣйствительно, здѣсь на землѣ солнце приводитъ въ движеніе нѣчто въ родѣ паровой машины, результаты дѣйствія которой далеко превосходятъ дѣйствія искусственно построенныхъ машинъ. Циркуляція воды въ атмосферѣ доставляетъ, какъ уже было сказано, воду, испаряющуюся изъ теплыхъ тропическихъ морей на вершины горъ; она представляетъ водоподъемную машину въ большихъ размѣрахъ, съ производительностью которой и отдаленно не можетъ быть сравнена никакая искусственная машина. Я уже привелъ величину механическаго эквивалента тепла. Вычисленная на основаніи его работа, доставляемая лучеиспусканіемъ солнечной теплоты, равна непрерывной работѣ 7000 лошадиныхъ силъ на каждый квадрат. футъ солнечной поверхности. Техника давно пришла къ убѣжденію, что нельзя изъ ничего произвести двигательную силу, что ее можно получить только изъ предоставленныхъ намъ, строго ограниченныхъ и не увеличиваемыхъ произвольно запасовъ природы, бу-

детъ ли это текущая вода или вѣтеръ, залежи каменнаго угля или люди и животныя, которыя не могутъ работать, не употребляя пищи. Новая физика сумѣла придать этимъ фактамъ всеобщее значеніе, сдѣлать ихъ приложимыми ко всей совокупности процессовъ природы и независимыми отъ особенныхъ интересовъ и стремленій людей. Они собраны во всеобъемлющемъ законѣ сохранения силы.

Нельзя найти въ природѣ ни одного процесса, ни ряда процессовъ, какъ бы сложно они ни переплетались, благодаря которымъ можно было бы приобрѣсть двигательную силу безъ соответствующей ей затраты работы. Родъ человѣческой находитъ здѣсь на землѣ ограниченный запасъ двигательной силы, способной къ работѣ, которымъ онъ можетъ пользоваться, но котораго онъ не можетъ увеличить; то же самое происходитъ и во вселенной.

Весь міръ обладаетъ опредѣленнымъ запасомъ силы, которая дѣйствуетъ въ немъ въ постоянно измѣняющихся формахъ явленій, силы неразрушимой, неувеличиваемой, вѣчной и неизмѣнной, какъ матерія. Кажется, какъ будто Гете догадывался объ этомъ, заставляя говорить духа земли, какъ представителя силы природы:

Въ бурѣ дѣяній, въ волнахъ бытія
Я подымаюсь,
Я опускаюсь...
Смерть и рожденье—
Вѣчное море;
Жизнь и движенье
Въ вѣчномъ просторѣ...
Такъ на ставкѣ проходящихъ годовъ
Тку я живую одежду боговъ.

(Переводъ Холодковскаго).

Возвратимся къ спеціальному вопросу, который насъ занималъ: откуда у солнца такой огромный запасъ силы, которую, оно испускаетъ? На землѣ обильнѣйшимъ источникомъ теплоты служитъ процессъ горѣнія. Можетъ быть солнечная теплота возникаетъ отъ горѣнія? На этотъ вопросъ можно вполне увѣренно отвѣтить отрицательно, такъ какъ мы теперь знаемъ, что солнце содержитъ извѣстные намъ земные элементы. Выберемъ изъ нихъ тѣ два, которые, соединяясь, доставляютъ наибольшую теплоту; допустимъ, что солнце состоитъ изъ водорода и кислорода, смѣшанныхъ въ такомъ отношеніи, какое нужно для образованія воды при ихъ горѣніи. Масса солнца извѣстна, также количество теплоты, возникающей при соединеніи опредѣленнаго вѣса водорода и кислорода. Вычисленіе показываетъ, что, при сдѣланномъ предположеніи, возникающая отъ горѣнія теплота достаточна, чтобы

поддерживать лучеиспускание солнечной теплоты на 3021 годъ. Конечно, это долгое время; но исторія учитъ, что солнце освѣщаетъ и согрѣваетъ землю дольше, чѣмъ въ теченіе 3000 лѣтъ, а геологія не оставляетъ сомнѣнія въ томъ, что этотъ процессъ продолжается миллионы лѣтъ.

