

ткани непрерывны по своимъ качествамъ съ мускулами. Я захожу за предѣлы моего предмета каждый разъ, какъ я говорю о мускулахъ и нервахъ; но, съ вѣнчней стороны, чувство осязанія, отличное отъ чувства тепла, представляется одинаковоымъ во всѣхъ случаяхъ—это есть чувство силь и мѣстъ приложения силъ и направленій силъ. Я надѣюсь, что я теперь оправдалъ существованіе этого шестого чувства,—и что я не напрасно испытывалъ ваше терпѣніе тѣмъ, что не сдѣлалъ этого въ меньшемъ числѣ словъ.

### **Волновая теорія свѣта.**

[Лекція, прочитанная 29-го сентября 1884 г. въ Академіи Музыки, въ Филадельфії, подъ покровительствомъ Франклиновскаго Института (Franklin Institute)].

Предметъ, о которомъ я буду говорить вамъ въ этотъ вечеръ, къ счастью для меня, не новъ въ Филадельфіи. Прекрасная лекція по оптицѣ, читанная нѣсколько лѣтъ тому назадъ Мортономъ, президентомъ Стевенсовскаго Института [Stevens' Institute], и рядъ такъ удивительно иллюстрированныхъ опытами лекцій по тому же предмету профессора Тиндалля, которая многіе изъ здѣсь присутствующихъ слышали, вполнѣ приготовили васъ ко всему тому, что я могу сказать вамъ сегодня по отношенію къ волновой теоріи свѣта.

У меня очень скромная задача,—изложить вамъ только нѣкоторыя математическія и механическія детали этой великой теоріи. Я не могу имѣть удовольствія иллюстрировать вамъ ихъ чѣмъ либо, сравнимымъ съ тѣми блестящими и поучительными опытами, которые многіе изъ васъ уже видѣли. Меня удовлетворяетъ то, что я знаю, что многіе изъ здѣсь присутствующихъ настолько вполнѣ подготовлены къ пониманію всего того, что я могу сказать, что видѣвшіе эти опыты не почувствуютъ отсутствія ихъ въ настоящее время. Въ то же время я желаю сдѣлать ихъ понятными для тѣхъ, кто не имѣлъ преимущества прослушать систематический курсъ лекцій. Я долженъ прежде всего, безъ дальнѣйшихъ предисловій, такъ какъ время невелико, а предметъ длиненъ, сказать просто, что звукъ и свѣтъ

зависятъ оба отъ колебаній, распространяющихся на подобіе волнъ; и я постараюсь прежде всего опредѣлить способъ распространенія и родъ движенія, составляющіе эти два предмета нашихъ ощущеній, ощущенія звука и ощущенія свѣта.

И свѣтъ, и звукъ зависятъ отъ колебаній, но колебанія свѣтовыя сильно отличаются отъ колебаній звуковыхъ. То не-многое, что я могу вамъ наиболѣе легко объяснить изъ механическаго и математическаго изслѣдованія этихъ двухъ родовъ колебаній, это—что есть большая разница въ частотѣ свѣтовыхъ колебаній по сравненію съ частотой звуковыхъ колебаній. Слово «частота» [frequency], по отношенію къ колебаніямъ, представляетъ собою удобный терминъ, примѣненный лордомъ Рэллемъ въ его книгѣ о звукахъ, какъ выраженіе для опредѣленного числа полныхъ колебаній колеблющагося тѣла въ единицу времени. Разсмотримъ, поэтому, по отношенію къ звуку, частоту колебаній нотъ, которыя, какъ вы всѣ знаете, обозначаются въ музыке буквами и слогами для пѣнія: do, re, mi и т. д. Ноты музыкальной школы соответствуютъ различнымъ частотамъ колебаній. Извѣстная нота и нота, октавой выше ея, соответствуютъ извѣстному числу колебаній въ секунду и удвоенному этому числу.

Мнѣ слѣдуетъ прежде всего объяснить вамъ ноту, называемую «С»<sup>1)</sup>; я говорю о среднемъ «С»; мнѣ кажется, что именно С тенорового голоса ближе всего приближается къ тонамъ, употребляемымъ во время разговора. Эта нота соответствуетъ двумстамъ пятидесяти шести полнымъ колебаніямъ въ секунду—двумстамъ пятидесяти шести разамъ туда и назадъ въ секунду времени.

Представьте себѣ одно колебаніе въ секунду времени. Секундный маятникъ часовъ совершає одно колебаніе въ двѣ секунды или полъ-колебанія, въ одномъ направленіи, въ секунду. Возьмите десяти-дюймовый<sup>2)</sup> маятникъ комнатныхъ часовъ, колеблющійся вдвое скорѣе маятника обыкновенныхъ

<sup>1)</sup> =do.

<sup>2)</sup> Двадцати пяти сантиметровый.

(Прим. перев.).

(Прим. перев.).

часовъ съ недѣльнымъ заводомъ,—онъ даетъ колебанія односекундныя, полный периодъ, туда и назадъ, односекундный. Теперь представьте себѣ три колебанія въ секунду. Я могу двигать мою руку три раза въ секунду легко, а употребивъ громадное усилие, я могу двинуть ее пять разъ туда и назадъ въ секунду. Съ силою, въ четыре раза большею,—если бы я могъ приложить таковую,—я могъ бы двинуть руку дважды пять разъ въ секунду.

Но вотъ, представимъ себѣ чрезвычайно мускулистую руку, которая могла бы колебаться десять разъ въ секунду, т. е. десять разъ налево и десять разъ направо. Представьте себѣ такихъ колебаній дважды десять въ секунду, т. е. двадцать въ секунду,—они потребовали бы въ четыре раза больше силы; три раза десять или тридцать въ секунду потребовали бы въ девять разъ больше силы. Если бы человѣкъ былъ въ девять разъ сильнѣе, чѣмъ, можетъ быть, тотъ, у кого самая мускулистая рука, онъ могъ бы колебать свою руку туда и назадъ тридцать разъ въ секунду и безъ всякаго другого музыкального инструмента могъ бы издавать движениемъ своей руки музыкальную ноту, которая соответствовала бы одной изъ педальныхъ нотъ органа.

Если вы желаете узнать длину педальной трубы, вы можете вычислить ее слѣдующимъ образомъ. Есть нѣсколько чиселъ, которыя вы должны запомнить, и одно изъ нихъ есть слѣдующее. Вы въ этой странѣ подвергаетесь британской изолированности въ вѣсахъ и мѣрахъ; вы употребляете футь, дюймъ, ярдъ. Я принужденъ употреблять эту систему, но я извиняюсь предъ вами за то, что дѣлаю это, потому что она чрезвычайно неудобна, и я надѣюсь, что всѣ американцы сдѣлаютъ все, чтобы въ ихъ власти, чтобы ввести французскую метрическую систему. Я надѣюсь, что можно исправить зло, сдѣланное однимъ англійскимъ министромъ, имя котораго мнѣ не слѣдуетъ упоминать, потому что я не желаю ни въ кого кидать упреки. Онъ отмѣнилъ полезное правило, которому нѣкоторое время слѣдовали, и которое, я надѣюсь, скоро будетъ опять восстановлено,—правило, чтобы французскую метрическую систему

преподавали во всѣхъ нашихъ народныхъ школахъ [national schools]. Я не знаю, какъ обстоитъ дѣло въ Америкѣ. Здѣшняя школьная система мнѣ кажется очень замѣчательной, и я надѣюсь, что въ американскихъ школахъ такъ же не упустятъ изъ виду преподаванія метрической системы, какъ и употребленія глобусовъ. Я говорю это серьезно. Я не думаю, чтобы кто либо зналъ, насколько серьезно я говорю объ этомъ. Я смотрю на нашу англійскую систему, какъ на злое головоломное произведеніе рабства, подъ игомъ котораго мы страдаемъ. Причина, почему мы продолжаемъ употреблять эту систему, есть мнимое затрудненіе сдѣлать измѣненіе—и ничего больше; но я не думаю, чтобы въ Америкѣ какое нибудь затрудненіе такого рода могло стать на пути къ принятію до такой степени близительно полезной реформы.

Я знаю скорость звука въ футахъ въ секунду. Если я припоминаю вѣрно, она равна 1,089 футовъ въ секунду въ сухомъ воздухѣ при температурѣ замерзанія и 1,115 футовъ въ секунду въ воздухѣ при температурѣ, которую мы называемъ средней, 59 или 60 градусовъ<sup>1</sup>), (я не знаю, дости-гается ли когда нибудь такая температура въ Филадельфіи или нетъ; я не испытывалъ ея, но некоторые лица говорили мнѣ, что въ Филадельфіи иногда бываетъ 59 или 60 граду-совъ, и я имъ вѣрю)—въ круглыхъ числахъ назовемъ эту ско-ростъ тысячью футовъ въ секунду. Иногда мы называемъ ее тысячью музикальныхъ футовъ въ секунду<sup>2</sup>), — это спасаетъ отъ хлопотъ при вычислениі длины органныхъ трубъ; время колебанія органной трубы<sup>3</sup>) есть время, которое требуется, чтобы

<sup>1)</sup> Фаренгейта; 15 или  $15\frac{5}{9}$  градусовъ Цельзія. (*Прим. перев.*).

2) Англійский футъ = 0·3048 метра; слѣд., вышеуказанныя скорости звука равны соответственно 331·9 метра и 339·8 метра въ секунду, а по-тому «музыкальный футъ» можно принять равнымъ 0·34 метра, такъ какъ всѣ дальнѣйшія числа только приблизительны (вслѣдствіе необходимости избѣжанія слишкомъ частыхъ поправки, относящейся къ амбушюре). Во избѣжаніе слишкомъ высокъ, значенія длинь трубъ въ метрахъ помѣщены въ текстѣ, въ круглыхъ скобкахъ.

3) Открытой.

колебание могло пройти отъ одного конца ея до другого и обратно. Въ органий трубѣ въ 500 футовъ (170 м.) длиною, число колебаній было бы равно одному въ секунду; въ органной трубѣ въ 10 футовъ (3·4 м.) длиною, число колебаній было бы 50 въ секунду; въ органной трубѣ въ 20 футовъ (6·8 м.) длиною, оно было бы 25 въ секунду. Такимъ образомъ, частоты 25 въ секунду и 50 въ секунду соответствуютъ числамъ колебаній въ органныхъ трубахъ въ 20 футовъ и 10 футовъ (6·8 и 3·4 метра).

Періодъ колебанія органной трубы, открытой съ обоихъ концовъ, есть, приблизительно, то время, которое береть звукъ, чтобы пройти отъ одного конца до другого и обратно. Вы помните, что скорость въ сухомъ воздухѣ въ трубѣ, длиною въ 10 футовъ, немного больше 50 періодовъ въ секунду<sup>1</sup>); если мы поднимемся вверхъ до 256 періодовъ въ секунду, то колебанія соотвѣтствуютъ колебаніямъ трубы въ два фута (0·68 м.) длиною. Возьмемъ 512 періодовъ въ секунду; это соотвѣтствуетъ трубѣ, около фута (0·34 м.) длиною. Въ флейтѣ, открытой съ обоихъ концовъ, отверстія расположены такъ, что для одной изъ главныхъ «открытыхъ нотъ» длина звуковой волны — около одного фута. Болѣе высокія музыкальные ноты соотвѣтствуютъ все большей и большей частотѣ колебаній, а именно 1,000, 2,000, 4,000 колебаній въ секунду; 4,000 колебаній въ секунду соотвѣтствуетъ флейтѣ пикколо чрезвычайно небольшой длины; она была бы длиною только въ полтора дюйма (0·04 м.). Представьте себѣ ноту собачьяго свистка [dog-call] или другого какого нибудь свистка, открытаго съ обоихъ концовъ, или небольшаго ключа, имѣющаго трубку въ три четверти дюйма (0·02 м.) длиною и закрытую съ одного конца,— вы будете тогда имѣть 4,000 колебаній въ секунду.

Длина волны звука есть разстояніе, на которое передается колебаніе въ периодъ одного колебанія. Я иллюстрирую вамъ, что такое эти звуковыя колебанія, при помоши этого сгуще-

<sup>1)</sup> Здесь Томсонъ или подъ «скоростью» разумѣть время распространія колебанія отъ одного конца трубы до другого и обратно, или поставилъ «періодовъ» вместо «длинъ волиъ». *(Прим. перев.).*

ния, пробегающего вдоль нашего рисунка на экранѣ. Звучащимъ тѣломъ непрерывно производятся поочередныя сгущенія и разрѣженія воздуха. Когда я съ силой провожу рукой въ одномъ направленіи, воздухъ передъ нею становится сгущеннымъ, а воздухъ съ другой стороны становится разрѣженнымъ. Когда я двигаю руку въ другомъ направленіи, получается обратное,— получается распространеніе сгущенія отъ того мѣста, где моя рука движется въ одномъ направленіи и затѣмъ меняетъ его на обратное. За каждымъ сгущеніемъ идетъ слѣдомъ разрѣженіе. Разрѣженіе слѣдуетъ за сгущеніемъ съ промежутками въ половину того, что мы называемъ «длиной волнъ». Сгущеніе слѣдуетъ за сгущеніемъ на полномъ разстояніи длины волны.

Мы имѣемъ здѣсь эти свѣтлые частицы на этой линейкѣ<sup>1)</sup>, представляющія соприкасающіяся вплотную частицы болѣе плотного воздуха; нѣсколько выше надъ этимъ,—частицы воздуха, менѣе плотного. Теперь я медленно поворачиваю ручку прибора въ фонарь и вы видите, какъ свѣтлый секторъ, указывающій сгущеніе, медленно подвигается вверхъ на экранѣ; теперь у васъ получилось еще одно сгущеніе, составляющее, вмѣстѣ съ первымъ, одну длину волны.

Этотъ рисунокъ или картина изображаетъ длину волны въ четыре фута (1·36 м.). Онъ изображаетъ звуковую волну, въ четыре фута длиною. Четвертая часть тысячи есть 250. То, что вы видите теперь на линейкѣ, представляетъ собой низшую ноту С тенорового голоса. Воздухъ кругомъ рта пѣвца поочередно сгущается и разрѣжается, какъ вы видите здѣсь. Но эта послѣдовательность сгущеній и разрѣженій летитъ впередъ со скоростью около одной тысячи футовъ (340 м.) въ секунду; точный периодъ движенія есть 256 колебаній въ секунду для настоящаго случая, находящагося передъ вами.

