

УСПѢХИ ФИЗИЧЕСКИХЪ НАУКЪ.

ПРИ УЧАСТИИ
ФИЗИЧЕСКАГО ИНСТИТУТА
МОСКОВСКАГО НАУЧНАГО ИНСТИТУТА.

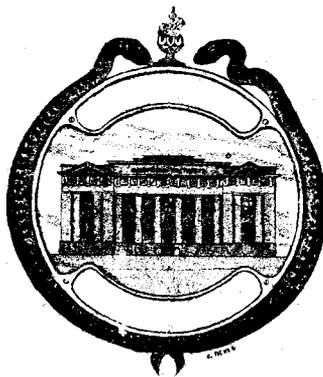
КУРАТОРИИ:

АКАДЕМИКЪ ПРОФ. П. И. Вальденъ и АКАДЕМИКЪ ПРОФ. А. Н. Крыловъ.

ПОДЪ РЕДАКЦІЕЙ

АКАДЕМИКА ПРОФ. П. П. Лазарева.

Томъ I, вып. 1-й. — 4.



МОСКВА 1918.

(Печатаніе окончено 29 апрѣля 1918 г.)

I томъ „Успѣхи Физическихъ Наукъ“ можно получать въ Московскомъ Научномъ Издательствѣ, Варварка, д. 26, и въ издательствѣ „Природа“, Моховая, д. 24.



п. / 233

УСПѢХИ ФИЗИЧЕСКИХЪ НАУКЪ.

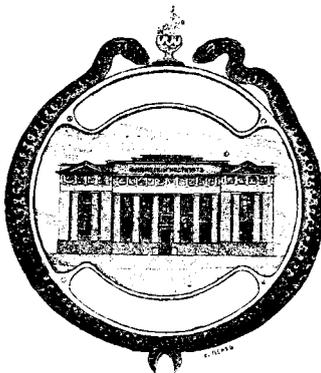
ПРИ УЧАСТІИ
ФИЗИЧЕСКАГО ИНСТИТУТА
МОСКОВСКАГО НАУЧНАГО ИНСТИТУТА.
КУРАТОРИИ:

АКАДЕМИКЪ ПРОФ. П. И. Вальденъ и АКАДЕМИКЪ ПРОФ. А. Н. Крыловъ.

ПОДЪ РЕДАКЦІЕЙ

АКАДЕМИКА ПРОФ. П. П. Лазарева.

Томъ I, вып. I-й.



МОСКВА 1918.

(Печатаніе окончено 29 апрѣля 1918 г.)

Г томъ „Успѣхи Физическихъ Наукъ“ можно получать въ Московскомъ Научномъ Издательствѣ, Варварка, д. 26, и въ издательствѣ „Питеръ“, Моховая, д. 24.

МОСКВА.
ТИПОГРАФИЯ „РУССКАЯ ПЕЧАТНЬ“, БОЛ. САДОВАЯ, Д. № 14.
1918.

ОТЪ РЕДАКЦІИ.

Однимъ изъ неблагопріятныхъ условій, мѣшающихъ широкому распространенію ученыхъ трудовъ русскихъ изслѣдователей въ культурномъ мѣрѣ, является то обстоятельство, что большинство изъ представителей науки въ Россіи печатало свои работы на малодоступномъ русскомъ языкѣ, оставаясь, такимъ образомъ, совершенно неизвѣстнымъ международной наукѣ. Нерѣдко случалось, что вслѣдъ за открытіями, сдѣланными въ Россіи, эти же изслѣдованія, выполненныя совершенно независимо на Западѣ, черезъ нѣсколько лѣтъ появлялись въ англійскихъ, итальянскихъ, нѣмецкихъ и французскихъ журналахъ, и русскія ученые работы не оказывали на развитіе знанія того вліянія, которое они могли бы оказать. Побуждаемые стремленіемъ принять участіе въ международномъ творчествѣ, русскіе изслѣдователи, издавая свои труды въ Россіи, одновременно печатали ихъ въ иностранныхъ журналахъ, а нѣкоторые даже исключительно помѣщали свои работы въ заграничныхъ изданіяхъ. Благодаря этому получалось раздѣленіе всего научнаго матеріала между рядомъ европейскихъ журналовъ, издающихся часто въ разныхъ странахъ, и обзоръ всего сдѣланнаго въ Россіи представлялся чрезвычайно затруднительнымъ. Желая способствовать ознакомленію нашихъ западныхъ сосѣдей съ работами русскихъ ученыхъ въ области физическихъ наукъ, Московскій Научный Институтъ весной 1917 года рѣшилъ издавать журналъ на французскомъ языкѣ для оригинальныхъ работъ въ области физики и соприкасающихся дисциплинъ подъ заглавіемъ „Archives des Sciences Physiques“. Чтобы облегчить русскимъ авторамъ переводъ на французскій языкъ, редакция журнала пригласила переводчиковъ, которые и могутъ по соглашенію редакціи съ авторомъ переводить статьи, если онѣ написаны по-русски. Журналъ предполагается выпускать неперіодическими тетрадями, размѣромъ отъ 1 до 4 листовъ, составляющими въ годъ около 20 печатныхъ листовъ. Печатаніе отдѣльными выпусками, значительно облегчая техническую сторону изданія, позволитъ въ то же время ускорить появленіе въ свѣтъ работъ. Для болѣе широкаго ознакомленія русскихъ читателей, въ январѣ 1918 г. выпускается параллельно французскому—русское изданіе тѣхъ же работъ подъ заглавіемъ „Архивъ Физическихъ Наукъ“, вып. I и II.

Слѣдующимъ неблагопріятнымъ условіемъ, мѣшающимъ интенсивному развитію научной дѣятельности въ Россіи, является бѣдность литературы по текущимъ вопросамъ физики, такъ что приступающіе къ ученой дѣятельности молодые люди лишены возможности слѣдить за успѣхами, какъ русской, такъ и международной науки, не будучи въ достаточной степени подготовлены къ чтенію специальныхъ журналовъ. За послѣднее время, благодаря „Физическому Обзорѣнію“, „Вопросамъ физики“ и „Новымъ идеямъ въ физикѣ“, интересующіеся могутъ до нѣкоторой степени удовлетворить своей потребности къ знанію, и, желая содѣйствовать той же задачѣ, которая была поставлена вышеуказанными изданіями, Научный Институтъ рѣшилъ выпустить въ свѣтъ съ 1918 года журналъ подъ заглавіемъ: „Успѣхи физическихъ наукъ“ на русскомъ языкѣ въ количествѣ 4 выпусковъ по 5 листовъ въ годъ и предназначенный для ознакомленія физиковъ, химиковъ, біологовъ, техниковъ и преподавателей съ современными успѣхами и задачами изслѣдованія въ физикѣ и соприкасающихся областяхъ знанія. Являясь обзорнымъ журналомъ и заключаая статьи, написанныя специалистами, „Успѣхи физическихъ наукъ“ будутъ заключать, кромѣ того, рефераты журнальныхъ статей, библіографію и отдѣлъ personalia. Оба журнала будутъ выходить при участіи кураторія въ составѣ акад. проф. П. И. Вальдена и акад. проф. А. Н. Крылова, подъ редакціей акад. проф. П. П. Лазарева.