Извѣстныя намъ химическія силы, такимъ образомъ, недостаточны, даже при благопріятнѣйшихъ допущеніяхъ, чтобы объяснить то образованіе теплоты, которое мы наблюдаемъ на солнцѣ, и мы должны эту гипотезу отбросить.

Мы должны искать силъ большихъ размѣровъ, и мы находимъ только космическія силы притяженія. Мы уже видѣли, что относительно малыя массы падающихъ звѣздъ и метеоровъ могутъ производить чрезвычайно большое количество тепла, если космическая скорость ихъ будетъ остановлена нашей атмосферой. Но сила, производящая эту большую скорость, есть сила тяготѣнія. Мы познаемъ эту силу какъ дѣйствующую двигательную силу на поверхности нашей планеты, гдѣ она является, какъ сила тяжести. Мы знаемъ, что приподнятый съ земли грузъ заставляетъ идти наши часы; что тяжесть падающей съ горъ воды приводитъ въ дѣйствіе мельницы. Если тяжелое тѣло падаетъ съ высоты и ударяется о землю, то масса его во всякомъ случаѣ теряетъ видимое движеніе, которое оно имѣло какъ цѣлое. Но въ дѣйствительности движеніе не теряется, а переходитъ на малѣйшія элементарныя частицы массы, и это невидимое движеніе молекулъ есть тепловое. Видимое движеніе при ударѣ переходитъ въ тепловое.

То, что мы сказали о тяжести, можно распространить и на тяготѣніе. Тяжелая масса, какого бы рода она ни была, носящаяся въ пространствѣ отдѣльно отъ другой тяжелой массы, представляетъ работоспособную силу. Если обѣ массы, взаимно притягиваясь, приближаются другъ къ другу и этому не препятствуетъ центробѣжная сила, то взаимное приближеніе массъ происходитъ съ возрастающею скоростью; если эта скорость вдругъ уничтожится вслѣдствіе столкновенія или мало-по-малу, благодаря тренію движущихся частицъ, то она доставитъ соотвѣтственное количество теплового движенія, величина котораго можетъ быть измѣрена на основаніи приведеннаго раньше соотношенія между теплотой и механической работой.

Съ большой вѣроятностью мы должны принять, что на солнцѣ падаетъ гораздо большее количество метеоритовъ, чѣмъ на землю: скорость ихъ также больше, слѣдовательно и теплота, доставляемая ими, больше. Между тѣмъ гипотеза, что все количество солнечной теплоты, соотвѣтствующее ея лучеиспусканію, произведено паде-

ніемъ метеоритовъ, гипотеза, данная Робертомъ Майеромъ и охотно принятая многими другими физиками, по изслѣдованіямъ В. Томсона встрѣчаетъ возраженіе въ томъ, что масса солнца въ этомъ случаѣ должна была бы столь значительно увеличиться, что послѣдствія должны были бы обнаружиться въ ускоренномъ движеніи планетъ. Итакъ, этимъ путемъ по крайней мѣрѣ весь расходъ солнечной теплоты не можетъ быть покрытъ; самое большее только нѣкоторая его часть, которая однако можетъ быть довольно значительна. Если же никакія теперъ извѣстныя намъ силы недостаточны, чтобы покрыть расходъ солнечной теплоты, то солнцу съ давнихъ поръ должно имѣть запасъ ея, который оно мало-по-малу издерживаетъ. Но откуда этотъ запасъ? Мы уже знаемъ, что его могутъ произвести только космическія силы. Здѣсь является на помощь раньше упомянутая гипотеза о происхожденіи солнца. Если масса матеріи солнца прежде была разсѣяна въ космическомъ пространствѣ, а потомъ уплотнилась, т. е. частицы упали другъ на друга подъ вліяніемъ тяготѣнія; если возникшее движеніе уничтожилось треніемъ или ударомъ, причемъ выдѣлилась теплота, то образовавшіяся, благодаря уплотненію, новыя небесныя тѣла должны были обладать запасомъ теплоты не только значительной, но даже колоссальной величины.