<sup>1)</sup> Рѣчь идетъ о движущейся діаграммѣ волнообразнаго звукового движенія, которая получается отъ передвиженія рисунка волны, сдѣланнаго на пластинкѣ, передъ фонаремъ для проектированія.

(Прим. автора).

Прослѣдите за одной частицей воздуха, составляющей часть звуковой волны, представляемой этими движущимися пятнышками свѣта на экранѣ; теперь она движется направо, причемъ слѣдующая за нею другая частица движется съ большою быстротою; теперь первая частица достигаетъ наибольшей своей скорости при движеніи вправо и перегоняетъ слѣдующую за нею, которая раньше достигла максимальной скорости. Такимъ образомъ мы видимъ, что максимумъ сгущенія образуется въ каждой небольшой части воздуха, когда эта часть движется съ максимальной скоростью *впередъ*, или въ томъ направленіи, въ какомъ распространяется волна. Максимумъ разрѣженія вы видите теперь, когда эта первая часть скорѣе всего движется нальво. Когда, какъ вы теперь видите, эта часть на мгновеніе приходитъ въ покой, она имѣеть свою среднюю плотность, но затѣмъ она становится снова болѣе плотной, потому что съѣдная съ нею часть воздуха съ лѣвой стороны раньше прекратила движеніе нальво и начала двигаться направо. Вы видите такимъ образомъ, какъ эти сгущенія и разрѣженія непрерывно переходятъ вправо, между тѣмъ какъ каждая частица воздуха движется поочередно направо и нальво, на очень короткія разстоянія по обѣ стороны отъ ея средняго положенія.

Я покажу вамъ различіе между этими колебаніями и колебаніями свѣтовыми. Вотъ закрѣпленное расположение частицъ, когда они смыщены, но не движутся. Вы можете вообразить эти частицы частицами вещества, движеніе котораго составляетъ свѣтъ. Это вещество мы называемъ свѣтоноснымъ эфиромъ. Это есть единственное вещество, къ которому мы можемъ вполнѣ примѣнять законы механики. Мы увѣрены въ реальности и вещественности свѣтоноснаго эфира. Этотъ приборъ есть просто приспособленіе, дающее движеніе чертежу, нарисованному съ цѣлью иллюстрировать волнообразное движеніе свѣта. Я вамъ покажу то же самое на неподвижномъ рисункѣ, но это приспособленіе показываетъ родъ движенія.

Прослѣдите теперь движеніе каждой частицы. Это предста-

вляет частицу свѣтоноснаго эфира, движущуюся съ наибольшой скоростью, когда она находится въ среднемъ положеніи.

Вы видите эти два рода колебаній<sup>1)</sup>, звука и свѣта, движущихся теперь вмѣстѣ; вы видите передвиженіе волны сгущенія и разрѣженія, и передвиженіе волны поперечнаго перемѣщенія. Замѣтите направлѣніе распространенія. Здѣсь оно будетъ, когда вы смотрите на него, съ вашей лѣвой стороны къ вашей правой. Взглядните на движеніе, когда оно становится быстрѣе. Теперь у насъ направлѣніе противоположное. Распространеніе волны происходитъ справа налево,—а теперь, снова, распространеніе волны происходитъ слѣва направо; каждая частица движется перпендикулярно къ линіи распространенія.

Я дамъ вамъ иллюстрацію колебаній звуковыхъ волнъ, но я долженъ сказать вамъ, что движенія, иллюстрирующія сгущеніе и разрѣженіе и изображенія на этихъ подвижныхъ чертежахъ, по необходимости очень сильно преувеличены, чтобы сдѣлать движеніе замѣтнымъ, потому что наибольшее сгущеніе въ дѣйствительномъ звуковомъ движеніи не больше одного, двухъ процентовъ, или части процента. За исключеніемъ того, что размѣръ сгущенія былъ преувеличенъ въ рисункѣ для звука, вы имѣете въ этомъ чертежѣ правильное изображеніе того, что дѣйствительно имѣть мѣсто, когда звучить нота низкое С.

Съ другой стороны, чѣмъ было у насъ въ подвижномъ рисункѣ, изображающемъ свѣтовыя волны? У насъ было большое преувеличеніе наклоненія линіи частицъ. Вы должны сначала вообразить рядъ частицъ на прямой линіи и затѣмъ вы должны вообразить ихъ смѣщенными въ кривую волны, при чемъ форма кривой соотвѣтствуетъ смѣщенію. Послѣ того, какъ вы видѣли, чѣмъ такое распространеніе волнъ, взглядните на этотъ рисунокъ, а затѣмъ взглядните на тотъ. Это въ свѣтѣ соотвѣтствуетъ различнымъ звукамъ, о которыхъ я говорилъ сначала. Длина волны свѣта есть разстояніе отъ гребня до

<sup>1)</sup> Лекторъ показываетъ на экранѣ, одновременно, два подвижныхъ рисунка,—одинъ, изображающій волнобразное движеніе свѣта, другой—звуковое колебаніе.  
*(Прим. автора).*

гребня волны или отъ углубленія до углубленія. Я говорю о гребняхъ и углубленіяхъ, потому что у насъ на рисункѣ, какъ онъ помѣщенъ, есть верхи и низы.



Рис. 46. Волны краснаго свѣта.



Рис. 47. Волны фиолетового свѣта.

Итакъ, вотъ—длина волны<sup>1)</sup>. На этомъ нижнемъ рисункѣ (рис. 47) вы имѣете длину волны фиолетового свѣта. Она равна половинѣ длины волны краснаго цвѣта; периодъ колебанія этой волны составляетъ только половину периода верхней волны. Теперь тамъ, въ громадномъ масштабѣ, преувеличенномъ не только по отношенію къ покатости, но также очень сильно преувеличенномъ по отношенію къ длине волны, мы имѣемъ изображеніе волнъ фиолетового свѣта. Рисунокъ, обозначенный «красный» (рис. 46), соотвѣтствуетъ красному свѣту, а этотъ нижний рисунокъ соотвѣтствуетъ фиолетовому свѣту. Верхняя кривая, дѣйствительно, соотвѣтствуетъ лучамъ, приходящимъ немного ниже краснаго свѣта въ спектрѣ, а нижня кривая соотвѣтствуетъ лучамъ, слѣдующимъ за фиолетовыми. Различие длинъ волны у самыхъ крайнихъ лучей находится въ отношеніи четырехъ съ половиной для краснаго къ восьми у фиолетового, вмѣсто четырехъ къ восьми; красные волны относятся къ фиолетовымъ, приблизительно, какъ одинъ къ двумъ.»

Чтобы сдѣлать сравненіе между числомъ колебаній зву-

<sup>1)</sup> Лекторъ показываетъ большой рисунокъ, изображающій волны краснаго и фиолетового свѣта (воспроизведено на рис. 46 и 47).  
*(Прим. автора).*

ковыхъ волнъ и числомъ колебаній, соотвѣтствующихъ свѣтовымъ волнамъ, я могу сказать, что 30 колебаній въ секунду представляетъ собою, приблизительно, самое небольшое число, которое можетъ вызвать музикальный звукъ; 50 колебаній въ секунду даютъ одну изъ низкихъ педальныхъ нотъ органа, 100 или 200 въ секунду даютъ наиболѣе низкия ноты бассовоаго голоса, а болѣе высокія ноты отвѣчаютъ числомъ колебаній 250 въ секунду, 300 въ секунду, 1,000 колебаній, 4,000 и до 8,000 въ секунду даютъ почти наиболѣе рѣзкія ноты, слышимыя человѣческимъ ухомъ.

Вмѣсто чиселъ, которыя мы имѣемъ, скажемъ, въ наиболѣе обыкновенно употребляемой части музикальной шкалы, т. е. отъ 200 или 300 до 600 или 700 въ секунду, мы имѣемъ миллионы миллионовъ колебаній въ секунду въ свѣтовыхъ волнахъ: это значитъ, вмѣсто 400 въ секунду мы имѣемъ 400 миллионовъ миллионовъ въ секунду, — число, представляющее собой число колебаній, соотвѣтствующихъ красному свѣту.

Появленіе краснаго свѣта, проходящаго черезъ пространство отъ самой отдаленной звѣзды, есть слѣдствіе распространенія его волнами или колебаніями, при которыхъ каждая отдельная частица передающей среды колеблется туда и на задъ 400 миллионовъ миллионовъ разъ въ секунду.

Нѣкоторые люди говорятъ, что они не могутъ понять миллиона миллионовъ. Эти люди не могутъ понять, что дважды два будетъ четыре. Вотъ какъ я отвѣщаю людямъ, которые толкуютъ мнѣ о непонятности такихъ большихъ чиселъ. Я говорю, что *конечность*—непонятна, бесконечность же вселенной—*понятна*. Приложите хоть нѣсколько логики къ этому разсужденію. Развѣ отрицаніе бесконечности непонятно? Что бы вы подумали о вселенной, въ которой вы могли бы пройти одну, десять или тысячу миль, или даже до Калифорніи, и затѣмъ нашли бы, что она пришла къ концу? Можете вы предположить конецъ матеріи или конецъ пространству? Самая мысль эта непонятна. Если бы даже для этого вамъ нужно было итти миллионы и миллионы миль,—всегда мысль прійти къ концу непонятна. Вы можете такъ же легко понять тысячу разъ въ се-

кунду, какъ вы можете понять одинъ разъ въ секунду. Вы можете перейти отъ одного къ десяти, къ десяти разъ десяти, затѣмъ къ тысячѣ, не насилая вашего пониманія, и можете затѣмъ продолжать такъ до тысячи миллионовъ и миллиона миллионовъ. Вы всеѣ можете понять это.

Вотъ, 400 миллионовъ миллионовъ колебаній въ секунду и представляетъ собою нѣкоторый факторъ при освѣщеніи краснымъ свѣтомъ. Фиолетовый свѣтъ,—мнѣ нѣть надобности говорить вамъ это послѣ того, что мы видѣли и что было иллюстрировано этой кривой (рис. 47),—соотвѣтствуетъ, приблизительно, 800 миллионовъ миллионовъ колебаній въ секунду. Существуютъ тоже сорта свѣта, которые вызываются колебаніями гораздо большей частоты и гораздо меньшей частоты, чѣмъ эта, и существованіе которыхъ мы можемъ прослѣдить. Вы можете вообразить себѣ колебанія, имѣющія частоту, раза въ два большую, чѣмъ у фиолетового свѣта, и другія колебанія, частота которыхъ составляетъ около одной пятнадцатой частоты краснаго свѣта, и все еще вы не перейдете предѣловъ протяженія того непрерывнаго явленія, только часть которого составляетъ *видимый свѣтъ*.

Когда мы идемъ внизъ за видимый красный свѣтъ, что мы находимъ? Мы находимъ нѣчто, чего мы не видимъ глазомъ, нѣчто, чего обыкновенный фотографъ не проявляетъ на своихъ чувствительныхъ, съ фотографической точки зрѣнія, пластинахъ. Это есть свѣтъ, но мы не видимъ его. Это есть нѣчто, находящееся въ до такой степени тѣсной и непрерывной связи съ *видимымъ свѣтомъ*, что мы можемъ опредѣлить его названіемъ *невидимаго свѣта*. Его обыкновенно называютъ лучистымъ тепломъ,—невидимымъ лучистымъ тепломъ. Можетъ быть, на этомъ тернистомъ пути логики, когда намъ въ лицо летятъ трудныя слова, наименѣе затруднительный способъ говорить объ этомъ есть называть это лучистымъ тепломъ. Тепловое дѣйствіе, которое вы испытываете, когда вы проходите около большого горячаго пламени угля или около горячаго пароваго котла; или когда проходите около,—но не выше,—ряда трубъ съ горячей водой, употребляемыхъ для отопленія

дома; то, что мы ощущаемъ на нашихъ лицахъ и рукахъ, когда мы проходимъ около кипящаго горшка и держимъ руку на одномъ уровнѣ съ нимъ,—все это есть лучистая теплота; теплота рукъ и лица, вызываемая горячимъ пламенемъ или горячимъ котелкомъ, когда вы держите ихъ подъ котелкомъ, есть тоже лучистая теплота.

Вы можете легко сдѣлать этотъ опытъ съ глинянымъ чайникомъ; его поверхность излучаетъ тепло лучше, чѣмъ полированное серебро. Держите ваши руки подъ чайникомъ и вы ощущаете нѣкоторую теплоту; надъ нимъ вы получаете больше тепла; и тѣмъ, и другимъ путемъ вы ощущаете тепло. Если держать руки надъ чайникомъ, вы сейчасъ замѣтите, что есть небольшой потокъ поднимающагося горячаго воздуха; если вы помѣстите вашу руку подъ чайникомъ, вы найдете, что холдный воздухъ поднимается, и верхняя сторона вашей руки нагрѣвается излученіемъ тепла, между тѣмъ какъ нижняя сторона обвѣвается и въ самомъ дѣлѣ охлаждается благодаря присутствію надъ нею нагрѣтаго котелка.

Это ощущеніе чрезъ чувство тепла есть ощущеніе чего-то, дѣйствительно непрерывнаго со свѣтомъ. Мы имѣемъ свѣдѣнія о томъ, что лучи лучистаго тепла могутъ быть прослѣжены до длины волны, раза въ четыре (въ круглыхъ числахъ) большей, или до периода, въ четыре раза меньшаго, чѣмъ у видимаго или краснаго свѣта. Примемъ, что красный свѣтъ имѣеть 400 миллионовъ миллионовъ колебаній въ секунду,—тогда самому низкому лучистому теплу, какое было изслѣдовано до сихъ поръ, будетъ соотвѣтствовать частота колебанія около 100 миллионовъ миллионовъ въ секунду.

Я надѣялся имѣть возможность дать вамъ болѣе низкую цифру. Профессоръ Лэнглэй произвелъ на вершинѣ Маунтъ Витнэй [Mount Whitney], на высотѣ 15,000 футовъ ( $=4,500$  метровъ) надъ уровнемъ моря, блестящіе опыты со своимъ «болометромъ» и на самомъ дѣлѣ измѣрилъ длины волны лучистаго тепла до чрезвычайно низкихъ чиселъ. Я прошу васъ одно изъ этихъ чиселъ; я еще не заучилъ его

наизусть, потому что я ожидаю отъ него большаго<sup>1</sup>). Полтора года назадъ я узналъ, что самое низкое лучистое тепло, наблюденное дифракціоннымъ способомъ профессора Лэнглэя, соответствуетъ длине волны въ 28 стотысячныхъ сантиметра,—28, по сравненію съ краснымъ свѣтомъ, которому соответствуетъ 7·3, приблизительно, въ четыре раза больше. Такимъ образомъ, профессоръ Лэнглэй производилъ опыты надъ длинами волнъ, въ четыре раза превосходившихъ по величинѣ волны краснаго свѣта, или надъ четвертью числа колебаній краснаго свѣта въ секунду, и призналъ лучи, соотвѣтствующіе этому, за лучистое тепло.