Сѣверныя сіянія и магнитныя бури.

Академика А. Н. Крылова.

(Рѣчь предсѣдателя въ январскомъ 1917 года общемъ собраніи членовъ Русск. Физ.-Хим. О-ва).

§ 1. Сѣверныя сіянія издавна привлекали взоры наблюдателей, и ученые давно старались разгадать природу этихъ явленій, порождаящихъ цѣлый рядъ легендъ и суевѣрій.

Болѣе 200 лѣтъ тому назадъ Галлей обратилъ вниманіе на сходство явленій сѣвернаго сіянія и того свѣченія, которое наблюдается при истеченіи электричества отъ сильно наэлектризованнаго тѣла; онъ же обратилъ вниманіе, что когда сіяніе имѣетъ видъ свода, то вершина этого свода находится въ магнитномъ меридіанѣ, наклонъ же лучей или полосъ близокъ къ наклоненію магнитной стрѣлки.

Полярные мореплаватели первой половины прошлаго столѣтія замѣтили отклоненія въ показаніяхъ компаса и возмущенія магнитной стрѣлки во время сѣверныхъ сіяній, и Франклинъ едва ли не первый произвелъ обстоятельныя изслѣдованія по этому вопросу.

Свѣченіе разрѣженныхъ газовъ подѣ дѣйствіемъ электрическихъ разрядовъ представило новую аналогію въ области электрическихъ явленій и сѣверныхъ сіяній. Были даже предложены теоріи, въ которыхъ сѣверныя сіянія приписывались тихимъ разрядамъ земного электричества черезъ верхніе разрѣженные слои атмосферы.

Послѣ того, какъ по почину Гаусса были устроены магнитныя обсерваторіи, наблюденія Франклина получили систематическое подтвержденіе, и связь магнитныхъ бурь и сѣверныхъ сіяній была установлена съ полною несомнѣнностью.

Наконецъ, наблюденія за состояніемъ поверхности солнца и солнечными пятнами, правильно веденныя съ начала 1700 годовъ, уже въ 1850-хъ годахъ дали возможность подмѣтить связь между солнечными пятнами и сѣверными сіяніями—годы съ развитою и сильною дѣятельностью солнца, сопровождаемою и обиліемъ пятенъ, были обильны и сѣверными сіяніями и притомъ въ эти годы они достигали и наибольшей силы и видимости даже въ среднихъ широтахъ.

Еще въ 1790-хъ годахъ Дальтонъ, пользуясь положеніемъ вершины дуги или свода сіянія относительно звѣздъ, наблюденными изъ двухъ пунктовъ, отстоящихъ другъ отъ друга на 83 англійскихъ мили (125 верстъ), опредѣлилъ, что эта вершина находилась на высотѣ 100 англійскихъ миль немного къ югу отъ одного изъ этихъ пунктовъ.

Въ статьѣ R. Potter, Calculation of the Heights of the Aurorae Boreales of 17th Sept. and 12th Oct. 1853, напечатанной въ 8-мъ томѣ Philosoph. Transactions of the Cambridge Royal Society, приведенъ рядъ подобныхъ наблюденій, давшихъ въ результатъ также высоты отъ 65 до 85 англ. миль.

Спектральныя наблюденія обнаружили въ сѣверныхъ сіяніяхъ рядъ линій, которыя находились въ извѣстныхъ земныхъ тѣлахъ.

§ 2. Въ такомъ приблизительно положеніи находился вопросъ лѣтъ двадцать пять тому назадъ, т.-е. явленіе было описано и изслѣдовано съ внѣшней стороны, главнымъ образомъ, качественной, но не было подвергнуто систематическому изученію помощію точныхъ наблюденій, которыя затѣмъ сопоставлялись бы между собою и служили бы основаніемъ стройной теоріи.

Но вотъ ровно двадцать лѣтъ тому назадъ норвежскій ученый проф. Биркеландъ снарядилъ свою первую экспедицію для изслѣдованія сѣверныхъ сіяній.

Въ этой экспедиціи онъ принялъ участіе самъ лично съ двумя своими студентами учениками Helland-Hansen'омъ и Laws'омъ въ сопровожденіи старика фина „поствапуса“, т.-е. почтаря Хетта.

Экспедиція имѣла цѣлію достигнуть вершины одной горы высотой около 3000 футъ въ Сѣверной Норвегіи, недалеко отъ Гаммерфеста и воспользоваться имѣвшеюся близъ вершины бревенчатой хижиной для своей стоянки и наблюденій.

Но экспедиція эта не удалась—не доходя версты двѣ до хижины экспедиція была застигнута метелью при сильномъ сѣверномъ вѣтрѣ и морозѣ до 25° С. Всѣ участники экспедиціи обморозились; имъ пришлось бросить багажъ и приборы, вернуться обратно и лишь опытность стараго „поствапуса“ помогла имъ вновь добраться до ст. Гаржіа (Gargia), которую они оставили за 31 часъ передъ тѣмъ.

Умѣлое оттаиваніе отмороженныхъ рукъ въ ледяной водѣ и своевременная врачебная помощь избавили участниковъ экспедиціи отъ гангрены и увѣчья.

§ 3. Неудача первой попытки не ослабила энергіи Биркеланда, напротивъ, заставила его продолжать начатое дѣло съ большею осторожностью и предусмотрительностью.

Онъ лѣтомъ 1897 и 1898 годовъ посѣтилъ Сѣверную Норвегію, всходилъ на вершины наиболѣе высокихъ ея горъ, выбирая наиболѣе подходящую для устройства обсерваторіи.

Послѣ такого изученія онѣ остановили свой выборъ на вершинахъ Суккертопъ и Тальвиктопъ, расположенныхъ въ разстояніи около 3,4 километровъ другъ отъ друга подѣ 70° с. шир. и $22^{\circ} 30'$ вост. долг. отъ Гринвича. Высота и той и другой вершины около 3000 ф. надъ уровнемъ моря.

На обѣихъ вершинахъ были построены прочныя каменныя зданія обсерваторій, соединенныя какъ между собою, такъ и съ общею сѣтью телефонами.