Вычисленіе показываетъ, что, принимая теплоемкость солнца равною теплоемкости воды, получается на солнцѣ температура въ 28 милліоновъ градусовъ, если бы на немъ находилось все это количество теплоты безъ потери. Этого нельзя допустить т. к. подобное возрастаніе температуры было бы сильнѣйшимъ препятствіемъ для самого сгущенія. Гораздо вѣроятнѣе, что большая часть этой теплоты, произведенной сгущеніемъ, начала уже распространяться въ міровое пространство прежде, чѣмъ сгущеніе окончилось. Но теплота, которую до сихъ поръ солнце могло развить, благодаря сгущенію, была бы достаточна, чтобы поддержать нынѣ замѣчаемый расходъ теплоты не менѣе, какъ въ теченіе 22 милліоновъ лѣтъ.

Но солнце, очевидно, не такъ плотно, какъ бы оно могло быть. Спектральный аппаратъ обнаруживаетъ на немъ присутствіе большихъ массъ желѣза и другихъ извѣстныхъ на землѣ минеральныхъ веществъ. Давленіе, которому они подвергаются, примѣрно въ 800 разъ больше давленія, существующаго въ ядрѣ земли; однако плотность солнца, вѣроятно вслѣдствіе чрезвычайно высокой его температуры, раза въ 4 меньше плотности земли,

Поэтому можно считать вѣроятнымъ, что солнцу еще уплотняется, и если плотность его станетъ равною плотности земли

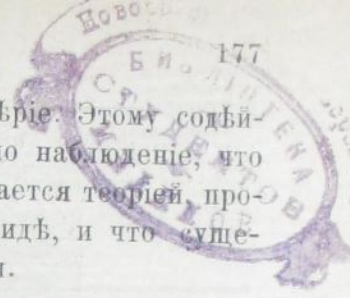
(вѣроятно, однако, оно внутри будетъ плотнѣе вслѣдствіе огромнаго давленія), то разовьется новое количество теплоты, которое будетъ достаточно для поддержанія еще на 17 милліоновъ лѣтъ той же интенсивности солнечнаго свѣта, которая теперь служитъ источникомъ всей жизни на землѣ.

Меньшія тѣла нашей системы, образуясь изъ тумана, должны были менѣе раскалиться, чѣмъ солнце, потому что притяженіе вновь приближавшихся къ нимъ массъ слабѣе, чѣмъ на солнцѣ. Между тѣмъ тѣло, подобное землѣ, если мы предположимъ ея теплоемкость такую же, какъ теплоемкость воды, нагрѣлось бы до 9000° , что не можетъ быть достигнуто никакимъ пламенемъ. Меньшія тѣла должны были и скорѣе охладиться, по крайней мѣрѣ, пока они еще были въ жидкомъ состояніи.

Возрастающая съ глубиной теплота въ буровыхъ скважинахъ и рудникахъ, существованіе теплыхъ источниковъ и вулканическія изверженія показываютъ, что внутри земли существуетъ очень высокая температура, которая есть не что иное, какъ остатокъ прежняго запаса тепла отъ времени ея образованія. По крайней мѣрѣ попытки объяснить внутреннюю земную теплоту на основаніи позднѣйшихъ химическихъ процессовъ опираются до сихъ поръ только на произвольныя допущенія и не соотвѣтствуютъ равномерному повсемѣстному распредѣленію этой теплоты. Напротивъ, удивительно, что Юпитерь, Сатурнь, Уранъ и Нептунъ при большихъ массахъ имѣютъ незначительную плотность, какъ и солнце, тогда какъ малыя планеты и луна приближаются по плотности къ землѣ. Въ этомъ случаѣ также можно думать, что существовала высшая начальная температура и болѣе медленное охлажденіе, свойственное большимъ массамъ. Напротивъ, на поверхности луны замѣтны образованія, поразительно напоминающія вулканическія кратеры, и съ своей стороны указывающія на прежнее раскаленное состояніе нашего спутника. Луна при своемъ вращеніи всегда обращается къ землѣ одной стороною; это явленіе можетъ быть вызвано треніемъ жидкости. Однако, въ настоящее время на поверхности луны, повидимому, нѣтъ жидкости.