Всякій знаетъ «свѣть фотографа» и слышалъ о *невидимомъ свѣтѣ*, производящемъ видимыя дѣйствія на приготовленную химическимъ путемъ пластинку въ камерѣ. Говоря въ круглыхъ числахъ, я могу сказать, что, поднявшись вверхъ до частоты, приблизительно вдвое большей, чѣмъ та, которую я упомянулъ для фиолетового свѣта, вы дойдете до крайняго предѣла свѣта самого большого числа колебаній въ секунду; я хочу сказать, что вы достигнете наибольшей частоты, какая до

<sup>1)</sup> Со времени моей лекціи я слышалъ отъ профессора Лэнглэя, что онъ измѣрялъ преломляемость призмой изъ каменной соли тепловыхъ лучей отъ „куба Лесли“ (металлическій сосудъ, наполненный горячей водой и излучающій тепло съ зачерненной стороны) и искалъ длину ихъ волны. Наибольшая длина волны, которую онъ такимъ образомъ нашелъ, есть одна тысячная сантиметра, чѣмъ въ семнадцать разъ больше длины волны натроваго свѣта,—причемъ соотвѣтствующій периодъ есть около тридцати миллионовъ миллионовъ въ секунду<sup>2</sup>).—Ноябрь, 1884. В. Т.

(Прим. автора).

<sup>2)</sup> Впослѣдствіи Лэнглэю удалось при помощи спектроболометра, въ который входили только наименѣе преломляемые лучи спектра, прослѣдить невидимый спектръ солнца и луны до длины волны въ  $0\cdot0028$  см.— $280 \times 10^{-5}$  см.; соотвѣтствующая частота есть 11 миллионовъ миллионовъ въ секунду. [Langley, The invisible solar and lunar spectrum, *Phil. Mag.* 26, 505—520, 1888]. Интересно при этомъ, что у луны, какъ тѣла очень низкой температуры, максимумъ тепловой энергіи оказался очень далеко въ спектрѣ,—между длинами волнъ въ  $0\cdot001$  и  $0\cdot002$ .

(Прим. перев.).

сихъ поръ наблюдалась<sup>1)</sup>). Фотографический или актинический свѣтъ,—на сколько простираются наши познанія въ настоящее время,—доводить насъ до длины волны, немного меньшей половины длины волны фиолетового свѣта.

Вы увидите такимъ образомъ, что, между тѣмъ какъ наше знакомство съ волнообразнымъ движениемъ ниже краснаго свѣта простирается внизъ до одной четверти самой медленной быстроты, действующей на нашъ глазъ, наше знаніе колебаній на другомъ концѣ шкалы охватываетъ только тѣ, которые имѣютъ удвоенную частоту фиолетового свѣта. Въ круглыхъ числахъ мы имѣемъ 4 октавы свѣта, соответствующія 4 октавамъ звука въ музыкѣ. Въ музыкѣ октава имѣть про- тяженіе отъ нѣкоторой ноты до ноты съ двойной частотой. Въ свѣтѣ мы имѣемъ одну октаву видимаго свѣта, одну октаву выше видимаго промежутка и двѣ октавы ниже видимаго промежутка. У насъ будетъ 100 въ секунду, 200 въ секунду, 400 въ секунду (миллионовъ миллионовъ, разумѣется) для частоты невидимаго лучистаго тепла; 800 въ секунду—для частоты видимаго свѣта и 1,600 въ секунду—для частоты невидимаго или актиническаго свѣта.

Единственное, общее всему этому, представляетъ собою тепло- вое дѣйствие. Оно чрезвычайно мало въ лунномъ свѣтѣ, такъ мало, что до недавняго времени никто не зналъ, имѣютъ ли лучи луны какое нибудь тепловое дѣйствие. Гершель думалъ, что оно замѣтно въ нашей атмосфѣрѣ, ибо онъ наблюдалъ, что это дѣйствие заставляетъ таять очень легкія облака и что оно, повидимому, оказывается больше при полномъ лунномъ свѣтѣ, чѣмъ тогда, когда у насъ не полнолуние;—но онъ самъ, однако, указывалъ

<sup>1)</sup> Шуманъ, пользуясь искрой отъ Румкорфовой спиралы въ 25 см. длиною и употребляя, какъ матерьяль для линзъ и призмы, флуоритъ [Fluorit], прослѣдилъ и сфотографировалъ спектры очень многихъ металловъ до длины волны въ 1820 А. Е. (Ångström Einheiten)=0.0000182 см. = $1.820 \times 10^{-5}$  см., — т. е. до частоты въ 1,650 миллионовъ миллионовъ въ секунду, или въ 2·2 раза больше, чѣмъ у фиолетового свѣта. [Schuman, Zur Photographie der brechbarsten Strahlen, Photogr. Rundschau, 4, 71—80, 1890].

(Прим. перев.).

на сомнительность этого признака<sup>1)</sup>; но теперь, вмѣсто того, чтобы это было сомнительнымъ вопросомъ, профессоръ Лэнглэй сообщаетъ, какъ фактъ, что свѣтъ отъ луны замѣтно смыщаетъ вдоль шкалы указатель его прибора, показывая этимъ сравнительно чудесное тепловое дѣйствие.

Я долженъ сказать вамъ, что, если кто либо изъ васъ желаетъ производить опыты надъ тепломъ луннаго свѣта, то онъ долженъ измѣрять тепло при посредствѣ прибора, который подвергался бы вліянію только лучей луны. Это — необходимѣйшая предосторожность; если бы, напримѣръ, вы перенесли вашъ болометръ или другой приборъ, посредствомъ котораго обнаруживается теплота, изъ сравнительно теплой комнаты въ ночной воздухъ, вы бы получили указаніе на паденіе температуры, зависящее отъ этой перемѣны. Вы должны быть увѣрены, что вашъ приборъ находится въ тепловомъ равновѣсіи съ окружающимъ воздухомъ,—тогда возьмите ваше зажигательное стекло и направьте его сначала на луну, а затѣмъ на пространство въ небѣ около луны; такимъ образомъ у васъ получится разностное измѣреніе, посредствомъ котораго вы сравните излученіе луны съ излученіемъ неба. Вы увидите тогда, что луна ясно оказываетъ тепловое дѣйствие.

Для того, чтобы пойти далѣе въ изученіи видимаго нами свѣта, т. е. волнообразныхъ колебаній, простирающихся отъ красной до фиолетовой части спектра (который я въ настоящую минуту собираюсь показать вамъ), я прежде всего указалъ бы

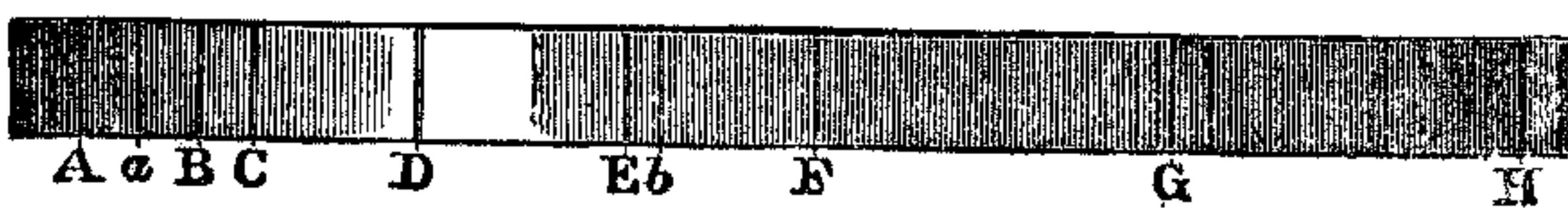


Рис. 48. Солнечный спектръ.

вамъ на этомъ чертежѣ (рис. 48), что въ части отъ буквы А до

<sup>1)</sup> Можно сомнѣваться въ томъ, что легкія облачка испаряются, когда они проходятъ между глазомъ наблюдателя и луной; скорѣе можно думать, что, если они дѣлаются невидимыми, то это происходитъ потому, что глазъ, ослѣпленный сияніемъ луны, перестаетъ быть чувствительнымъ къ небольшой разницѣ освѣщенія между облакомъ и фономъ неба.

(Прим. перев.).

буквы D наблюдается только оптическое и тепловое действие, но здесь не вызывается обыкновенное химическое и фотографическое действие. Фотографы могут оставлять свои, химическимъ путемъ приготовленныя, обыкновенныя чувствительныя пластиинки выставленными на желтый и красный свѣтъ, и эти пластиинки не испытывают никакого замѣтнаго дѣйствія; но, когда вы подвигаетесь къ голубому концу спектра, фотографическое дѣйствіе начинаетъ сказываться, оно становится все сильнѣе и сильнѣе по мѣрѣ того, какъ вы болѣе приближаетесь къ фиолетовому концу. Когда вы зайдете за этотъ фиолетовый конецъ, то тамъ имѣется невидимый свѣтъ, который и извѣстенъ главнымъ образомъ своими химическими дѣйствіями. Отъ желтаго до фиолетового цвѣта въ спектрѣ—мы имѣемъ дѣйствіе на нашъ глазъ, тепловое дѣйствіе и химическое дѣйствіе, всѣ три; выше фиолетового только химическое и тепловое дѣйствія, причемъ послѣднее такъ незначительно, что оно едва замѣтно.

Призматический спектръ представляетъ собой Ньютоновское открытие сложности бѣлого свѣта. Бѣлый свѣтъ состоить изъ всякихъ цвѣтовъ отъ краснаго до фиолетового. Вотъ теперь мы видимъ Ньютоновскій призматический спектръ, производимый призмой. Я уясню вамъ немного природу цвѣтовъ, поюща на пути свѣта нѣчто, подобное окрашенному стеклу,—окрашенную желатину. Я вложу пластиинку красной желатины, которая тщательно приготовлена изъ химическихъ материаловъ, и посмотрю, что она сдѣлаетъ. Изъ всего свѣта, падающаго на нее, отъ фиолетового до краснаго, она пропускаеть только красный и оранжевый, давая смѣшанный красноватый цвѣтъ. Вотъ пластиинка зеленої желатины: зеленая желатина поглощаетъ весь красный, давая только зеленый. Вотъ пластиинка, поглощающая нѣсколько отъ каждой части спектра, отнимающая большую часть фиолетового и придающа свѣту желтый или оранжевый отблѣлокъ. Вотъ другая, поглощающая зеленый и весь фиолетовый и оставляющая красный, оранжевый и очень мало свѣтло-зеленаго.

Когда спектръ производится очень тщательно, гораздо тщательнѣе, чѣмъ умѣлъ Ньютона получить его, мы имѣемъ

однородный спектръ<sup>1)</sup>. Нужно замѣтить, что Ньютона не зналъ того, что мы называемъ однороднымъ спектромъ; онъ не получалъ его и не указываетъ въ своихъ сочиненіяхъ условія для его получения. Пользуясь чрезвычайно тонкой свѣтящейся линіей, напр.; отъ свѣта солнца, мы можемъ получить такой спектръ; онъ похожъ на то, что изображено на верхнемъ рисункѣ—красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, индиго и фиолетовый цвѣта, по номенклатурѣ Ньютона. Ньютона никогда не употреблялъ узкаго пучка свѣта и потому не могъ имѣть однороднаго спектра.

Вотъ рисунокъ, нарисованный на стеклѣ и показывающій цвѣта въ томъ видѣ, въ какомъ мы ихъ знаемъ. Если я попытался объяснить вамъ сегодня основанія спектрального анализа, то это заняло бы у насъ два или три часа. Мы должны отрѣшиться отъ этого намѣренія. Я только прочту вамъ длины волнъ, которые соответствуютъ различнымъ положеніямъ въ спектрѣ солнца извѣстныхъ темныхъ линій, обыкновенно называемыхъ «фрауэнгоферовыми линіями». Я приму за единицу одну стотысячную сантиметра. Сантиметръ есть 0·4 дюйма; онъ нѣсколько меныше полъ-дюйма. Я беру тысячную сантиметра и принимаю сотую долю ея за единицу. Въ красномъ концѣ спектра свѣтъ по сосѣству съ этой черной линіей A (рис. 48) имѣеть длиной волны 7·6; для B она—6·87; для D—5·89; для A число колебаній въ секунду есть 3·9 раза 100 миллионовъ, для D—5·1 раза 100 миллионовъ.

Теперь посмотримъ, какая же сила принимаетъ участіе въ этихъ колебаніяхъ, по сравненію съ силами, вызывающими звуки, для котораго число колебаній въ секунду равно 400? Положимъ на минуту, что то же самое вещество должно было бы двигаться туда и назадъ на томъ же протяженіи, но 400 миллионовъ разъ въ секунду. Сила, потребная для этого, пропорціональна квадрату числа, выражавшаго частоту. Удвоенная частота потребовала бы въ четыре раза большую силу для колебанія того же самаго тѣла. Положимъ, я снова колеблю свою руку, какъ я дѣлалъ это прежде.

<sup>1)</sup> Въ такомъ спектрѣ не происходитъ наложенія отдельныхъ цвѣтовъ другъ на друга. (Прим. ред.).

Если я ее двигаю разъ въ секунду, требуется умѣренная сила; чтобы колебать ее десять разъ въ секунду, требуется во 100 разъ большая сила; для 400 колебаній въ секунду—въ 160,000 разъ большая сила. Если я двигаю свою руку разъ въ секунду на протяженіи четверти дюйма, требуется очень небольшая сила; мне бы потребовалось очень значительная сила, чтобы двигать ее десять разъ въ секунду на такомъ же незначительномъ протяженіи, но представьте себѣ силу, потребную для приведенія въ движение камертона 400 разъ въ секунду, и сравните ее съ силою, потребною для приведенія его въ движение 400 билліоновъ разъ въ секунду. Если приводимая въ движение масса та же самая и размѣры движенія тѣ же самые, то сила была бы въ билліонъ билліоновъ разъ больше силы, потребной для приведенія въ движение ножекъ камертона; замѣчу, однако, что это число также легко понять, какъ какое либо число, вродѣ 2, 3 или 4. Подумайте теперь, что это число означаетъ и какія заключенія мы можемъ вывести изъ него. Какая сила имѣется въ пространствѣ между моимъ глазомъ и свѣтомъ? Какія силы имѣются въ пространствѣ между нашими глазами и самыми отдаленными видимыми звѣздами? Тамъ есть матерія и есть движение, но какой же величины можетъ тамъ быть сила?