На этихъ обсерваторіяхъ и были произведены въ теченіе зимы 1899—1900 гг. наблюденія сѣверныхъ сіяній, магнитныя и метеорологическія, подѣ руководствомъ самого проф. Биркеланда. Не входя въ подробности полученныхъ результатовъ, такъ какъ они поглощаются дальнѣйшими, упомянемъ лишь о тѣхъ жестокихъ штормахъ и бурнахъ, которые участникамъ экспедиціи пришлось наблюдать. Скорость вѣтра на этихъ вершинахъ достигала до 46 метровъ въ секунду, и бывали штормы со скоростью до 38 метровъ при морозѣ 16° . Биркеландъ говоритъ—трудно вообразить, что это такое, и какъ такой штормъ дѣйствуетъ на человѣка—одинъ изъ его ассистентовъ вернулся черезъ нѣсколько минутъ съ отмороженной рукой потому, что онѣ не надѣлъ мѣховыхъ рукавицъ поверхъ шерстяныхъ, производя наблюденія анемометрами.

Тѣмъ не менѣе, коренастый, небольшого роста финнъ аккуратно, несмотря ни на какіе штормы и метели, доставлялъ на обсерваторію почту разъ или два въ недѣлю. Однажды, когда онѣ пришелъ, весь обмерзшій, такъ что его едва можно было узнать, то профессоръ его спросилъ: не боится ли онѣ ходить въ такую худую погоду. Финнъ сперва не отвѣчалъ и сидѣлъ спокойно, пока съ него ледъ не оттаялъ и тогда сказалъ: „Я слишкомъ глупъ, чтобы бояться“.

§ 4. Главный выводъ, полученный на основаніи произведенныхъ второй экспедиціей наблюденій, состоялъ въ томъ, что для рѣшенія вопроса о причинѣ сѣверныхъ сіяній и магнитныхъ бурь необходимо имѣть въ своемъ распоряженіи одновременныя записи магнитныхъ приборовъ и наблюденія на разныхъ станціяхъ соотвѣтственно расположенныхъ въ разстояніи около 1000 килом. одна отъ другой, и такія же записи для возможно большаго числа станцій, распределенныхъ по всей поверхности земли. Оказалось возможнымъ доказать расчетами, что нѣкоторыя магнитныя возмущенія, охватывавшія значительныя области, можно приписать дѣйствию электрическаго тока, параллельнаго земной поверхности въ полярныхъ ея частяхъ, на высотѣ нѣсколькихъ сотъ километровъ и силою до милліона амперъ, если только силу потока электрическихъ частицъ измѣрять такъ же, какъ измѣряется гальваническій токъ по магнитному его дѣйствию. Въ полярныхъ странахъ эти токи были хорошо очерчены и сосредоточены,

располагаясь по временамъ между двумя станціями—Янъ Майеномъ и Боссекопомъ.

Норвежское правительство ассигновало на дальнѣйшія изслѣдованія 20000 кронъ, пять частныхъ лицъ дали по 6000 кронъ и самъ проф. Биркеландъ присоединилъ къ этой суммѣ 30000 кр. и оборудовалъ свои третью экспедиціи для изслѣдованія сѣверныхъ сіяній. Эти экспедиціи относятся къ 1902—1903 годамъ; обработка всѣхъ добытыхъ результатовъ еще не закончена, но проф. Биркеландомъ уже изданы двѣ громадныя книги, составляющихъ первую и вторую части перваго тома его обработки этихъ результатовъ.

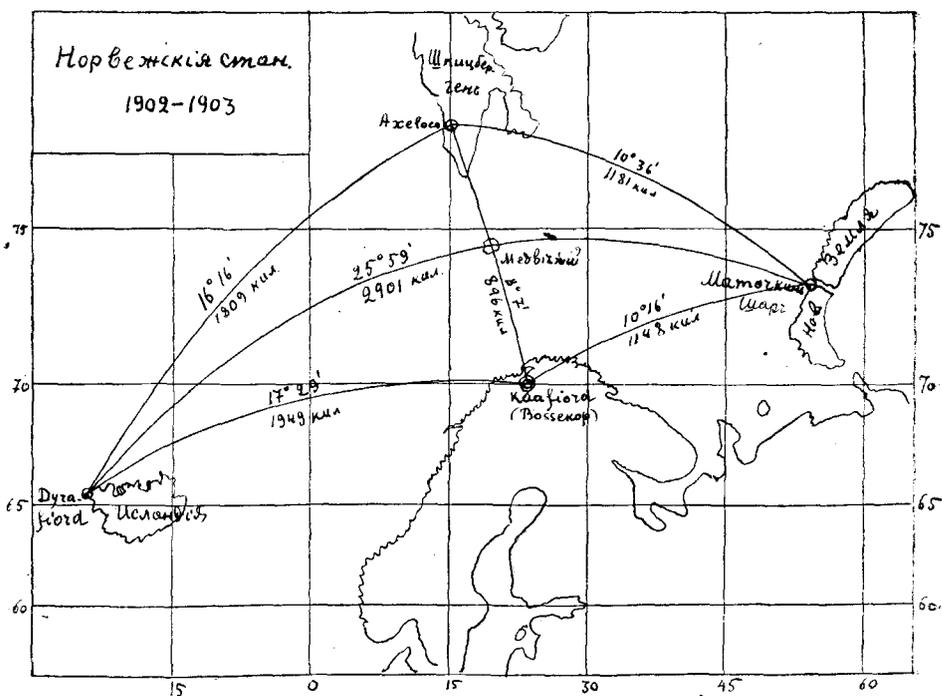
Станціи были устроены въ слѣдующихъ четырехъ пунктахъ (см. фиг. 1):

Каафиорд (Сѣв. Норвегія) (шир. $69^{\circ}56' N$, дол. $22^{\circ}58' Ost.$).

Дурафиорд (Исландія) (шир. $66^{\circ}15' N$, дол. $22^{\circ}30' West.$).

Ахелёбен (Шпицбергенъ) (шир. $77^{\circ}41' N$, дол. $14^{\circ}50' Ost.$).

Маточкинъ Шаръ (Нов. Зем.) (шир. $73^{\circ}17' N$, дол. $53^{\circ}57' Ost.$).



Фиг. 1.

Всѣ станціи были снабжены полной серіей самопишущихъ вариационныхъ магнитныхъ приборовъ, абсолютнымъ магнитометромъ, инклинаторами, полнымъ комплектомъ метеорологическихъ приборовъ, теодолитомъ для астрономическихъ наблюдений и хронометрами.

На каждой станціи былъ устроенъ жилой домъ, магнитная обсерваторія для самопишущихъ приборовъ, обсерваторія для абсолютныхъ магнитныхъ наблюдений, метеорологическая будка и будка для астрономическихъ наблюдений. На каждой станціи былъ завѣдующій и два помощника, причемъ самъ проф. Биркеландъ руководилъ ст. Каафйордъ, на сѣверѣ Норвегіи, и устройствомъ всѣхъ станціи.