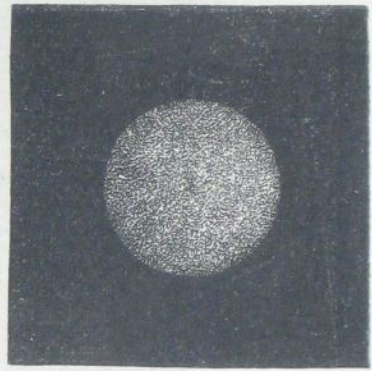
Вы видите, что мы различными дорогами приходимъ къ тому же начальному состоянію. Канто-Лапласовская гипотеза оказывается весьма удачно придуманной. Она сначала удивляетъ своей смѣлостью; но она оказывается въ связи съ многими другими фактами; она подтверждается и слѣдствіями ¹⁾, изъ нея выте-

¹⁾ Г. Цальнеръ заключаетъ на основаніи фотометрическихъ измѣреній, требующихъ, однако, подтвержденія, что Юпитерь еще и теперь испускаетъ собственный свѣтъ.



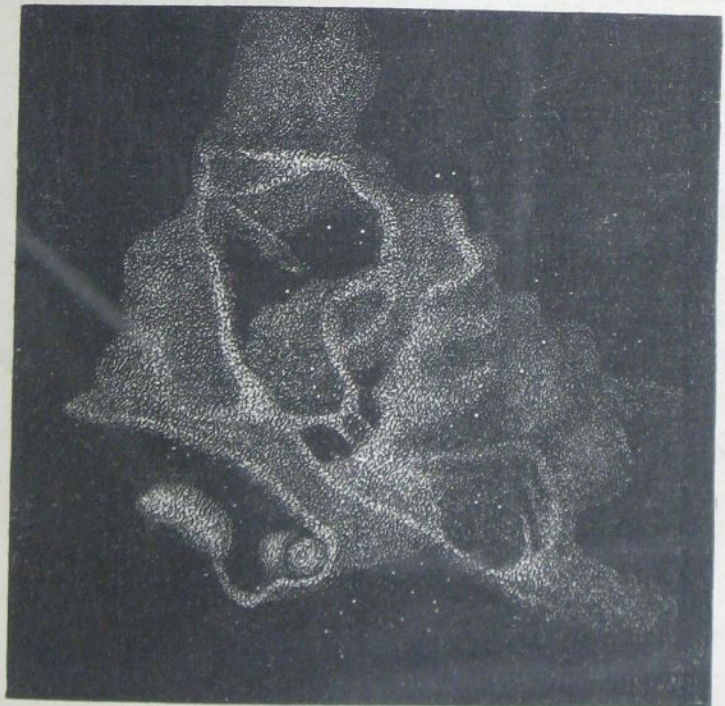
кающими, такъ что вызываетъ въ насъ довѣріе. Этому содѣйствуетъ еще другое обстоятельство, а именно наблюдение, что тотъ процессъ образованія, который предполагается теоріей, продолжается еще теперь, хотя и въ меньшемъ видѣ, и что существуютъ и теперь всѣ стадіи этого образованія.

Какъ мы видѣли раньше, и теперь еще увеличиваются образовавшіяся большія тѣла, благодаря притяженію къ нимъ разсѣянныхъ въ мировомъ пространствѣ метеорныхъ массъ.



Фиг. 26.

И теперь еще малыя тѣла медленно приближаются къ солнцу, благодаря сопротивленію среды. Далѣе мы теперь находимъ, по новѣйшему каталогу неподвижныхъ звѣздъ Гершеля, 5000 туманныхъ пятенъ, изъ которыхъ достаточно яркія даютъ по большей части спектры, состоящіе изъ узкихъ свѣтлыхъ линій, какія бывають въ спектрахъ раскаленныхъ газовъ. Туманныя пятна отчасти представляются въ видѣ кругловатыхъ массъ, такъ



Фиг. 27.

