

С. ТОМПСОНЪ

# ДОБЫВАНІЕ СВѢТА



<http://mathesis.ru>



П. ЛАКУРЪ  
и  
Я. АППЕЛЬ.

# ИСТОРИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Переводъ  
съ  
нѣмецкаго

подъ ред. „Вѣстника Опытной Физики и Элементарной Математики“.

Въ 2-хъ томахъ большого формата, 380 стр. 379 рисунками  
и 6 отдѣльными таблицами. Цѣна 7 р. 50 к.

**СОДЕРЖАНІЕ I ТОМА.** §§ 1—74. МІРОЗДАНІЕ. Свѣдѣнія и открытія до 1630 г. §§ 75—114. СВѢТЪ. Отъ древнѣйшихъ временъ до Ньютона. §§ 115—270. СИЛА. §§ 271—333. МІРОЗДАНІЕ. Свѣдѣнія и открытія послѣ 1630 года. §§ 334—377. ЗВУКЪ. §§ 378—420. ПРИРОДА СВѢТА. §§ 421—441. СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗЪ.

**СОДЕРЖАНІЕ II ТОМА.** §§ 1—189. ТЕПЛОТА. §§ 190—250. МАГНИТИЗМЪ. §§ 251—303. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ДО 1790 года. §§ 304—408. ЭЛЕКТРИЧЕСКІЙ ТОКЪ. §§ 409—455. ПОГОДА.

*Опредѣленіемъ Основного отдѣла Учен. Ком. Мин. Нар. Пр. выпускъ I признанъ заслуживающимъ вниманія при пополненіи ученическихъ библиотекъ среднихъ учебныхъ заведеній.*

## Изъ отзывовъ объ „Исторической Физикѣ“.

„Нельзя не привѣтствовать этого интереснаго изданія... Книга читается легко; содержитъ весьма удачно подобранный матеріалъ и обильно снабжена хорошо выполненными рисунками. Переводъ никакихъ замѣчаній не вызываетъ... Проф. О. Хвольсонъ.

„Въ изложеніи историческія свѣдѣнія по какому-либо вопросу очень удачно переплетаются съ новѣйшими: мѣстами даются примѣры и вопросы для упражненія. Русскій переводъ книги производитъ хорошее впечатлѣніе... мѣсто книги—во всякой благоустроенной учительской и ученической библиотекѣ. Свообразная прелесть историческаго изложенія, думается мнѣ, можетъ способствовать возбужденію интереса къ физикѣ въ тѣхъ учащихся, у которыхъ преобладаетъ склонность ко всему „историческому“ и которымъ нерѣдко физика представляется предметомъ чуждымъ и труднымъ. Кромѣ того, „Историческая физика“ можетъ доставить очень пригодное чтеніе взрослымъ, которые полагаютъ бы возобновить и освѣтить забытыя или плохо усвоенныя свѣдѣнія по физикѣ. Нечего и говорить, что для преподаванія физики она доставляетъ превосходный матеріалъ, и что она можетъ быть даваема для чтенія, при содѣйствіи преподавателя, въ руки учащихся“.

*Педагогическій Сборникъ.*

Н. Дрентельнъ.

„Разказы изъ жизни главнѣйшихъ двигателей наукъ подводятъ начинающаго читателя къ пониманію великости научной работы и помогаютъ приблизиться къ истинному смыслу ея результатовъ, такъ какъ заставляютъ слѣдить за ихъ возникновеніемъ. Книга издается тщательно и украшена многочисленными иллюстраціями“.

*Вопросы Физики.*

Главный складъ изданія „МАТЕЗИСЪ“: Одесса, ул. Новосельскаго 66.



<http://mathesis.ru>



<http://mathesis.ru>



# ДОБЫВАНИЕ СВѢТА

<http://mathesis.ru>







Сильванусъ Томпсонъ.

---

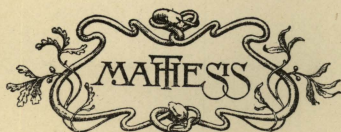
# ДОБЫВАНІЕ СВѢТА

Лекція, прочитанная въ Общемъ Собраніи Британской  
Ассоціаціи 1906

Переводъ съ англійскаго.

---

Съ 28 рисунками



ОДЕССА 1909.

<http://mathesis.ru>

Тип. М. Шпенцера, ул. Новосельского, 66.



## СОДЕРЖАНІЕ

	<i>стр.</i>
Первобытные источники свѣта . . . . .	1
Изобрѣтеніе газоваго освѣщенія . . . . .	3
Изобрѣтеніе электрическаго освѣщенія . . . . .	4
Накаленность вообще . . . . .	6
Твердыя частицы при накаленности . . . . .	7
Накаливаніе электричествомъ . . . . .	11
Луминисценція или свѣченіе . . . . .	13
Свѣтовая полезность . . . . .	16
Фотометрія . . . . .	17
Фотометръ . . . . .	20
Неравномѣрность распредѣленія свѣта . . . . .	23
Неоднородность свѣта . . . . .	30
Чему насъ учить спектръ . . . . .	32
Спектры раскаленныхъ твердыхъ тѣлъ и паровъ . . . . .	34
Чувствительность глаза къ лучамъ различныхъ длинъ волнъ . . . . .	36
Поглощеніе и излученіе . . . . .	41
Измѣреніе излученія . . . . .	43
Неэкономность обыкновенныхъ источниковъ свѣта . . . . .	46
Свѣтъ свѣтляка . . . . .	48
Температура и качество излученій . . . . .	51
Излученіе рѣдкихъ земель . . . . .	57
Газокалильное освѣщеніе . . . . .	58
Изслѣдованія Рубенса . . . . .	61

	<i>стр.</i>
Газокалильное освѣщеніе высокаго давленія . . . . .	63
Свѣтовая полезность лампъ накаливанія . . . . .	66
Новые сорта лампъ накаливанія . . . . .	70
Новые виды дуговыхъ лампъ . . . . .	72
Электрическая ртутная лампа . . . . .	76
Сравненіе электрическихъ лампъ . . . . .	78
Стоимость добыванія свѣта . . . . .	79
Самая дешевая форма свѣта . . . . .	83
Будущій прогрессъ . . . . .	84
Радіевая лампа . . . . .	87
Солнечный свѣтъ въ концѣ концовъ . . . . .	88

---



## ДОБЫВАНІЕ СВѢТА

---

**Первобытные источники свѣта.** Уже на зарѣ первобытной цивилизаціи одною изъ потребностей человѣка былъ искусственный свѣтъ, разсѣивавшій тьму, которая окутывала его, когда солнце лишало его своихъ лучей. Дикарь, придумавшій огневое сверло и добывшій искру треніемъ двухъ кусковъ дерева, этимъ не только открылъ средство для согрѣванія себя и для варки своей пищи, но и добылъ себѣ освѣщеніе. Еще будучи пещернымъ жителемъ, первобытный человѣкъ открылъ, что животные жиры и масла могутъ горѣть; положивъ кусокъ сухого дерева или пучокъ травы въ раковину или въ пустой черепъ, наполненный масломъ, онъ смастерилъ простѣйшую лампу. Домашнія лампы изъ глины и бронзы находятъ среди остатковъ египетскихъ гробницъ и при раскопкахъ въ Помпеяхъ. Норманны употребляли для этого грубо вытесанные камни. Въ музеяхъ римскихъ древностей можно видѣть грубо сработанныя лампы изъ обожженной глины, которыя наполнялись масломъ. Единственнымъ горючимъ матеріаломъ были рыбы жиры и животныя масла. Въ теченіе

нѣсколькихъ столѣтій процвѣталъ промыселъ добыванія китовой ворвани, доставлявшій благоденствіе морскимъ портамъ Витби и Гуллю. Растительныя масла, выжимаемыя изъ сѣмянъ, хотя и извѣстныя аптекарямъ, едвали употреблялись для освѣтительныхъ цѣлей до XVIII столѣтія; минеральныя масла, получаемыя изъ сланцеватой глины или изъ нефтяныхъ источниковъ, стали извѣстны лишь 80 лѣтъ тому назадъ; а изобрѣтеніе керосиновой лампы произошло уже при жизни большинства изъ насъ.

Первобытный человѣкъ открылъ также, что кусокъ сухого дерева или веревка изъ травы, обмокнутые въ растопленный жиръ, представляютъ превосходные факелы; а обмакивая высушенную камышинку въ расплавленное сало, онъ приготовилъ себѣ маленькую, удобную для переноса свѣчу. Введеніе же плетенаго фитиля и способъ отливать сало или воскъ вокругъ фитиля въ особой формѣ представляетъ усовершенствованіе, придуманное лишь сто съ небольшимъ лѣтъ тому назадъ. Еслибы мы вернулись къ днямъ доброй королевы Бессъ (Елизаветы), мы увидѣли бы, что способы освѣщенія какъ хижинъ, такъ и дворцовъ были въ высшей степени примитивны. Мы врядъ ли могли бы найти удовольствіе въ трескѣ тростниковыхъ свѣчъ, въ шумѣ и вони лампъ съ животнымъ масломъ.



**Изобрѣтеніе газоваго освѣщенія.** Въ самомъ началѣ XIX столѣтія въ наукѣ былъ сдѣланъ большой шагъ впередъ: былъ изобрѣтенъ свѣтильный газъ. Въ 1802 году Мёрдокъ (Murdoch) освѣтилъ мастерскія Сого (Soho<sup>1</sup>) газомъ, полученнымъ въ желѣзныхъ ретортахъ; а въ 1803 и 1804 годахъ Винзоръ (Winsor) демонстрировалъ въ Лондонскомъ Лицеумѣ систему проводки газа и взялъ патентъ на способъ очистки газа и примѣненія остаточныхъ продуктовъ: каменноугольной смолы и амміака. Въ 1808 году Мёрдокъ за свое приложеніе науки къ промышленности получилъ Румфордову медаль Королевскаго Общества. Въ 1810 году „Gas-light and Coke Co.“ (Компанія газоваго освѣщенія и кокса) получила концессию на освѣщеніе улицъ Лондона<sup>2</sup>).

Нѣсколько лѣтъ спустя газовое освѣщеніе началось и на европейскомъ континентѣ.

<sup>1</sup>) Знаменитыя механическія мастерскія Ватта и Бультона близъ Бирмингэма. *Прим. перев.*

<sup>2</sup>) Въ виду недавняго законодательства относительно обществъ электрической энергіи интересно отмѣтить условія, наложенныя въ 1810 году на первое газовое общество. Эти условія мы находимъ въ *Treatise on Gas-light* (4 изданіе, 1818, стр. 44) Аккума (Assim) въ слѣдующемъ видѣ:

„Права и привиллегіи, даруемыя этому Обществу, были очень ограничены и скромны. Лица, составляющія его, не имѣютъ никакихъ исключительныхъ монополій; ихъ концессія не запрещаетъ никому другому конкурировать съ ними. Кругъ ихъ операций ограниченъ метрополіей, гдѣ они обзаны

**Изобрѣтеніе электрическаго освѣщенія.** Начало электрическому освѣщенію такъ же, какъ и приложенію науки къ промышленности въ области производства газа для освѣщенія, было положено въ Англіи. Гёмфри Дэви (Humphrey Davy) въ 1801 или въ 1802 году демонстрировалъ на эстрадѣ Королевскаго Института вольтову дугу между угольными полюсами, пользуясь батареей въ 150 паръ пластинокъ; а тридцать лѣтъ спустя Фарадэй (Faraday) открылъ принципъ динамомашины, при помощи которыхъ требуемые токи можно производить механическимъ путемъ<sup>3)</sup>. Что же касается

поставлять не только лучшее и болѣе яркое освѣщеніе тѣхъ улицъ и приходовъ, которые пожелали бы освѣщаться газомъ, но и по болѣе дешевой цѣнѣ, чѣмъ стоило бы освѣщеніе тѣхъ же улицъ масломъ по обычному способу. Общество не имѣетъ права торговать приборами для производства или проведенія газа въ частные дома; его капиталъ не долженъ превышать 200000 фун. стерлинг. (около 2000000 руб.) и Его Величество имѣетъ право уничтожить силу привиллегій Общества, если оно не выполнитъ своихъ условій“.

<sup>3)</sup> Слѣдуетъ замѣтить, что улучшенія какъ углей, такъ и генераторныхъ машинъ были сдѣланы во Франціи такъ же, какъ и въ Англіи. Но первой механической дуговой лампой была лампа Стэта (Staite) въ 1847 году; батареями пользовались для электрическаго освѣщенія Лондонскаго Моста въ 1863 году по случаю бракосочетанія короля Эдуарда VII, тогда еще принца Уэльскаго, а динамомашины пошли въ ходъ, когда въ семидесятыхъ годахъ было введено электрическое освѣщеніе на маякахъ и во флотѣ.



электрическихъ лампъ накаливанія, то Гровъ (Grove) въ 1847 году освѣтилъ Лондонскій Институтъ посредствомъ маленькихъ лампочекъ съ платиновыми проволочками; а пробная лампочка Свана (Swan) съ угольными нитями была въ 1879 г. родоначальницей всѣхъ современныхъ лампъ накаливанія.

То обстоятельство, что электрическая искра или разрядъ можетъ произвести свѣтъ, было извѣстно еще задолго до временъ Дэви, такъ какъ Отто Герике (O. v. Guericke) впервые наблюдалъ электрическія искры около 1670 г. Гауксби (Hawkesbee) въ 1706 году замѣтилъ, что электрическій разрядъ, пропущенный черезъ сосудъ съ разрѣженнымъ воздухомъ, наполняетъ его мягкимъ свѣтящимся сіяніемъ. Епископъ Ватсонъ (Watson), пользуясь перевернутой U-образной трубкой двойного барометра лорда Чарльза Кавендиша (Cavendish), получилъ весьма красивую дугу мерцающаго свѣта. Источникомъ электричества была, конечно, устарѣлая теперь машина съ треніемъ, такъ какъ это было въ 1746 году. Но еслибы мы повторили этотъ опытъ теперь, пользуясь токомъ современной электрической станціи, мы бы получили прекрасную лампу. Лишь въ срединѣ XIX столѣтія докторъ Гейсслеръ (Geissler) распространилъ трубку съ разрѣженнымъ газомъ, въ которой газъ становится свѣтящимся подъ вліяніемъ рядовъ индукціонной катушки.

Въ этомъ весьма краткомъ перечнѣ мы разсмотрѣли первыя попытки добыванія свѣта при помощи пламени или электрическаго тока.

Позвольте обратить ваше вниманіе на то обстоятельство, что во всѣхъ этихъ попыткахъ (за исключеніемъ трубки съ разрѣженнымъ газомъ или лампы съ парами) свѣтъ является результатомъ накалиннаго состоянія. Общій всѣмъ имъ процессъ состоитъ въ томъ, что какое-нибудь тѣло становится очень горячимъ и свѣтитъ исключительно потому, что оно очень горячо. Другими словами, имѣемъ ли мы дѣло съ пламенемъ или съ электрическимъ токомъ, прежде всего производится теплота, а затѣмъ ужъ тѣло, въ которомъ теплота концентрируется, становится свѣтящимся и въ видѣ вторичнаго эффекта даетъ свѣтъ.

**Накаленность вообще.** Въ виду того, что въ большей части моей лекціи я буду имѣть дѣло съ накаленностью, не мѣшаетъ попытаться хорошенько разобраться въ этомъ, поскольку это возможно здѣсь. Накаленность есть свѣченіе нагрѣтаго тѣла въ силу его высокой температуры. Всѣ мы знаемъ, что, если достаточно сильно нагрѣть твердое тѣло, напримѣръ, желѣзный пруть или кирпичъ, то оно раскаляется докрасна, т. е. начинаетъ испускать или излучать красный свѣтъ. Если нагрѣть его еще сильнѣе, оно свѣтитъ ярче и даетъ не только больше, но и болѣе бѣлый



свѣтъ. Если же нагрѣть менѣе сильно, то его свѣтъ будетъ темнѣе и краснѣе; и даже при нагрѣваніи, недостаточномъ для раскаленности докрасна, тѣло все же испускаетъ лучи; эти лучи уже невидимы, но ихъ можно почувствовать, какъ лучистую теплоту, если близко поднести руку къ нагрѣтому тѣлу. Всякое горячее тѣло испускаетъ въ окружающее пространство эти невидимые тепловые лучи и, чѣмъ оно горячѣе, тѣмъ больше оно ихъ испускаетъ. Такимъ образомъ, во всѣхъ случаяхъ свѣченія при накаленности накаленное вещество посылаетъ вовнѣ значительное количество тепла и нѣкоторое количество свѣта. Какъ мы увидимъ, одной изъ насущныхъ научныхъ проблемъ является изобрѣтеніе такой лампы, которая бы давала свѣтъ безъ теплоты. Всѣ наши источники искусственнаго свѣта безразсудно расточительны. Они сжигаютъ массу газа или масла или же потребляютъ электрической токъ и бѣольшую часть ихъ тратятъ на испусканіе тепловыхъ лучей, въ которыхъ мы не нуждаемся, лишь небольшую долю утилизируя на производство нужныхъ намъ свѣтовыхъ лучей.

**Твердыя частицы при накаленности.** Мы указывали, что всѣ твердыя тѣла, будучи достаточно нагрѣты, становятся накаленными. Яркость пламени, какъ мы увидимъ, обусловливается присутствіемъ въ немъ твердыхъ частичекъ. Если вы

возьмете пламя, въ которомъ нѣтъ твердыхъ частичекъ, то это пламя будетъ давать очень мало свѣта, — говоря практически, оно вовсе не будетъ свѣтить. Но если ввести въ такое пламя твердое огнеупорное вещество, напримѣръ, известь, магнезію, проволоку изъ какого-нибудь тугоплавкаго металла (какъ платина) или, наконецъ, всыпать въ пламя мелкія твердыя частицы, то твердое вещество, введенное такимъ образомъ, будетъ ярко свѣтить, хотя оно не горячѣе, чѣмъ само пламя. Вамъ всѣмъ извѣстно голубоватое пламя воздушной газовой горѣлки, названной Бунзеновскою по имени знаменитаго химика, введшаго ее въ употребленіе. Это пламя даетъ очень мало свѣта, но оно очень горячо благодаря совершенству сгорания смѣси газа и воздуха. Если закрыть отверстія, черезъ которыя воздухъ входитъ въ горѣлку, то пламя сразу становится яркимъ и коптящимъ. Въ дѣйствительности теперь оно имѣетъ менѣе высокую температуру, такъ какъ — и это доказываетъ появленіе копоти — газъ теперь сгораетъ не вполне. Но сейчасъ оно ярче по той причинѣ, что теперь мельчайшія частицы твердой сажи, попадая въ пламя, нагрѣваются до краснаго или даже до бѣлаго каленія и свѣтятъ. Впустите въ отверстія горѣлки воздухъ — и пламя сразу становится попрежнему безсвѣтнымъ. Но теперь оно горячѣе свѣтлаго пламени, какъ ясно доказываетъ то об-



стоятельство, что безцвѣтное пламя плавить нѣкоторыя тѣла, напримѣръ, очень тонкую платиновую проволоку, чего не можетъ сдѣлать свѣтящееся пламя.

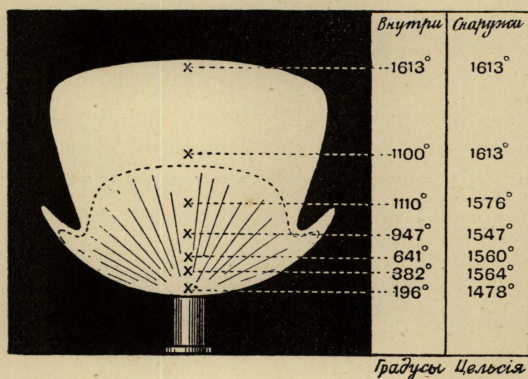
Всякому случалось наблюдать, что пламя обыкновенной свѣчи или обыкновеннаго газоваго рожка не во всѣхъ своихъ частяхъ одинаково ярко; въ немъ всегда имѣется синеватая, почти не свѣтящаяся часть внизу подѣ свѣтлой частью. Въ этой не свѣтящейся части воздухъ, подходящій снизу, свободно соединяется съ водородомъ (болѣе легкой составной частью углеводородныхъ паровъ) и нагрѣваетъ внутреннюю часть пламени. Изслѣдованія пламени, сдѣланныя профессоромъ Смитгелльсомъ (Smithells) въ Лидсѣ — главнымъ авторитетомъ по вопросу о свойствахъ пламени — показали, что плоское газовое пламя состоитъ изъ двухъ плоскихъ горячихъ поверхностей съ болѣе холоднымъ слоемъ газа между ними. Рис. I изображаетъ пламя обыкновеннаго газоваго рожка<sup>1)</sup>; сбоку отмѣчены температуры, которыя Смитгелльсъ нашелъ въ различныхъ точкахъ, указанныхъ на рисункѣ. Яркость верхней части газоваго пламени обусловлена присутствіемъ частицъ угля, образующихся въ нижней части.