На Новой Землѣ въ распоряженіе экспедиціи былъ предоставленъ домъ, построенный для художника Борисова, и экспедиція была доставлена въ Маточкинъ Шаръ и обратно на казенномъ пароходѣ „Владиміръ“, по распоряженію бывшаго тогда архангельскимъ губернаторомъ контръ-адмирала Н. А. Римскаго-Корсакова.

Кромѣ этихъ специально-построенныхъ и оборудованныхъ станціи на всѣхъ главныхъ магнитныхъ обсерваторіяхъ (числомъ 23) всего міра производились въ обусловленные часы записи съ болѣе быстрымъ ходомъ регистрирующихъ приборовъ; результаты наблюдений сообщены проф. Биркеланду.

Вотъ этотъ-то громадный матеріалъ онъ и подвергъ систематической обработкѣ, о которой я и имѣю въ виду вкратцѣ дать понятіе.

§ 5. Исходя изъ той идеи, что причина сѣверныхъ сіяній и магнитныхъ буръ происхожденія не земного, а космическаго, и что ее надо искать въ движеніи наэлектризованныхъ частицъ (или частицъ электричества), выбрасываемыхъ солнцемъ, на которомъ пятна могутъ быть источниками катодныхъ лучей, Биркеландъ принялъ слѣдующій способъ обработки.

Прежде всего для каждаго изъ наблюденныхъ магнитныхъ возмущеній, происходящихъ, какъ извѣстно еще со времени Гаусса, одновременно на всей землѣ, онъ рассчиталъ величину и направленіе возмущающей силы для каждаго изъ мѣстъ наблюдений и получалъ такимъ образомъ представленіе о силовомъ возмущающемъ магнитномъ полѣ на поверхности земли. Такой расчетъ онъ дѣлалъ для каждаго возмущенія для цѣлаго ряда послѣдовательныхъ моментовъ, чтобы имѣть возможность прослѣдить за самымъ ходомъ его развитія. Для представленія вышеупомянутаго поля онъ принялъ своеобразный способъ: на карту наносились не проекціи возмущающей силы, а для каждаго изъ мѣстъ наблюдений строился векторъ, направленіе котораго совпадало съ направленіемъ горизонтальнаго электрическаго тока, могущаго, протекая надъ даннымъ мѣстомъ, произвести наблюденную горизонтальную возмущающую магнитную силу, длина вектора откладывалась пропорціонально силѣ тока, а значить и пропорціонально горизонтальной слагающей возмущающей силы.

Для представленія вертикальной ея слагающей строился векторъ, перпендикулярный первому и направленный отъ него влѣво, когда эта сила направлялась внизъ, и вправо — когда вверхъ. При такомъ

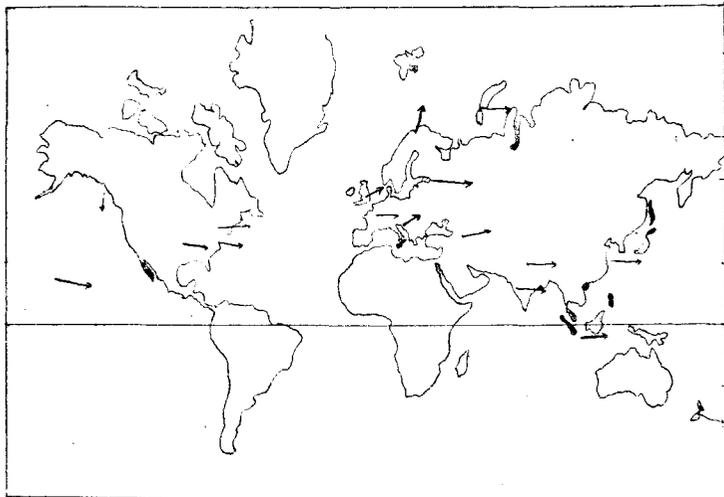
обозначеніи, если бы возмущеніе производилось дѣйствительно горизонтальными токами, расположенными надъ землею, то стрѣлка, изображающая вертикальную силу, направлялась бы къ мѣсту наибольшей плотности тока.

Разсмотрѣніе построенныхъ такимъ образомъ картъ привело Биркеланда къ слѣдующей классификаціи магнитныхъ возмущеній или бурь:

- 1) Положительныя экваторіальныя.
- 2) Отрицательныя экваторіальныя.
- 3) Положительныя полярныя.
- 4) Отрицательныя полярныя.
- 5) Вихревыя среднихъ широтъ (cyclo-median).

Положительное экваторіальное возмущеніе характеризуется слѣдующими особенностями: а) въ среднихъ и малыхъ широтахъ наблюдается положительная (т.е. увеличивающая горизонтальную слагающую) возмущающая сила, лежащая въ плоскости магнитнаго меридіана, т.е. не производящая измѣненій, ни склоненія, ни наклоненія, или лишь весьма малыя. Наибольшая величина силы наблюдается въ малыхъ широтахъ, къ полюсу величина ея убываетъ.

Карта (фиг. 2) представляетъ примѣръ возмущеній этого типа.



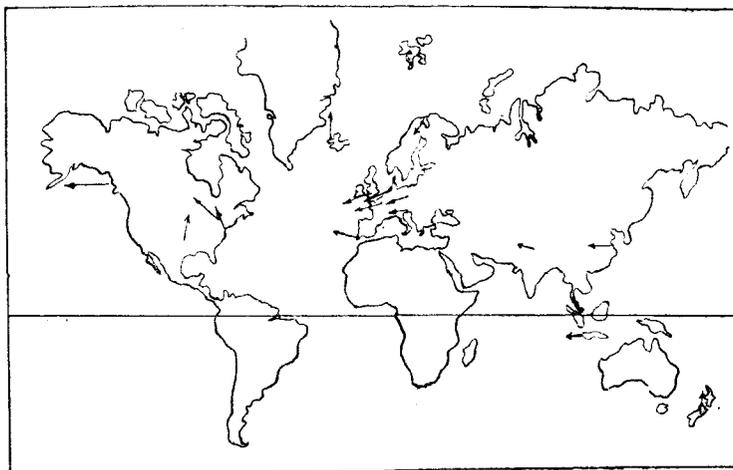
Фиг. 2.

Отрицательное экваторіальное возмущеніе бываетъ сравнительно рѣдко, примѣромъ его можетъ служить карта (фиг. 3), на которой расположеніе стрѣлокъ подобно предыдущему, направленіе же ихъ обратное.