называемыхъ планетныхъ туманностей (ф. 26), отчасти они совершенно неправильной формы, какъ изображенная на ф. 27 большая туманность Оріона; иногда они кольцеобразны, какъ на фиг. 28—

въ созвѣздіи Гончихъ Собакъ. Они большею частью слабо свѣтятся, но зато всѣми точками поверхности, тогда какъ неподвижныя звѣзды всегда представляются въ видѣ свѣтящихся точекъ.

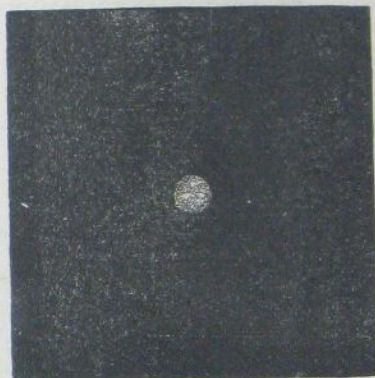


Фиг. 27.

Во многихъ туманностяхъ различаютъ маленькія звѣзды, какъ на ф. 28 и 29 изъ созвѣздіи Стрѣльца и Возничаго. Въ туманно-



Фиг. 28.



Фиг. 29.

стяхъ различаютъ тѣмъ большее количество звѣздъ, чѣмъ лучшимъ телескопомъ пользуются. Такимъ образомъ до открытія спектральнаго анализа наиболѣе вѣрнымъ можно было считать взглядъ Гершеля, что туманности представляютъ изъ себя кучи мелкихъ звѣздъ, какъ и млечный путь. Однако спектральный анализъ показалъ присутствіе газа во многихъ туманныхъ пятнахъ, содержащихъ звѣзды,

тогда какъ дѣйствительныя звѣздныя кучи имѣютъ непрерывный спектръ раскаленныхъ твердыхъ тѣлъ. По большей части спектръ туманныхъ пятенъ имѣетъ три ясно различаемыхъ линіи, изъ которыхъ одна, въ голубой части спектра, принадлежитъ водороду, другая, въ зеленой — азоту ¹⁾, третья же, между ними — неизвѣстнаго происхожденія. Фиг. 30 показываетъ спектръ одного ма-



Фиг. 30.

ленькаго, но яркаго туманнаго пятна въ созвѣздіи Дракона. Кромѣ того появляются слѣды другихъ свѣтлыхъ линій; иногда, какъ на фиг. 30, слѣды непрерывнаго спектра, который слишкомъ слабъ, чтобы возможно было подробное его изслѣдованіе. Слѣдуетъ замѣтить, что свѣтъ очень слабо свѣтящихся предметовъ, дающихъ непрерывный спектръ, распространяется спектроскопомъ на большую площадь и поэтому крайне ослабляется или даже для глаза совсѣмъ уничтожается, тогда какъ неразложимый свѣтъ яркихъ линій газа остается сосредоточеннымъ въ одномъ мѣстѣ и можетъ поэтому быть наблюдаемъ. Разложеніе свѣта туманнаго пятна во всякомъ случаѣ показываетъ, что наибольшая часть его свѣтящейся поверхности принадлежитъ раскаленнымъ газамъ, изъ которыхъ главнѣйшей составною ихъ частью является водородъ. Можно думать, что планетныя шаровидныя или круглыя туманности состоятъ изъ газовыхъ массъ, достигшихъ состоянія равновѣсія; но большая часть другихъ туманныхъ пятенъ представляются чрезвычайно неправильными по формѣ, вовсе не соответствующей состоянію равновѣсія. Но такъ какъ, несмотря на это, онѣ не мѣняютъ своего вида или, по крайней мѣрѣ, мѣняютъ его только незамѣтнымъ образомъ съ тѣхъ поръ, какъ эти туманности извѣстны и наблюдаются, то онѣ или должны имѣть очень малую массу, или же быть чрезвычайно большими и удаленными. Первое предположеніе не представляется вѣроятнымъ, такъ какъ малыя массы должны быстро расходовать свою теплоту; поэтому остается только второе предположеніе, что туманности необыкновенно велики и чрезвычайно удалены отъ насъ. Впрочемъ, къ тому же заключенію пришелъ и Гершель, предположивъ, что туманности суть звѣздныя кучи.