Я двигаюсь черезъ «свѣтоносный эфиръ», какъ будто бы онъ былъ ничто. Но существуй колебанія съ такимъ числомъ въ секунду въ средѣ стали или латуни, дѣйствія этихъ колебаній измѣрялись бы миллионами и миллионами и миллионами тоннъ на квадратный дюймъ матеріи. Въ нашемъ воздухѣ такихъ силъ нѣтъ. Комета производить возмущеніе въ воздухѣ и, можетъ быть, свѣтоносный эфиръ разрывается при движеніи кометы черезъ него. Когда мы объясняемъ природу электричества, мы объясняемъ его движеніемъ свѣтоносного эфира. Но мы не можемъ сказать, что эфиръ есть электричество. Что же можетъ представлять собой этотъ свѣтоносный эфиръ? Онъ есть нѣчто такое, черезъ что планеты двигаются съ величайшей легкостью. Онъ проникаетъ нашъ воздухъ; онъ находится почти въ одинаковыхъ условіяхъ,—по скольку позво-

ляютъ намъ судить объ этомъ тѣ средства, какія мы имѣемъ для распознаванія этого,—въ нашемъ воздухѣ и въ междупланетномъ пространствѣ. Воздухъ измѣняетъ его, но незначительно; вы можете довести воздухъ воздушными наносами до стотысячной доли его обыкновенной плотности и вы вызовете мало измѣненій въ передачѣ черезъ него свѣта. Свѣтоносный эфиръ представляетъ собою упругое твердое тѣло, ближайшую аналогію которому я могу дать вамъ въ этомъ студнѣ, который вы видите<sup>1)</sup>, и ближайшая аналогія свѣтовымъ волнамъ есть то движение, которое вы можете представить себѣ въ этомъ упругомъ студнѣ съ плавающимъ по серединѣ его деревяннымъ шарикомъ. Посмотрите сюда, когда я своей рукой колеблю этотъ небольшой красный шарикъ вверхъ и внизъ или когда я быстро вращаю его вокругъ вертикального діаметра поперемѣнно въ противоположныхъ направленіяхъ;—это есть самое близкое изображеніе колебаній свѣтоносного эфира, какое я только могу дать.

Другой иллюстраціей можетъ служить варъ, который употребляютъ шотландскіе сапожники, или бургундская смола, но я лучше знаю варъ шотландскихъ сапожниковъ. Онъ тяжелѣе воды и безусловно отвѣчаетъ моей цѣли. Я беру большую плитку вара, помѣщаю ее въ стеклянный сосудъ, наполненный водою, помѣщаю нѣкоторое число пробокъ съ нижней стороны и нѣсколько пуль съ верхней стороны. Варъ хрупокъ, подобно тринидадской смолѣ или бургундской смолѣ, которую я имѣю въ рукахъ;—вы видите, какая она твердая,—но, будучи предоставленъ самому себѣ, онъ течетъ подобно жидкости. Сапожный варъ ломается съ хрупкимъ изломомъ, но онъвязокъ и постепенно поддается.

О свѣтоносномъ эфирѣ мы знаемъ, что онъ обладаетъ крѣпостью твердаго тѣла и постепенно поддается. Хрупокъ ли и трескается ли онъ, или нѣтъ, мы еще не можемъ сказать, но я думаю, что открытія въ электричествѣ и движенія кометъ

<sup>1)</sup> Лекторъ показалъ при этомъ большой тазъ прозрачнаго студня съ небольшимъ краснымъ деревяннымъ шарикомъ, помѣщеннымъ въ немъ у поверхности близъ центра. *(Прим. автора).*

съ чудесными отпрысками свѣта отъ нихъ стремятся обнаружить существование трещинъ въ свѣтоносномъ эфирѣ, указываютъ на соотвѣтствіе электрическихъ молній и сѣвернаго сиянья трещинамъ въ свѣтоносномъ эфирѣ. Не принимайте этого за утвержденіе, это едва ли больше, чѣмъ туманное научное сновидѣніе,—но вы можете смотрѣть на существование свѣтоноснаго эфира, какъ на научную дѣйствительность; это значитъ, что мы имѣемъ всепроницающую среду, упругое твердое тѣло, съ большой степенью крѣпости,—съ крѣпостью, столь чудовищной по сравненію съ его плотностью, что колебанія свѣта въ немъ имѣютъ упомянутыя мною частоты съ упомянутыми мною длинами волны. Основной вопросъ, обладаетъ ли, или нѣтъ, свѣтоносный эфиръ тяготѣніемъ, не получилъ еще отвѣта. У насъ нѣтъ свѣдѣній о томъ, что свѣтоносный эфиръ притягивается такими массами, какъ земля или солнце,—или, что существуетъ взаимное притяженіе между различными частями самого эфира. Иногда его называютъ невѣсомымъ, потому что думаютъ или считаютъ вѣроятнымъ, что онъ не имѣетъ вѣса.

Вотъ два турмалина; если вы посмотрите透过 нихъ на свѣтъ, то вы увидите на всемъ протяженіи бѣлый свѣтъ, т. е. они представляются прозрачными. Если я поверну одинъ изъ этихъ турмалиновъ, то свѣтъ погаснетъ, и будетъ безусловно темно, какъ будто бы турмалины были непрозрачны. Это есть иллюстрація того, что называется поляризацией свѣта. Я не могу вамъ говорить о свойствахъ свѣта, не говоря о поляризациіи свѣта. Я хочу показать вамъ въ высшей степени красивое дѣйствіе поляризациіи свѣта, прежде чѣмъ иллюстрировать ее нѣсколько дальше при посредствѣ большой механической модели, которую вы видите въ этомъ тазѣ со студнемъ. То, что вы видѣли раньше, были двѣ пластинки кристаллическаго турмалина (привезенные, мнѣ кажется, изъ Бразиліи), имѣющія свойство пропускать свѣтъ, когда обѣ пластинки помѣщены въ одномъ особенномъ положеніи относительно направлениія ихъ кристаллическихъ осей, и погашать свѣтъ при прохожденіи его透过 нихъ, если одна изъ пластинокъ приводится въ другое положение. Теперь я вставляю въ фонарь приборъ, на-

зывающейся «николевою призмой», которая также даетъ лучи поляризованного свѣта. Николева призма есть кусокъ исландскаго шпата, разрѣзанный очень острумымъ образомъ на два куска, снова сложенныхъ вмѣстѣ и склеенныхъ канадскимъ бальзамомъ въ одинъ. Николева призма пользуется свойствомъ двойного лучепреломленія, которымъ обладаетъ шпатель, и благодаря этому свойству производить то явленіе, которое я теперь вамъ показываю. Я поворачиваю одну призму въ извѣстномъ направлениі и у васъ получается свѣтъ—максимумъ свѣта. Я поворачиваю ее на прямой уголъ и у васъ получается темнота. Я снова поворачиваю ее на одну четверть оборота,—и получается максимумъ свѣта; еще на одну четверть, максимумъ темноты; еще на одну четверть,—и яркий свѣтъ. Рѣдко встречается такой большой экземпляръ николевої призмы, какъ эта.

Есть другой способъ получать поляризованный свѣтъ. Я становлюсь передъ этимъ источникомъ свѣта и смотрю на его отраженіе въ этой стеклянной пластинкѣ, находящейся на столѣ, черезъ одну изъ николевыхъ призмъ, которую я поворачиваю, вотъ такъ. Теперь, если я наклоню эту стеклянную пластинку на нѣкоторый определенный уголъ,—нѣсколько больше пятидесяти пяти градусовъ,—то я найду такое положеніе пластинки, при которомъ, если я смотрю на пластинку и затѣмъ поворачиваю призму въ руки, призма абсолютно гасить свѣтъ въ одномъ своемъ положеніи и даетъ ему максимальную яркость въ другомъ положеніи. Я употребляю слово «абсолютно» нѣсколько опрометчиво. Получается только приведеніе свѣта къ очень незначительному количеству, а не абсолютное уничтоженіе, какое мы имѣемъ въ случаѣ двухъ николевыхъ призмъ, употребляемыхъ вмѣстѣ. Что касается до механическаго объясненія этого явленія, то тѣ изъ васъ, кто никогда не слышалъ объ этомъ раньше, не поняли бы, что я бы сказалъ; это можетъ быть объяснено только цѣлымъ курсомъ лекцій по физической оптике. Дѣло заключается въ томъ, что колебанія свѣта должны происходить въ определенномъ направлениі по отношенію къ линіи, по которой распространяется свѣтъ.

Посмотрите на этотъ чертежъ,—свѣтъ идетъ слѣва направо;

мы имъемъ колебанія, перпендикулярныя къ линіи передачи. Эта линія, идущая вверхъ и внизъ, и представляетъ собою линію колебанія. Вообразите здѣсь источникъ свѣта фіолетового цвѣта, а здѣсь передъ нимъ—линію распространенія. Звуковыя колебанія происходятъ по линіи распространенія туда и назадъ, а эти—перпендикулярно къ этой линіи. Вотъ колебаніе, перпендикулярное къ чертежу, другого вида, но все еще слѣдующее закону поперечныхъ колебаній; вотъ еще одно круговое колебаніе. Вообразите длинную веревку,—когда вы вертите одинъ конецъ ея, то вы видите винтообразное движение, бѣгущее вдоль веревки, и вы можете производить такое круговое движение въ одномъ направленіи или въ противоположномъ.

Плоско-поляризованный свѣтъ есть свѣтъ, всѣ колебанія котораго происходятъ въ одной плоскости, перпендикулярной къ той плоскости, проходящей черезъ лучъ, которая называется на техническомъ языке «плоскостью поляризациіи». Поляризованный по кругу свѣтъ состоить изъ волнообразныхъ колебаній свѣтоноснаго эфира, происходящихъ по кругамъ. Эллиптически поляризованный свѣтъ есть нечто, промежуточное между плоско-поляризованнымъ и поляризованнымъ по кругу,—его колебанія происходить не по прямой линіи и не по круговой линіи; траекторія колебанія въ этомъ свѣтѣ есть элліпсъ. Поляризованный свѣтъ есть свѣтъ, въ которомъ поддерживается движение одинакового характера и въ одномъ направленіи. Если это движение происходитъ по прямой линіи, то это—плоско-поляризованный свѣтъ; если оно происходитъ по направлению нѣкотораго круга, то это—свѣтъ, поляризованный по кругу; если по направлению нѣкотораго элліпса, то это—эллиптически поляризованный свѣтъ.

Лучъ поляризованного свѣта при входѣ въ кристаллъ исландскаго шпата раздѣляется вслѣдствіе особаго свойства шпата—двойного лучепреломленія—на два поляризованныхъ луча, при чмъ въ этихъ лучахъ колебанія эфира взаимно перпендикулярны. Свѣтъ всегда поляризуется, когда онъ отъ пластинки непосеребренного стекла, или отъ воды, отражается подъ нѣкоторымъ извѣстнымъ опредѣленнымъ угломъ; въ пятьдесятъ шесть

градусовъ для стекла, въ пятьдесятъ два градуса для воды, причмъ уголъ считается въ каждомъ случаѣ отъ перпендикуляра къ поверхности. Этотъ уголъ для воды есть уголъ, тангенсъ котораго есть 1·4. Я хочу, чтобы вы посмотрѣли на поляризацію свѣта своими собственными глазами. Свѣтъ, отраженный отъ стекла подъ угломъ въ пятьдесятъ шесть градусовъ и отъ воды—въ пятьдесятъ два градуса, уходитъ, колеблясь перпендикулярно къ плоскости паденія и плоскости отраженія.

Мы можемъ наблюдать поляризацію безъ помощи приборовъ. Существуетъ явленіе, весьма извѣстное въ физической оптике подъ названіемъ «пучковъ Гайдингера». Тотъ, кто открылъ это явленіе, хорошо извѣстенъ въ Филадельфіи, какъ минералогъ, и явленіе, о которомъ я говорю, называется его именемъ. Взглядните на небо по направлению, составляющему девяносто градусовъ съ линіей, идущей отъ васъ къ солнцу,—вы увидите желтый и синій крестъ, причемъ желтый свѣтъ будетъ направляться къ солнцу и отъ солнца, въ видѣ двухъ лисьихъ хвостовъ и между этими хвостами будетъ синій свѣтъ; кроме этого вы замѣтите еще два красныхъ пучка въ пространствѣ подъ прямыми углами къ синему. Если вы не видите всего этого, то это только потому, что ваши глаза недостаточно чувствительны, но небольшая споровка дастъ имъ необходимую чувствительность. Если вы не можете увидѣть это явленіе такъ, попробуйте другой способъ. Посмотрите въ ведро воды съ чернымъ дномъ или возьмите чистое стеклянное блюдо съ водою, поставьте его на черное сукно и посмотрите внизъ на поверхность воды въ день, когда небо покрыто бѣлыми облаками (если только такое небо можно когда либо видѣть въ Филадельфіи). Посмотрите на бѣлое небо, отраженное въ бассейнѣ воды подъ угломъ градусовъ въ пятьдесятъ. Посмотрите на него, наклонивъ голову на одну сторону, и затѣмъ посмотрите снова, наклонивъ голову на другую сторону и направляя все время свой взоръ на воду, и вы увидите пучки Гайдингера. Не дѣлайте этого очень быстро, иначе вы вызовете у себя головокруженіе. Объяснить это можно возстановленіемъ чувствительности сѣтчатой оболочки. Пучокъ Гайдингера всегда существуетъ, но вы не видите его, потому

что вашъ глазъ недостаточно чувствителенъ. Но послѣ того, какъ вы разъ увидите его, вы будете всегда его видѣть; непривычно онъ не кидается вамъ въ глаза, когда вамъ не нужно его видѣть. Вы можете также свободно видѣть это явленіе въ кускѣ стекла съ темнымъ сукномъ подъ нимъ или въ бассейнѣ воды.

Я намѣренъ въ заключеніе сообщить вамъ, какимъ образомъ мы узнаемъ длины волнъ свѣта и какимъ образомъ мы узнаемъ число колебаній въ секунду,—и мы на самомъ дѣлѣ произведемъ измѣреніе длины волны желтаго свѣта. Теперь же я покажу вамъ дифракціонный спектръ.