Когда было установлено, что яркость пламени обуславливается излученіемъ отъ твердаго

<sup>1)</sup> Англичане такую форму пламени уподобляютъ крыльямъ летучей мыши (batswing burner). *Прим. перев.*

вещества, то само собою явилась мысль попытаться получить больше свѣта отъ газа, заставляя его сгорать возможно горячимъ пламенемъ, т. е. не-свѣтящимся, и вводя въ такое пламя сѣтку изъ тонкой проволоки. Дѣйствительно, тридцать лѣтъ тому назадъ и попытались примѣнить колпачки изъ

Рис. 1.



Температура въ пламени газоваго рожка (Смитгельсъ).

проволочной сѣтки. Горюдь Нантъ былъ освѣщенъ такими горѣлками, но онѣ оказались неудачными по своей недолговѣчности.

Въ своихъ увлекательныхъ лекціяхъ о Химіи Свѣчи Фарадѣй описываетъ рядъ простыхъ опытовъ относительно образованія пламени; онъ рассказываетъ, какъ растопленный воскъ или сало,



подымаясь по свѣтильнѣ, перегоняется въ газъ, который горитъ, давая пламя. Всякое пламя въ дѣйствительности есть газовое пламя, причемъ нижняя часть пламени и свѣтильня играютъ роль миниатюрнаго газоваго завода, въ которомъ вмѣсто угля перегоняется сало или воскъ. Мы можемъ теперь прибавить къ этому, что всякое свѣтящееся пламя также походить и на пламя газозакалильной горѣлки, такъ какъ, хотя въ немъ нѣтъ сѣтки для накаливанія, но въ немъ есть твердыя частицы, испускающія свѣтъ. Друммондовъ свѣтъ представляетъ приложеніе принципа накаленности; употребляемое въ немъ пламя гремучаго газа не свѣтитъ, но зато становится ослѣпительно раскаленнымъ кусокъ извести, на который оно направлено.

**Накаливаніе электричествомъ.** Обращаясь къ накаливанію электричествомъ, мы должны вспомнить, что всякій разъ, какъ электрическій токъ пропускается черезъ проводникъ извѣстнаго сопротивленія — сдѣланный изъ какого-нибудь вещества, представляющаго сопротивленіе, или изъ проволоки сравнительно малаго сѣченія —, энергія, затрата которой заставляетъ токъ проходить черезъ проводникъ, преобразуется въ теплоту и эта теплота развивается именно въ томъ мѣстѣ, гдѣ токъ встрѣчаетъ сопротивленіе. Если сдѣлать цѣпь изъ колець попеременно желѣзной и мѣдной про-

волоки (хорошо спаянныхъ) и пропустить черезъ нее токъ, то желѣзныя звенья раскалятся докрасна, такъ какъ они представляютъ бѣльшее сопротивление, чѣмъ мѣдныя. При этомъ нагреваніи электрическимъ токомъ сгораніе совершенно не имѣетъ мѣста. Тонкія угольныя нити внутри обыкновенныхъ лампочекъ накаливанія не сгораютъ. Онѣ только нагреваются изнутри токомъ, проходящимъ черезъ угольную нить высокаго сопротивления; а свѣтитъ она только потому, что горяча. И чтобы она не могла сгорѣть, изъ стеклянной груши, въ которой она помѣщена, выкачивается воздухъ. Въ дуговой лампѣ два толстыхъ угольныхъ стержня, соединенныхъ съ электрическими проводами, на мгновеніе приводятся въ соприкосновеніе и затѣмъ удаляются другъ отъ друга приблизительно на  $\frac{1}{8}$  дюйма. Токъ образуетъ между концами углей особаго рода пламя, называемое *дугой*, а эти концы, въ особенности конецъ положительнаго угля, нагреваются до бѣлаго каленія. Дуга представляетъ собой пламя чрезвычайно высокой температуры; но это не такого рода пламя, которое бы горѣло само собой. Оно горитъ лишь до тѣхъ поръ, пока въ него накачивается электрическая энергія. Если прекратить электрический токъ, то сейчасъ же потухнетъ и дуга. Концы углей даютъ свѣтъ благодаря своей накаленности, — другими словами, они свѣтятъ потому, что горячи. Въ



извѣстномъ смыслѣ дуговая и калильная лампы являются на самомъ дѣлѣ не электрическимъ свѣтомъ, а тепловымъ. Мы вызываемъ въ нихъ электрическимъ путемъ теплоту и угли свѣтятъ просто потому, что они нагрѣты. Эту дугу можно получить въ воздухѣ, въ атмосферѣ инертнаго газа или даже подъ водой, хотя тогда она становится очень неустойчивой. Если она получается въ воздухѣ, какъ въ обыкновенныхъ открытыхъ дуговыхъ лампахъ, то нѣкоторое сгораніе имѣетъ мѣсто; угольные концы медленно исчезаютъ. Но это сгораніе ничего не прибавляетъ къ яркости дуги.

**Луминисценція или свѣченіе.** До сихъ поръ мы имѣли дѣло съ добываніемъ свѣта при помощи накаливанія; здѣсь свѣтъ является слѣдствіемъ нагрѣванія. Спрашивается, нельзя ли получить какимъ-нибудь образомъ свѣтъ безъ теплоты? Въ природѣ несомнѣнно встрѣчаются примѣры свѣченія безъ теплоты. Правда, свѣтъ въ этихъ случаяхъ очень слабъ, но эти случаи существуютъ. Это прежде всего группа явленій, обозначаемыхъ общимъ именемъ *фосфоресценціи*. Въ темнотѣ часто можно наблюдать слабое свѣченіе гнилого дерева или гниющей рыбы. Въ лѣтнія ночи море часто фосфоресцируетъ и каждый ударъ весла образуетъ на водѣ рябь, которая кажется живой отъ безчисленныхъ блѣдно-голубыхъ искорокъ. Всѣмъ намъ извѣстенъ Ивановъ червячокъ съ его красивымъ

нѣжнымъ голубымъ сіяніемъ. Существуетъ болѣе рѣдкій свѣтлякъ, сверкающій крошечной звѣздочкой. Все это примѣры холоднаго свѣта. Затѣмъ слѣдуетъ отмѣтить искусственный блѣдный свѣтъ, испускаемый въ темнотѣ палочкой влажнаго фосфора, — примѣръ медленной химической реакціи. Сюда же относится группа искусственныхъ препаратовъ, изъ которыхъ наиболѣе извѣстна свѣтящаяся краска Балмэна (Balmain) и которые имѣютъ свойство свѣтиться въ темнотѣ въ теченіе нѣсколькихъ часовъ, если предварительно они были освѣщены дневнымъ свѣтомъ. Эта категорія холодныхъ источниковъ свѣта была сильно увеличена нѣсколько лѣтъ назадъ открытіями сэра Вилліама Крукса (Crookes) и другихъ относительно возможности свѣченія въ темнотѣ тѣлъ, подвергнутыхъ особаго рода излученію, названному *катодными лучами*, и тому подобнымъ, которыя вызываются электрическими разрядами въ трубкахъ съ разрѣженными газами. Такъ, на примѣръ, эти катодные лучи, падая на рубины, заставляютъ ихъ свѣтиться интенсивнымъ малиновымъ свѣтомъ, какъ будто рубины накалились до красна, тогда какъ на самомъ дѣлѣ они остаются совершенно холодными. Алмазь сіяетъ въ катодныхъ лучахъ, какъ блестящая бѣлая звѣзда; земные окислы, квасцы, окись иттрія и т. д. горятъ удивительнымъ свѣтомъ. Мы нуждаемся въ названіи, которое обнимало бы всѣ эти случаи



свѣта безъ теплоты, и ихъ окрестили именемъ люминисценціи или свѣченія.

Мы стоимъ передъ задачей добыванія свѣта; и мы видимъ теперь, что для этого существуетъ два различныхъ пути: одинъ прямой, другой косвенный. Въ прямомъ процессѣ, люминисценціи, энергія какого-либо рода преобразуется непосредственно въ свѣтъ. Въ косвенномъ процессѣ накаливанія мы употребляемъ либо энергію топлива, либо энергію электрическаго тока (который самъ косвенно производится при помощи топлива) для производства теплоты, а нагрѣтое тѣло въ дѣйствительности большую часть своей энергіи излучаетъ въ видѣ невидимой лучистой теплоты и только небольшую часть энергіи излучаетъ, какъ видимый свѣтъ. Дознано, что всѣ наши обыкновенныя лампы растрачиваютъ въ формѣ невидимыхъ излученій, т. е. теплоты, больше 99% энергіи, которую онѣ получаютъ, и меньше 1% своей энергіи возвращаютъ намъ въ видѣ свѣта. Подумайте же о важности проблемы, занимающей насъ! Человѣкъ, который выращивалъ бы два стебля травы тамъ, гдѣ раньше выращивался одинъ, былъ бы названъ благодѣтелемъ своего народа. Но въ дѣлѣ добыванія свѣта нашей дѣятельности открывается гораздо болѣе широкій просторъ: тотъ, кто изобрѣтетъ лампу, дающую свѣтъ безъ теплоты, сдѣлаетъ всѣ свои лампы въ сто разъ ярче нынѣшнихъ лампъ

или будетъ дѣлать столь же яркія лампы, какъ теперь, но при этомъ сбережетъ 99% той энергіи, которую теперь онъ расходуютъ попусту.

**Свѣтовая полезность.** Вамъ можетъ показаться невѣроятнымъ утверждение, будто всѣ наши обыкновенныя лампы — какъ газовыя и керосиновыя, такъ и электрическія — теряютъ болѣе 99% своей энергіи на производство теплоты. Вы не повѣрите, что ихъ свѣтовая полезность достигаетъ всего лишь 1%<sup>1)</sup>. Но въ этомъ не можетъ быть никакого сомнѣнія. Если наука есть измѣреніе, то постараемся понять, какъ производятся такія измѣренія.

Для начала обратимся къ нѣкоторымъ простымъ понятіямъ относительно измѣренія яркости свѣта.

---

<sup>1)</sup> Терминомъ: „свѣтовая полезность“ мы будемъ обозначать процентное отношеніе энергіи лучей, приходящихся на свѣтлую часть спектра, ко всей излучаемой энергіи. Ея величина является нѣсколько спорной, вѣроятно потому, что разные наблюдатели пользовались при ея опредѣленіи различными приборами. Раньше было опубликовано много опредѣленій, въ которыхъ различнымъ лампамъ приписывалось гораздо болѣе высокое полезное дѣйствіе. Такъ, въ сочиненіи профессора Флеминга (Fleming) объ электрическихъ лампахъ полезность нѣкоторыхъ лампъ оцѣнивается въ 3%, а одной изъ нихъ приписывается полезность даже около 15%. Въ настоящей лекціи приняты болѣе новыя числа профессора Веддинга (Wedding) въ Берлинѣ. Онъ пользовался специальнымъ болометромъ съ приспособленіями для различенія энер-



**Фотометрія.** Хотя нашъ глазъ можетъ указать, что одинъ изъ двухъ источниковъ свѣта ярче, чѣмъ другой, но онъ совершенно неспособенъ оцѣнить, во сколько разъ свѣтъ одного ярче свѣта другого. Очень простой приборъ позволить намъ, однако, познакомиться съ тѣми принципами, которыми пользуются для измѣренія относительныхъ количествъ свѣта, посылаемыхъ разными лампами. Прежде всего мы должны создать себѣ образецъ для сравненія. Въ теченіе многихъ лѣтъ узаконеннымъ образцомъ въ Англіи служила такъ называемая *нормальная свѣча*, т. е. спермацетовая свѣча, вѣсомъ въ одну шестую фунта и сжигающая 120 гранъ въ часъ. Но въ отчетахъ компании „Metropolitan Gas“ былъ принятъ вмѣсто нея въ

гій видимыхъ и невидимыхъ лучей. Веддингъ нашелъ, что свѣтовая полезность ни у одного источника свѣта, кромѣ вольтовой пламенной дуги, не достигаетъ одного процента. Съ другой стороны Менденголлъ (Mendenhall) находитъ для свѣтовой полезности обычной лампочки накаливанія около 2.6%, что по его же вычисленіямъ соотвѣтствуетъ температурѣ въ 2150° (абсолютныхъ), если нить излучаетъ, какъ черное тѣло. Для рѣшенія этого вопроса требуются болѣе точныя измѣренія, такъ какъ понятно, что два различныхъ источника могутъ затрачивать равныя доли своей энергіи на свѣтлые лучи и что, однако, если одинъ изъ нихъ излучаетъ преимущественно свѣтъ, соотвѣтствующій срединѣ видимаго спектра, а другой, одновременно съ желтыми и зелеными, много красныхъ и синихъ лучей, первый источникъ будетъ гораздо болѣе яркимъ.

качествѣ официальной единицы источникъ свѣта въ 10 разъ болѣе яркій и гораздо болѣе постоянный, называемый 10-свѣчевой пентановой лампой Вернонь-Гаркуръ (Vernon-Harcourt). Всѣ образцы силы свѣта съ пламенемъ не безупречны<sup>1)</sup>; и весьма вѣроятно, что въ скоромъ времени за образецъ будетъ принята специальная электрическая лампа накаливанія въ 10 свѣчей<sup>2)</sup>.

Старѣйшій приемъ для сравненія силы свѣта двухъ свѣчей или лампъ состоялъ въ томъ, что ихъ заставляли освѣщать два куска бѣлой бумаги, помѣщенныхъ рядомъ, съ непрозрачной перегородкой между ними, такъ что каждый источникъ

---

<sup>1)</sup> Пламя не годится для образца силы свѣта по той причинѣ, что его излученіе зависитъ отъ слишкомъ многихъ обстоятельствъ, какъ температура и давленіе окружающаго воздуха, количество водяныхъ паровъ въ немъ, а также чистота сгорающаго вещества и условія вступленія этого вещества въ пламя. Въ Германіи за образцовое пламя принята лампа Гефнера, въ которой сжигается амилацетатъ, причемъ пламя точно поддерживается на опредѣленной высотѣ. Свѣтъ этой единицы получилъ названіе „свѣчи Гефнера“ и равенъ 0.88 нормальной англійской свѣчи. Серьезный недостатокъ свѣчи Гефнера составляетъ ея рѣзко красный цвѣтъ.

<sup>2)</sup> Ср. проф. Флеминга „О фотометріи электрическихъ лампъ“. Лампа Флеминга можетъ быть взята за образецъ въ силу того, что она работаетъ всегда при довольно слабомъ накаливаніи и что она заключена въ довольно большую стеклянную оболочку. Но и ея свѣтъ имѣетъ слишкомъ красный оттѣнокъ.



свѣта освѣщаль только одну бѣлую поверхность; затѣмъ оба источника передвигали до тѣхъ поръ, пока, на оцѣнку глаза, яркость обѣихъ освѣщенныхъ поверхностей не дѣлалась одинаковой. Чтобы достигъ такого равенства, болѣе яркій источникъ свѣта нужно было отодвигать дальше отъ бѣлой поверхности. Такъ, напримѣръ, если при сравненіи свѣчи съ болѣе яркой керосиновой лампой свѣча помѣщена на разстояніи 1 фута отъ бѣлой поверхности, то, чтобы получить такое же освѣщеніе отъ лампы, ее придется помѣстить на разстояніи футовъ 3, 4 или 5. Если разсматривать свѣчу и лампу, какъ свѣтящіяся точки, то къ нимъ примѣнимъ хорошо извѣстный законъ, что дѣйствіе (эффектъ) того, что излучается точкой, измѣняется обратно пропорціонально квадрату разстоянія отъ нея. Поэтому, достигши равенства яркостей, мы вычисляемъ отношеніе квадратовъ разстояній. Такъ, если свѣча, находящаяся на разстояніи 1 фута, освѣщаетъ такъ же, какъ керосиновая лампа, отстоящая на 3 фута, то мы заключаемъ, что керосиновая лампа въ  $3 \times 3$ , т. е. въ 9 разъ, ярче свѣчи, другими словами — имѣетъ силу 9 свѣчей. Еслибы для достиженія равенства освѣщенія намъ пришлось отодвинуть ее на 4 фута, то мы знали бы, что она имѣетъ силу свѣта въ  $4 \times 4$ , т. е. въ 16 свѣчей.

Другой простой способъ сравненія яркостей

двухъ источниковъ заключался въ томъ, что передъ бѣлой поверхностью помѣщали палочку, отъ которой оба источника отбрасывали тѣнь. Болѣе яркій свѣтъ даетъ болѣе темную тѣнь. И тутъ болѣе яркій источникъ приходится отодвинуть на такое разстояніе, чтобы тѣни стали одинаково темными. Послѣ этого вычисленіе производятъ, какъ было только что указано<sup>1)</sup>.

**Фотометръ.** Всѣ такого рода приборы для измѣренія относительной яркости двухъ источниковъ свѣта называются *фотометрами*; и большинство современныхъ фотометровъ представляютъ собою очень точные приборы.

Чтобы имѣть возможность демонстрировать измѣреніе свѣта передъ большой аудиторіей, я воспользовался фотометромъ новаго рода (рис. 2 и 3). На уровнѣ доски стола передо мною находится узкая деревянная скамья около 30 футовъ длиною, вдоль которой могутъ перемѣщаться сравниваемые источники свѣта. Служащій образцомъ источникъ свѣта  $S_1$  помѣщенъ на одномъ концѣ

---

<sup>1)</sup> Наиболѣе употребительными являются фотометры Фуко (Foucault), Бунзена, Летгаби (Lethaby), Л. Вебера (Weber), Джоли (Joly), Свана и Луммера-Бродгуна (Lummer-Brodhun). Послѣдній является точнымъ приборомъ, болѣе совершеннымъ, чѣмъ фотометръ Бунзена съ жирнымъ пятномъ. Для сравненія источниковъ свѣта различной окраски предпочитаютъ „мигающіе“ фотометры Руда (Rood) или Симманса-Абади (Simmanse-Abady).



этой скамьи; источникъ свѣта  $S_2$ , силу котораго требуется измѣрить, помѣщается на другомъ ея концѣ. Между ними находятся два плоскихъ стеклянныхъ зеркала  $M_1$  и  $M_2$ , каждое подъ угломъ въ  $45^\circ$  къ длинной сторонѣ скамьи, такъ что лучи

Рис 2.

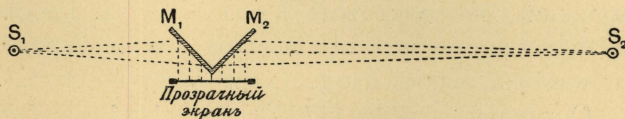
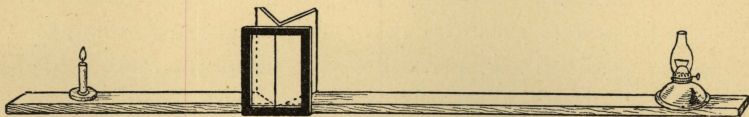


Схема простого фотометра.

свѣта, идущіе вдоль скамьи справа и слѣва, всѣ отражаются впередъ по направленію къ моимъ слушателямъ. Послѣ отраженія эти лучи попадаютъ на кусокъ матоваго стекла (или на другую слегка про-

Рис. 3.



Общій видъ простого фотометра.