¹⁾ Или можетъ быть кислороду? Эта линія является также въ спектрѣ атмосфернаго воздуха, но ея нѣтъ въ спектрѣ чистаго кислорода, какъ извѣстно изъ изслѣдованій Фогеля.

За туманностями, которыя кромѣ свѣтлыхъ спектральныхъ линій принадлежащихъ газамъ, обнаруживаютъ еще непрерывный спектр раскаленныхъ, плотныхъ тѣлъ, слѣдуютъ туманности отчасти неразложенныя, отчасти же представляющія звѣздныя кучи, дающія свѣтъ только послѣдняго рода.

Къ этой первоначальной стадіи образующихся міровъ присоединяется безчисленное множество звѣздъ небснаго свода, число которыхъ увеличивается съ усовершенствованіемъ телескоповъ. Онѣ подобны нашему солнцу по величинѣ, силѣ свѣта и въ общемъ также по химическимъ свойствамъ ихъ поверхности, хотя существуетъ разница въ относительномъ количествѣ отдѣльныхъ элементовъ.

Но въ міровомъ пространствѣ мы находимъ еще третью стадію — потухшія свѣтила; и въ этомъ заключается новое доказательство справедливости рассматриваемой гипотезы. Во-первыхъ, въ исторіи попадаются указанія на многочисленныя примѣры вновь возникшихъ звѣздъ. Въ 1572 г. Тихо де Браге наблюдалъ одну изъ такихъ звѣздъ, которая, мало-по-малу блѣднѣя, оставшись видимой въ теченіе двухъ лѣтъ, была неподвижна, какъ всѣ неподвижныя звѣзды, и наконецъ исчезла во мракѣ, изъ котораго она такъ внезапно появилась. Наболѣе яркая изъ такихъ звѣздъ была, кажется, наблюдаема Кеплеромъ въ 1604 г.; она была ярче звѣздъ первой величины и была видна съ 27 сент. 1604 г. до марта 1606 г. Быть можетъ причина воспламененія этихъ звѣздъ заключалась въ столкновеніи ихъ съ маленькими міровыми тѣлами. Недавно, 12 мая 1866 г., въ созвѣздіи Вѣнца маленькая звѣзда 10-й величины быстро достигла 2-й величины; спектральный анализъ показалъ, что свѣтъ былъ произведенъ изверженіемъ раскаленнаго водорода, который свѣтился въ теченіе 12 дней. Въ другихъ случаяхъ присутствіе темныхъ небсныхъ тѣлъ становилось замѣтнымъ, благодаря ихъ притягательному дѣйствию на сосѣднія яркія звѣзды и вызванному ими движенію послѣднихъ. Такое вліяніе замѣчалось въ Сиріусѣ и въ Прокіонѣ. Въ 1862 г. Гг. Alvan Clarke и Pogd открыли новымъ рефракторомъ въ американскомъ Кэмбриджѣ около Сиріуса едва замѣтную звѣзду, которая имѣетъ весьма слабую силу свѣта, но почти въ 7 разъ тяжелѣе нашего солнца; ея масса равняется половинѣ массы Сиріуса; разстояніе же ея отъ Сиріуса почти такое же, какъ отъ Нептуна до Солнца. Напротивъ, спутникъ Прокіона еще не былъ открытъ глазомъ, и кажется онъ совершенно темень.

Итакъ—погасшія солнца! Фактъ ихъ существованія придаетъ новый вѣсъ основаніямъ, приводящимъ насъ къ заключенію, что и наше солнце есть такое тѣло, которое медленно расходуетъ запасъ своей теплоты и впослѣдствіи также погаснетъ.