Вы видите на экранѣ<sup>1)</sup> съ каждой стороны центральной бѣлой полосы свѣта рядъ свѣтовыхъ полосъ различныхъ пестрыхъ цвѣтовъ,—первая полоса съ той и съ другой стороны представляетъ собою синій или индиговый цвѣтъ, она находится на разстояніи дюймовъ четырехъ<sup>2)</sup> отъ центральной бѣлой полосы, красный цвѣтъ—дюйма на четыре дальше, яркій зеленый—между синимъ и краснымъ. Это явленіе производится рѣшеткой, въ которой приходится 400 линій на одномъ сантиметрѣ; она вырѣзана на кускѣ стекла, который я теперь держу въ своей рукѣ. Слѣдующая рѣшетка, которую мы попробуемъ, имѣеть 3,000 линій на парижскомъ дюймѣ<sup>3)</sup>). Вы видите центральное пространство и съ каждой стороны большое число спектровъ, синихъ съ одного конца и красныхъ съ другого. Тотъ фактъ, что, въ первомъ спектрѣ, красный цвѣтъ раза въ два дальше отъ центра, чѣмъ синій, доказываетъ, что длина волны у краснаго свѣта вдвое больше, чѣмъ у синяго цвѣта.

Теперь я покажу вамъ процессъ измѣренія длины волны натроваго свѣта, т. е. свѣта, который въ спектрѣ обозначается буквой *D* (рис. 48) и который даетъ спиртовая лампа, когда въ ея пламени есть соль. Когда паръ натрія нагревается до нѣ-

<sup>1)</sup> Лекторъ показалъ при этомъ окрашенныя полосы, откинутыя на экранъ отъ дифракціонной рѣшетки.

(Прим. автора).

(Прим. перев.).

(Прим. перев.).

<sup>2)</sup> 10 сантиметровъ.

<sup>3)</sup> 1,110 на сантиметръ.

сколькихъ тысячъ градусовъ, онъ становится самосвѣтящимся и даетъ такой свѣтъ, какой мы получаемъ, бросая соли въ спиртовую лампу въ игрѣ Snap-dragon<sup>1)</sup>.

Я держу въ руکѣ великолѣпную рѣшетку, сдѣланную на стеклѣ, посеребренномъ по способу Либиха,—рѣшетку, въ которой на одномъ дюймѣ приходится 6,480 линій<sup>2)</sup>; она принадлежитъ моему другу, профессору Баркеру, и онъ любезно прінесъ ее сюда для насъ на этотъ вечеръ. Вы увидите яркіе цвѣты, когда я поверну къ вамъ свѣтъ, отраженный отъ рѣшетки, и буду обводить пучокъ лучей вокругъ комнаты. Вы теперь видѣли непосредственно вашими собственными глазами эти яркіе цвѣты, отраженные отъ рѣшетки, и вы также видѣли ихъ откинутыми на экранъ отъ рѣшетки, помѣщенной въ фонарѣ. Но, если употребить рѣшетку въ 17,000 линій на одномъ дюймѣ<sup>3)</sup>,—число это гораздо больше предыдущаго,—то вы увидите, насколько дальше отъ центральнаго свѣтлого пространства находится первый спектръ, насколько больше эта рѣшетка измѣняетъ направленіе, или производить дифракцію, пучка свѣта. Вотъ центръ рѣшетки и вотъ первый спектръ. Вы замѣчаете, что фіолетовый свѣтъ отклоненъ менѣе всѣхъ, а красный свѣтъ преломленъ болѣе всѣхъ. Такое отклоненіе свѣта впервые доказало намъ окончательно дѣйствительность волнообразной теоріи свѣта.

Вы спросите, отчего свѣтъ не огибаетъ угла, какъ это дѣлаетъ звукъ. На самомъ дѣлѣ, свѣтъ огибаетъ уголъ въ этихъ дифракціонныхъ спектрахъ; и ясно, что онъ огибаетъ уголъ, разъ онъ проходитъ черезъ эти полоски и поворачивается на уголъ въ тридцать градусовъ. Явленіе огибанія свѣтомъ угловъ,

<sup>1)</sup> «Snap-dragon» или «flap-dragon»—такъ называется одна изъ англійскихъ рождественскихъ игръ, состоящая въ томъ, что въ водку или коньякъ кладутъ изюмъ, затѣмъ водку вожигаютъ и играющіе стараются достать пальцами изюмъ; выигравшимъ считается тотъ, кто достанетъ больше другихъ.

(Прим. перев.).

<sup>2)</sup> 2,550 линій на одномъ сантиметрѣ.

(Прим. перев.).

<sup>3)</sup> 6,700 линій на одномъ сантиметрѣ.

(Прим. перев.).

обнаруживаемое при помощи приборовъ, приспособленныхъ къ тому, чтобы можно было видѣть результаты этого укло-ненія свѣта и измѣрять углы, на которые онъ поворачи-вается, называется диффракціей свѣта.

Я могу показать вамъ приборъ, при помощи которого можно измѣрять длины волнъ свѣта. Позвольте мнѣ, не доказывая фор-мулы, сообщить вамъ ее. Спиртовая лампа, свѣтильня которой посыпана солью, даеть свѣтъ, очень близкій къ однородности, т. е. свѣтъ одной длины волны или весь одинакового периода. У меня здѣсь небольшая рѣшетка, которую я держу въ рукѣ. Я смотрю сквозь эту рѣшетку и вижу эту свѣчку, находящуюся предо мной. Непосредственно сзади свѣчки вы видите вычернен-ную деревянную линейку съ двумя бѣлыми отмѣтками на ней, находящимися на разстояніи десяти дюймовъ другъ отъ друга. Линія, на которой онѣ отмѣчены, помѣщена перпендикулярно къ тому направлению, по которому я буду удаляться. Когда я гляжу на эту лампу съ соленымъ спиртомъ, я вижу рядъ спек-тровъ желтаго свѣта. Такъ какъ я нѣсколько близорукъ, то я устраивалось такъ, чтобы мой глазъ при помощи этихъ оч-ковъ и своихъ собственныхъ линзъ видѣть то, что даль но-зоркій человѣкъ разобралъ бы безъ очковъ. На этомъ экранѣ вы видѣли рядъ спектровъ. Я смотрю теперь прямо на свѣчу и чѣдѣ же я вижу? Я вижу рядъ спектровъ, состоящей изъ пяти или шести ярко окрашенныхъ спектровъ съ каждой сто-роны свѣчки. Но, когда я смотрю на лампу съ соленымъ спир-томъ, то я теперь вижу десять спектровъ съ одной стороны и десять съ другой,— спектровъ, изъ которыхъ каждый предста-вляетъ одноцвѣтную полосу свѣта.

Я измѣрю длину волны свѣта такимъ образомъ. Я отхожу на значительное разстояніе и смотрю на спиртовую лампу и отмѣтки. Я вижу рядъ спектровъ. Первая бѣлая линія прихо-дится какъ разъ сзади пламени. Мнѣ нужно, чтобы первый спектръ направо отъ этой бѣлой линіи совпалъ точно съ дру-гой бѣлой линіей, которая отстоитъ на десять дюймовъ отъ пер-вой. По мѣрѣ того, какъ я ухожу дальше отъ спектра, я вижу, что онъ приближается къ ней; теперь онъ очень близко отъ

нея; теперь онъ на ней. Теперь надо измѣрить разстояніе отъ него до моего глаза и превратить футы въ дюймы; разстояніе отъ спектра пламени до моего глаза равно тридцати четыремъ футамъ девяти дюймамъ. Г. предсѣдатель, сколько это будетъ дюймовъ? 417 дюймовъ, въ круглыхъ числахъ 420 дюймовъ. Тогда мы имѣемъ пропорцію: какъ 420 относится къ 10, такъ раз-стояніе отъ черты до черты рѣшетки относится къ длиѣ волны натроваго свѣта. Это значитъ, какъ сорокъ два къ одному. Разстояніе отъ полосы до полосы есть четырехсо-тая сантиметра; поэтому, сорокъ вторая часть четырехсотой сантиметра, или  $\frac{1}{16,800}$  сантиметра, есть длина волны согласно нашему простому, легкому и скорому опыту. Истинная дли-на волны натроваго свѣта, соответственно самымъ точнымъ измѣреніямъ,—около  $\frac{1}{17,000}$  сантиметра, что отличается отъ нашего результата немного болѣе, чѣмъ на одинъ процентъ!

Единственный приборъ, какъ вы видите, это— малень-кая рѣшетка,— кусокъ стекла, у которого на пространствѣ въ че-тыре десятыхъ дюйма шириной нанесено 400 тонкихъ линій. Каждый изъ васъ, кто потрудится купить такую рѣшетку, мо-жетъ измѣрить самъ длину волны пламени свѣчи. Я надѣюсь, это нѣкоторыхъ изъ васъ побудить самихъ произвести такой опытъ.

Когда я помѣщаю соль на пламя спиртовой лампы, что я вижу черезъ эту рѣшетку? Я вижу просто рѣзко очерченный желтый свѣтъ, представляющій собой спектръ превращенного въ паръ натря, между тѣмъ какъ отъ пламени свѣчи я вижу изящно окрашенный спектръ, гораздо красивѣе того, который я показывалъ вамъ на экранѣ. На самомъ дѣлѣ, я вижу рядъ спектровъ по обѣ стороны, съ синимъ цвѣтомъ, обращеннымъ къ пламени свѣчи, и краснымъ, обращеннымъ отъ нея. Я не могу въ спектрѣ отъ пламени свѣчи выбрать какую нибудь одну опредѣленную мѣтку, отъ которой можно было бы измѣрять, какъ я могу это сдѣлать съ пламенемъ спиртовой лампы, въ которомъ находится, соль—пламенемъ, которое, какъ я сказалъ, даетъ простой желтый свѣтъ. Самый крайній голубой свѣтъ въ

пламени свѣчи теперь какъ разъ приходится на этой линіи. Измѣрьте теперь разстояніе до моего глаза,—оно равно сорока четыремъ футамъ четыремъ дюймамъ, или 532 дюймамъ. Длина этой волны есть, слѣдовательно, 532-я часть четырехсотой сантиметра, что равно  $\frac{1}{21,280}$  сантиметра,—скажемъ  $\frac{1}{21,000}$  сантиметра. Затѣмъ произведите такое же измѣреніе для краснаго цвѣта и вы найдете что нибудь вродѣ  $\frac{1}{11,000}$  для самаго крайняго краснаго свѣта.

Послѣдній вопросъ, какимъ образомъ мы узнаемъ число колебаній въ секунду?

Ну, понятно, при посредствѣ скорости свѣта. А откуда мы знаемъ послѣднюю? Мы узнаемъ ее нѣсколькими различными способами, которые я не могу объяснить, потому что время не позволяетъ этого; я могу теперь только сказать вамъ кратко, что число колебаній въ секунду для какого нибудь определенного луча равняется скорости свѣта, дѣленной на длину волны для этого луча. Скорость свѣта равна около 187,000 англійскихъ казенныхъ миль въ секунду, но гораздо лучше взять за единицу километръ,—который равенъ около шести десятыхъ мили,—тогда мы найдемъ, что эта скорость равна очень точно 300,000 километровъ или 30,000,000,000 сантиметровъ въ секунду. Примите теперь длину волны натроваго свѣта, какъ мы сейчасъ ее измѣрили при посредствѣ лампы съ соленымъ спиртомъ, равной  $\frac{1}{17,000}$  сантиметра, и мы найдемъ, что число колебаній въ секунду для натроваго пламени равно 510 биллонамъ. Вотъ у васъ, слѣдовательно, и вычисленіе числа колебаній на основаніи простого наблюденія, которое вы всеѣ сами можете сдѣлать.

Въ заключеніе я долженъ сказать вамъ о цвѣтѣ голубого неба, который иллюстрируется этой небольшой сферой, закрѣпленной въ упругомъ твердомъ тѣлѣ. Мне надо объяснить вамъ въ двѣ минуты, какимъ образомъ происходятъ колебанія. Возьмите самый простой плоско-поляризованный свѣтъ. Вотъ небольшая сфера, которая порождаетъ его въ упругомъ твер-

домъ тѣлѣ. Вообразите, что это твердое тѣло простирается на мили въ горизонтальномъ направленіи и на мили вверхъ и внизъ, и вообразите, что эта сфера колеблется вверхъ и внизъ. Совершенно ясно, что она вызоветъ поперечные колебанія, которые будутъ происходить подобнымъ образомъ во всѣхъ горизонтальныхъ направленіяхъ. Плоскость поляризациіи опредѣляется, какъ плоскость, перпендикулярная къ линіи колебанія. Такимъ образомъ, свѣтъ, порождаемый молекулой, колеблющейся вверхъ и внизъ, какъ этотъ находящійся передъ вами красный шаръ въ студнѣ, будетъ поляризованъ въ горизонтальной плоскости, потому что колебанія вертикальны.

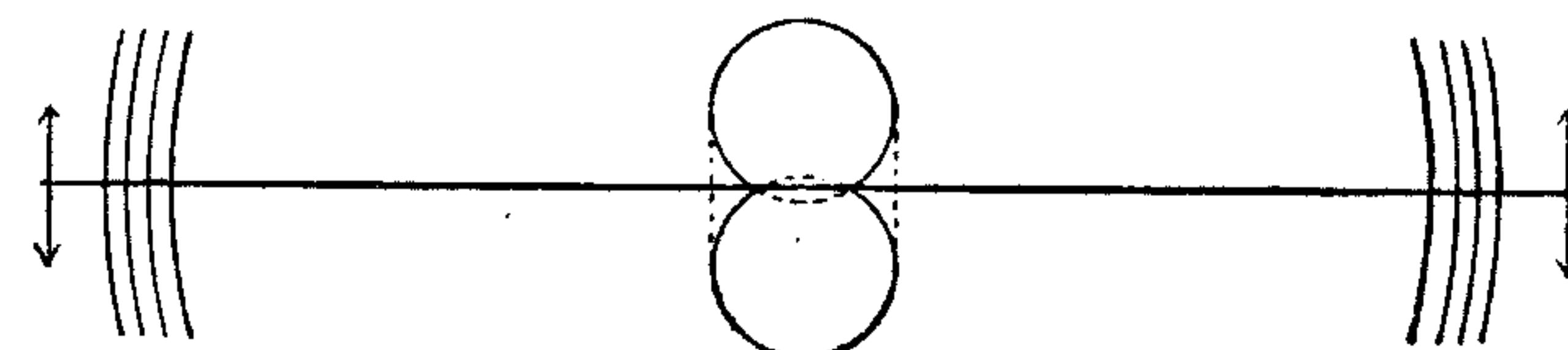


Рис. 49. Колеблющаяся сфера, закрѣпленная въ упругомъ твердомъ тѣлѣ.