Полярное возмущеніе характеризуется весьма большою величиною возмущающей силы въ полярныхъ странахъ, но на сравнительно небольшой области, при удаленіи отъ которой величина силы

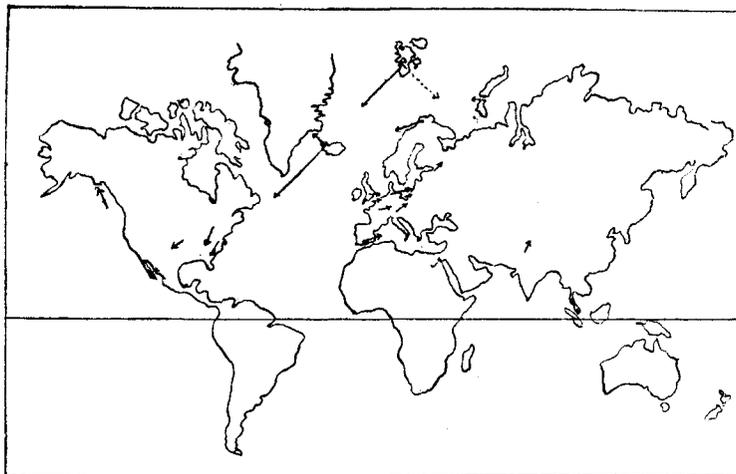
быстро убываетъ въ среднихъ и малыхъ широтахъ, становясь весьма малой.

Такое возмущеніе (отрицательное), т.-е. гдѣ горизонтальная слагающая въ области наибольшаго возмущенія имъ уменьшается, пред-



Фиг. 3.

ставлено на картѣ (фиг. 4), причемъ векторы для Исландіи и Шницбергена изображены въ пять разъ меньшею длиною, нежели слѣдовало бы, если принять и для нихъ тотъ же масштабъ, какъ для Средней Европы.

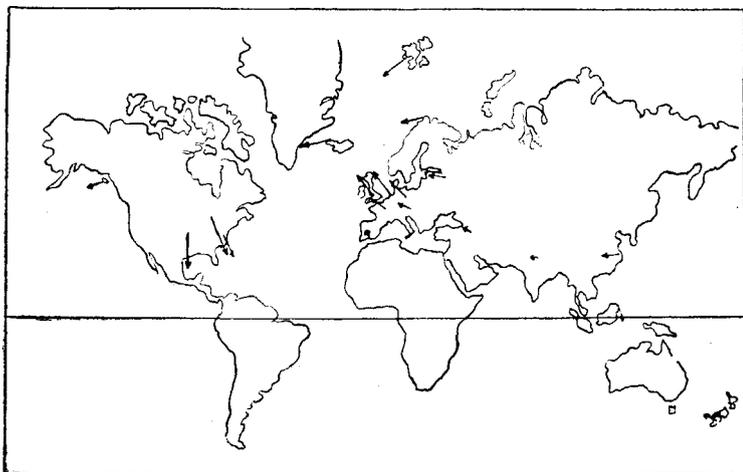


Фиг. 4.

Положительное полярное возмущеніе отличается отъ предыдущаго лишь направлениемъ силъ.

Примѣръ вихревого или циклическаго возмущенія представленъ на картѣ (фиг. 5), на которой направленія силовыхъ стрѣлокъ имѣють вихревой характеръ.

§ 6. Прежде чѣмъ изложить тѣ объясненія, которыя даль наблюдениемъ явленіямъ Биркеландъ, необходимо сказать нѣсколько словъ о математической теоріи сѣверныхъ сияній, данной норвежскимъ математикомъ Карломъ Штѣрмеромъ.



Фиг. 5.

Теорія Штѣрмера изложена въ рефератѣ, помѣщенномъ въ 42-мъ томѣ Журнала Русскаго Физ.-Хим. О-ва, и я ограничусь поэтому лишь самымъ существеннымъ.

Штѣрмеръ занялся изслѣдованіемъ вопроса о томъ, при какихъ условіяхъ частица, несущая электрическій зарядъ, выброшенная солнцемъ, попадетъ въ сферу дѣйствія магнитнаго поля земли и подъ его вліяніемъ достигнетъ ея поверхности или пройдетъ отъ нея весьма близко.

Чтобы рѣшить эту задачу, онъ принимаетъ, что солнце тѣло не магнитное, такъ что оно не образуетъ магнитнаго поля, и все движеніе частицы обусловливается полемъ земли, которую Штѣрмеръ замѣняетъ элементарно-малымъ магнитомъ, ось котораго направлена по магнитной оси земли и магнитный моментъ котораго равенъ ея магнитному моменту, т.-е. $8,52 \cdot 10^{25}$ C. G. S.

Дифференціальныя уравненія движенія частицы, несущей электрическій зарядъ въ магнитномъ полѣ, напишутся, если уподобить элементъ траекторіи, описываемой частицею въ рассматриваемый моментъ элементу тока и примѣнить правило дѣйствія магнитнаго поля на такой токъ, причемъ сила тока пропорціональна скорости движенія частицы и заряду ея.

Обозначая через H_x, H_y, H_z слагающія напряжения поля по осямъ координатъ, черезъ m массу частицы, e зарядъ ея и α нѣкоторую постоянную ¹⁾, будемъ имѣть уравненія:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2x}{dt^2} &= \alpha \cdot \frac{e}{m} \left[H_y \cdot v_z - H_z v_y \right] \\ \frac{d^2y}{dt^2} &= \alpha \cdot \frac{e}{m} \left[H_z v_x - H_x v_z \right] \\ \frac{d^2z}{dt^2} &= \alpha \cdot \frac{e}{m} \left[H_x v_y - H_y v_x \right] \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (1)$$

гдѣ черезъ v_x, v_y, v_z обозначены проекціи скорости v частицы на оси координатъ. Такъ какъ направленіе силы, дѣйствующей на частицу, перпендикулярно къ направленію ея скорости, то скорость v постоянна, и въ предыдущія уравненія Штёрмеръ вводитъ вмѣсто времени t переменную s —длину дуги траекторіи уравненіемъ $ds = v dt$. Направивъ затѣмъ ось Z -овъ по магнитной оси земли и обозначая ея потенциалъ черезъ V , онъ получаетъ:

$$V = M \frac{z}{r^3} \dots \dots \dots (2)$$

гдѣ M есть магнитный моментъ земли и $r^2 = x^2 + y^2 + z^2$, слѣдовательно.

$$\left. \begin{aligned} H_x &= \frac{\partial V}{\partial x} = -3 \cdot M \frac{xz}{r^5} \\ H_y &= \frac{\partial V}{\partial y} = -3 \cdot M \frac{yz}{r^5} \\ H_z &= \frac{\partial V}{\partial z} = -M \cdot \frac{3z^2 - r^2}{r^5} \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (3)$$

Кромѣ того:

$$\frac{d^2x}{dt^2} = \frac{d^2x}{ds^2} v^2, \quad \frac{d^2y}{dt^2} = \frac{d^2y}{ds^2} v^2; \quad \frac{d^2z}{dt^2} = \frac{d^2z}{ds^2} v^2$$

и обозначая значками производныя, взятыя по переменной s , будемъ имѣть систему

$$\left. \begin{aligned} x'' &= \frac{c_1^2}{r^5} \left[3yz \cdot z' - (3z^2 - r^2) y' \right] \\ y'' &= \frac{c_1^2}{r^5} \left[(3z^2 - r^2) x' - 3xz \cdot z' \right] \\ z'' &= \frac{c_1^2}{r^5} \left[3xz \cdot y' - 3yz \cdot x' \right] \end{aligned} \right\} \dots \dots \dots (4)$$

¹⁾ Постоянная α есть отношеніе электростатической единицы электрической массы къ электромагнитной и равна $\frac{1}{C}$, гдѣ C —скорость свѣта.