Срокъ въ 17 милліоновъ лѣтъ, данный мною раньше, еще значительно можетъ быть увеличенъ постепеннымъ прекращеніемъ лучеиспусканія солнца, новыми накопленіями падающихъ метеоритовъ и еще бѣльшимъ уплотненіемъ, чѣмъ я предполагалъ при моемъ вычисленіи. Но до сихъ поръ мы еще не знаемъ такого процесса въ природѣ, который могъ бы охранить наше солнце отъ судьбы, явно постигшей другія солнца. Это мысль, которой мы предаемся лишь неохотно; она кажется намъ какъ бы нарушеніемъ благодѣтельной силы творенія, которую мы видимъ дѣйствующей во всѣхъ направленіяхъ, а въ особенности въ такихъ, которыя касаются живыхъ существъ. Но мы должны свыкнуться съ мыслью, что мы, которые могли бы считать себя центромъ и конечною цѣлью творенья, только пылинки на землѣ, которая также есть пылинка въ огромномъ міровомъ пространствѣ, и что существованіе нашего рода, если мы прослѣдимъ его даже за предѣлы историческихъ свѣдѣній, до временъ свайныхъ построекъ и мамонтовъ, есть только мгновенье въ сравненіи съ продолжительностью существованія нашей планеты, съ тѣми отдаленными временами, когда ее населяли живыя существа, остатки которыхъ въ ихъ старыхъ могилахъ кажутся намъ чуждыми и страшными. Но еще болѣе исчезаетъ продолжительность человѣческой исторіи, если ее сравнить съ огромнымъ промежуткомъ времени, въ теченіе котораго образовались міры и еще будутъ образовываться, когда наше солнце потухнетъ, и наша земля или замерзнетъ отъ холода или соединится съ раскаленнымъ центральнымъ тѣломъ нашей системы. Но кто можетъ сказать, что первые жители теплыхъ морей на землѣ, которыхъ, быть можетъ, мы должны почитать за нашихъ родоначальниковъ, не смотрѣли бы на нынѣшнее охладѣвшее состояніе земли съ такимъ же ужасомъ, какъ мы—на міръ безъ солнца? Кто можетъ сказать до какой степени совершенствованія достигнутъ наши потомки черезъ 17 милліоновъ лѣтъ, совершенствованія обусловливаемаго способностью приспособляться къ условіямъ жизни, свойственною всѣмъ организмамъ? Не будутъ ли наши кости казаться, имъ столь же ужасными, какими кажутся намъ кости ихтиозавровъ, и не будутъ ли они, менѣе приспособленные къ измѣненіямъ температуры, считать тѣ колебанія температуры, при которой мы живемъ, столь же разрушительными, какими кажутся

намъ колебанія, происходившія въ первые геологическіе періоды. Когда земля и солнце застынутъ, — кто можетъ сказать, какіе возникнутъ новые міры, носители новой жизни! Метеорные камни содержатъ между прочимъ углеводородныя соединенія; собственный свѣтъ кометныхъ ядеръ обнаруживаетъ спектръ, подобный спектру свѣта электрическихъ разрядовъ въ углеводородныхъ газахъ. Но углеродъ есть характерный элементъ органическихъ соединеній, изъ которыхъ состоятъ живыя тѣла. Кто можетъ сказать, не разносятъ ли эти тѣла, наполняющія всю вселенную, зародыши жизни на всякое новое міровое тѣло, представляющее благоприятную почву для развитія организмовъ. И эту жизнь мы можемъ, пожалуй, считать по происхожденію сродной нашей, въ какихъ бы отличныхъ отъ нея формахъ она ни проявлялась, приспособляясь къ условіямъ своего новаго мѣста жительства.