Вотъ другой родъ колебанія. Я поверну около вертикальной оси эту сферу въ студнѣ такъ, какъ я теперь это дѣлаю,—это породить колебанія, распространяющіяся также одинаковымъ образомъ во всѣхъ горизонтальныхъ направленіяхъ. Когда я поворачиваю этотъ шарикъ, онъ тянетъ за собою окружающій его студень; поверните его быстро обратно, и студень также быстро придетъ въ обратное движеніе. Вслѣдствіе инерціи студня колебанія распространяются во всѣхъ направленіяхъ и линіи колебанія горизонтальны по всему студню. Повсюду, на мили въ сторону, это твердое тѣло приведено въ колебаніе. Вы не видите колебаній, но вы должны признавать, что они тамъ происходятъ. Когда студень дѣлаетъ обратный скачокъ, онъ совершаєтъ колебаніе и у насъ получаются волны горизонтальныхъ колебаній, разбѣгающіяся во всѣхъ направленіяхъ отъ возбуждающей ихъ молекулы.

Теперь я заставляю красный шаръ колебаться туда и назадъ въ горизонтальномъ направленіи,—это заставить порож-

даться колебания, которые будут параллельны линиям распространения во всех местах плоскости, перпендикулярной к траектории возбуждающей молекулы. Чемъ вызывается голубой цветъ неба? Выше указанные колебания будут какъ разъ тѣ движения, которые производят голубой свѣтъ неба, зависящій отъ присутствія небольшихъ сферъ въ свѣтоносномъ эфирѣ, но нѣсколько измѣняемый воздухомъ. Представьте себѣ мысленно солнце близъ горизонта, представьте себѣ свѣтъ солнца, струящійся черезъ атмосферу и дающій у васъ надъ головами этотъ лазурево-голубой и фиолетовый цветъ. Представьте себѣ сначала какую нибудь одну частицу и представьте, что она движется такимъ образомъ, чтобы вызывать горизонтальные и вертикальные колебания и круговые и эллиптическія колебанія.

Вы видите голубое небо въ парахъ, выпускаемыхъ подъ высокимъ давленіемъ въ воздухъ; вы видите его въ опыте Тиндаллескаго голубого неба, въ которомъ нѣжное стущеніе пара точно воспроизводит лазурево-голубой цветъ неба.

Но, движение свѣтоноснаго эфира по отношенію къ нашей маленькой сферѣ вызывает то же самое дѣйствіе, какое вызвало бы противоположное движение, сообщенное этой сферѣ совершенно независимой силой. Такъ, вы можете представлять себѣ, что голубой цветъ, исходящій отъ неба, порождается колебаніями туда и назадъ матеріи, находящейся въ воздухѣ и колеблющейся вполнѣ подобно тому, какъ этотъ небольшой шарикъ колебается, будучи закрѣпленъ въ студнѣ.

Результатъ въ общемъ видѣ получается слѣдующій: свѣтъ, идущій отъ голубого неба, поляризованъ въ плоскости, проходящей черезъ солнце; но голубой свѣтъ неба осложняется многими обстоятельствами и одно изъ нихъ есть то, что воздухъ освѣщается не только солнцемъ, но и землей. Если бы мы могли устроить, чтобы земля была покрыта чернымъ сукномъ, то тогда мы могли бы изучать поляризованный свѣтъ въ столь простыхъ условіяхъ, какихъ мы теперь не можемъ достичь. Въ природѣ происходятъ отраженія отъ морей, скалъ, горъ и водъ безконечно сложнымъ образомъ.

Пусть изслѣдователи наблюдают голубое небо не только зимою, когда земля покрыта снѣгомъ, но и лѣтомъ, когда она покрыта темной зеленої листвой. Это поможетъ разобраться въ тѣхъ сложныхъ явленіяхъ, о которыхъ идетъ рѣчь. Но лазурево-голубой цветъ неба есть свѣтъ, который порождается реакцией на колеблющейся эфиръ небольшихъ капелекъ воды,— можетъ быть въ пятидесяти-тысячную или въ сто-тысячную сантиметра диаметромъ,—или, можетъ быть, маленькихъ кусочекъ или кристалловъ обыкновенной соли, или частицъ пыли, или зародышей видовъ растительного или животнаго царства, носящихся въ воздухѣ. Что же такое, теперь, свѣтоносный эфиръ? Это есть матерія, чудовищно менѣе плотная, чѣмъ воздухъ—въ миллионы и миллионы и миллионы разъ менѣе плотная, чѣмъ воздухъ. Мы можемъ составить себѣ нѣкотораго рода понятіе о предѣлахъ его свойствъ. Мы вѣримъ, что онъ есть нѣкоторое реальное вещество, обладающее большой крѣпостью сравнительно съ плотностью; его можно заставить колебаться 400 миллионовъ разъ въ секунду, и при этомъ онъ имѣеть такую плотность, что не производить ни малѣйшаго сопротивленія ни одному тѣлу, проходящему сквозь него.

Вернемся къ нашему примѣру сапожнаго вара; если пробка, впродолженіе года, протолкнетъ себѣ путь вверхъ透过 plastrine этого вара, когда послѣдняя помѣщена подъ водою, и если свинцовая пуля проникнетъ внизъ ко дну, то каковъ законъ сопротивленія? Онъ, очевидно, зависитъ отъ времени. Пробка медленно впродолженіе года пробиваетъ свой путь вверхъ透过 слой этого вещества толщиной въ два дюйма<sup>1)</sup>; предоставьте ей сдѣлать это втеченіе одной или двухъ тысячъ лѣтъ и сопротивленіе окажется значительно менѣе; такимъ образомъ движение пробки или пули透过 варъ, со скоростью одного дюйма въ 2000 лѣтъ, можетъ быть сравнено съ движениемъ земли, движущейся со скоростью шесть разъ девяносто три миллиона миль въ годъ или девятнадцать миль въ секунду<sup>2)</sup>透过 черезъ свѣто-

<sup>1)</sup> = десять сантиметровъ.

(Прим. перев.).

<sup>2)</sup> = шесть разъ 149 миллионовъ километровъ въ годъ = 30 кило-

носный эфиръ; но, когда мы на самомъ дѣлѣ будемъ въ со-  
стояніи имѣть передъ собой вещество, упругое, какъ студень,  
и поддающееся, какъ варъ, мы получимъ твердое основаніе  
для вѣры въ умозрительную гипотезу существованія упругаго  
свѣтоноснаго эфира, — гипотезу, которая и составляетъ осно-  
ваніе волновой теоріи свѣта.

## О возрастѣ солнечнаго тепла.

[Перепечатано съ разрѣшенія изъ „Macmillan's Magazine“ за мартъ 1862 г.].

Второй великий законъ термодинамики влечетъ за собой извѣстный принципъ *необратимыхъ процессовъ въ природѣ*. Это показываетъ, что, хотя механическая энергія *неуничтожима*, однако существуетъ вообще склонность къ ея разсѣянію и это порождаетъ постепенное увеличеніе и диффузію тепла, прекращеніе движенія и истощеніе потенціальной энергіи по всей материальной вселенной<sup>1)</sup>). Результатомъ всего этого неизбѣжно было бы состояніе всеобщаго покоя и смерти, если бы вселенная была конечна и была предоставлена повиноваться существующимъ законамъ. Но невозможно постичь предѣлъ протяженію матеріи во вселенной, и потому наука побуждаетъ нась скорѣе допускать безконечное развитіе черезъ безконечное пространство дѣйствія, ведущаго къ превращенію потенціальной энергіи въ осязаемое движеніе, а оттуда въ тепло, чѣмъ смотрѣть на природу, какъ на одинъ конечный механизмъ, бѣгущій, какъ ча-

<sup>1)</sup> См. „О всеобщей склонности въ природѣ къ разсѣянію механической энергіи“ [On a Universal Tendency in Nature to the Dissipation of Mechanical Energy]. Протоколы Эдинбургскаго Королевскаго Общества, 19 апрѣля 1852; или Philosophical Magazine, октябрь, 1852; также, Mathematical and Physical Papers, томъ I, статья LIX<sup>2)</sup>.

(Прим. автора).

<sup>2)</sup> Proc. Roy. Soc. Ed., 3, № 42, 139—142; Phil. Mag., (4), 4, 304—306, Math. and Phys. Pap., 1, 511—514.

(Прим. перев.).

16\*

метровъ въ секунду; замѣтимъ, что Томсонъ береть для простоты шесть разъ радиусъ земной орбиты, а не  $6 \cdot 283 = 2\pi$  разъ.

(Прим. перев.).

сы, и останавливающейся навсегда. Точно также невозможно постичь ни начало, ни продолжение жизни без участия творческой силы и потому нельзя считать ни одно изъ заключений механики относительно будущего состояния земли вызывающимъ удручающій взглядъ на участіе той расы разумныхъ существъ, которая теперь ее обитаетъ.

Цѣль настоящей статьи есть приложеніе этихъ общихъ принциповъ къ открытию вѣроятныхъ предѣловъ periodовъ времени, въ прошедшемъ и будущемъ, втеченіе которыхъ солнце можно разсматривать, какъ источникъ тепла и свѣта. Предметъ этотъ будетъ обсуждаться въ трехъ главахъ:

I. Вѣковое охлажденіе солнца.

II. Настоящая температура солнца.

III. Происхожденіе и общая сумма солнечного тепла.

## ЧАСТЬ I.

### О вѣковомъ охлажденіи солнца.

Определить и едва ли даже оцѣнить самымъ грубымъ образомъ, насколько солнце охлаждается на самомъ дѣлѣ изъ года въ годъ, если только оно сколько нибудь охлаждается,— мы не имѣемъ никакихъ средствъ. Прежде всего, мы не знаемъ, теряетъ ли еще солнце вообще тепло. Ибо вполнѣ достовѣрно, что *никоторое тепло* порождается въ его атмосфѣрѣ притокомъ метеорной матеріи; и возможно, что *количество тепла*, порождаемаго такимъ образомъ изъ года въ годъ, вполнѣ достаточно, чтобы восполнить потерю черезъ излученіе. Возможно, однако, также, что солнце представляетъ собой теперь раскаленную добѣла жидкую массу, излучающую изъ себя тепло, которое или первоначально было сообщено творческой силой его веществу, или, что кажется гораздо болѣе вѣроятнымъ, было порождено паденіемъ въ него метеоровъ въ прошлія времена безъ замѣтнаго восполненія содержанія тепла теперь продолженіемъ метеорного дѣйствія.

Было показано <sup>1)</sup>, что, если предыдущее вѣрно, то ме-

<sup>1)</sup> «О механическихъ энергіяхъ солнечной системы» [On the Mechanical Energies of the Solar System]. Труды Эдинбургскаго Королевскаго Общества за апрель 1854 г. и Philosophical Magazine, декабрь 1854. (Mathematical and Physical Papers, т. II, статья LXVI) <sup>2)</sup>.

(Прим. автора).

<sup>2)</sup> Trans. Roy. Soc. Ed., 21, I, 63—81; Phil. Mag., (4), 8, 409—430; Math. Phys. Pap., 2, 1—27.

(Прим. перев.).

теоры, которыми порождалось солнечное тепло впродолжение послѣднихъ 2,000 или 3,000 лѣтъ, должны были бы все это время находиться значительно ближе отъ солнца, чѣмъ земля, и поэтому должны были приближаться къ центральному тѣлу по очень постепенно сходящимся спиралямъ; ибо, если бы количество матеріи, достаточное для порожденія предполагаемаго тепловаго дѣйствія, упало на центральное тѣло изъ пространства за земной орбитой, то длина года стала бы очень замѣтно короче, вслѣдствіе того увеличенія массы солнца, которое имѣло бы при этомъ мѣсто. Количество матеріи, ежегодно падающей на солнце, должно было бы, при этомъ предположеніи, достигать  $\frac{1}{47}$  массы земли или  $\frac{1}{15,000,000}$  массы солнца, и потому необходимо было бы предположить, что масса «зодіакального свѣта» достигаетъ, по крайней мѣрѣ,  $\frac{1}{5,000}$  массы солнца,—чтобы такимъ же самымъ образомъ объяснить источникъ солнечнаго тепла еще на три тысячи лѣтъ впередь. Когда такія заключенія появились въ первый разъ въ печати, было указано, что нужно искать «возмущеній въ движеніяхъ видимыхъ планетъ», такъ какъ они могутъ дать намъ средства для опредѣленія возможнаго количества матеріи въ зодіакальномъ свѣтѣ; и было высказано предположеніе, что его едва ли можетъ хватить на то, чтобы дать запасъ тепла на 30,000 лѣтъ при настоящей скорости лучеиспусканія. Эти предсказанія до нѣкоторой степени оправдались розысканіями Ле-Веррѣ надъ движениемъ планеты Меркурія, давшими въ недавнее время очевидное указаніе замѣтнаго вліянія на движение этой планеты,—вліянія, которое можно приписать матеріи, обращающейся вокругъ солнца, въ видѣ большого числа небольшихъ планетъ, внутри орбиты Меркурія. Но указываемое этими изслѣваніями количество матеріи очень незначительно и потому, если метеорный потокъ, имѣющій мѣсто въ настоящее время, достаточночъ, чтобы порождать какую нибудь замѣтную часть излучаемаго тепла, то нужно предположить, что онъ происходитъ отъ матеріи, обращающейся вокругъ солнца, на очень близкихъ разстояніяхъ отъ его поверхности. Плотность

этого метеорного облака нужно при этомъ предположить столь большою, что кометы едва ли могли бы выбѣгать изъ этого облака, между тѣмъ онъ, на самомъ дѣлѣ, выбѣгаютъ, не обнаруживая послѣ прохожденія по поверхности солнца на разстояніи  $\frac{1}{8}$  его радиуса отъ нея никакихъ замѣтныхъ вліяній сопротивленія. Если принять все это во вниманіе, то кажется остается мало вѣроятности въ гипотезѣ, по которой солнечное излученіе въ настоящее время пополняется, въ сколь нибудь замѣтной степени, тепломъ, порождаемымъ падающими на солнце метеорами; и, такъ какъ было показано, что кроме того ни одна химическая теорія не выдерживаетъ критики<sup>1</sup>), то нужно прійти, какъ къ наиболѣе вѣроятному, къ заключенію, что солнце въ настоящее время представляетъ собой просто раскаленную добѣла жидкую охлаждающуюся массу<sup>2</sup>).