свѣчивающую поверхность, какъ, напримѣръ, кусокъ прозрачной бумаги для копированія чертежей), на которомъ вы теперь видите два прямоугольныхъ свѣтлыхъ пятна, расположенныхъ рядомъ. Одно изъ нихъ образовано лучами источника-образца, другое лучами лампы, которую мы

сравниваемъ съ образцомъ. Но такъ какъ мы находимся въ довольно большомъ залѣ, то намъ приходится брать достаточно яркую единицу свѣта: я беру 10 свѣчей, укрѣпленныхъ на доскѣ, и помѣщаю ихъ слѣва на такомъ разстояніи, чтобы онѣ могли дать такое же освѣщеніе, какое даетъ одна свѣча, помѣщенная на разстояніи 1 фута справа. Разстояніе, на которое мнѣ приходится ихъ отодвинуть, отмѣчено на шкалѣ вдоль стола цифрою „10“.

Оставляя эти 10 свѣчей на мѣстѣ, я беру обыкновенную керосиновую лампу и помѣщаю ее по другую сторону отъ зеркалъ. Еслибы ея сила свѣта оказалась какъ разъ въ 10 свѣчей, то для равнаго освѣщенія съ обѣихъ сторонъ мнѣ пришлось бы помѣстить ее на такомъ же разстояніи по другую сторону. Но ея свѣтъ ярче и для уравниванія я долженъ отодвинуть ее вдоль скамьи дальше; теперь равенство получилось и, отсчитывая шкалу, я нахожу, что сила лампы составляетъ около 16 свѣчей. Дѣленія шкалы, какъ вы замѣчаете, находится не на равныхъ разстояніяхъ другъ отъ друга. Въ самомъ дѣлѣ, по закону квадратовъ тотъ источникъ свѣта, который равенъ другому, будучи вдвое дальше, въ  $2 \times 2$  (т. е. въ 4) раза ярче перваго, такъ что мѣсто для цифры 40 на шкалѣ какъ разъ вдвое дальше, чѣмъ мѣсто для 10, мѣсто для 90 втрое дальше и т. д. Число футовъ разстоянія пропорціонально квадратному корню изъ силы свѣ-



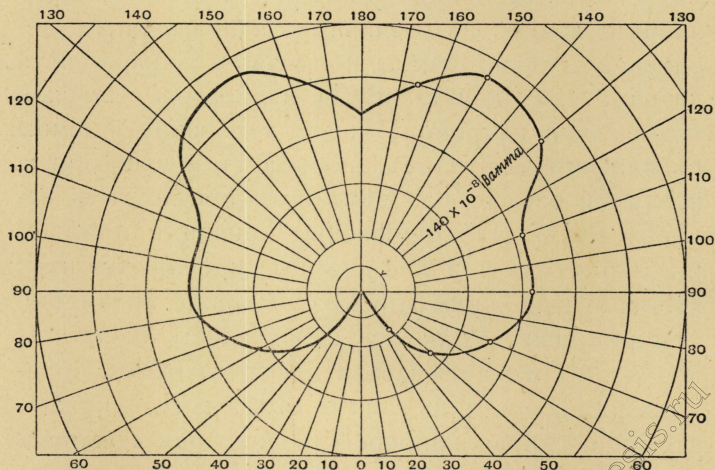
та въ свѣчахъ. Такъ, чтобы уравни́сить одну свѣчу, находящуюся на одномъ футѣ разстоянія, надо имѣть 4 свѣчи на разстояніи 2 футовъ, 9 свѣчей на разстояніи 3 футовъ, 10 свѣчей на разстояніи 3·16 фута или, переходя къ б́ольшимъ числамъ, 36 свѣчей въ 6 футахъ, 100 свѣчей въ 10 футахъ, 400 свѣчей въ 20 футахъ.

**Неравномѣрность распредѣленія свѣта.** Имѣя въ рукахъ средство для измѣренія яркости свѣта, мы вскорѣ замѣчаемъ, что количества свѣта, посылаемаго лампой въ различныхъ направленіяхъ, неодинаковы. Однѣ лампы посылаютъ больше свѣта кверху, чѣмъ книзу, другія наоборотъ. Плоское пламя, какъ, напримѣръ, пламя керосиновой лампы съ плоскимъ фитилемъ, посылаетъ меньше свѣта вдоль своего ребра, чѣмъ во всѣхъ другихъ направленіяхъ. Для освѣщенія большихъ помѣщеній (мастерскихъ и т. п.) лампы укрѣпляются надъ головой и должны посылать свѣтъ преимущественно книзу. Для освѣщенія улицъ желательно, чтобы фонари давали свѣтъ главнымъ образомъ въ стороны; въ самомъ дѣлѣ, намъ не нужно, чтобы мостовая непосредственно подъ фонаремъ была освѣщена ослѣпительно ярко, а пространство между фонарями оставалось почти въ темнотѣ. Нѣкоторые изъ результатовъ измѣреній яркости лампъ, произведенныхъ съ помощью специально приспособленныхъ фотометровъ, показаны

на слѣдующихъ чертежахъ, которыми мы обязаны профессору Веддингу. На этихъ діаграммахъ количества свѣта, посылаемыя подъ различными углами кверху и книзу отъ горизонтали, отложены въ радіальныхъ направленіяхъ, образуя кривую распредѣленія.

Рис. 4 показываетъ неравномѣрность распредѣленія свѣта керосиновой лампы. Она даетъ око-

Рис. 4.



Распредѣленіе свѣтовыхъ лучей керосиновой лампы (Веддингъ).

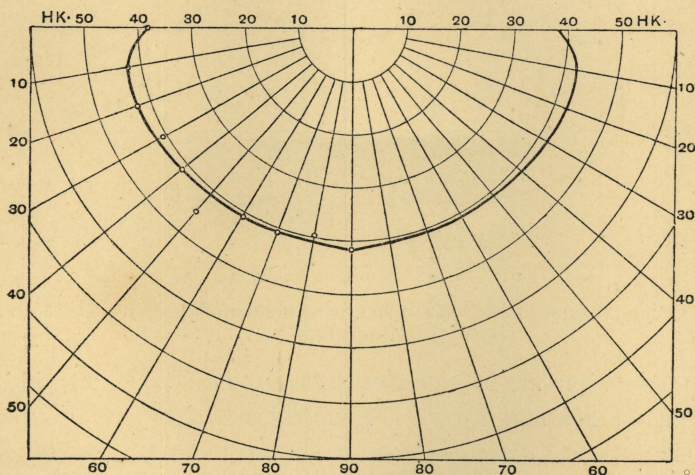
ло 16 свѣчей по горизонтальному направленію и лишь около 7 свѣчей подъ угломъ въ  $45^\circ$  книзу; между тѣмъ какъ подъ угломъ въ  $45^\circ$  кверху отъ



горизонтали, или въ  $135^\circ$  отъ направленія по отвѣсу внизъ, она даетъ около 22 свѣчей. Прямо книзу она вовсе не посылаетъ свѣта, — тамъ падаетъ тѣнь отъ резервуара. Средняя сила ея свѣта по всѣмъ направленіямъ равна 11.6 свѣчей.

Рис. 5 даетъ распредѣленіе свѣта, получаемаго отъ повернутой внизъ газокалильной сѣтки.

Рис. 5.

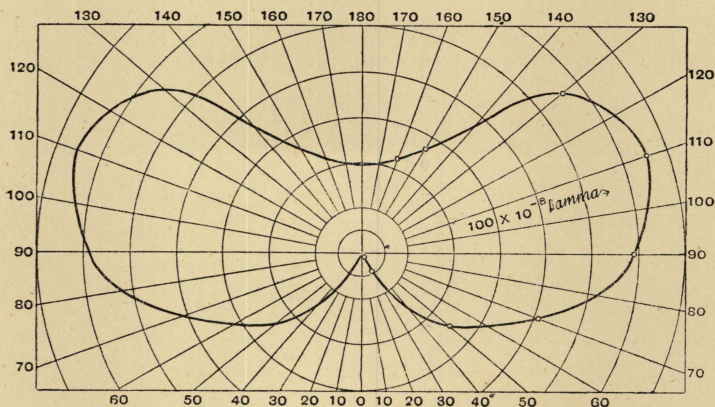


Распредѣленіе свѣтовыхъ лучей висячей газокалильной сѣтки (Веддингъ).

Она даетъ около 40 свѣчей по всѣмъ направленіямъ книзу отъ горизонтали и почти вовсе не посылаетъ свѣта выше себя.

Кривая рис. 6 относится къ обыкновенной Ауэровской газокалильной сѣткѣ. Эта лампа даетъ около 60 свѣчей въ горизонтальномъ направленіи,

Рис. 6.



Распределе́ніе свѣтовыхъ лучей обыкновенной Ауэровской сѣтки (Веддингъ).

65 свѣчей на  $20^\circ$  вверхъ отъ горизонтали, 43 свѣчи на  $20^\circ$  внизъ отъ горизонтали, около 20 прямо вверхъ и совершенно не посылаетъ свѣта внизъ.

Рис. 7 даетъ кривую для лампы высокаго давленія съ газокалильной сѣткой, „Millennium“, силой свѣта въ 1320 свѣчей горизонтально, около 700 подъ угломъ въ  $45^\circ$  кверху отъ горизонтали и около 560 при  $45^\circ$  книзу. Прямо внизъ и прямо вверхъ она почти не даетъ свѣта.



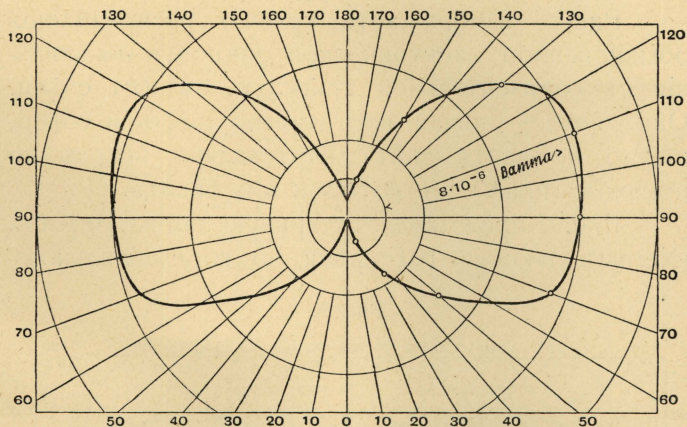


Рис. 7. Распределение свѣтовыхъ лучей свѣта „Millennium“; газъ подъ высокимъ давленіемъ, съ длинной свѣчкой (Веддингъ)

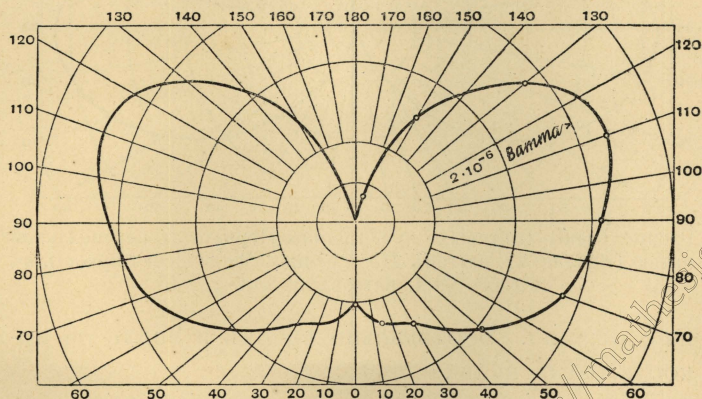
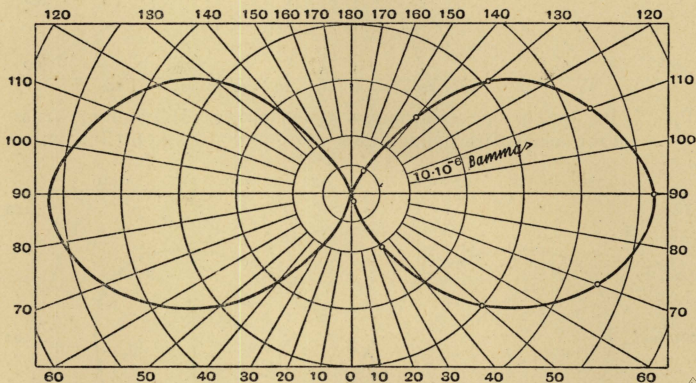


Рис. 8. Распределение свѣтовыхъ лучей электрическихъ лампъ накаливанія (Веддингъ); 59·1 ваттовъ; средняя сферическая яркость въ свѣчкахъ 11·26; ваттовъ на свѣчу 5·24.

Рис. 8 изображает кривую распредѣленія обыкновенной электрической лампочки накаливанія съ горизонтальной яркостью въ 16·1 свѣчи. Она даетъ 5 свѣчей вертикально внизъ и совершенно не даетъ свѣта вертикально вверхъ по причинѣ оправы, въ которой она виситъ.

Рис. 9 представляет кривую лампы Нернста (Nernst), дающей 162 свѣчи по горизонтальному

Рис. 9.



Распредѣленіе свѣтовыхъ лучей лампы Нернста съ вертикальной нитью (Веддингъ); ваттовъ 213; средняя сферическая яркость въ свѣчахъ 99·4; ваттовъ на свѣчу 2·13.

направленію. Вертикально вверхъ и внизъ ея яркость равна нулю.

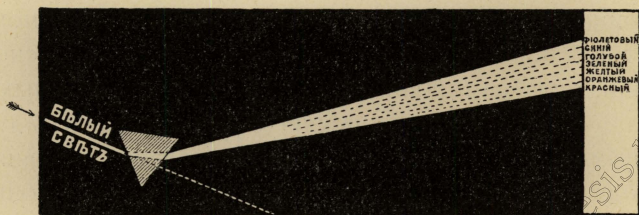
Изученіе этихъ діаграммъ распредѣленія свѣта ясно показываетъ, насколько несовершеннымъ,



чтобы не сказать невѣрнымъ, было бы сужденіе о силѣ лампы исключительно на основаніи силы ея свѣта въ горизонтальномъ направленіи. Возьмемъ для примѣра хорошій газовый рожокъ, дающій горизонтально 16 свѣчей. Кверху и книзу такое пламя посылаетъ гораздо меньше 16 свѣчей, такъ что средняя величина для всѣхъ направленій должна быть меньше 16. И въ самомъ дѣлѣ, средняя сферическая сила свѣта такого газоваго рожка оказывается всего около  $13\frac{1}{2}$  свѣчей. Поэтому для сколько-нибудь вѣрнаго сравненія между собой лампъ различнаго рода слѣдуетъ разсматривать не только свѣтъ, посылаемый ими въ горизонтальномъ направленіи, но весь свѣтъ, испускаемый по всѣмъ направленіямъ, который пропорціоналенъ средней сферической силѣ; послѣдняя же величина можетъ быть измѣрена при помощи спеціального сферическаго фотометра или „луменметра“ или же должна быть вычислена на основаніи ряда измѣреній, сдѣланныхъ въ различныхъ углахъ. Единственное исключеніе составляютъ дуговые лампы и газовыя лампы высокаго давленія, предназначаемыя для освѣщенія улицъ или большихъ помѣщеній. Такъ какъ въ такихъ случаяхъ, свѣтъ посылаемый кверху, большей частью теряется безплодно, то принято вычислять средній эффектъ только въ нижней части, т. е. *среднюю полусферическую силу.*

**Неоднородность свѣта.** Не менѣе важнымъ является составъ свѣта. Всякому школьнику извѣстно великое открытіе сэра Исаака Ньютона, что бѣлый свѣтъ въ дѣйствительности состоитъ изъ смѣси различныхъ цвѣтовъ — красного, оранжеваго, желтаго, зеленаго, синяго и фіолетоваго. Всѣ обыкновенные источники свѣта, какъ природные, такъ и искусственные, посылаютъ смѣси этихъ цвѣтовъ. Чтобы отдѣлить ихъ другъ отъ друга, стоитъ только посмотреть на этотъ свѣтъ сквозь трехгранную стеклянную призму или пропустить лучъ свѣта сквозь такую призму такъ, чтобы онъ упалъ на потолокъ или на стѣну. Призма преломляетъ лучи разнаго цвѣта подъ различными углами и въ результатѣ получается радужно-окра-

Рис. 10.



Основной опытъ Ньютона съ разложениемъ бѣлаго свѣта при помощи призмы.

шенное пятно или *спектръ*. Рис. 10 изображаетъ основной опытъ Ньютона. Теперь мы знаемъ при-



чину всего этого. Свѣтъ состоитъ изъ бесчисленнаго множества чрезвычайно незначительныхъ волнъ. Свѣтъ каждаго цвѣта обладаетъ своею собственной длиною волны или, лучше сказать, свѣтъ каждой отдѣльной длины волны имѣетъ свою особую окраску. Длины этихъ волнъ (размѣръ ряби) такъ малы, что ихъ приходится измѣрять миллионными долями сантиметра. Такъ, свѣтъ, волны котораго имѣютъ длину отъ 70 до 75 миллионныхъ сантиметра, производитъ на глазъ впечатлѣніе краснаго и мы его называемъ краснымъ цвѣтомъ. Волны съ длиною волны около 36—40 миллионныхъ сантиметра производятъ ощущение фіолетоваго цвѣта. При 50 миллионныхъ сантиметра получается ощущение зеленаго цвѣта. Всѣ раскаленные тѣла посылаютъ волны всѣхъ родовъ и величинъ. Поэтому они свѣтятъ одновременно различными цвѣтами и даютъ *бѣлый* свѣтъ. Мы можемъ демонстрировать составленіе бѣлаго свѣта изъ различныхъ цвѣтовъ другимъ путемъ, а именно беря стеклянный кружокъ съ нарисованными на немъ прозрачными цвѣтными секторами и заставляя лучъ фонаря проходить сквозь него такъ, чтобы цвѣта отбрасывались на экранъ передъ вами. Теперь мы начинаемъ вращать дискъ, чтобы эти цвѣта смѣшались, и сразу получаемъ искусственно составленный бѣлый свѣтъ.

Но наши лампы даютъ неодинаково бѣлый

свѣтъ. Это происходитъ оттого, что настоящій бѣлый свѣтъ получается лишь въ томъ случаѣ, если между составляющими цвѣтами соблюдена опредѣленная пропорція. Если же въ смѣси будетъ слишкомъ много краснаго цвѣта, то въ результатѣ мы получимъ красноватобѣлый свѣтъ. Если у насъ слишкомъ много зеленаго, то свѣтъ будетъ зеленоватымъ и т. д.

Поэтому для полнаго изученія свѣта, испускаемаго какой-либо лампой, мы должны не только измѣрить ея среднюю или полную свѣтовую силу, но и анализировать ея свѣтъ, чтобы узнать его составъ. Для этого мы должны прибѣгнуть къ помощи Ньютоновой призмы и изучить *спектръ* свѣта, даваемого лампой.

**Чему насъ учить спектръ.** Призма даетъ намъ слѣдующее: она посылаетъ наиболѣе длинныя волны, красныя, въ одинъ конецъ спектра, наиболѣе короткія—фіолетовыя—въ другой, а промежуточные цвѣта располагаетъ между ними въ порядкѣ ихъ относительной длины волны. Чтобы получить спектръ, мы сперва пропускаемъ лучъ свѣта черезъ узкую щель, затѣмъ собираемъ его съ помощью линзы и помѣщаемъ на его пути призму, чтобы разсѣять въ разныя стороны составные цвѣта.

Этимъ способомъ мы теперь произвели на экранѣ не рисунокъ, а настоящій спектръ бѣлаго



свѣта обыкновенной дуговой лампы. Человѣку, незнакомому съ этимъ явленіемъ, можетъ показаться невѣроятнымъ, что всѣ эти великолѣпные цвѣта въ дѣйствительности имѣются въ бѣломъ свѣтѣ. Мы не сознаемъ ихъ существованія, пока мы ихъ не анализируемъ или не разсортируемъ съ помощью призмы.