Здѣсь черезъ c_1 обозначена нѣкоторая постоянная, зависящая отъ отношенія заряда частицы къ массѣ ея, отъ скорости ея движенія v , т.-е. зависящая отъ *рода* частицы и отъ магнитнаго момента M . Изъ уравненій (4) видно, что c_1 представляетъ нѣкоторую длину, величины которой при вышепринятомъ значеніи M , слѣдующія:

для катодныхъ лучей c_1 равно 4,0 — 8,5 милліон. кил.
 „ β лучей радія „ „ 1,4 — 2,2 „ „
 „ α лучей радія „ „ 150000 — 170000 килом.

Ясно, что по однородности ур. (4) можно принять за единицу длины любую длину.

Уравненія становятся проще, если взять $c_1 = 1$, чѣмъ и будетъ опредѣляться масштабъ траекторій.

Въ дальнѣйшемъ и будемъ полагать $c_1 = 1$.

Оказывается, что система (4) имѣетъ интеграль, подобный интегралу площадей. Въ самомъ дѣлѣ, составивъ выраженіе $xy'' - yx''$, получимъ:

$$xy'' - yx'' = \frac{1}{r^5} \left[(3z^2 - r^2)(xx' + yy') - 3(x^2 + y^2) \cdot zz' \right]$$

или, полагая

$$\begin{aligned} x^2 + y^2 &= R^2, \\ xy'' - yx'' &= \frac{3z^2 - r^2}{r^5} R R' - \frac{3R^2}{r^5} \cdot zz' \dots \dots (5). \end{aligned}$$

Выраженіе, стоящее въ правой части ур. (5), есть полная производная по s отъ величины $\frac{R^2}{r^3}$, ибо

$$\frac{\partial}{\partial R} \left(\frac{R^2}{r^3} \right) = \frac{3z^2 - r^2}{r^5} R \quad \text{и} \quad \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{R^2}{r^3} \right) = -\frac{3R^2}{r^5} z.$$

Вводя затѣмъ цилиндрическія координаты

$$x = R \cos \varphi \quad y = R \sin \varphi$$

и сохраняя ось z безъ перемѣны, вмѣсто уравненія (5) получимъ

$$\frac{d}{ds} \left[R^2 \frac{d\varphi}{ds} \right] = \frac{d}{ds} \left[\frac{R^2}{r^3} \right] \dots \dots (5')$$

другія же два уравненія системы по рѣшеніи относительно $\frac{d^2 R}{ds^2}$ и $\frac{d^2 z}{ds^2}$ замѣнятся такими:

$$\left. \begin{aligned} \frac{d^2 R}{ds^2} &= R \left(\frac{d\varphi}{ds} \right)^2 + \frac{r^2 - 3z^2}{r^5} R \frac{d\varphi}{ds} \\ \frac{d^2 z}{ds^2} &= \frac{3z}{r^5} R^2 \frac{d\varphi}{ds} \end{aligned} \right\} \dots \dots (6)$$

вмѣсто же уравненія (5') берется соотвѣтствующій ему интеграль

$$R^2 \frac{d\varphi}{ds} = 2\gamma + \frac{R^2}{r^3} \dots \dots \dots (7)$$

въ которомъ черезъ 2γ обозначена произвольная постоянная.

Кромѣ того, такъ какъ s есть дуга траекторіи, то будетъ:

$$R^2 \left(\frac{d\varphi}{ds} \right)^2 + \left(\frac{dR}{ds} \right)^2 + \left(\frac{dz}{ds} \right)^2 = 1 \dots \dots \dots (8)$$

Соотвѣтствующее интегралу площадей уравненіе (7) имѣетъ для дальнѣйшаго весьма важное значеніе.

Написавъ это уравненіе въ видѣ:

$$R \frac{d\varphi}{ds} = \frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3} \dots \dots \dots (9)$$

и замѣчая, что величина $R \frac{d\varphi}{ds}$ есть синусъ угла θ , составляемаго касательной къ траекторіи съ плоскостью, проведенной черезъ точку касанія и ось z -овъ получимъ неравенство:

$$-1 \leq \frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3} \leq 1 \dots \dots \dots (10)$$

ограничивающее тѣ области пространства, въ которыхъ при заданномъ значеніи произвольной постоянной 2γ могутъ находиться траекторіи, каковы бы ни были начальные условія, отъ тѣхъ, гдѣ траекторіи находиться не можетъ. Ясно, что граничація поверхности получатся, когда въ фор. (10) будутъ взяты знаки равенства.

На фиг. 6, 7, 8 и 9 представленъ видъ меридіановъ этихъ поверхностей, которыя всѣ суть поверхности вращенія около оси z -овъ при чемъ чернымъ покрыты тѣ области, гдѣ траекторіи быть не можетъ.

Значенія постоянной γ , для которыхъ эти фигуры составлены слѣдующія:

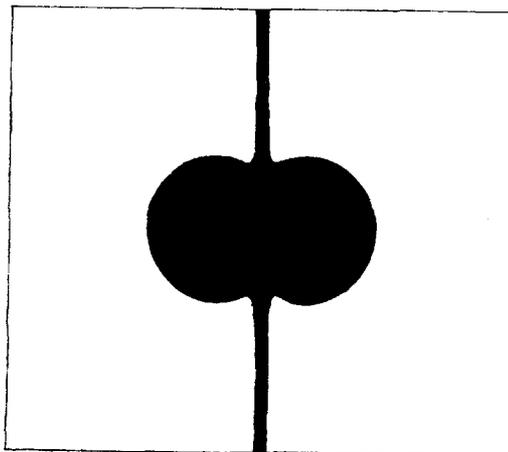
Фиг. 6а	$\gamma = 0,03$	Фиг. 7б	$\gamma = -0,5$
„ 6б	$\gamma = 0,2$	„ 8а	$\gamma = -0,97$
„ 7а	$\gamma = -0,05$	„ 8б	$\gamma = -1,016$

Обратимъ вниманіе, какимъ весьма узкимъ секторомъ подходитъ къ началу координатъ, каждая изъ этихъ поверхностей, въ особен-

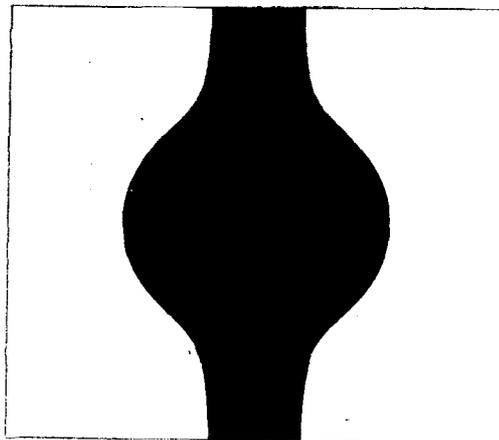
ности для значений γ , близких къ -1 , значить всѣ траекторіи, каковы бы ни были начальныя условія, при такомъ значеніи γ подойдут къ началу внутри этой весьма узкой области.