<sup>1)</sup> «Механическія energіи солнечной системы». См. прим. 1 на стр. 245. (Прим. автора).

<sup>2)</sup> «Если солнце представляетъ собой горящую массу, то оно должно быть болѣе похоже на горящій порохъ, чѣмъ на огонь, горящій въ воздухѣ; и вполнѣ постижимо, что твердая масса, содержащая въ самой себѣ всѣ элементы, требуемые для самосожженія, если только продукты горѣнія постоянно газообразны (въ этомъ отношеніи порохъ не годился бы), могла бы сгорать по всей своей поверхности и, дѣйствительно, лучеиспускать тепло такъ же обильно, какъ солнце. Такимъ образомъ, огромный шаръ пороха, первоначально холодный, а затѣмъ зажженный по всей своей поверхности, могъ бы дойти до постоянной скорости сгоранія, при чѣмъ какая либо внутренняя часть нагревалась бы, благодаря теплопроводности, до температуры, достаточной для воспламененія, только тогда, когда къ ней достаточно приблизилась бы постепенно сокращающаяся поверхность. Вѣроятно, теплота сгоранія не могла бы быть больше 4,000 тепловыхъ единицъ на фунтъ вещества)... Такая потеря матеріи... отнимала бы отъ массы солнца слой въ 0'5 фута толщиною въ минуту или миль въ 55 въ годъ... Если бы солнце горѣло съ такою же скоростью въ прошлыя времена, то оно должно было бы быть вдвое большаго діаметра, въ четыре раза большей нагревательной силы и въ восемь разъ большаго объема всего 8,000 лѣтъ назадъ. Мы можемъ вполнѣ спокойно заключить отсюда, что солнце не добываетъ своего тепла изъ химическихъ взаимодѣйствій между частицами матеріи, принадлежащими исконо къ его собственной массѣ, и потому, если мы даже удерживаемъ идею объ огнѣ, должны обратиться за топливомъ къ метеорной гипотезѣ... Наибольшее

На сколько солнце охлаждается изъ года въ годъ, становится поэтому вопросомъ очень серьезной важности, но это представляетъ собою одинъ изъ вопросовъ, на которые мы въ настоящее время совершенно не въ состояніи отвѣтить. Правда, у насъ есть данные, на которыхъ мы могли бы, скрѣпя сердце, основать вѣроятную оцѣнку и изъ которыхъ мы могли бы съ увѣренностью, на первый взглядъ, кажущейся достаточно основательной, вывести предѣлы, не очень широкіе, между которыми должна лежать истинная скорость охлажденія солнца. Въ самомъ дѣлѣ мы знаемъ, изъ независимыхъ, но согласныхъ между собой изслѣдований Гершеля и Пулье, что солнце излучаетъ каждый годъ съ цѣлой своей поверхности около  $6 \times 10^{30}$  (шесть миллионовъ миллионовъ миллионовъ) разъ больше тепла, чѣмъ нужно, чтобы поднять температуру 1 фунта воды на  $1^{\circ}$  Цельсія <sup>1)</sup>. Мы имѣемъ также серьезныя причины признавать, что вещества солнца подобно веществу земли. Ужъ много лѣтъ, какъ излагаются въ Глазговскомъ университѣтѣ Стоксовскіе принципы солнечной и звѣздной химіи, причемъ, въ видѣ первого результата, сообщается, что натрій, навѣрное, существуетъ въ атмосферѣ солнца и въ атмосферахъ многихъ звѣздъ, но что въ другихъ его нельзя открыть. Недавнее примѣненіе этихъ принциповъ въ блестящихъ изы-

изъ этихъ чиселъ [теплота сгоранія различныхъ веществъ другъ въ другъ]... выражаетъ только  $\frac{1}{3000}$  часть наименьшаго количества механической энергіи, которую можетъ имѣть метеоръ, входя въ область воспламененія въ солнечной атмосферѣ ... Отсюда слѣдуетъ, что можно совсѣмъ откинуть мысль о сожженіи метеоровъ, какъ обѣ источникѣ солнечнаго тепла» («Механіческія energії солнечной системы», Math. and Phys. Pap., 2, 10—12).

(Прим. перев.).

<sup>1)</sup> Или,  $2.7 \times 10^{30}$  разъ количества, потребное для поднятія температуры 1 килограмма воды на  $1^{\circ}$  Ц. т. е.  $2.7 \times 10^{30}$  большихъ калорій. Замѣтимъ, что Томсонъ беретъ для солнечной постоянной число Пулье (1838)—1.763 граммъ-калоріи; если же взять среднее изъ чиселъ, полученныхъ Лэнглэемъ (Langley, Researches on Solar Heat, Washington, 1884)—3.068, или число Ангстрома (Wied. Ann., 39, 310)—4.00, то получается  $4.7 \times 10^{30}$  и  $6.1 \times 10^{30}$  большихъ калорій.

(Прим. перев.).

сканіяхъ Бунзена и Кирхгофа (которые независимо открыли Стоксовскую теорію) доказало съ одинаковою достовѣрностью, что въ солнѣ есть желѣзо, марганецъ и нѣкоторые изъ извѣстныхъ намъ другихъ металловъ. Теплоемкость каждого изъ этихъ веществъ меньше теплоемкости воды, которая, дѣйствительно, превосходитъ теплоемкость всякаго другого извѣстнаго земного тѣла, твердаго или жидкаго. Поэтому можетъ показаться съ первого взгляда вѣроятнымъ, что средняя теплоемкость <sup>1)</sup> всего вещества солнца меньше,—и очень достовѣрнымъ, что она не можетъ быть много больше,—чѣмъ теплоемкость воды. Если бы она была равна теплоемкости воды, то намъ нужно было бы только раздѣлить предыдущее число ( $6 \times 10^{30}$ ), выведенное изъ наблюдений Гершеля и Пулье, на число фунтовъ ( $4.3 \times 10^{30}$ ) въ массѣ солнца <sup>2)</sup>, чтобы найти для солнца годовую скорость охлажденія въ настоящее время равною  $1^{\circ}4$  Цельсія <sup>3)</sup>. Поэтому можетъ казаться вѣроятнымъ, что солнце охлаждается больше, и почти достовѣрнымъ, что оно не охлаждается меньше, чѣмъ на одинъ и четыре десятыхъ градуса Цельсія ежегодно. Но, если бы эта оцѣнка была хорошо обоснована, то одинако-

<sup>1)</sup> «Теплоемкость» однороднаго тѣла есть количество тепла, которое должна пріобрѣсть или уступить единица его массы, чтобы температура его поднялась или упала на  $1^{\circ}$ . Средняя теплоемкость неоднородной массы или массы неоднороднаго вещества, различныя части котораго находятся подъ различными давленіями, есть количество тепла, которое все тѣло береть или отдаетъ, при повышеніи или пониженіи температуры на  $1^{\circ}$ , раздѣленное на число единицъ въ его массѣ. Выраженіе „средняя теплоемкость солнца“, находящееся въ текстѣ, означаетъ общую сумму тепла, на самомъ дѣлѣ излучающагося прочь отъ солнца, раздѣленную на его массу, — тепла, излучающагося за какое либо время, втеченіе котораго средняя температура его массы опускается на  $1^{\circ}$ , какія бы физическая или химическая измѣненія не испытывала любая часть его вещества.

(Прим. автора).

<sup>2)</sup> Масса солнца= $1.95 \times 10^{30}$  килограммовъ.

(Прим. перев.).

<sup>3)</sup> Если принять число Лэнглэя, то получается не  $1^{\circ}4$ , а  $2^{\circ}4$ , а если число Ангстрома, то  $3^{\circ}2$ .

(Прим. перев.).

во справедливо было бы принять, что расширяемость солнца <sup>1)</sup> отъ тепла не отличается сильно отъ расширяемости какого нибудь средняго земного тѣла. Если бы, напримѣръ, она была такой же, какъ расширяемость твердаго стекла, которая равняется приблизительно  $\frac{1}{40,000}$  по объему, или  $\frac{1}{120,000}$  по діаметру, на 1° Цел. (а для большинства земныхъ жидкостей, въ особенности при высокихъ температурахъ, расширяемость много больше) и если бы теплоемкость солнца была одинаковой съ теплоемкостью жидкой воды, то въ 860 лѣтъ произошло бы сокращеніе діаметра солнца на 1 процентъ <sup>2)</sup>, что едва ли могло бы избѣжать того, чтобы быть обнаруженнымъ астрономическими наблюденіями. Однако есть гораздо болѣе убѣдительныя причины, чѣмъ эта, признавать, что такой размѣръ сокращенія во все не могъ имѣть мѣста, и заподозрить поэтому, что физическія условія массы солнца дѣлаютъ состояніе веществъ, изъ которыхъ оно составлено, очень — по отношенію къ расширяемости и теплоемкости — отличающимся отъ состоянія этихъ веществъ въ тѣхъ случаяхъ, когда надъ ними производятся опыты въ нашихъ земныхъ лабораторіяхъ. Взаимное притяженіе между различными частями сокращающейся массы солнца должно совершать нѣкоторое количество работы, которое нельзя вычислить съ достовѣрностью, такъ какъ неизвѣстенъ законъ внутренней плотности солнца. Количество работы, совершающейся при сокращеніи діаметра на одну десятую процента, если бы плотность оставалась одинаковой во всей внутренности солнца,

было бы, какъ показалъ Гельмгольцъ, въ 20,000 разъ больше механическаго эквивалента того количества тепла, которое, по опредѣленію Пулье, излучается изъ солнца въ годъ. Но въ дѣйствительности плотность солнца должна очень сильно увеличиваться по направлению къ его центру, и, вѣроятно, величина этого увеличенія измѣняется по мѣрѣ того, какъ температура становится ниже и вся масса сокращается. Поэтому, мы не можемъ сказать, будетъ ли работа, которую на самомъ дѣлѣ совершаетъ взаимное тяготѣніе за время сокращенія діаметра на одну десятую процента, меныше или больше работы, эквивалентной теплу, излученному втечение двадцати тысячъ лѣтъ, но мы можемъ считать чрезвычайно вѣроятнымъ, что она не въ много разъ больше или меныше этого количества. Однако, въ высшей степени невѣроятно, что механическая энергія можетъ въ какомъ либо случаѣ увеличиваться въ тѣлѣ, сжимающемся вслѣдствіе охлажденія. Достовѣрно, что она, въ дѣйствительности, очень замѣтно уменьшается во всѣхъ случаяхъ, до сихъ поръ изслѣдованныхъ опытнымъ образомъ. Поэтому нужно предположить, что солнце всегда излучаетъ изъ себя въ видѣ тепла нѣсколько больше того количества тепла, которое эквивалентно работѣ, совершающей надъ его сокращающейся массой взаимнымъ притяженіемъ ея частей. Отсюда слѣдуетъ, что, сокращаясь на одну десятую процента въ своемъ діаметрѣ или на три десятыхъ процента въ своемъ объемѣ, солнце должно испустить количество тепла, или большее, или не многимъ меныше того тепла, которое соотвѣтствуетъ излученію въ двадцать тысячъ лѣтъ; такимъ образомъ, даже безъ историческихъ доказательствъ постоянства его діаметра, кажется вполнѣ надежнымъ заключеніе, что въ дѣйствительности вовсе не могло имѣть мѣста такое сокращеніе, какъ то, которое выше вычислено (одинъ процентъ въ 860 лѣтъ). Наоборотъ, кажется вѣроятнымъ, что, при настоящей скорости излученія, сокращеніе на одну десятую процента въ діаметрѣ солнца не могло имѣть мѣста въ промежутокѣ времени, много меныше 20,000 лѣтъ, и едва ли возможно, чтобы такое сокращеніе могло произойти.

<sup>1)</sup> «Расширяемость въ объемѣ» или «кубическая расширяемость» тѣла есть выраженіе, употребляемое въ техническомъ языке для обозначенія отношенія увеличенія или уменьшенія объема тѣла, сопровождающаго повышеніе или пониженіе температуры его на 1°, ко всему объему его при нѣкоторой условленной температурѣ. Выраженіе «расширяемость солнца», употребленное въ текстѣ, можно принять за выражение, обозначающее отношеніе дѣйствительного сокращенія, происходящаго за время пониженія его средней температуры на 1° Цел., къ его настоящему объему.  
*(Прим. автора).*

<sup>2)</sup> Принимая число Лэнглэя, получимъ 490 лѣтъ, а Ангстрома, — 380.  
*(Прим. перев.).*

ти менѣе, чѣмъ въ 8,600 лѣтъ<sup>1)</sup>). Если, далѣе, средняя теплоемкость массы солнца, въ его настоящемъ состояніи, не болѣе, чѣмъ въ десять разъ, больше теплоемкости воды, то расширяемость по объему должна быть меньше  $\frac{1}{4000}$  на  $100^{\circ}$  Цел.

(т. е. меньше  $\frac{1}{10}$  расширимости твердаго стекла), что не вѣроятно. Но, хотя на основаніи этихъ разсужденій мы склонны считать вѣроятнымъ, что теплоемкость солнца значительно болѣе, чѣмъ 10 разъ взятая теплоемкость воды (и что поэтому его масса охлаждается значительно менѣе, чѣмъ на  $100^{\circ}$  Цел. въ 700 лѣтъ, — заключеніе, котораго мы, на самомъ дѣлѣ, едва ли могли бы миновать просто на геологическихъ основаніяхъ), однако физические принципы, на которыхъ мы теперь основываемся, не въ состояніи дать намъ какую либо причину предполагать, что теплоемкость солнца болѣе, чѣмъ въ 10,000 разъ, больше теплоемкости воды, потому что мы не можемъ сказать, что вѣроятно, чтобы его расширяемость по объему была болѣе  $\frac{1}{400}$  на  $1^{\circ}$  Цел.. А есть,— на иномъ основаніи,—очень убѣдительныя причины признавать, что теплоемкость эта, на самомъ дѣлѣ, много меньше, чѣмъ 10,000. Ибо почти достовѣрно, что средняя температура солнца даже теперь достигаетъ  $14,000^{\circ}$  Цел.; а наибольшее количество тепла, пріобрѣтеніе котораго солнцемъ вслѣдствіе естественныхъ причинъ мы можемъ объяснить съ какою либо вѣроятностью (какъ мы это увидимъ въ третьей части этой статьи), не могло никогда поднять его массу до этой температуры, если бы только его теплоемкость не была меньше взятой 10,000 разъ теплоемкости воды.