Позвольте обратить ваше вниманіе на слѣдующія особенности: (1) порядокъ цвѣтовъ—красный на одномъ концѣ, фіолетовый на другомъ; (2) то обстоятельство, что цвѣта переходятъ другъ въ друга постепенно, съ безчисленными оттѣнками; (3) нашему глазу средняя часть спектра въ его желтоватозеленой области кажется наиболѣе яркой; (4) по концамъ цвѣта постепенно ослабѣваютъ до совершенной темноты. Но эта темнота не означаетъ отсутствія лучей. Въ обоихъ темныхъ пространствахъ за концами спектра имѣется еще множество лучей, но только наши глаза не могутъ ихъ видѣть; мы слѣпы по отношенію къ тѣмъ волнамъ, которыя либо короче фіолетовыхъ, либо длиннѣе красныхъ. Доказать существованіе этихъ невидимыхъ излученій можно очень просто. Термометръ, помѣщенный за краснымъ концомъ, обнаруживаетъ въ этой области существованіе теплыхъ излученій, которыя мы можемъ назвать тепловыми волнами; а кусокъ свѣточувствительной бумаги, помѣщенный за фіолетовымъ концомъ,

темнѣть, показывая этимъ, что въ этомъ мѣстѣ имѣются невидимые фотографическіе лучи.

**Спектры раскаленныхъ твердыхъ тѣлъ и паровъ.** Теперь я перехожу къ крайне важному пункту. Всякое обыкновенное твердое тѣло, будучи нагрѣто до бѣлаго каленія, даетъ спектръ подобный тому, который я показывалъ, именно, даетъ въ видѣ непрерывной полосы всѣ цвѣта, начиная съ краснаго и кончая фіолетовымъ. Всѣ обыкновенныя твердыя тѣла даютъ при свѣченіи непрерывный или сплошной спектръ. Но нѣкоторые вещества, будучи нагрѣты до каленія, даютъ спектръ другого рода, состоящій не изъ всѣхъ цвѣтовъ, а только изъ нѣсколькихъ отдѣльныхъ. Представьте себѣ музыкальный инструментъ въ родѣ фортепіано. Что получилось бы, еслибы я разомъ ударилъ по всѣмъ клавишамъ? Страшный грохотъ, простой шумъ, въ которомъ всѣ различные тона были бы, такъ сказать, свалены въ кучу. Но получится совсѣмъ другое, если нажать только одну клавишу и произвести чистый тонъ или же только двѣ или три клавиши и взять аккордъ. Такъ вотъ, какъ я сказалъ, существуютъ извѣстныя тѣла, которыя даютъ вмѣсто бѣлаго свѣта — смѣси всевозможныхъ цвѣтовъ, соединенныхъ другъ съ другомъ — только нѣсколько отдѣльныхъ чистыхъ лучей. Простыми примѣрами этого могутъ служить окрашенные огни, употребляемые въ фейер-



веркахъ. Теперь замѣтите себѣ, что вещества, которыя испускаютъ такимъ образомъ нѣсколько отдѣльныхъ лучей, большей частью не твердыя тѣла. Газы и пары, будучи нагрѣты до свѣченія, даютъ только отдѣльные лучи. Газъ *цѣлій*, открытый сэромъ Вилліамомъ Рамзаемъ, свѣтитъ чистымъ желтымъ свѣтомъ; пары *натрія* даютъ только два яркихъ желтыхъ луча; *водородъ* свѣтитъ четырьмя лучами: краснымъ, синезеленымъ, какъ море, синимъ и фіолетовымъ; пары *серебра* даютъ три красивыхъ зеленыхъ луча; пары *ртути* испускаютъ нѣсколько красныхъ и нѣсколько зеленыхъ лучей; пары *жельза* посылаютъ нѣсколько сотъ лучей.

Пока призма находится на своемъ мѣстѣ, я хочу показать вамъ спектры нѣкоторыхъ изъ этихъ тѢЛЪ. Внутри проекціоннаго фонаря находится дуговая лампа, въ которую я помѣщаю маленькій угольный тигель. Въ этомъ тиглѣ мы помѣстимъ серебряный шарикъ и затѣмъ пустимъ въ ходъ дугу. Въ одно мгновеніе—такъ интенсивенъ жаръ этой дуги—серебро плавится, затѣмъ закипаетъ, образуя пары кипящаго серебра; эти пары нагрѣваются до накаленности и испускаютъ зеленый свѣтъ. Призма разлагаетъ этотъ свѣтъ и вы видите на экранѣ характерные лучи въ зеленой части спектра. Теперь я бросаю въ тигель кусочекъ цинка и вы тотчасъ же замѣчаете спектръ цинковыхъ паровъ съ двумя синими лучами и однимъ

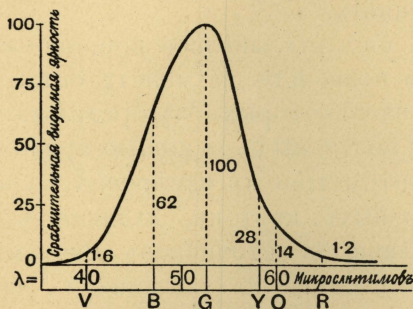
красивымъ краснымъ. Теперь я помѣщаю въ тигель кусокъ плавленого шпата (кальціевой соли) и получаю характерный оранжевый цвѣтъ паровъ кальція. Мы еще вернемся къ этимъ важнымъ явленіямъ, а пока должны запомнить разницу между непрерывнымъ спектромъ обыкновенныхъ твердыхъ тѣлъ и этими прерывными спектрами, которые состоятъ изъ полосъ отдѣльныхъ лучей и представляютъ собою спектры паровъ.

**Чувствительность глаза къ лучамъ различныхъ длинъ волнъ.** Я уже обращалъ ваше вниманіе на то обстоятельство, что въ обыкновенномъ спектрѣ наиболѣе яркой кажется средняя часть. Этотъ спектръ былъ образованъ бѣлымъ свѣтомъ вольтовой дуги; а свѣтъ вольтовой дуги получается при прохожденіи электрическаго тока между раскаленными добѣла концами двухъ углей, отдающихъ такимъ образомъ ту электрическую энергію, которая заставляетъ ихъ испускать лучи. Если вамъ не было раньше извѣстно, то вы можете предположить — и ваше предположеніе будетъ невѣрно —, что бѣлая яркость желтозеленой области объясняется большимъ количествомъ энергіи, расходуемой на производство лучей этого цвѣта. Это не такъ. Желтозеленые лучи средней части дѣйствительно кажутся ярче красныхъ лучей на концѣ спектра и тѣмъ не менѣе на производство красныхъ лучей тратится гораздо больше



энергіи, чѣмъ на производство желтозеленыхъ. Но почему же тогда желтозеленая часть спектра кажется ярче? Отвѣта слѣдуетъ искать въ свойствахъ нашего глаза. Я уже указывалъ на тотъ фактъ, что нашъ глазъ не видитъ темныхъ лучей, лежащихъ за обоими концами спектра, — онъ слѣпъ для этихъ лучей. И вотъ глазъ оказывается менѣ чувствительнымъ къ тѣмъ лучамъ, которые лежатъ ближе къ тому или другому концу спектра, чѣмъ къ лучамъ средней области. Тщательные опыты показали, что глазъ наиболѣе чувствителенъ къ тѣмъ лучамъ, длина волны которыхъ составляетъ около 50 миллионныхъ сантиметра, т. е. къ зеленымъ. Диаграмма рис. 11 изображаетъ результаты измѣреній

Рис. 11.



Кривая относительной яркости для одинаковыхъ количествъ излученія при различныхъ длинахъ волнъ по Ланглю.

покойнаго профессора Ланглей. Онъ нашелъ, что при одной и той же затратѣ энергіи видимая

яркость бываетъ наибольшей при длинѣ волны въ 53 миллионныхъ сантиметра. Этотъ чертежъ показываетъ, что, если принять яркость этого зеленого луча за 100, то яркость синяго луча выразится числомъ 62, яркость желтаго числомъ 28, оранжеваго 14, фіолетоваго 1·6 и краснаго 1·2. Но вы скажете, что яркость краснаго конца спектра кажется больше, чѣмъ 1·2% яркости зеленой части. Да, это такъ, но вспомните, что наши числа относятся къ равнымъ количествамъ энергии; а такъ какъ въ дѣйствительности лампа отдаетъ въ красныхъ лучахъ втрое или вчетверо больше энергии, чѣмъ въ зеленыхъ, то относительная яркость красныхъ лучей, какъ она намъ представляется въ спектрѣ, и не должна падать до 1·2% яркости зеленого цвѣта.

Разъ ужъ мы занялись вопросомъ о составѣ свѣта, то позвольте на минуту остановить ваше вниманіе на нѣкоторыхъ изъ результатовъ, которые были получены съ помощью приложенія принциповъ фотометріи къ измѣренію количествъ лучей различныхъ цвѣтовъ, входящихъ въ составъ свѣта различныхъ источниковъ. Всякому извѣстно, что газовый свѣтъ по сравненію съ дневнымъ кажется желтымъ. Какою же разницей въ составѣ этихъ родовъ свѣта объясняется это? Нѣтъ необходимости производить отдѣльныя измѣренія для каждаго рода лучей по всему спектру; это было



бы безконечной работой. Будетъ достаточно измѣрить относительную яркость трехъ отдѣльныхъ цвѣтовъ, именно тѣхъ, которые наиболѣе близки къ тремъ первичнымъ цвѣтовымъ ощущеніямъ глаза. Этими тремя первичными<sup>1)</sup> цвѣтовыми ощущеніями для нормальнаго глаза являются цвѣта красный, зеленый и синій (переходящій въ фіолетовый). Измѣривъ относительныя количества этихъ трехъ цвѣтовъ, мы можемъ сдѣлать заключеніе относительно состава любого свѣта, дающаго непрерывный спектръ. Вотъ нѣкоторые изъ результатовъ измѣреній сэра Вилліама Абнея (Abney).

*Относительный составъ свѣта различныхъ источниковъ по Абнею*

	Красный (С)	Зеленый (Е)	Синій (G)
Газъ (свѣтильный)	45	43	12
Вольтова дуга	18	36·7	45·3
Солнечный свѣтъ	19·2	37	43·8
Свѣтъ неба	9	23	68

<sup>1)</sup> Если какой-нибудь цвѣтъ возбуждаетъ только одинъ родъ нервныхъ ощущеній въ глазу, то онъ называется первичнымъ. Если же онъ вызываетъ два или три ощущенія, то самъ по себѣ онъ не можетъ соотвѣтствовать простому первичному ощущенію. Напримѣръ, желтый цвѣтъ возбуждаетъ два ощущенія—ощущенія краснаго и зеленаго; поэтому онъ не можетъ считаться фізіологически первичнымъ. Красный

Свѣтъ газа содержитъ меньше синихъ лучей, чѣмъ солнечный свѣтъ, между тѣмъ какъ въ немъ сравнительно больше процентное содержаніе зеленыхъ и гораздо больше содержаніе красныхъ лучей.

На другое важное обстоятельство въ изученіи свѣта и его поглощенія при прохожденіи черезъ прозрачныя среды указываютъ измѣренія Абнеемъ поглощающаго дѣйствія атмосферы при закатѣ солнца. Почему солнце при заходѣ кажется краснымъ? Атмосфера поглощаетъ массу свѣта и поглощаетъ въ гораздо большей степени короткія волны—синія и фіолетовыя—, чѣмъ длинныя. Когда

*Положеніе солнечнаго свѣта атмосферой по Абнею*

Высота надъ гориз.	Толща атмосф.	Красный (C)	Зеленый (E)	Синій (G)	
90°	1	19 2	37	43·8	= 100% бѣлаго
11·3°	5	12·5	12·1	4·4	= 29% желтаго
7·3°	8	1·0	—	—	= 1% красн.

солнце приближается къ горизонту, то съ увеличеніемъ проходимой его лучами толщи атмосферы поглощаются не только фіолетовые и синіе, но

цвѣтъ (съ длиной волны въ 65·2 миллионныхъ см, близко подходящій къ спектральной линіи C) является первичнымъ. Другимъ первичнымъ цвѣтомъ оказывается зеленый (или скорѣе желтоватозеленый съ длиной волны 53·5, близкій къ спектральной линіи E). Третій первичный цвѣтъ—синефіолетовый (длина волны 45, близокъ къ спектральной линіи G).



также зеленые и желтые лучи. Когда солнце еще на  $7^{\circ}$  выше горизонта, т. е. приблизительно за четверть часа до окончательнаго исчезновенія, поглощается все, за исключеніемъ  $1\%$ , и этотъ непоглощенный остатокъ имѣетъ красную окраску.

**Поглощеніе и излученіе.** Мы до сихъ поръ не имѣли дѣла съ самимъ спектромъ; но упоминаніе о поглощеніи сейчасъ же приводитъ насъ къ другому крайне важному вопросу—вопросу о соотношеніи между поглощеніемъ и излученіемъ. Посмотримъ, что можетъ случиться, если какіе-нибудь лучи—либо видимые, либо невидимые тепловые—встрѣчаютъ какое-нибудь тѣло. Съ ними можетъ случиться одно изъ трехъ: (1) Если этимъ тѣломъ окажется полированный металлъ, напримѣръ, серебро, то лучи будутъ *отражены*—отброшены назадъ—, какъ отъ зеркала; вамъ всѣмъ извѣстно, что вогнутая полированная металлическая поверхность дѣйствуетъ, какъ зажигательное стекло, и отражаетъ тепловые лучи такъ же, какъ и лучи свѣта. (2) Если тѣло прозрачно, какъ стекло или вода, лучи будутъ *пропущены* насквозь и выйдутъ съ другой стороны. (3) Если тѣло—темное, непрозрачное, шереховатое, вродѣ сукна или грифельной доски, то лучи будутъ *поглощены*; другими словами, они не пойдутъ ни обратно, ни насквозь, но будутъ остановлены, уничтожены, поглощены внутри въ тѣлѣ, а само тѣло вслѣд-

ствіе этого нагрѣтся. Всякое черное, неполированное, непрозрачное тѣло, выставленное на солнечный свѣтъ, нагрѣвается и нагрѣвается гораздо сильнѣе, чѣмъ какое-нибудь металлическое полированное или прозрачное тѣло. Черная шляпа на солнцѣ становится гораздо горячѣе, чѣмъ полированный мѣдный шлемъ. Всѣ черныя тѣла поглощаютъ тепло. Черная сажа на днѣ котла помогаетъ котлу поглощать теплоту, излучаемую огнемъ.

Но что же общаго имѣетъ все это съ *излученіемъ* свѣта или теплоты? Очень просто: найдено, что тѣла, которыя хорошо поглощаютъ, хорошо и излучаютъ. Нагрѣйте тѣло и вы увидите, что, если оно имѣетъ черную непрозрачную шерховатую поверхность, то оно будетъ излучать свою теплоту (и свѣтъ) въ окружающее пространство въ большей степени, чѣмъ еслибы оно было полировано, подобно серебру, или прозрачно, какъ стекло. Возьмите три стекляныхъ бутылки одинаковаго размѣра; одну изъ нихъ посеребрите снаружи, подобно зеркалу, вторую оставьте прозрачной, а третью зачерните съ внѣшней стороны. Наполните всѣ три горячей водой. Бутылка съ черной поверхностью охладится раньше всѣхъ: такъ какъ у нея черная поверхность, то она можетъ лучше испускать волны тепла, чѣмъ другія. Но уже много лѣтъ извѣстно, что поглощательная и излучательная способности тѣлъ прямо про-



порціональны другъ другу. Еслибы можно было получить абсолютно черное тѣло, то оно не только поглощало бы всѣ падающіе на него лучи, но также, при данной температурѣ, испускало бы лучи всѣхъ сортовъ лучше, чѣмъ это сдѣлало бы любое другое черное или блестящее тѣло. Блестящія полированные тѣла оказываются плохими излучателями. Поэтому слѣдуетъ всегда сохранить поверхность серебрянаго чайника блестящей, чтобы онъ *не* излучалъ той теплоты, которую вы хотите въ немъ сохранить. Но на днѣ котла сажу нужно *сохранить*. Кирхгоффъ показалъ, что эта взаимность между излучательной и поглощательной способностями оказывается вѣрной и для отдѣльных лучей спектра. Всякое тѣло—напримѣръ, дидимій—, которое поглощаетъ отдѣльные лучи, само, будучи нагрѣто до накаленности, испускаетъ отдѣльные лучи той же длины волны.

**Измѣреніе излученія.** Для полного познанія фактовъ мы должны и здѣсь прибѣгнуть къ *измѣренію*. Мы должны умѣть измѣрять все количество, но уже не свѣта, а теплоты—т. е. всей энергіи какъ видимой, такъ и невидимой—, которое излучаютъ горячія тѣла; и кромѣ того мы должны умѣть распознавать родъ испускаемыхъ лучей, т. е. длину волны этихъ лучей. Уже сэръ Джонъ Гершель въ 1802 году произвелъ первыя грубыя изслѣдованія спектра солнечнаго свѣта при помо-

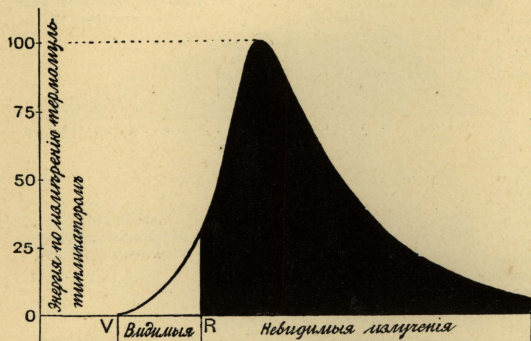
щи термометра съ зачерненнымъ шарикомъ. Онъ нашель, какъ вы уже знаете, что красныя волны горячѣе, чѣмъ желтыя, зеленыя или синія, и что наиболѣе горячими волнами являются тѣ невидимыя волны, которыя находятся въ темной части спектра за его краснымъ концомъ. По мѣрѣ развитія науки были изобрѣтены болѣе чувствительныя измѣрительныя инструменты — *термоэлектрическій столбикъ*, *радіомикрометръ* и, наконецъ, *болометръ*. У меня нѣтъ времени описывать ихъ. Но достаточно будетъ сказать, что болометръ, изобрѣтенный покойнымъ физикомъ Ланглеемъ, представляетъ собою превосходный электрическій приборъ, который съ величайшей точностью измѣряетъ количество падающей на него энергіи. Болометръ не дѣлаетъ различія между видимымъ и невидимымъ свѣтомъ, но съ полнымъ безпристрастіемъ поглощаетъ всякіе лучи и измѣряетъ количество энергіи, приносимой ими.

Производя спектръ и затѣмъ изслѣдуя его съ помощью своего болометра, Ланглей могъ показать, какъ вѣрны были въ существенномъ результаты болѣе раннихъ опытовъ Тиндалля, который, пользуясь термоэлектрическимъ столбикомъ, показалъ, что въ спектрѣ дуговой лампы (рис. 12) за краснымъ концомъ видимаго спектра, по его собственному неподражаемому выраженію, излученіе вырастаетъ въ настоящій „Маттергорнь те-



плоты". Діаграмма Ланглей въ общемъ воспроизводитъ діаграмму Тиндалля; но Ланглей присоединяетъ для сравненія діаграмму, представляющую

Рис. 12

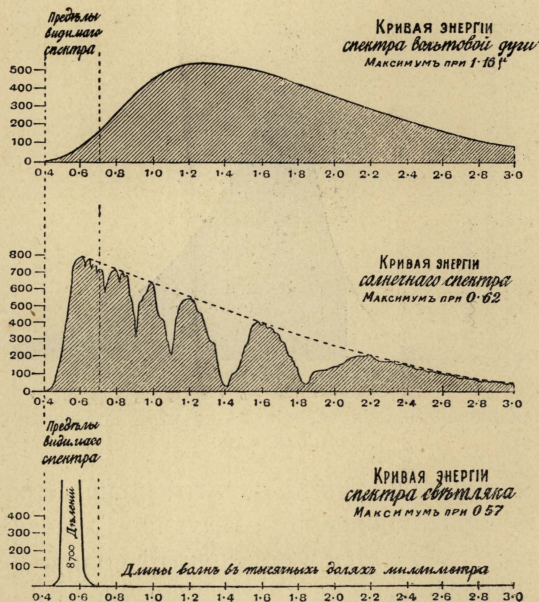


Кривая распределенія энергии въ спектрѣ вольтовой дуги по Тиндаллю.