Разсмотрѣніе этихъ поверхностей показываетъ, что онѣ односвязны, т.-е. состоятъ изъ одного куска, и распространяются въ безконечность, заключая и начало координатъ, если

$$-1 \leq \gamma \leq 0.$$



Фиг. 6а.

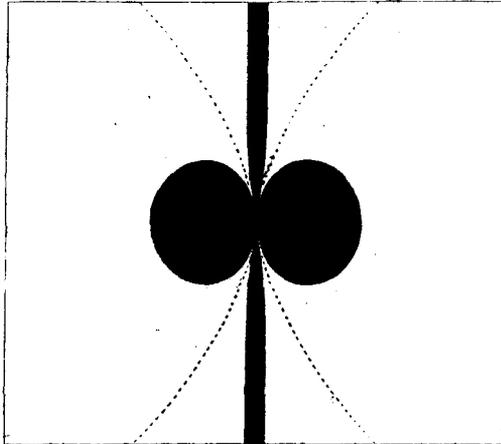


Фиг. 6б.

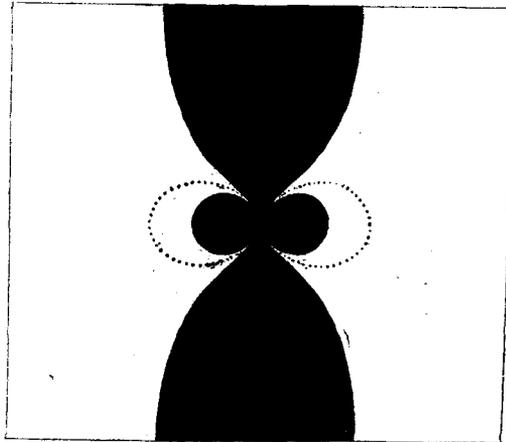
При весьма малыхъ положительныхъ значеніяхъ γ , траекторіи не доходятъ къ началу координатъ, но если Δ малая величина и $\gamma \leq \left(\frac{2c_1}{\Delta}\right)^3$, то траекторія приближается къ началу на расстояние меньшее Δ .

Наконецъ, принявъ для катодныхъ лучей величину c_1 равной

5,2 милліона кілометрів, такъ що розстояніе отъ землі до сонця равно $28,8c_1$, или просто 28,8, когда за единицу длины принята длина c_1 . Штермеръ получилъ еще рядъ неравенствъ, ограничивающихъ величины возможныхъ значеній γ , а также и тѣхъ начальныхъ условий, при которыхъ частица, вылетѣвшая отъ солнца, можетъ достигнуть земли.



Фиг. 7а.



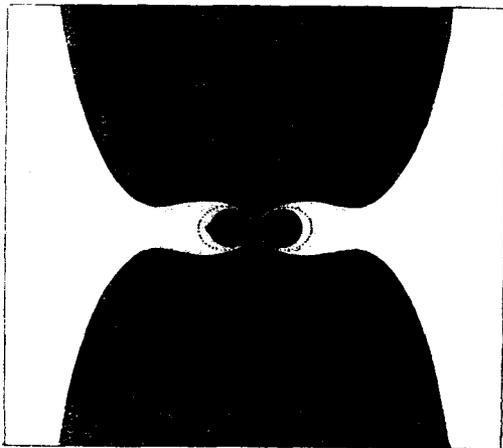
Фиг. 7б.

Разсмотрѣніе формъ пространствъ, заключающихъ траекторіи въ смежности съ началомъ координатъ, для вышеупомянутыхъ значеній параметра 2γ , привело Штермера къ слѣдующимъ выводамъ:

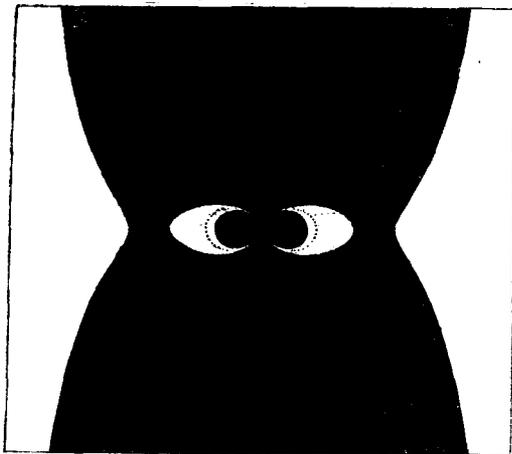
1^o) Всѣ траекторіи достигаютъ предѣловъ атмосферы внутри поясовъ, расположенныхъ вокругъ магнитныхъ полюсовъ въ разстояніяхъ, заключающихся:

Для катодныхъ лучей между	2 ^o ,3	и	3 ^o ,4.
„ β лучей радія	„	4 ^o ,6	„ 5 ^o ,8.
„ α „ „	„	16 ^o ,6	„ 18 ^o ,1.

Какъ видно, эти пояса уже зоны сіяній, но надо имѣть въ виду и тотъ рядъ упрощающихъ предположеній, который былъ сдѣланъ для расчетовъ, и что „жесткость“ лучей, испускаемыхъ солнечными пятнами, т.-е. въ условіяхъ, совершенно недоступныхъ нашимъ опытамъ, можетъ и отличаться отъ „жесткости“ лучей, намъ извѣстныхъ.



Фиг. 8а.



Фиг. 8б.

По уравненію (9) уголъ φ найдется при помощи квадратуры

$$\varphi = \int_{s_0}^s \left(\frac{2\gamma}{R^2} + \frac{1}{r^3} \right) ds + \varphi_0$$

послѣ чего найдутся x и y и можетъ быть построена траекторія.