Но какъ бы то ни было, что болѣе всего возмущаетъ наше нравственное чувство при мысли о предстоящей, хотя и отдаленной, гибели всѣхъ живыхъ существъ на землѣ, это вопросъ: не есть ли вся эта жизнь только безцѣльная игра, которая будетъ разрушена грубой силой? Подъ вліяніемъ великихъ идей Дарвина мы начинаемъ приходить къ заключенію, что не только веселье и радость, но и печаль, борьба и смерть являются мощными средствами, которыми пользуется природа, чтобы постепенно призвать къ жизни лучшія и совершеннѣйшія живыя созданія. И мы, люди, въ особенности знаемъ, что въ нашемъ развитіи, государственномъ устройствѣ, нравахъ мы пользуемся наслѣдствомъ, которое наши предки приобрѣли трудомъ, борьбой и самопожертвованіемъ, и что приобрѣтаемое нами такимъ же путемъ должно облагородить жизнь нашихъ потомковъ. Поэтому всякій, работающій для идеальныхъ цѣлей человѣчества, хотя бы онъ трудился на скромномъ поприщѣ или въ узкомъ кругѣ дѣятельности, можетъ безстрашно перенести мысль, что настанетъ время, когда нить его самосознанія будетъ прервана. Но и такіе великіе и свободные умы, какъ Лессингъ и Давидъ Штрауссъ не могли примириться съ мыслью объ окончательномъ уничтоженіи рода человѣческаго, а вмѣстѣ съ нимъ и всѣхъ плодовъ долгихъ работъ прошедшихъ поколѣній.

До сихъ поръ мы не знаемъ ни одного факта, подтвержденнаго научно, который показывалъ бы, что тонкія и запутанныя формы движенія жизни могли бы происходить иначе, чѣмъ въ тяжелой матеріи органическихъ тѣлъ, что эти движенія могли бы распространяться подобно звуковымъ колебаніямъ струны, которыя разливаются въ воздушномъ океанѣ и при этомъ сохраняютъ высоту тона и всѣ

оттѣнки звука, а при случаѣ, встрѣчая одинаково настроенную струну, возбуждаютъ въ ней, или напр. въ поющемъ пламени, звучаніе въ томъ же тонѣ. Пламя, которое изъ всѣхъ явленій безжизненной природы представляетъ наиболѣе точную копію жизни, можетъ погаснуть; но произведенная имъ теплота остается вѣчной и неизмѣнной, какъ невидимое движеніе, то приводя молекулы вѣсомой матеріи въ сотрясеніе, то распространяясь по безпредѣльному пространству, какъ колебаніе эфира. И при этомъ оно даже сохраняетъ характерныя свойства своего происхожденія и рассказываетъ свою исторію наблюдателю, изслѣдующему его спектроскопомъ. Лучи, соединяясь вновь, могутъ зажечь пламя и такимъ образомъ какъ будто воспроизвести новую тѣлесную жизнь. Пламя остается по виду неизмѣннымъ и сохраняетъ ту же форму и свойства, хотя оно непрерывно увлекаетъ въ водоворотъ поднимающагося потока воздуха приближающіеся сгораемые пары и кислородъ атмосферы. Волна неизмѣнно распространяется и все-таки въ каждый моментъ снова возрождается изъ новыхъ частичекъ воды. Подобно этому и въ живомъ существѣ продолженіе жизни каждой индивидуальности не связано съ тѣмъ опредѣленнымъ количествомъ вещества, изъ котораго состоитъ тѣло въ данный моментъ. Матеріаль тѣла, какъ и матеріаль пламени, подвержены непрерывной и относительно быстрой перемѣнѣ, тѣмъ болѣе быстрой, чѣмъ интенсивнѣе дѣятельность соотвѣтствующихъ органовъ. Нѣкоторыя составныя части тѣла обновляются ежедневно, другія въ теченіе мѣсяцевъ, третьи въ теченіе годовъ. То, что продолжаетъ существовать въ видѣ отдѣльнаго индивида, представляетъ, какъ у пламени или у волны, только форму движенія, втягивающаго безостановочно въ свой круговоротъ новую матерію и вновь выдѣляющаго старую. Глухой наблюдатель узнаетъ звуковыя колебанія, только пока ихъ можно видѣть или пока они осязательно связаны съ твердой матеріей. Нельзя ли наши чувства по отношенію къ жизни уподобить уху, которое не слышитъ?