распределеніе энергии въ спектрѣ солнца (рис. 13), которая обнаруживаетъ слѣдующія два обстоятельства: (1) въ тепловомъ спектрѣ солнца имѣетъ мѣсто неравномѣрное поглощеніе, на что указываетъ зубчатый видъ кривой; (2) вершина кривой спектра вольтовой дуги находится на значительномъ разстояніи вправо отъ краснаго конца, т.е. въ темныхъ лучахъ, а въ спектрѣ солнца она не выходитъ за предѣлы свѣтлыхъ лучей. Другими словами, въ то время какъ энергія дуги между углями достигаетъ максимума при длинѣ волны

около 120 миллионныхъ сантиметра, въ солнечномъ спектрѣ максимумъ имѣеть мѣсто для волнъ въ 55

Рис. 13.



Кривая распределѣнія энергій въ спектрѣ на единицу теплоты по Ланглю: *a* вольтова дуга; *b* солнечный свѣтъ; *c* свѣтъ свѣтлѣка. миллионныхъ см (или по Абботту чуть-чуть меньше 50).

**Неэкономность обыкновенныхъ источниковъ свѣта.** Глядя на эти діаграммы какъ Тиндалля, такъ и Ланглей, мы невольно поражаемся несо-



отвѣтствіемъ между энергіей, идущей на производство темной теплоты, и энергіей, полезно расходуемой на производство видимаго намъ свѣта. Въ дуговомъ спектрѣ Ланглея расходуемая на теплоту энергія больше, чѣмъ во сто разъ, превышаетъ расходъ энергіи на производство свѣта. Въ спектрѣ солнца полезная часть гораздо больше: расходуемая на теплоту энергія приблизительно только въ пять разъ больше энергіи, идущей на производство свѣта. Свѣтовая полезность дуги ниже 1%, въ то время какъ для солнца она составляетъ около 20%. Согласно новѣйшимъ изслѣдованіямъ профессора Веддинга свѣтовая полезность обыкновенныхъ керосиновыхъ лампъ, газовыхъ горѣлокъ и электрическихъ лампочекъ накаливанія ниже одного процента. Процессъ накаливанія, имѣющій мѣсто во всѣхъ обыкновенныхъ источникахъ свѣта съ пламенемъ или въ электрическихъ лампахъ, представляется необыкновенно расточительнымъ. Когда мы нагреваемъ тѣло до свѣченія, оно все же даетъ гораздо больше теплоты, чѣмъ свѣта. Никакимъ процессомъ чистаго накаливанія невозможно реализовать идеальный случай—полученіе свѣта безъ теплоты. Природа не работаетъ этимъ путемъ, по крайней мѣрѣ при испусканіи лучей твердыми тѣлами. Нагревая твердые тѣла, мы заставляемъ ихъ молекулы колебаться и онѣ сперва испускаютъ болѣе длинныя вол-

ны. Только тогда, когда тѣла нагрѣты достаточно сильно, чтобы испускать большое количество длинных волнъ, они начинаютъ излучать и замѣтное количество болѣе короткихъ волнъ видимаго свѣта.

**Свѣтъ свѣтляка.** Но Ланглей, обнаружившій такимъ образомъ, какъ неэкономны всѣ наши обыкновенные источники свѣта, сообщилъ также въ весьма замѣчательной статьѣ, опубликованной въ 1890 году, что въ природѣ существуетъ процессъ, который дѣлаетъ возможнымъ производство свѣта безъ другой теплоты, кромѣ той, которою обладаютъ эти свѣтлые лучи сами по себѣ. Мой коллега профессоръ Мельдола, замѣчательный натуралистъ и выдающійся химикъ, изслѣдовалъ однажды съ помощью призмы свѣтъ Иванова червячка и нашель, что онъ даетъ узкую область преимущественно въ средней части спектра и совершенно не содержитъ красныхъ лучей. Американскій астрономъ профессоръ Йонгъ (Young) изслѣдовалъ подобнымъ же образомъ свѣтъ американскаго свѣтляка<sup>1)</sup> и нашель, что онъ даетъ спектръ отъ оранжеваго цвѣта приблизительно до половины спектра, т. е. до синяго, слѣдовательно, спектръ, со-

---

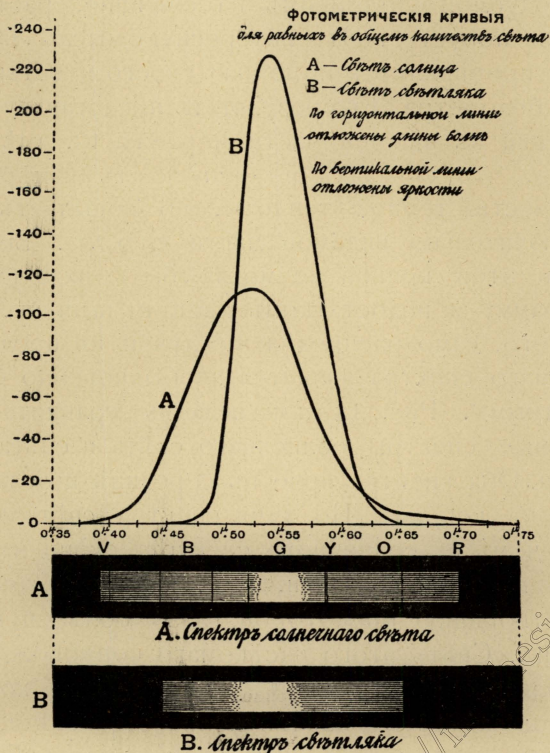
<sup>1)</sup> Названіемъ fire-fly (огненная муха) обозначаются вообще свѣтящіеся наѣкомыя. Особенно замѣчателенъ между ними *Pyrophorus postilucus*, живущій въ Южной Америкѣ и въ Вестъ-Индіи. Его свѣтъ настолько яркъ, что при его помощи можно разбирать даже мелкую печать. Прим. пер.



стоящій изъ лучей, которые какъ разъ сильно дѣйствуютъ на зрѣніе, но производить сравнительно малое тепловое и актиническое дѣйствіе; „другими словами, лишь очень малая доля энергіи, расходуемой свѣтлякомъ на свѣченіе, растрачивается попусту“. Эту интересную мысль Ланглей самъ провѣрилъ съ помощью своего чувствительнаго болометра. Его результатъ представленъ графически въ нижней части чертежа 13, гдѣ ясно видно, что свѣтлякъ не испускаетъ измѣримаго количества темной теплоты, но посылаетъ лучи исключительно видимой части спектра. Верхняя часть этой кривой не могла быть включена въ діаграмму за недостаткомъ мѣста въ вышину. Кроме того, само распредѣленіе лучей въ предѣлахъ видимаго спектра является необыкновенно благоприятнымъ. Рис. 14 показываетъ сравнительные видимые спектры солнечнаго свѣта и свѣта свѣтляка. Оба спектра ярче въ серединѣ и ослабѣваютъ къ концамъ. Но лучи спектра свѣтляка болѣе, чѣмъ въ солнечномъ спектрѣ, сконцентрированы въ зеленой части, т. е. какъ разъ въ той, по отношенію къ которой глазъ болѣе чувствителенъ. Свѣтъ этого настѣкомаго сопровождается приблизительно только  $\frac{1}{400}$  той теплоты, которая сопровождала бы равное количество свѣта, будь онъ произведенъ обыкновеннымъ огнемъ. Еслибы мы могли расходовать энергію нашего газа, керо-

сина или электричества такъ же экономно, какъ расходуетъ свою энергію свѣтлякъ, то при той же затратѣ мы бы получали въ четыреста разъ

Рис. 14.



Сравнительные спектры энергіи для одинаковыхъ количествъ видимаго излученія солнца и свѣтляка.



больше свѣта, чѣмъ мы получаемъ теперь. Очевидно, Ивановъ червячекъ и свѣтлякъ производятъ свѣтъ при помощи процесса совершенно отличнаго отъ нашихъ грубыхъ и неэкономныхъ способовъ. Они навѣрное работаютъ не при помощи накаливанія.

Тотъ фактъ, что въ природѣ существуетъ значительно болѣе экономный процессъ, заставляетъ насъ снова разсмотрѣть способъ накаливанія, чтобы изучить болѣе подробно, какимъ образомъ излученіе свѣта связано съ температурой.

**Температура и качество излученій.** Мы обязаны главнымъ образомъ нѣмецкимъ физикамъ—Вину, Пашену, Луммеру, Прингсгейму (Wien, Paschen, Lummer, Pringsheim)—тщательными изслѣдованіями соотношенія между температурой и излученіемъ. Какъ уже было сказано, наилучшимъ излучателемъ было бы абсолютно черное тѣло. Даже сажа не абсолютно черна и слегка отражаетъ лучи. Но Луммеръ построилъ очень остроумный приборъ, равнозначашій совершенно черному тѣлу, употребивъ для этого изнутри зачерненную замкнутую полость съ маленькимъ отверстиемъ въ ней. При ея нагрѣваніи лучи, которые выходятъ изъ отверстия, практически являются такими же, какіе испускало бы абсолютно черное тѣло при той же температурѣ. Съ помощью этого прибора Луммеръ провѣрилъ законъ, най-

денный Виномъ и Пашеномъ и состоящій въ томъ, что длина волны наиболѣе напряженнаго излученія обратно пропорціональна абсолютной температурѣ. Длину волны, соответствующую данной абсолютной температурѣ, можно получить въ микро-сантиметрахъ, дѣля на эту температуру число 294000. Это даетъ намъ слѣдующія соотношенія:

Абсол. температура	Длина волны наибольшаго напряженія
1000°	294
2000°	147
3000°	98
4000°	73
5000°	59
6000°	49

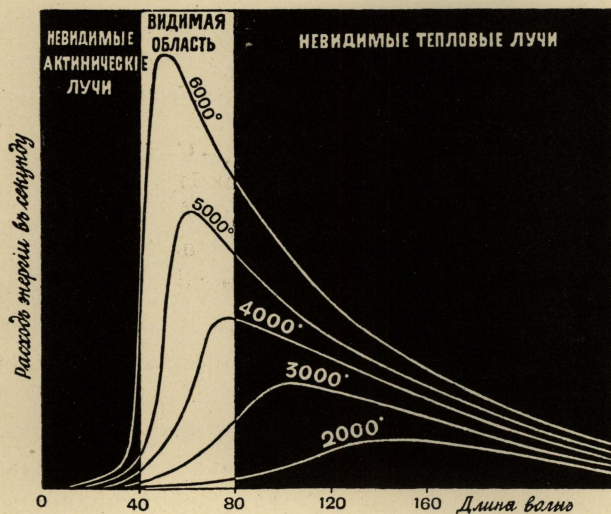
Діаграмма рис. 15, на которой, впрочемъ, количества энергіи изображены не въ одномъ и томъ же масштабѣ, показываетъ, какъ съ повышеніемъ температуры черное тѣло испускаетъ все больше и больше лучистой энергіи и какъ одновременно съ этимъ повышеніемъ излученія энергіи<sup>1)</sup> верши-

<sup>1)</sup> Стефанъ (Stefan) открылъ законъ, что количество энергіи, излучаемой чернымъ тѣломъ, пропорціонально четвертой степени его абсолютной температуры. Для абсолютно чернаго тѣла, согласно измѣреніямъ Курльбаума (Kurlbaum), коэффициентъ излученія равенъ  $5 \cdot 32 \times 10^{-12}$  ваттовъ на квадратный сантиметръ, такъ что любое черное тѣло при абсолютной температурѣ  $\theta$  излучаетъ въ окружающее пространство  $5 \cdot 32 \times \theta^4 \times 10^{-12}$  ваттовъ на квадратный сантиметръ своей поверхности.



на кривой перемѣщается изъ области невидимыхъ тепловыхъ лучей по направленію къ области видимыхъ свѣтлыхъ лучей. Въ дѣйствительности верхнія кривыя должны быть показаны гораздо выше,

Рис. 15.



Спектры энергіи излученія чернаго тѣла при различныхъ температурахъ.

ибо вся энергія, излучаемая чернымъ тѣломъ при 4000°, въ шестнадцать разъ больше той энергіи, которая излучается при 2000°. При взглядѣ на эту диаграмму, мы видимъ, что при 2000° (абсолютныхъ) длина волны наибольшаго напряженія имѣ-

еть около 147 миллионныхъ сантиметра и что значительнѣйшая часть всего излученія приходится на темную часть спектра. Когда температура повышается до  $3000^{\circ}$ , темныхъ излученій еще больше; но вершина кривой смѣстилась влѣво, такъ что длина волны наибольшаго напряженія лежитъ теперь у 98 и отношеніе видимыхъ лучей къ невидимымъ значительно возросло. Всякое повышение температуры увеличиваетъ относительное количество видимыхъ лучей.

Таблица на слѣдующей страницѣ даетъ температуры и длины волнъ наибольшаго напряженія для ряда источниковъ лучистой энергіи въ томъ предположеніи, что всѣ они излучаютъ, какъ абсолютно черное тѣло. Температура Ауэровской газокалильной сѣтки, выведенная на основаніи длины волны ея наибольшаго напряженія оцѣнена здѣсь, вѣроятно, слишкомъ высоко.

Но ни одно дѣйствительное тѣло не является такимъ хорошимъ излучателемъ, какъ идеально черное тѣло; поэтому металлъ, вродѣ полированной платины, которая отражаетъ очень сильно даже при накаливаніи добѣла, долженъ имѣть болѣе низкую излучательную способность. Это дѣйствительно и было найдено Луммеромъ. Рис. 16 даетъ въ правильномъ масштабѣ спектры энергіи, какъ мы можемъ кратко выразиться, на основаніи его измѣреній для чернаго тѣла и для блестящей



*Температура и длина волны наибольшаго напряженія  
для различныхъ источниковъ излученія*

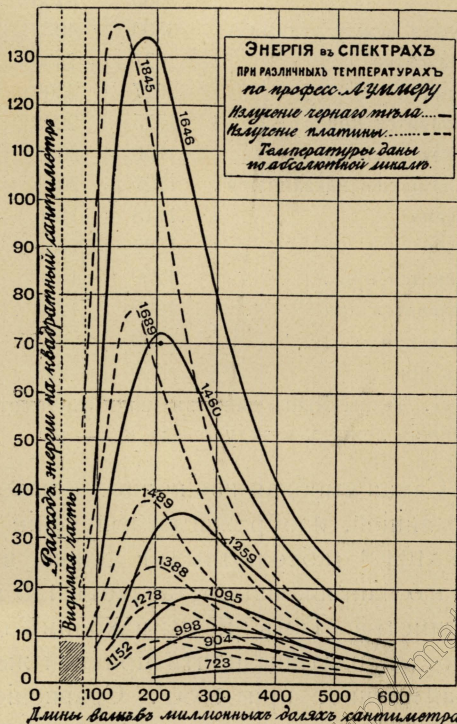
	Цельсія	Абсолют- ныхъ	$\lambda$ наиб.
Солнце	5880°	6153°	50
Вольтова дуга между углями	3800	4073	72
Ауэровская сѣтка	(?) 2027	2300	128
Лампа Нернста	2027	2300	128
Платина плавится при	1775	2048	143
Бунзеновская горѣлка	1750	2023	145
Угольная лампочка накаливанія	1727	2000	147
Газовое пламя	1613	1886	157
Пламя свѣчи	1577	1850	159
Золото плавится при	1250	1523	195
Серебро плавится при	1000	1273	230
Вода кипитъ при	100	373	790
Ледъ таетъ при	0	273	1080

*Примѣч.* Длины волнъ даны въ микросантиметрахъ. Видимыя излученія лежатъ между  $\lambda = 81$  и  $\lambda = 36$ .

платины. Самая высокая изъ кривыхъ, начерченная сплошной линіей, изображаетъ излученіе чернаго тѣла при 1646° (абсолютныхъ); длина волны ея наибольшаго напряженія составляетъ 180 миллионныхъ сантиметра. Тамъ же мы находимъ пунктирную линію для платины почти при той же температурѣ, а именно, при 1689°. Сравненіе этихъ двухъ кривыхъ показываетъ намъ, что излученіе платины гораздо слабѣе, — площади, ограниченныя

соотвѣтственными кривыми, представляют полное количество испускаемой энергіи. Но вершина кривой для платины гораздо ближе къ области видимыхъ лучей и длина волны наибольшаго напряже-

Рис. 16.



Спектры энергіи черного тѣла и блестящей платины при различныхъ температурахъ по Луммеру.



нія равна 156 вмѣсто 180. Платина, хотя испускаетъ меньше энергіи, но въ своемъ излученіи даетъ бѣольшую долю видимыхъ лучей; поэтому блестящая платина, какъ излучатель, экономнѣе чернаго тѣла. Какъ ни далека она отъ воплощенія идеала свѣта безъ теплоты, но все же она испускаетъ меньше теплоты и сравнительно больше свѣта.

**Излученіе рѣдкихъ земель.** Если полированная платина, которая въ силу своей отражательной способности является плохимъ излучателемъ теплоты, вслѣдствіе этого оказывается болѣе полезнымъ производителемъ свѣта, чѣмъ черное тѣло, то естественно возникаетъ вопросъ, нѣтъ ли другихъ тѣлъ, которыя обладаютъ способностью испускать видимые лучи въ особенно сильной степени? Въ самомъ дѣлѣ, уже давно—еще во времена Тиндалля—было извѣстно, что нѣкоторыя рѣдкія земли даютъ при накаливаніи замѣчательный спектръ, совершенно отличный отъ спектра обыкновенныхъ тѣлъ. Среди этихъ земель мы находимъ тѣла, извѣстныя химикамъ подъ именемъ окисей эрбія, иттрія, дидимія, цирконія, торія, церія. Все это бѣлыя вещества, похожія на известь; но въ то время какъ известь, будучи нагрѣта до накаленности, даетъ обыкновенный сплошной спектръ, эти рѣдкія земли даютъ, кромѣ того, яркія полосы въ отдѣльных частяхъ спектра. Ихъ спектръ въ

дѣйствительности принадлежитъ къ смѣшанному типу, будучи подобенъ отчасти спектру твердаго тѣла, отчасти спектру паровъ. Далѣе, было найдено, что нѣкоторые изъ этихъ тѣлъ обладаютъ этимъ свойствомъ въ весьма значительной степени при примѣшиваніи ихъ въ небольшихъ количествахъ къ другимъ тѣламъ. Напримѣръ, окись цирконія, очень похожая на известь, въ смѣси съ небольшимъ количествомъ окиси иттрія даетъ гораздо больше свѣта, чѣмъ взятая въ отдѣльности; повидимому, окись иттрія заставляеть окись церія излучать сравнительно больше желтыхъ и зеленыхъ лучей. Подобнымъ же образомъ окись торія, будучи смѣшана всего только съ 1% окиси церія, даетъ гораздо больше свѣта, чѣмъ чистая окись торія; эта смѣсь испускаетъ въ необычайно большомъ количествѣ зеленые и желтые лучи. Каково бы ни было физическое объясненіе<sup>1)</sup> этихъ явленій, ихъ практическая важность весьма велика.

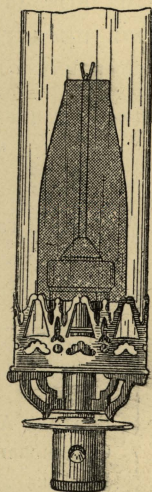
### **Газокалильное освѣщеніе.** Огромный шагъ

<sup>1)</sup> Недавнія изслѣдованія устранили всякія сомнѣнія относительно того факта, что нѣкоторые твердые тѣла обладаютъ специфической излучательной способностью. Обстоятельство, подобное тому, что смѣсь 99% окиси торія и 1% окиси церія испускаетъ при той же температурѣ болѣе яркій свѣтъ, чѣмъ чистая окись торія или чистая окись церія, было объяснено профессоромъ Рубенсомъ. Повидимому это дѣйствіе не относится ни къ химическимъ явленіямъ, ни къ люминисценціи, ибо, хотя въ нѣкоторыхъ явленіяхъ люминисценціи (напри-



впередъ въ области газоваго освѣщенія былъ сдѣланъ въ 1883 году, когда Ауэръ фонъ-Вельсбахъ ввелъ въ употребленіе общеизвѣстную Ауэровскую сѣтку, которую онъ подвѣсилъ въ несвѣтящемъ пламени Бунзеновской горѣлки. Главная заслуга его изобрѣтенія состояла въ практическомъ осуществленіи способа накаливанія добѣла рѣдкихъ земель, спеціальныя излучательныя свойства которыхъ только что занимали наше вниманіе. Современный способъ выдѣлки этихъ сѣтокъ состоитъ въ слѣдующемъ: тонкія нити хлопка или, еще лучше, волоконъ рами, ткутся или плетутся въ сѣтчатую ткань. Затѣмъ эту ткань вымачиваютъ въ химическомъ растворѣ рѣдкихъ земель, высушиваютъ и сжигаютъ. Остается остовъ изъ бѣлой золы такой же формы, какъ и раньше, но только нѣсколько меньшихъ размѣровъ. Подвѣшенный въ горячемъ пламени воздушной горѣлки (рис. 17), онъ сіяетъ очень яркимъ мѣръ, флуоресценціи) свѣтовыя явленія повидимому обуславливаются присутствіемъ небольшихъ количествъ извѣстныхъ веществъ въ видѣ разбавленнаго жидкаго или твердаго раствора, но процентное отношеніе въ этихъ случаяхъ гораздо меньшаго порядка, чѣмъ 1%.