Поэтому мы можемъ считать вполнѣ вѣроятнымъ, что теплоемкость солнца болѣе, чѣмъ въ десять разъ, и менѣе, чѣмъ въ 10,000 разъ больше теплоемкости жидкой воды. Отсюда слѣдовало бы съ достовѣрностью, что его температура

<sup>1)</sup> Замѣтимъ, что при принятіи числа Лэнглэя или Ангстрома всѣ эти разсужденія получаются еще большую силу и убѣдительность.

(Прим. перев.).

опускается на  $100^{\circ}$  Цел. въ нѣкоторый промежутокъ времени, заключающійся между 700 лѣтъ и 700,000 лѣтъ.

Какъ же тогда нужно намъ смотрѣть на такія геологическія оцѣнки, какъ 300,000,000 лѣтъ для «обнаженія Вельда»?<sup>1)</sup>. Какое же предположеніе вѣроятнѣе: то ли, что отличіе физическихъ условій матеріи солнца отъ условій матеріи въ нашихъ лабораторіяхъ въ 1,000 разъ больше того отличія, предположить которое заставляетъ насъ механика; или то, что бурное море, имѣющее, можетъ быть, такіе же крайне буйные приливы, какіе бываютъ въ каналѣ<sup>2)</sup>, захватываетъ утесистый мѣловой берегъ въ 1,000 разъ быстрѣе, чѣмъ происходитъ это по расчету Дарвина,—по одному дюйму въ столѣтіе?

<sup>1)</sup> Именемъ Вельда [Weald] обозначаются въ геологии мѣловыя формациіи, называющіяся такъ по имени мѣстности Вельденъ [Wealden], въ Суссексѣ [Sussex]. Здѣсь, понятно, идетъ рѣчь только о тѣхъ формацияхъ, которыя встречаются въ этомъ именно графствѣ.

(Прим. перев.).

<sup>2)</sup> With possibly channel tides,—по всей вѣроятности Томсонъ говорить здѣсь о Ла-Маншѣ.

(Прим. перев.).

## ЧАСТЬ II.

### О настоящей температурѣ солнца.

У поверхности солнца его температура не можетъ,—и мы имѣемъ много причинъ признавать это,—быть несравненно выше температуръ, искусственно достигаемыхъ въ нашихъ земныхъ лабораторіяхъ.

Среди другихъ причинъ можно упомянуть, что солнце излучаетъ изъ себя тепло съ каждого квадратного фута своей поверхности въ размѣрѣ только около 7,000 лошадиныхъ силъ<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Одна лошадиная сила въ механикѣ есть техническое выражение (основанное на определеніяхъ Уатта), употребляемое для обозначенія та-кої скорости работы, при которой вырабатывается энергія со скоростью 33,000 фунто-футовъ въ минуту. Этой работы, согласно определенію Джуллемъ механическаго эквивалента тепла, было бы, если бы она полностю затрачивалась на нагреваніе, достаточно, чтобы повышать температуру  $23\frac{3}{4}$  фунтовъ воды на  $1^{\circ}$  Цел. въ минуту<sup>2)</sup>.

(Прим. автора).

<sup>2)</sup> Русская лошадиная сила (15 пудо-футовъ или 600 фунто-футовъ въ секунду) нѣсколько меньше той „horse-power“ Уатта, о которой здѣсь говорится, потому что англійскій фунтъ=1·1076 русскаго фунта, а слѣдовательно, и horsepower=550 англійскихъ фунто-футовъ въ секунду=609·18 русскихъ фунто-футовъ въ секунду=1·0153 русской лошадиной силы=76 килограммо-метровъ въ секунду. Затраченная на нагреваніе, она повышаетъ въ одну минуту температуру 10·8 килограммовъ на воды  $1^{\circ}$  Ц.

Замѣтимъ, что, если принять болѣе высокія данныя Лэнглэя и Ангстрома для солнечной постоянной, то для солнечнаго лучеиспусканія получается не 75,400 лошадиныхъ силъ на квадратный метръ (=7,000 силъ на квадратный футъ), а 104,000 и 171,000 силъ.

(Прим. перев.).

Уголь, сгорая со скоростью, нѣсколько менышею одного фунта въ двѣ секунды, породилъ бы такое же количество тепла; а найдено (Ренкинъ, Лучшіе двигатели [Prime Movers], стр. 285, изд. 1852 г.), что въ печахъ паровозовъ уголь сгораетъ со скоростью отъ одного фунта въ тридцать секундъ до одного фунта въ девяносто секундъ на каждый квадратный футъ решетки<sup>1)</sup>. Отсюда, тепло излучается солнцемъ со скоростью не болѣе, чѣмъ отъ пятнадцати до сорока пяти разъ, большей, чѣмъ та, съ которою порождается тепло на решеткахъ печи локомотива,—если произвести расчетъ на одинаковую площадь<sup>2)</sup>.

Внутренняя температура солнца, вѣроятно, много выше, чѣмъ температура у его поверхности, потому что непосредственная теплопроводность не можетъ играть замѣтной роли въ переносѣ тепла между внутренней и вѣщней частью его массы и должно существовать приблизительное конвективное равновѣсіе тепла во всей массѣ, если вся масса жидкая. Это значитъ, что температуры, на различныхъ разстояніяхъ отъ центра, должны быть приблизительно равны тѣмъ, которыя приобрѣла бы вслѣдствіе расширенія безъ потери или прибыли тепла любая часть вещества, при перенесеніи отъ центра къ поверхности.

<sup>1)</sup> При расчетѣ на квадратный метръ поверхности солнца и решетку получается менѣе 4·9 килограммовъ угля въ 2, 30 и 90 секундъ.

(Прим. перев.).

<sup>2)</sup> Если принять не число Пулье, а число Лэнглэя или Ангстрома, то получается скорость, не въ 15—45, а въ 26—78 и въ 34—102 раза большая.

(Прим. перев.).

ны въ прошедшія времена, должны были дать солнцу количество тепла, вполнѣ достаточное для того, чтобы можно было объяснить все то, что мы знаемъ о прошедшемъ излученіи солнца и настоящей его температурѣ.

Въ данную минуту не представляется необходимости входить подробно въ детали, касающіяся метеорной теоріи, которая, кажется, впервые была предложена въ опредѣленной формѣ Майеромъ и потомъ, независимо, Ватерстономъ,—или въ детали, касающіяся видоизмѣненной гипотезы метеорныхъ вихрей, которая, какъ показалъ авторъ настоящей статьи, необходима для того, чтобы длина года, какъ она известна за послѣдніе 2,000 лѣтъ, могла не измѣниться замѣтно вслѣдствіе тѣхъ приростовъ, которые масса солнца должна была получать втечение этого периода, еслибы тепло, излучаемое отъ него, всегда пополнялось тепломъ, порождаемымъ метеорнымъ потокомъ.

Вслѣдствіе причинъ, упомянутыхъ въ первой части настоящей статьи, мы можемъ теперь признать, что всѣ теоріи полнаго или почти полнаго современного метеорного пополненія тепла должны быть откинуты; но мы тѣмъ не менѣе можемъ придерживаться того мнѣнія, что

*«Не только доказано, что... метеорное дѣйствіе... существуетъ, какъ причина солнечного тепла, но это—единственная изъ всѣхъ постижимыхъ причинъ, въ существованіи которыхъ мы убеждаемся изъ независимыхъ доказательствъ<sup>1)</sup>.*

Тотъ видъ метеорной теоріи, который кажется теперь наиболѣе вѣроятнымъ и который былъ впервые разобранъ на основаніи истинныхъ принциповъ термодинамики Гельмгольцемъ<sup>2)</sup>, состоитъ въ предположеніи, что солнце и его тепло произошли отъ соединенія менѣе значительныхъ тѣлъ, упавшихъ другъ на друга вслѣдствіе взаимнаго тяготѣнія и породившихъ, какъ они и должны были сдѣлать это согласно съ великимъ зако-

<sup>1)</sup> „Механическія energіи солнечной системы“. Смотри примѣчаніе 1 на стр. 245. (Прим. автора).

<sup>2)</sup> Популярная лекція, прочтеная 1-го февраля 1854 г. въ Кенигсбергѣ по случаю чествованія памяти Канта<sup>3)</sup>. (Прим. автора).

<sup>3)</sup> Munch. gel. Anz., 41, 2, стр. 59—61. (Прим. перев.).

### ЧАСТЬ III.

#### О происхожденіи и общей суммѣ солнечного тепла.

Если принимать, по причинамъ, выше указаннымъ, что солнце есть накаленное добѣла жидкое тѣло, теряющее тепль тепло, то естественно приходитъ въ голову вопросъ «Откуда произошло это тепло?» Достовѣрно, что оно не могло существовать въ солнцѣ втечение безконечно-большаго прошедшаго времени, таѣтъ какъ оно все время, пока солнце существовало такимъ образомъ, должно было испытывать разсѣяніе, а конечность солнца исключаетъ возможность предположенія существованія безконечно-большаго первоначального запаса тепла въ этомъ тѣлѣ.

Поэтому, или солнце верховнымъ повелѣніемъ должно было быть создано, какъ активный источникъ тепла, въ нѣкоторое время не неизмѣримой древности; или же тепло, которое оно уже излучило изъ себя и которымъ оно до сихъ поръ обладаетъ, должно было быть приобрѣто вслѣдствіе нѣкоторыхъ естественныхъ процессовъ, подчиняющихся неизмѣнно установленнымъ законамъ. Не объявляя первого предположенія такимъ, которому нельзѧ было бы, по существу его, вѣрить, мы можемъ спокойно сказать, что оно въ высшей степени невѣроятно, если мы сможемъ показать, что другое предположеніе не противорѣчить извѣстнымъ физическимъ законамъ. А мы дѣйствительно можемъ показать это, обративъ только вниманіе на нѣкоторыя явленія, которыя продолжаются на нашихъ глазахъ въ настоящее время и которыя, если они были достаточно изобиль-

номъ, доказаннымъ Джулемъ, точный тепловой эквивалентъ движения, потеряного при соудареніи<sup>1)</sup>.

Въ томъ, что какой нибудь видъ метеорной теоріи представляеть собой, навѣрное, истинное и полное объясненіе солнечного тепла, врядъ ли можно сомнѣваться, если принять во вниманіе слѣдующія причины:

(1). Нельзя допустить никакого другого естественного объясненія, за исключениемъ объясненія химическимъ дѣйствіемъ.

(2). Химическая теорія вполнѣ неудовлетворительна, потому что, если бы наиболѣе энергичное химическое дѣйствіе, какое мы знаемъ, произошло между веществами, размѣры которыхъ доходили бы до массы цѣлаго солнца, то оно породило бы количество тепла, достаточное для излученія его втечение только около 3,000 лѣтъ<sup>2)</sup>.

(3). Не представляетъ никакого затрудненія объяснить метеорной теоріей получение тепла, достаточного на 20,000,000 лѣтъ.

Чтобы объяснить вполнѣ тѣ принципы, на которыхъ основана эта послѣдняя оцѣнка, пришлось бы слишкомъ растянуть настоящую статью и потребовалось бы ввести нѣкоторыя математическія вычисленія. Достаточно сказать, что тѣла, каждое изъ которыхъ много меньше солнца, падая другъ на друга изъ состоянія относительного покоя со взаимныхъ разстояній, которыя всѣ велики по сравненію съ ихъ діаметрами, и образуя шаръ однородной плотности, равный по массѣ и по діаметру солнцу, породили бы такое количество тепла, что, если точно вычислить его на основаніи принциповъ Джуля и опытныхъ данныхъ, то оно оказывается какъ разъ въ 20,000,000 разъ больше годового размѣра солнечного излученія по опредѣленію Пулье. Плотность солнца должна, по всѣмъ вѣроятнѣямъ, очень сильно увеличиваться по направленію къ его центру и потому нужно предполагать, что значительно большее количество тепла, чѣмъ это, было бы порождено, если бы вся его масса образовалась

<sup>1)</sup> См. слѣдующую статью „О солнечномъ теплѣ“, гдѣ этотъ вопросъ разбирается подробнѣе.  
*(Прим. перев.).*

<sup>2)</sup> „Механическая энергія солнечной системы“. Смотри примѣчаніе 1 на стр. 245.  
*(Прим. автора).*

изъ соединенія сравнительно небольшихъ тѣлъ. Съ другой стороны, мы не знаемъ, сколько тепла могло быть разсѣяно на сопротивленіе и болѣе мелкія столкновенія до окончательнаго соединенія; но есть причины предполагать, что даже самое быстрое соединеніе, какое мы можемъ представить себѣ имѣвшимъ, вѣроятно, мѣсто, могло оставить этому законченному шару только приблизительно половину всего того тепла, которое произошло на счетъ потерянной потенціальной энергіи взаимнаго тяготѣнія. Мы можемъ, поэтому, принять за наименьшую оцѣнку начального тепла солнца взятый 10,000,000 разъ годовой расходъ тепла при настоящей скорости потери его, а вслѣдствіе большей плотности солнца въ его центральныхъ частяхъ мы можемъ за возможную оцѣнку принять отъ 50,000,000 до 100,000,000 разъ большее количество, чѣмъ то, которое ежегодно имъ излучается<sup>1)</sup>.

Въ этой статьѣ, выше приведенные разсужденія, относительно возможной теплоемкости, скорости охлажденія и температуры солнца, дѣлаютъ вѣроятнымъ, что миллионъ лѣтъ тому назадъ оно было очень замѣтно теплѣе, чѣмъ теперь; и, слѣдовательно, если оно существуетъ, какъ свѣтило, десять или двадцать миллионовъ лѣтъ, то оно должно было излучить изъ себя количество тепла, значительно большее, чѣмъ увеличенный въ это число разъ настоящій годовой размѣръ потери тепла.

Поэтому, въ концѣ концовъ, кажется наиболѣе вѣроятнымъ, что солнце не освѣщаетъ земли 100,000,000 лѣтъ, и почти достовѣрнымъ, что оно не освѣщаетъ ея 500,000,000 лѣтъ. Чѣмъ же касается до будущаго, то мы, съ одинаковой достовѣрностью, можемъ сказать, что обитатели земли не будутъ въ состояніи еще много миллионовъ лѣтъ продолжать наслаждаться свѣтомъ и тепломъ, существенно необходимыми для ихъ жизни, если только въ великихъ кладезяхъ мірозданія не запасены еще неизвѣстные намъ источники ихъ.

<sup>1)</sup> Принимая числа Лэнглэя или Ангстрёма, мы получимъ не 10, 50 и 100 миллионовъ, а 6, 30 и 60 или 4, 20 и 40 миллионовъ.  
*(Прим. перев.).*