Рис. 17.



Газокалильная сѣтка Ауэра фонъ-Вельсбаха.

свѣтомъ. Для перевозки сѣтки на время укрѣпляютъ, обрабатывая ихъ коллодіумомъ. Смѣсь рѣдкихъ земель, остающихся въ золѣ, содержитъ въ себѣ 99% окиси торія и 1% окиси церія. Какое громадное усовершенствованіе въ газовомъ освѣщеніи представляетъ собой это открытіе, легко видѣть изъ слѣдующей таблицы:

*Свѣтъ, испускаемый въ теченіе часа 1 кубическимъ футомъ нормальнаго газа*

		Сила свѣта въ свѣчахъ на 1 куб. футъ:	
безъ сѣтки	Плоскій газовый рожокъ „Уніонъ“:	№ 1	0.85
	„ „ „ „	№ 2	1.22
	„ „ „ „	№ 3	1.63
	„ „ „ „	№ 4	1.74
	„ „ „ „	№ 5	1.87
	„ „ „ „	№ 6	2.15
	„ „ „ „	№ 7	2.44
съ сѣтк.	Горѣлка Арганда (образцовая)	.	3.20
	Обыкновенная Ауэровская горѣлка	.	11 до 19
	Горѣлка „Кернъ“	.	20 до 25
	Горѣлка высокаго давленія	.	30 до 35

Сравненіе обыкновеннаго плоскаго пламени газоваго рожка № 4 съ обыкновенной Ауэровской горѣлкой съ сѣткой показываетъ, что одно и то же количество газа во второмъ случаѣ даетъ свѣта въ 6—11 разъ больше. Другими словами, расходъ на газъ сводится къ  $\frac{1}{6}$  или даже къ  $\frac{1}{11}$  первоначальной стоимости. Конечно, слѣдуетъ вычесть изъ этой выгоды расходъ на сѣтки; и не слѣдуетъ



забывать, что свѣтъ, даваемый сѣтками, по мѣрѣ ихъ употребленія ослабѣваетъ. Въ горѣлкахъ Керна, которыя даютъ болѣе совершенное смѣшеніе воздуха и газа, получается болѣе горячее пламя, что увеличиваетъ количество испускаемаго свѣта. Причина такого выигрыша въ яркости ясна изъ предыдущаго. Въ Бунзеновской горѣлкѣ достигается болѣе высокая температура (а именно, почти  $2023^{\circ}$  абсолютныхъ), чѣмъ какая можетъ быть получена въ плоскомъ газовомъ пламени (около  $1613^{\circ}$  С или  $1886^{\circ}$  абсолютныхъ). Эта болѣе высокая температура сама по себѣ содѣйствуетъ усиленію свѣта; но сверхъ того и въ еще большей степени этому же способствуетъ употребленіе сѣтки изъ рѣдкихъ земель, излучающихъ преимущественно отдѣльныя группы лучей, наиболѣе чувствительныя для глаза. Слѣдуетъ ли ставить въ упрекъ свѣту Ауэровскихъ горѣлокъ его зеленоватый оттѣнокъ? Именно эта зеленоватость и сообщаетъ ему его высокую освѣтительную способность.

**Изслѣдованія Рубенса.** Профессоръ Рубенсъ показалъ, что испускательная способность Ауэровской сѣтки въ общемъ очень низка. Для болѣе длинныхъ волнъ невидимаго свѣта она не доходитъ даже до 1% испускательной способности абсолютно чернаго тѣла. Для этихъ лучей ея радіація даже меньше, чѣмъ излученіе самого Бун-

зеновскаго пламени. Но зато для лучей съ волной въ 100 микросантиметровъ или меньше ея испусканіе, хотя меньшее, чѣмъ у абсолютно чернаго тѣла, оказывается гораздо большимъ, чѣмъ у Бунзеновскаго пламени. Въ спектрахъ энергіи Ауэровской горѣлки съ различными сѣтками различнаго состава (рис. 18) максимумы бываютъ разные. При употребленіи чистой окиси желѣза или чистой окиси

Рис. 18.



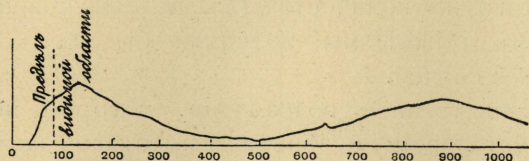
Кривыя Рубенса распредѣленія энергіи въ спектрѣ газокатильнаго свѣта съ различными сѣтками.

церія получался максимумъ при 200 микросантиметрахъ. Само пламя также даетъ два максимума, одинъ около 260 микросантиметровъ, обусловленный водянымъ паромъ, и другой около 430, происходящій отъ угольной кислоты. Спектръ энергіи обыкновенной сѣтки (рис. 19) также даетъ два максимума, одинъ съ длиной волны въ 120 микросантиметровъ, другой около 900. Первый показы-



ваетъ, что хотя температура доходитъ здѣсь только до  $1590^{\circ}$  С (т. е.  $1863^{\circ}$  абсолютныхъ), но качество свѣта ближе соотвѣтствуетъ свѣту, получаемому отъ чернаго тѣла при  $2450^{\circ}$  абсолютныхъ.

Рис. 19.



Кривая Рубенса для излученія Ауэровской сѣтки.

### Газокалильное освѣщеніе высокаго давленія.

Дальнѣйшій успѣхъ былъ недавно достигнутъ съ помощью газовыхъ горѣлокъ высокаго давленія. Обыкновенное давленіе газа, доставляемаго въ наши дома, довольно низко—приблизительно оно равно давленію столбика воды отъ 2 до  $2\frac{1}{2}$  дюймовъ высотой. Но если сжать газъ до давленія въ 40 или 50 дюймовъ водяного столбика и впустить его подъ такимъ давленіемъ въ соотвѣтствующую горѣлку въ атмосферѣ, то онъ смѣшивается съ воздухомъ болѣе совершенно, вслѣдствіе чего температура сгоранія повышается еще и въ результатѣ получается гораздо большая яркость сѣтки. Этотъ родъ газокалильнаго освѣщенія быстро входитъ въ употребленіе для освѣщенія площадей и улицъ. И неудивительно. Измѣренія про-

фессора Веддинга показываютъ, что лампа высокаго давленія „Милленіумъ“ даетъ силу въ 1320 свѣчей въ горизонтальномъ направленіи, или въ 933 свѣчи по всей сферѣ, потребляя 25 кубическихкихъ футовъ нормальнаго газа въ часъ. При сжиганіи того же количества газа въ обыкновенномъ газовомъ рожкѣ мы получили бы всего лишь около 75 свѣчей.

Единственное возраженіе, которое можно сдѣлать газовому освѣщенію высокаго давленія, относится къ работѣ сжимателя, служащаго для механическаго сжатія газа. Это сжатіе можетъ выполняться любымъ маленькимъ моторомъ. Примѣръ представляетъ компрессоръ „Колонія“ (рис. 20). Моторомъ здѣсь служитъ маленькій электрическій двигатель въ  $\frac{1}{2}$  лошадиной силы. Здѣсь выставленъ также новый автоматическій водяной компрессоръ простого и очень остроумнаго устройства<sup>1)</sup>. При этомъ совершенно безразлично, сжимается ли газъ или же сжимается и вдувается въ газовую горѣлку воздухъ. Конечно, послѣдній способъ предпочтительнѣе.

Мнѣ любезно доставили экземпляръ горѣлки Скоттъ-Снелля (Scott-Snell), въ которой сжатіе

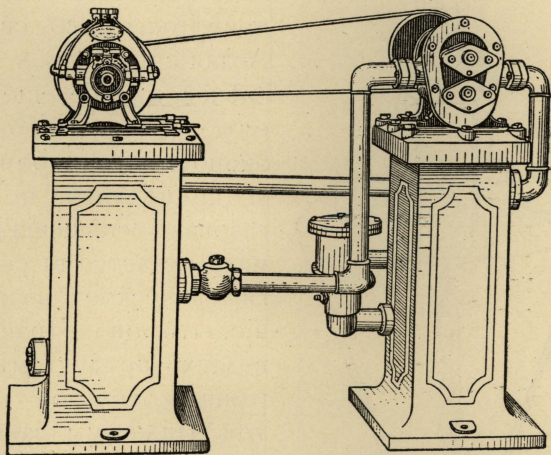
---

<sup>1)</sup> Я не вправѣ сообщить вамъ детали конструкціи этого новаго компрессора. Онъ чрезвычайно малъ и дешевъ; расходъ воды, получаемой изъ обыкновеннаго городского водопровода, очень незначителенъ.



воздуха выполняется простой машинкой съ нагрѣтымъ воздухомъ, удобно помѣщаемой въ верхней части проекціоннаго фонаря и работающей при помощи теряемой лампою теплоты, такъ что ка-

Рис. 20.



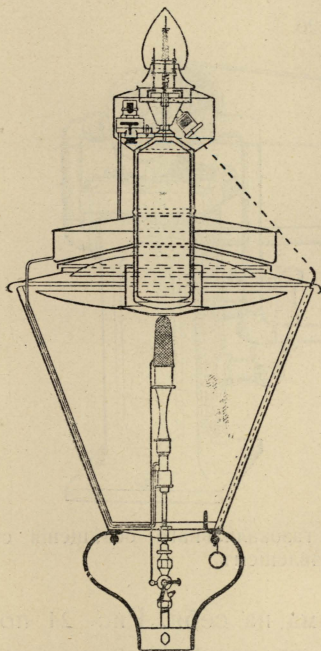
Сжиматель газа „Colonia“ для газокалильного освѣщенія съ высокимъ давленіемъ.

ждая лампа работаетъ сама на себя. Рис. 21 показываетъ ея устройство въ разрѣзѣ.

Какъ ни великъ успѣхъ въ дѣлѣ газоваго освѣщенія, несомнѣнно, что послѣднее слово здѣсь еще не сказано, что еще имѣется обширное поле для дальнѣйшихъ улучшеній. Большая экономія,

достигаемая при употребленіи лампъ высокаго давления, имѣетъ мѣсто только при горѣлкахъ большой свѣтовой силы. До сихъ поръ не изобре-

Рис. 21.



Автоматическая горѣлка  
Скоттъ-Снелля для газа подъ  
высокимъ давленіемъ.

тено еще столь же экономной газовой горѣлки для малой силы свѣта, на-  
примѣръ, въ 20 свѣчей. А для свѣта отъ 5 до 20 свѣчей мы все еще имѣ-  
емъ только старое не-  
экономное плоское пламя. И, кромѣ того, противъ  
газового освѣщенія въ до-  
махъ остается въ силѣ то  
гигіеническое возраже-  
ніе, что оно отравляетъ  
воздухъ продуктомъ сго-  
ранія — угольной кисло-  
той. Ниже мы займемся  
экономической стороною  
современнаго газоваго  
освѣщенія.

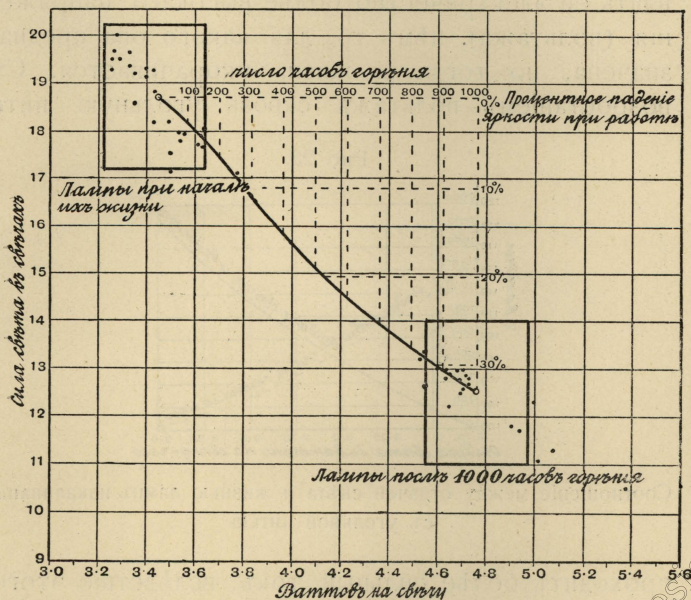
**Свѣтовая полезность  
лампъ накаливанія.** Те-  
перь мы перейдемъ къ  
разсмотрѣнію электриче-

скихъ калильныхъ лампъ. Обыкновенная рыночная  
калильная лампа съ тонкой черной угольной нитью



при обычномъ употребленіи тратить приблизительно отъ 3 до  $3\frac{1}{2}$  ваттовъ на одну свѣчу (сферическую) и служить въ среднемъ 1000 часовъ; впрочемъ, въ теченіе этого времени вслѣдствіе

Рис. 22.

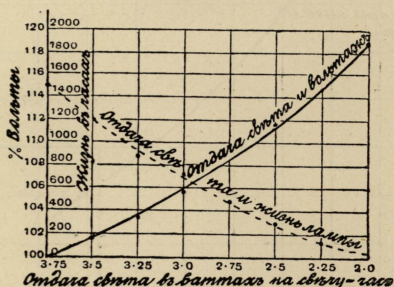


Результаты испытаній двадцати четырехъ электрическихъ лампъ накаливанія.

почернѣнія стеклянной груши, ея яркость падаетъ на 20—40%, такъ что расходъ возрастаетъ до 4 или  $4\frac{1}{2}$  ваттовъ на свѣчу. Рис. 22 изображаетъ

результатъ испытанія 24 лампъ въ Національной Физической Лабораторіи въ Лондонѣ. Температуру нити можно считать равной приблизительно  $2000^{\circ}$  абсолютныхъ. Какъ хорошо извѣстно, лампа можетъ дать гораздо больше свѣта, если доставлять ей электричество болѣе высокаго напряженія (вольтажа), чѣмъ то, для какого она предназначена, но тогда ея жизнь укорачивается. Съ возрастаніемъ вольтажа сквозь угольную нить

Рис. 23.



Соотношеніе между отдачей свѣта и жизнью лампъ накаливанія съ угольной нитью.

проходить болѣе сильный токъ, вслѣдствіе этого нить становится болѣе горячей и съ повышеніемъ температуры испускаетъ свѣта больше и болѣе бѣлаго качества.

Простой опытъ поясняетъ вытекающее отсюда заключеніе. Передъ вами калильная лампа,



которая при 50 вольтахъ должна давать 50 свѣчей. Съ повышеніемъ электрическаго напряженія ея свѣтъ усиливается; онъ достигаетъ 70 свѣчей, 100 свѣчей, 150 свѣчей, 200 свѣчей. Еслибы было возможно удвоить температуру раньше, чѣмъ нить разрушится, то теоретически мы могли бы дойти до 10000 свѣчей. Но задолго до этого наступить конецъ, ибо при столь высокой температурѣ уголь въ нити начинаетъ быстро расплываться и нить лопается въ самомъ слабомъ мѣстѣ. Рис. 23 даетъ, согласно измѣреніямъ Общества Робертсоновскихъ Лампъ (Robertson Lamp Company), диаграмму, показывающую, какъ съ возрастаніемъ вольтажа растеть яркость, но въ то же время укорачивается долговѣчность лампы. Коэффициентъ долговѣчности можно представить въ такомъ видѣ:

Проценты нормального вольтажа	Проценты нормальной жизни
100	100
101	80·8
102	68·1
103	56·2
104	45·2
105	37·4
106	31·0

Повышеніе вольтажа всего на 6% сводить среднюю долговѣчность меньше, чѣмъ къ одной трети нормальной величины.

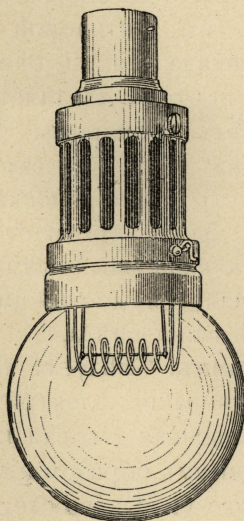
**Новые сорта лампъ накаливанія.** Въ настоящее время на рынкѣ находится нѣсколько новыхъ сортовъ лампъ накаливанія. Начало этому было положено около семи лѣтъ тому назадъ, когда Нернстъ предложилъ употреблять волокна, похожія по виду на нитку трубочной глины, но въ дѣйствительности сдѣланныя изъ окисей цирконія и иттрія или подобныхъ веществъ, съ особой испускательной способностью. Такого рода нить не пропускаетъ электрическаго тока, пока она не нагрѣта; поэтому лампа Нернста (рис. 24) имѣетъ приспособленіе, нагрѣваемое самимъ токомъ: нить начинаетъ свѣтить, лишь когда она становится электропроводной. Отчасти благодаря специфической излучательной способности употребляемыхъ веществъ, но, вѣроятно, отчасти также вслѣдствіе достиженія болѣе высокой температуры, нити Нернста даютъ болѣе высокое полезное дѣйствіе, чѣмъ угольныя, требуя только отъ 2 до  $2\frac{1}{4}$  ваттовъ на свѣчу. Длина волны наибольшаго напряженія въ ихъ спектрѣ равна 128 миллионнымъ сантиметра, что соотвѣтствовало бы температурѣ въ  $2300^{\circ}$  абсолютныхъ, еслибы нить Нернста излучала подобно черному тѣлу. Если же эффектъ вызывается специфической излучательной способностью, то дѣйствительная температура можетъ быть ниже.

Еще позднѣе были предложены калильныя



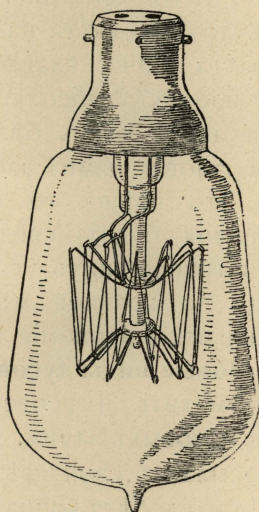
лампы съ металлическими нитями. Платина не годится для этой цѣли, ибо ея точка плавленія ( $1775^{\circ}$  C) лежитъ слишкомъ низко. Ауэръ предложилъ очень рѣдкій металлъ осмій. Больтонъ и Фейерлейнъ (Bolton, Feuerlein) предложили тан-

Рис. 24.



Лампа накаливанія Нернста.

Рис. 25.



Танталовая лампа.

талъ, Цернингъ (Zerning) цирконій и Кузель (Kusel) вольфрамъ. Трудность приготовления тонкихъ проволочекъ, около  $\frac{1}{500}$  дюйма толщиной, изъ этихъ твердыхъ и почти неплавящихся металловъ

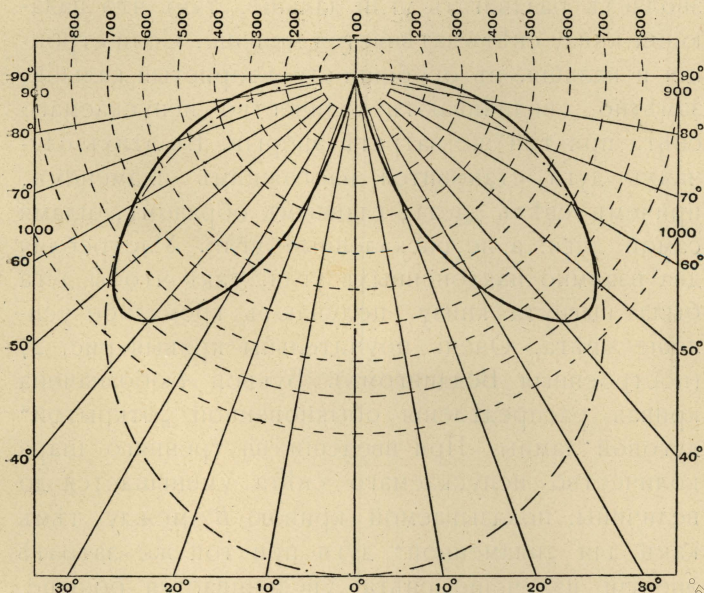
очень велика, но не неодолима. Осміевыя лампы имѣются на рынкѣ уже болѣе двухъ лѣтъ, танталовыя около двѣнадцати мѣсяцевъ. Вольфрамовыя лампы еще не поступили въ продажу. Результаты оказались весьма многообъщающими и уже теперь танталовая лампа находитъ широкой спросъ (рис. 25). Въ осміевой лампѣ расходъ энергіи падаетъ до 1·76 ватта на свѣчу, въ танталовой до 1·5 ватта. Точка плавленія тантала лежитъ около 2520° или 2570° абсолютныхъ; поэтому танталовая лампа даетъ очень бѣлый свѣтъ. Говорятъ, что вольфрамовая лампа даетъ одну свѣчу на ваттъ. Если это вѣрно, то стоимость электрическаго освѣщенія будетъ сведена къ одной трети стоимости теперешнихъ угольныхъ калильныхъ лампъ. Здѣсь, по крайней мѣрѣ, является достижимой значительная экономія въ добываніи свѣта.

**Новые виды дуговыхъ лампъ.** Слѣдуетъ также отмѣтить и усовершенствованія электрическихъ дуговыхъ лампъ. Обыкновенная дуговая лампа посылаетъ свой свѣтъ, главнымъ образомъ, изъ нагрѣтаго добѣла конца верхняго угольнаго стержня; но такъ какъ лучи на своемъ пути встрѣчаютъ нижній уголь, то максимумъ освѣщенія приходится въ косомъ направленіи книзу, какъ показываетъ кривая распредѣленія свѣта на рис. 26. Около двѣнадцати лѣтъ тому назадъ дугу стали помѣщать въ почти герметически закрытый вну-



трёх шаръ. Благодаря этому приспособленію скорость сгоранія угольныхъ стрижней значительно уменьшилась, что сберегаетъ много расхода и

Рис. 26.



Кривая распределенія свѣта обыкновенной дуговой лампы.

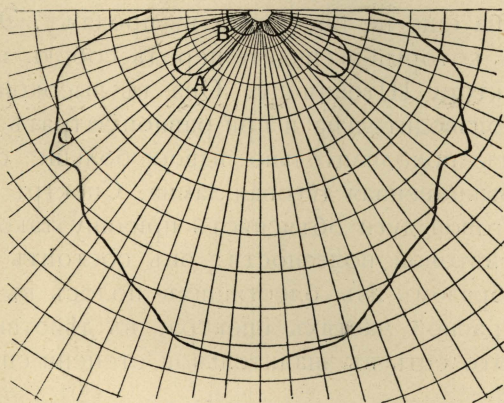
работы по перемѣнѣ углей. Но потеря въ свѣтѣ вслѣдствіе поглощенія двойнымъ шаромъ оказалась очень значительной и свѣтовая полезность

лампы въ общемъ уменьшилась. Очень недавно былъ сдѣланъ новый шагъ впередъ введеніемъ пропитанныхъ извѣстными веществами углей. Давно извѣстно, что калиевыя соли улучшаютъ качество испускаемаго свѣта: кромѣ того, ихъ введеніе позволяетъ раздвигать угли дальше, такъ что падающій книзу свѣтъ затѣняется меньше. Соли стронція и кальція, въ особенности фтористый кальцій, замѣтно увеличиваютъ количество испускаемаго свѣта при той же затратѣ энергіи. Въ этихъ случаяхъ дуга становится настоящимъ пламенемъ, причемъ свѣтъ даетъ, главнымъ образомъ, пламя самой дуги, а не раскаленные угли. Употребляя два взаимно наклоненныхъ угля, такъ чтобы дуга была выгнута книзу, получаютъ громадное усиленіе свѣта. Очень поучительны кривыя рис. 27 (построенныя Веддингомъ). Буквой *A* обозначена кривая распредѣленія обыкновенной „открытой“ дуговой лампы. При введеніи внутренняго шара количество испускаемаго свѣта уменьшается до величины, показываемой кривою *B*; между тѣмъ какъ для „пламенной“ дуги при той же затратѣ энергіи излученіе свѣта увеличивается больше, чѣмъ вчетверо, и кривая распредѣленія принимаетъ форму *C*. Введеніе солей кальція сообщаетъ дугѣ красивый оранжевый оттѣнокъ, который по видимому особенно хорошо проникаетъ сквозь туманный воздухъ.



**Магнетитовая дуговая лампа.** Дуговая лампа новѣйшаго рода принадлежит Штейнметцу (Steinmetz) изъ Шенектеди. Послѣ тщательнаго изученія матеріаловъ для накаливанія онъ выбралъ для отрицательнаго электрода лампы окись желѣза,

Рис. 27.



Кривыя распредѣленія свѣта дуговыхъ лампъ.

такъ называемый *магнетитъ*. Это вещество смѣшиваютъ съ окисью хрома или титана и набиваютъ затѣмъ въ желѣзный патронъ, который помещаютъ въ днѣ лампы. Верхнимъ или положительнымъ полюсомъ служить кусокъ твердой мѣди.

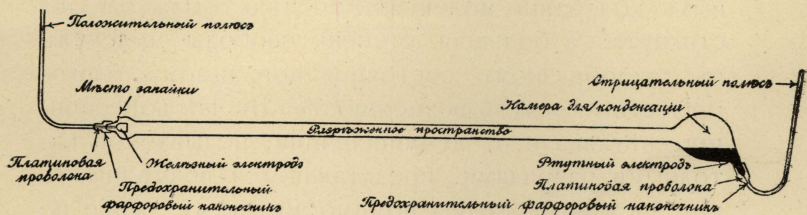
Получаемая при такихъ условіяхъ дуга представляетъ собою интенсивную полосу бѣлаго свѣта, около 1 дюйма длиной. Мѣдный полюсъ совершенно не сгораетъ, а патронъ съ магнетитомъ расходуетъ очень медленно. Одно изъ свойствъ этой лампы состоитъ въ томъ, что максимумъ ея освѣщенія падаетъ почти горизонтально, что дѣлаетъ ее весьма удобной для освѣщенія улицъ. Эта лампа еще не поступила въ продажу. Экземпляромъ, который вы видите передъ собою, я обязанъ доктору Штейнмецу. Она въ высокой степени производительна и при равной затратѣ энергии даетъ приблизительно вдвое больше свѣта, чѣмъ обыкновенная дуговая лампа. Спектръ свѣта магнетитовой дуги объясняетъ причину такой высокой свѣтовой полезности: онъ состоитъ главнымъ образомъ изъ блестящихъ полосъ въ зеленой и красной частяхъ спектра; въ дѣйствительности, это есть въ значительной степени спектръ газа.

**Электрическая ртутная лампа.** Пары ртути при прохожденіи черезъ нихъ электрическаго тока испускаютъ ослѣпительный голубоватозеленый свѣтъ. Было предложено много различныхъ лампъ для практическаго примѣненія этого. Изъ нихъ наиболѣе извѣстна лампа Куперъ-Гьюитта (Cooper-Hewitt). Англійская Компанія Вестингауза (British Westinghouse Company) любезно доставила



двѣ такія лампы для настоящей лекціи. Стеклянная трубка около 1 дюйма въ діаметрѣ и длиною отъ 3 до 4 футовъ, соотвѣтственно вольтажу источника электричества, снабжена по концамъ особыми электродами (рис. 28) и не содержитъ ничего кромѣ ртути и ея паровъ. Чтобы пустить въ нее токъ, достаточно наклонить лампу и разорвать этимъ столбикъ ртути, образующійся вдоль дна трубки при ея горизонтальномъ положеніи. Трубка

Рис. 28.



Лампа Куперъ-Гьюитта съ ртутными парами.

сразу наполняется мягкимъ, но яркимъ потокомъ зеленого свѣта. Найдено, что эта лампа имѣетъ почти такую же свѣтовую полезность, какъ обыкновенная дуговая, а именно около 1.66 свѣчей на ваттъ, и оказывается поэтому гораздо экономнѣе всѣхъ лампъ накаливанія.

Какъ уже было указано, раскаленные пары

обладаютъ свойствомъ испускать свою энергію въ видѣ нѣсколькихъ блестящихъ лучей, въ данномъ случаѣ преимущественно зеленыхъ и синихъ. Тепловые лучи здѣсь также имѣются; но относительное количество свѣтлыхъ лучей здѣсь гораздо больше, чѣмъ въ случаѣ раскаленного твердаго тѣла. Поэтому лампы съ парами, какъ ртутныя, слѣдуетъ разсматривать какъ ступень къ луминисцирующей лампѣ будущаго. Еслибы кто-нибудь нашелъ способъ приводить въ колебаніе атомы или электроны, избѣжавъ при этомъ болѣе крупныхъ колебаній молекулъ, то цѣль была бы достигнута; а болѣшая степень свободы молекулъ въ газообразномъ состояніи повидимому благоприятствуетъ этой возможности. Въ фосфоресценціи свѣтляка и въ луминисценціи, вызываемой катодными разрядами, представляется возможность воздѣйствія на атомы помимо молекулъ, даже не въ парообразныхъ веществахъ.

**Сравненіе электрическихъ лампъ.** Слѣдующая таблица даетъ сравненіе производительности различнаго рода электрическихъ лампъ и показываетъ, какъ великъ успѣхъ, достигнутый послѣдними открытіями. Однако, большая экономичность пламенной дуги имѣетъ мѣсто только для дугъ огромной яркости; маленькая лампа силой въ 5—20 свѣчей, дающая болѣе одной свѣчи на ваттъ, все еще ждетъ своего изобрѣтателя.



*Свѣтовая полезность электрическихъ лампъ*

	Ваттовъ на свѣчу	Свѣчей на ваттъ	Свѣчей на лошадиную силу
Лампа накаливанія	3·3	0·3	246
Лампа Нернста	1·5	0·67	495
Осмѣвая лампа	1·5	0·67	495
Танталовая лампа	1·4	0·7	532
Вольфрамовая лампа	1·0	1·0	746
Дуговая лампа	0·67	1·5	1110
Ртутная лампа	0·6	1·66	1240
Магнетитовая лампа	0·25	4·0	2984
Пламенная дуга	0·17	5·8	4300

**Стоимость добыванія свѣта.** Мы подходимъ теперь къ крайне важному вопросу о стоимости добыванія свѣта, получаемого въ этихъ различныхъ видахъ лампъ. Для этого мы должны взять какія-нибудь опредѣленные числа для стоимости газа, керосина и электрической энергіи, которые являются матеріаломъ для полученія свѣта. Цѣны мѣняются отъ мѣстности къ мѣстности. Мы примемъ здѣсь слѣдующія цѣны:

*Газъ* (нормальнаго качества, расходуемый въ количествѣ 5 кубическихъ футовъ въ часъ на 16 свѣчей) принять по 2 шиллинга (96 копеекъ) за 1000 кубическихъ футовъ.

*Керосинъ* (американскій, съ точкой вспышки

при 43° С) по 8 пенни за галлонъ (приблизительно 1 р. 15 к. за пудъ).

*Электрическая энергія* по 2·4 пенни (9·6 коп.) за единицу (киловаттъ·часъ<sup>1)</sup>).

Нужно также выбрать единицу количества свѣта и за эту единицу мы примемъ свѣчу·часъ, т. е. все количество свѣта, даваемое въ теченіе одного часа одной свѣчей.

Слѣдующая таблица даетъ сводку результатовъ измѣреній профессора Веддинга, въ переводѣ на англійскія единицы, для различныхъ источниковъ свѣта, изслѣдованныхъ имъ.

---

<sup>1)</sup> Для сравненія съ русскими условіями могутъ служить слѣдующія данныя для Одессы: 1000 куб. футовъ газа стоятъ 3 рубля, 1 пудъ керосина 1 р. 70 к., киловаттъ·часъ 40 коп. Такимъ образомъ, въ Одессѣ газъ стоитъ въ 3 раза, керосинъ въ 1½ раза и электричество въ 4 раза дороже, чѣмъ въ Лондонѣ. *Прим. перев.*



# Сравненіе источниковъ свѣта (по проф. В. Веддингу).

Принятія цѣны: газъ по 6 коп. за 1000 куб. футовъ, керосинъ по 1 р. 15 к. за пудъ; электрическая энергія по 9.6 коп. за киловаттъ-часъ.

	Свѣтъ		Ватты			Свѣтовая полез- ность			Стоимость			Отравленіе воздуха	
	Горизон- тальная	Средне- свая	Ватты			Ваттовъ на свѣчу (англійскіхъ) на единицу тепла	Свѣтовая полез- ность	Копеекъ за свѣчу- часъ	Копеекъ за 1000 свѣчъ-часовъ	Свѣчъ-часовъ на 1 рубль	Всего въ часъ	На свѣчу- часъ	Кубическ. дюйм. CO <sub>2</sub>
Газъ (обыкновенный ро- жокъ) . . . . .	16	13.6	1440	106	310	0.00015	0.03528	35.28	2834	7590	536		
Керосиновая лампа . . . . .	13	11.6	560	48.2	146	0.00029	0.01216	12.16	8224	4276	366		
Ауэровская свѣтка . . . . .	65	46.0	670	14.5	43	0.00018	0.00768	7.68	13021	3600	72.5		
Свѣтъ „Милленіумъ“ . . . . .	1320	933	7140	7.65	22.7	0.00081	0.00376	3.76	26596	38400	39		
Лампа накаливанія № 1 . . . . .	38.6	30.5	104	3.4	10.02	0.00066	0.02564	25.64	3900	0	0		
Лампа накаливанія № 2 . . . . .	16.1	11.5	59.1	5.24	15.5	0.00335	0.03968	39.68	2520	0	0		
Осмиевая лампа . . . . .	37.3	27.6	48.7	1.76	5.22	0.00622	0.01344	13.44	7440	0	0		
Лампа Нерста . . . . .	162.1	99.5	213	2.13	6.32	0.00850	0.01632	16.32	6127	0	0		
Дуговая лампа (обыкновен.) . . . . .	—	352	440	1.25	3.71	0.00318	0.00960	9.60	10417	653	22		
Пламенная дуга . . . . .	—	1655	440	0.265	0.78	0.01080	0.00200	2.00	50000	1306	0.8		

Бросимъ взглядъ на колонну цифръ, съ заголовкомъ „Единицъ тепла (англійскихъ) на свѣчу-часъ“; мы видимъ, какъ сильно различаются разныя лампы по количеству тепловой энергіи, которую онѣ потребляютъ для полученія равныхъ количествъ свѣта. Въ то время какъ обыкновенный газовый рожокъ расходуетъ на полученіе 1 свѣчи - часа 310 англійскихъ тепловыхъ единицъ <sup>1)</sup>, электрическая пламенная дуга требуетъ меньше одной такой единицы. Съ другой стороны газокалильный свѣтъ обыкновенной Ауэровской сѣтки требуетъ 43 тепловыхъ единицы, а обыкновенная лампа накаливанія требуетъ только отъ 10 до 15 тѣхъ же единицъ на свѣчу-часъ. И все же оказывается, что газокалильный свѣтъ дешевле, чѣмъ свѣтъ калильныхъ электрическихъ лампъ одинаковой силы свѣта. Объясненіе этого обстоятельства заключается въ разницѣ стоимости теплоты: газовый свѣтъ получаетъ свою теплоту отъ сгорания газа, а калильныя лампы получаютъ теплоту отъ электрической энергіи. Единица тепла, получаемого при сгораніи газа, обходится въ 0.000168 копейки, а при производствѣ ея электрическимъ

<sup>1)</sup> Англійской тепловой единицей называется количество тепла, нагревающего 1 англійскій фунтъ воды на 1° Фаренгейта. Она равна 251.98 *граммкалоріи* или 1048 джаулямъ, или, наконецъ, 0.000296 *киловаттъ-часа*. Одинъ *киловаттъ-часъ* равенъ 3435 англійскимъ тепловымъ единицамъ.



токомъ она стоитъ 0.00256 копейки. Другими словами, поскольку дѣло идетъ о производствѣ одной теплоты въ лампѣ, электричество при взятыхъ цѣнахъ обходится въ пятнадцать разъ дороже газа. Но теплота-то какъ разъ не нужна намъ. И такъ какъ газовыя лампы расходуютъ такую большую долю своей энергіи просто на несвѣтящую теплоту, то газовое освѣщеніе оказывается уже не столь предпочтительнымъ, какъ это видно изъ цифръ стоимости освѣщенія. Сколько свѣта можно купить на 1 рубль? Отвѣтъ на этотъ вопросъ мы находимъ въ таблицѣ. Самымъ дорогимъ источникомъ, не говоря о плохой калильной лампѣ (№ 2, которая очевидно слишкомъ ужъ непроизводительна даже для калильной лампы), является обыкновенный газовый рожокъ, дающій на 1 рубль всего только 2834 свѣчъ-часовъ. Наилучшей изъ газовыхъ лампъ является калильная лампа высокого давления, образецъ которой въ таблицѣ, Millennium, даетъ 26596 свѣчъ-часовъ; но ее еще превосходитъ пламенная дуга, которая даетъ за тѣ же деньги 50000 свѣчъ-часовъ.

**Самая дешевая форма свѣта.** Мы уже раньше обращали вниманіе на то, что процессъ добыванія свѣта съ помощью *накаливанія* является непрямымъ, а процессъ полученія свѣта *люминисценціей* представляется прямымъ, т. е. энергія превращается въ свѣтъ безъ производства ненужной

теплоты. Въ этомъ заключается секретъ Иванова червячка и свѣтляка; но въ этомъ же заключается и секретъ болѣе яркой фосфоресценціи катодныхъ лучей, которую даетъ вакуумъ-трубка Крукса. Какимъ-то образомъ эти насѣкомыя нашли способъ, который человѣкъ также нашель въ Круксовыхъ трубкахъ, возбуждать тонкія колебанія атомовъ, или ассоціированныхъ съ ними электроновъ, не прибѣгая къ грубому процессу пусканія въ движеніе всѣхъ молекулъ тѣла съ помощью теплоты. Въ возможности возбудить луминисценцію съ помощью химическихъ или катодныхъ средствъ открываются крайне важныя перспективы для будущаго. Мы въ Великобританіи ежегодно тратимъ на добываніе для себя искусственнаго освѣщенія, котораго требуетъ наша цивилизація, гигантскую сумму отъ 10 до 20 милліоновъ фунтовъ стерлинговъ (100—200 милліоновъ рублей). По крайней мѣрѣ 99% этой колоссальной суммы пропадаетъ въ видѣ простой теплоты. Какое будущее ждетъ человѣка, который изобрѣтетъ практически примѣнимую *луминисцирующую лампу*, дающую свѣтъ безъ теплоты!

**Будущій прогрессъ.** Съ избыткомъ ясно, что здѣсь передъ нами обширное поле для будущаго развитія. Прогрессъ идетъ двумя путями. Можно, держась существующаго положенія вещей, съ помощью тщательныхъ опытовъ и внимательнаго



изученія всѣхъ мелочей, совершенствовать ихъ шагъ за шагомъ; это одинъ путь. Но во всѣ времена бывало, что гениальный человѣкъ, работая въ тиши своей лабораторіи, открываетъ какой-нибудь новый фактъ, который по началу кажется непонятнымъ и лишеннымъ значенія. Онъ публикуетъ свое наблюденіе, читая докладъ въ какомъ-нибудь ученомъ обществѣ. Докладъ печатается въ журналѣ общества и въ скоромъ времени забывается. Много лѣтъ спустя какой-нибудь практическій человѣкъ мимоходомъ наталкивается на этотъ непонятный фактъ, заинтересовывается имъ и придаетъ ему такой видъ, что фактъ получаетъ коммерческое значеніе. Затѣмъ онъ ищетъ финансиста, который пускаетъ его на рынокъ, и міръ слышитъ о новомъ изобрѣтеніи. Кто-нибудь наживается, но очень рѣдко открытіе доставляетъ выгоду своему первоначальному изобрѣтателю. Особенности накаливанія окисей эрбія и торія были извѣстны химикамъ сорокъ лѣтъ назадъ; но никто не слыхалъ о газокалильномъ освѣщеніи, пока Ауэръ фонъ-Вельсбахъ не придумалъ своей сѣтки для использованія этого замѣчательнаго свойства. Я показывалъ вамъ замѣчательную люминисценцію рубиновъ и виллемита<sup>1)</sup>, вызываемую катодными разрядами въ Круксовой трубкѣ; но

<sup>1)</sup> Минераль желтоватозеленаго или мясного цвѣта, естественный кремнекислый цинкъ. *Прим. перев.*

луминисцирующая лампа такого рода не нашла еще приложенія на практикѣ.

Большая экономичность газовыхъ лампъ высокаго давленія и электрической пламенной дуги имѣетъ мѣсто только въ очень сильныхъ лампахъ. Ближайшей потребностью является производство столь же экономныхъ маленькихъ лампъ. Быть можетъ, въ скоромъ времени мы будемъ обладать небольшой электрической лампой съ парами ртути. Одинъ изъ шаговъ къ улучшенію будетъ удешевленіе источниковъ какъ газа, такъ и электрической энергіи. Газъ долженъ былъ бы быть исчисляемъ теперь не по его предполагаемой свѣтовой силѣ, а по тепловой. Газъ, одинаковый по тепловой производительности съ тѣмъ, который поставляется теперь, могъ бы вырабатываться по 40 копеекъ за 1000 кубическихъ футовъ, еслибы мы не заставляли его горѣть собственнымъ пламенемъ, а пользовались свѣтками для полученія свѣта. А электрическая энергія, стоящая теперь по 9·6 копеекъ за единицу, могла бы производиться гораздо дешевле, чѣмъ по 2 копейки, еслибы производство велось въ достаточно широкихъ размѣрахъ. Здѣсь передъ нами открываются грандіозныя перспективы; но въ области луминисценціи предстоящія перспективы еще болѣе грандіозны, чѣмъ въ области накаливанія. У меня нѣтъ опасеній за конечное рѣшеніе задачи о добываніи свѣта. Лампой



будущаго, дающей свѣтъ безъ посторонней теплоты, будетъ луминисцирующая лампа. Слѣдовательно, это будетъ электрическая лампа, но не калильная.

**Радіевая лампа.** Къ уже намѣченнымъ перспективамъ наука въ послѣднее время прибавила еще одну, заключающуюся въ открытіи радія. Этотъ поразительный и загадочный металлъ дѣйствуетъ такъ, какъ еслибы онъ былъ неисчерпаемымъ источникомъ невидимыхъ излученій поразительной силы. Нѣсколько миллиграммовъ его, помѣщенные вблизи фосфоресцирующаго тѣла вродѣ виллемита, заставляютъ тѣло свѣтитися въ темнотѣ, образуя, такимъ образомъ, вѣчную лампу. Вы думаете, быть можетъ, что это общаетъ намъ самый дешевый источникъ свѣта. Но, къ несчастью для такихъ мечтаній, законы экономіи до сихъ поръ не могли быть нарушены. Радій крайне рѣдокъ и очень дорогъ. Чтобы получить съ помощью его фосфорического дѣйствія на виллемитъ лампу всего въ одну свѣчу, требуется нѣсколько миллиграммовъ радія и эти нѣсколько миллиграммовъ стоятъ по крайней мѣрѣ 40 фунтовъ стерлингъ (400 рублей). Съ затратой капитала въ 400 рублей можно имѣть вѣчный свѣтъ въ одну свѣчу! Но простые проценты на этотъ капиталъ доходятъ приблизительно до копейки въ часъ, считая то время, когда нужно пользоваться услугами лампы.

Даже и сальная свѣча обошлась бы дешевле! Самый дорогой изъ нашихъ калильныхъ источниковъ свѣта обходится не дороже, чѣмъ въ  $\frac{1}{25}$  копейки за свѣчу-часъ. Такимъ образомъ тотъ источникъ свѣта, который казался самымъ дешевымъ, не стоящимъ ничего кромѣ процентовъ на капиталъ, оказывается наиболѣе дорогимъ.

**Солнечный свѣтъ въ концѣ концовъ.** Нѣтъ, самымъ дешевымъ источникомъ свѣта все же остается самый обыкновенный и самый распространенный—солнце, равно освѣщающее бѣднаго и богатаго и дающее намъ—такова его поразительная экономичность—свѣтъ, длина волны наибольшаго напряженія въ спектрѣ котораго составляетъ 50 миллионныхъ сантиметра, т. е. какъ разъ является той волной, по отношенію къ которой наши глаза въ теченіе долгой эволюціи въ ряду поколѣній стали наиболѣе чувствительными. Какъ бы ни былъ дешевъ свѣтъ, который намъ можетъ дать любой искусственный процессъ, еще болѣе дешевымъ окажется приспособить наши социальныя привычки къ часамъ солнечнаго свѣта и совершать нашу дневную работу въ теченіе дня.

Конецъ.

<http://mathes.ru>



# МАТЕЗИСЪ

Книгоиздательство научныхъ и популярно научныхъ сочиненій изъ области физико-математическихъ наукъ.

## Вышли въ свѣтъ слѣдующія изданія:

**АРРЕНИУСЪ, СВ.** проф. **Физика неба.** Перев. съ нѣм. подъ ред. прив.-доц. *А. Р. Орбинскаго.* VIII+250 стр. 8°. 66 черт. и 2 цвѣтн. рис. въ текстѣ. Черная и спектральная таблицы. 1905 Ц. Р. 2.—  
Научность содержанія, ясность и простота изложенія и превосходный переводъ соперничаютъ другъ съ другомъ. *Русская Мысль.*

**АБРАГАМЪ, Г.** проф. **Сборникъ элементарныхъ опытовъ по физикѣ** Перев. съ франц. подъ ред. прив.-доц. *Б. П. Вейнберга.*  
**Часть I:** Работы въ мастерской—Геометрія и механика—Теплота—XVI+272 стр. 8°. Свыше 300 рис. 2-е изд. 1909 (печатается) Ц. 1 р. 50 к.  
Систематически составленный сводъ наиболѣе удачныхъ, типичныхъ и поучительныхъ опытовъ. *Вспитикъ и Библиотека Самообразования.*  
**Часть II:** Звукъ—Свѣтъ—Электричество—Магнетизмъ—434+LXXV стр. 8°. Свыше 400 рисунковъ. 1906. Ц. Р. 2. 75 к.  
Должна служить настольн. книгой для кажд. экспериментатора. *Физ.-Люб.*

**УСПѢХИ ФИЗИКИ.** Сборникъ статей, подъ ред. „*Вспити. Опытной Физики и Элементарной Математики*“ 2-е изданіе. VI+157 стр. 8°. 41 рис. и 2 таблицы. 1907. Ц. 75 к.  
Нужно надѣяться, что послѣднее... послужитъ къ широкому распространенію этой чрезвычайно интересной книги. *Русская Мысль.*

**АУЭРБАХЪ, Ф.** проф. **Царица міра и ея тѣнь.** Общедоступное изложеніе основаній ученія объ энергіи и энтропіи. Пер. съ нѣм. 3-е изд. VIII+56 стр. 8°. 1908. Ц. 40 к.  
Слѣдуетъ признать брошюру Ауэрбаха чрезвычайно интересной. *Журн. М. Н. Пр. Проф. О. Хвольсонъ.*

**НЬЮКОМЪ, С.** проф. **Астрономія для всѣхъ.** Перев. съ англ. подъ ред. прив.-доц. *А. Р. Орбинскаго.* XXIV+286 стр. 8°. Съ портр. автора, 64 рис. и 1 табл. 1905. Ц. Р. 1. 50 к.  
И вполне научно, и совершенно доступно, и изящно написанная книга... переведена и издана очень хорошо. *Вспитикъ Воспитаній.*

**ВЕБЕРЪ, Г. и ВЕЛЬШТЕЙНЪ, I.** проф. **Энциклопедія элементарной алгебры** Перев. съ нѣм. подъ ред. и съ примѣч. прив.-доц. *В. Ф. Калана.* XIV+623 стр. 8°. Съ 38 чертеж. 1907. Ц. Р. 3. 50 к.  
Вы все время видите передъ собой мастера своего дѣла, который съ любовью показываетъ великія творенія человѣческой мысли, извѣстныя ему до тончайшихъ подробностей. *Педагогическій Сборникъ.*

**ДЕДЕКИНДЪ, Р.** проф. **Непрерывность и ирраціональныя числа.** Перев. съ нѣм. съ примѣч. прив.-доц. *С. О. Шашировскаго;*

съ присоединеніемъ его статьи: **Доказательство существованія трансцендентныхъ чиселъ.** 40 стр. 8°. 1907. 2-е изд. Ц. 40 к.  
Небольшой по объему, но, такъ сказать, законодательный по содержанию трудъ... *Русская Школа.*

**ПЕРРИ, ДЖ.** проф. **Вращающийся волчекъ.** Публичная лекція. Пер. съ англ. VIII+95 стр. 8°. Съ 63 рис. 2-е изд. 1908. Ц. 60 к.  
Книжка, воочію показывающая, какъ люди истиннаго знанія, не цѣхвой только науки, умѣютъ распоряжаться научнымъ матеріаломъ при его популяризаціи. *Русская школа.* С. Шохоръ-Троцкий.

**ШЕЙДЪ, К.** **Химическіе опыты для юношества.** Перев. съ нѣмек. подъ ред. лабор. Е. С. Елчанинова. II+192 стр. 8°. Съ 79 рисунками. 1907. Ц. Р. 1. 20 к.  
Превосходная книга, какой намъ давно не хватало. Всюду въ книгѣ сохраняешь благотворное чувство, что находишься въ совершенно надежныхъ рукахъ... учить серьезной наукѣ въ болѣ легкой формѣ.  
*Zeitschrift für Lehrmittelwesen und pädagogische Literatur.*

**ВИХЕРТЬ, Э.** проф. **Введение въ геодезію.** Перев. съ нѣмек. 80 стр. 16°. Съ 41 рисунок. 1907 г. Ц. 35 к.  
Излагаетъ основы низшей геодезіи, имѣя ввиду пользование ею въ школѣ въ качествѣ практическаго пособія... Изложеніе очень сжато, но полно и послѣдовательно. *Вопросы Физики.*

**ШМИДЪ, Б.** проф. **Философская хрестоматія.** Перев. съ нѣм. Ю. А. Говсенева подъ ред. и съ предисл. проф. Н. Н. Ланге. VI+171 стр. 8°. 1907. Ц. Р. 1. —  
Философомъ эта хрестоматія не сдѣлаетъ... но для человѣка, занятаго самообразованіемъ и немного знакомаго съ философіей и наукой, она даетъ разнообразн. и интересн. матеріалъ. *Вопросы философіи и психологій.*

**ТРОМГОЛЬТЪ, С.** **Игры со спичками.** Задачи и развлечения. Пер. съ нѣм. 146 стр. 16°. Свыше 250 рис. и черт. 1907. Ц. 50 к.

**ВЕТТЭМЪ, В.** проф. **Современное развитіе физики.** Пер. съ англійск. подъ ред. прив.-доц. Б. П. Вейнберга и А. Р. Орбинскаго. Съ приложеніемъ рѣчи А. Бальфура: „Нѣсколько мыслей о новой теоріи вещества“. VIII+319 стр. 8°. Съ 5 портретами, 6 таблицами и 33 рисунками. Ц. Р. 2. —

Старается представить въ стройной и глубокой системѣ всѣ явленія физическаго опыта и рисуетъ читателю дѣйствительно захватывающую картину грандіозныхъ завоеваній человѣческаго гениа. *Современный міръ.*

**РИГИ, А.** проф. **Современная теорія физическихъ явленій** (іоны, электроны, радиоактивность). Пер. съ III (1907) итальянскаго изданія. XII+166 стр. 8°. Съ 21 рис. 1908. Ц. Р. 1. —  
Можно смѣло рекомендовать образованному человѣку какъ лучшее имѣющееся у насъ изложеніе новѣйшихъ взглядовъ на обширную область физическихъ явленій. Н. Дрептельманъ.



**КЛОССОВСКИЙ, А.** проф. **Физическая жизнь нашей планеты на основании современныхъ воззрѣній.** 46 стр. 8°. 2-е изд., испр. и допол. 1908. Ц. 40 к.

Рѣдко можно встрѣтить изложеніе, въ которомъ въ такой степени соединялась бы высокая научная эрудиція съ картинностью и увлекательностью рѣчи. *Педагогическій Сборникъ.*

**АРРЕНИУСЪ, СВ.** проф. **Образованіе міровъ.** Пер. съ нѣм. подъ ред. проф. *К. Д. Покровскаго.* 208 стр. 8°. Съ 60 рис. 1908. Ц. Р. 1. 75 к. Книга чрезвычайно интересна и богата содержаніемъ.

*Педагогическій Сборникъ.*

**УШИНСКИЙ, Н.** проф. **Лекціи по бактериологіи.** VIII+135 стр. 8°. Съ 34 черными и цвѣтными рисунками. 1908. Ц. Р. 1. 50 к.

**КАГАНЪ, В.** прив.-доц. **Задача обоснованія геометріи въ современной постановкѣ.** Рѣчь, произнесенная при защитѣ диссертациі на степень магистра чистой математики. 35 стр. 8°. Съ 11 чертежами. 1908. Ц. 35 к.

**ЦИММЕРМАНЪ, В.** проф. **Объемъ шара, шарового сегмента и шарового слоя.** 34 стр. 16°. Съ 6 черт. 1908. Ц. 25 к.

**РИГИ, А.** проф. **Электрическая природа матеріи.** Вступительная лекція. Пер. съ итальянскаго. 28 стр. 8°. 1908. Ц. 30 к.

**ЛЕМАНЪ, О.** проф. **Жидкіе кристаллы и теоріи жизни.** Пер. съ нѣм. *И. В. Казанецкаго.* IV+43 стр. 8°. Съ 30 рис. 1908. Ц. 40 к.

**ЛАКУРЪ, П. и АПШЕЛЬ, Я.** **Историческая физика.** Пер. съ нѣм. подъ ред. „Вѣстника опыта, физики и элементарн. математики“. Въ 2-хъ том. большаго формата, 880 стр. Съ 799 рис. и 6 отдѣльными табл. 1908. (подробнѣе см. 2 ую стр. обложки). Ц. Р. 7. 50 к.

**ВЕЙНВЕРГЪ, В. П.** прив.-доц. **Снѣгъ, иней, градъ, ледъ и ледники.** IV+127 стр. 8°. Съ 138 рис. и 2 фототип. табл. 1909. Ц. 1 р.

**КОВАЛЕВСКИЙ, Г.** проф. **Введеніе въ исчисленіе безконечно-малыхъ.** Пер. съ нѣмецк. подъ ред. и съ прим. прив.-доц. *С. О. Шатуновскаго.* 1909. Ц. Р. 1. 1 к.

### Имѣются на складѣ:

**ЛИНДЕМАНЪ, Ф.** проф. **Форма и спектръ атомовъ.** Рѣчь ректора Мюнхенскаго университета. 25 стр. 16°. 1907. Ц. 20 к.

**МУЛЬТОНЪ, Ф.** проф. **Эволюція солнечной системы.** Перев. съ англ. IV+82 стр. 16°. Съ 12 рис. 1908. Ц. 50 к. Изложеніе гипотезы образованія солнечной системы изъ спиральной туманности съ попутной критикой космогонической теоріи Лапласа.

**ЕФРЕМОВЪ**, Д. кандид. матем. наукъ. Новая геометрія треугольника. 334+XIII стр. 8°. 1902. Ц. Р. 2. —

**Печатаются и готовятся къ печати:**

**КУТЮРА, Л.** Алгебра логики. Перев. съ франц. подъ редакціей и съ примѣчаніями проф. *И. Слешинскаго*.

**ВЕБЕРЪ и ВЕЛЬШТЕЙНЪ**, проф. Энциклопедія элементарной геометріи. Пер. съ нѣм. подъ ред. и съ примѣч. прив.-доц. *В. Ф. Кагана*.

**РОУ, СУНДАРА.** Геометрическія упражнен. съ кускомъ бумаги. Переводъ съ англійскаго.

**СНАЙДЕРЪ**, проф. Міровая картина современнаго естествознанія. Перев. съ нѣм. подъ ред. проф. *В. В. Завялова*.

**КЭДЖОРИ, Ф.** проф. Исторія элементарной математики съ нѣкоторыми указаніями для преп. Перев. съ англ. подъ ред. и съ примѣч. прив.-доц. *И. Ю. Тимченко*.

**ТОМСОНЪ, ДЖ. ДЖ.** проф. Корпускулярная теорія вещества. Пер. съ англ. подъ ред. „В. Оп. Ф. и Эл. Мат.“

**КЛОССОВСКІЙ, А.** проф. Основы метеорологіи (учебникъ). Около 30 печатныхъ листовъ.

**ТРЕЛЬСЪ-ЛУНДЪ.** Небо и міровоззрѣніе въ круговоротъ временъ. Перев. съ нѣмецкаго.

**БОЛЛЪ**, проф. Вѣка и приливы. Перев. съ англійскаго подъ ред. прив.-доц. *А. Р. Орбинскаго*.

**АДЛЕРЪ, А.** Теорія геометрическихъ построеній. Пер. съ нѣмецкаго подъ ред. прив.-доц. *С. О. Шатуновскаго*.

**ЛОРЕНЦЪ**, проф. Учебникъ физики. Перев. съ нѣмецк. Около 60 печатныхъ листовъ.

*Вытисывающіе изъ склада изданій „МАТЕЗИСЪ“ (Одесса, Новосельская 66) на сумму свыше 5 р. за перес. не платятъ.*

**ОТДѢЛЕНІЕ СКЛАДА ДЛЯ МОСКВЫ:**

**КНИЖНЫЙ МАГАЗИНЪ „Образованіе“**

Москва, Кузнецкій мостъ 11.

Каталогъ по требованію.



# Вѣстникъ Опытной Физики

---

## и Элементарной Математики

выходить 24 раза въ годъ отдѣльными выпусками не менѣе 24-хъ стр. каждый



подъ редакціей приватъ-доцента В. Ф. Кагана!

**ПРОГРАММА ЖУРНАЛА:** Оригинальныя и переводныя статьи изъ области физики и элементарной математики. Статьи, посвященныя вопросамъ преподаванія математики и физики. Опыты и приборы. Научная хроника. Разныя извѣстія. Математическія мелочи. Темы для сотрудниковъ. Задачи для рѣшенія. Рѣшенія предложенныхъ задачъ съ фамиліями рѣшившихъ. Упражненія для учениковъ. Задачи на премію. Библиографическій отдѣлъ: обзоръ специальныхъ журналовъ; замѣтки о новыхъ книгахъ.

Статьи составляютъ настолько популярно, насколько это возможно безъ ущерба для научной стороны дѣла.

Предыдущіе семестры были рекомендованы: Учен. Ком. Мин. Нар. Пр. для гимн. муж. и жен., реальн. уч., прогимн., город. уч., учит. инст. и семинарій; Главн. Управл. Воен.-Учебн. Зав.—для воен.-уч. заведений; Уч. Ком. при Св. Синодѣ для дух. семин. и училищъ.

Пробный номеръ высылается **БЕЗПЛАТНО** по первому требованію.

### УСЛОВІЯ ПОДПИСКИ:

Подписная цѣна съ пересылкой за годъ **6 руб.**, за полгода **3 руб.** Учителя и учительницы низшихъ училищъ и всѣ учащіеся, выписывающіе журналъ **непосредственно изъ конторы редакціи**, платятъ за годъ **4 руб.**, за полугодіе **2 руб.** Допускается разсрочка подписной платы по соглашенію съ конторой редакціи.

Отдѣльные номера текущаго семестра по 30 к., прошлыхъ семест. по 25 к.

Адресъ для корресп.: Одесса. Въ редакцію „Вѣстника Опытной Физики“





<http://mathesis.ru>

У. 50 к.