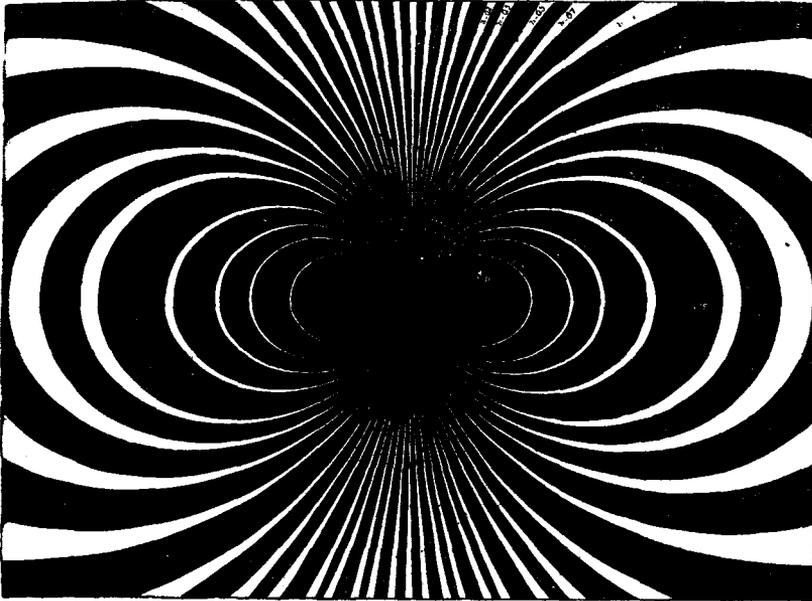
Такимъ образомъ, все дѣло сводится къ интегрированію, иными словами, къ составленію таблицы значеній функцій R и z при заданныхъ s .

Положимъ, что берется рядъ послѣдовательныхъ равноотстоящихъ значений переменной независимой s съ табличнымъ промежуткомъ $\Delta s = h$, достаточно малымъ, такъ что эти значения будутъ:

$$s_\lambda = s_0 + \lambda h \quad (\lambda = 1, 2, \dots, n-2, n-1, n, n+1, \dots)$$

соотвѣтствующія значения R и z обозначимъ черезъ

$$R_\lambda = R(s_\lambda) \quad \text{и} \quad z_\lambda = z(s_\lambda)$$



Фиг. 9.

введены еще величины ρ_λ и z_λ равенствами

$$\rho_\lambda = R''(s_\lambda) \cdot h^2 \quad \text{и} \quad z_\lambda = z''(s_\lambda) \cdot h^2.$$

Процессъ вычисления состоитъ въ послѣдовательномъ присоединеніи по одной строкѣ въ таблицѣ величинъ R_n , ρ_n , z_n и ихъ разностей, причемъ для нахождения ρ_n и z_n при извѣстныхъ R_n и z_n служатъ первыя два дифференціальныя уравненія системы ¹⁾.

Такимъ образомъ, пусть таблица заполнена, какъ показано

s_{n-3}	R_{n-3}	ΔR_{n-3}	$\Delta^2 R_{n-4}$	ρ_{n-3}	$\Delta \rho_{n-3}$	$\Delta^2 \rho_{n-4}$	$\Delta^3 \rho_{n-4}$	$\Delta^4 \rho_{n-5}$
s_{n-2}	R_{n-2}	ΔR_{n-2}	$\Delta^2 R_{n-3}$	ρ_{n-2}	$\Delta \rho_{n-2}$	$\Delta^2 \rho_{n-3}$	$\Delta^3 \rho_{n-3}$	$\Delta^4 \rho_{n-4}$
s_{n-1}	R_{n-1}	ΔR_{n-1}	$\Delta^2 R_{n-2}$	ρ_{n-1}	$\Delta \rho_{n-1}$	$\Delta^2 \rho_{n-2}$		
s_n	R_n			ρ_n				

¹⁾ Этотъ методъ изложенъ подробно въ статьѣ А. Н. Крылова, Архивъ физическихъ наукъ, № 1, 2, стр. 68. 1918.

и совершенно такія же двѣ таблицы для z и ζ , требуется вычислить R_{n+1} и z_{n+1} .

Для этого по уравненіямъ

$$R'' = \left(\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3} \right) \left(\frac{2\gamma}{R^2} + \frac{3R^2}{r^6} - \frac{1}{r^3} \right), \quad z'' = \left(\frac{2\gamma}{R} + \frac{R}{r^3} \right) \cdot \frac{3Rz}{r^6}$$

вычисляются непосредственно величины

$$R''_{n+1} \text{ и } z''_{n+1} \text{ и по нимъ } \rho_n = R''_n h^2 \text{ и } \zeta_n = z''_n h^2,$$

послѣ чего къ таблицѣ значеній величины ρ_n прибавятся числа

$$\rho_n, \Delta^2 \rho_{n-1}, \Delta^4 \rho_{n-2}, \Delta^6 \rho_{n-3}, \Delta^8 \rho_{n-4}$$

и точно также къ таблицѣ значеній ζ_n числа

$$\zeta_n, \Delta^2 \zeta_{n-1}, \Delta^4 \zeta_{n-2}, \Delta^6 \zeta_{n-3}, \Delta^8 \zeta_{n-4}$$

Пользуясь формулой Тейлора, устанавливается слѣдующее соотношеніе, пренебрегая членами съ h^8

$$\Delta^2 R_{n-1} = \rho_n + \frac{1}{12} \left[\Delta^2 \rho_{n-1} + \Delta^4 \rho_{n-2} + \Delta^6 \rho_{n-3} - \frac{1}{20} \Delta^8 \rho_{n-4} \right].$$

Пользуясь вторымъ членомъ $\Delta^2 R_{n-1}$, вѣдѣе, зная ΔR_{n-1} , получимъ

$$\Delta R_n = \Delta R_{n-1} + \Delta^2 R_{n-1}$$

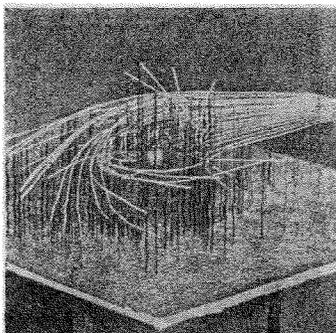
и

$$R_n = R_{n-1} + \Delta R_n$$

Совершенно также находимъ ζ_{n+1} .

Примѣняя этотъ процессъ, Штермеръ, пользуясь услугами своего ассистента и двухъ вычислительницъ, вычислилъ около 120 траекторій для нижеслѣдующихъ 27 значеній $\gamma_1 = -\gamma$.

$$\begin{aligned} \gamma_1 = & 0,1; 0,2; 0,3; 0,4; 0,5; 0,6; 0,7; 0,8; \\ & 0,85; 0,90; 0,92; 0,926; 0,9285; 0,93; 0,9335; 0,939; \\ & 0,94; 0,95; 0,956; 0,957; 0,97; 0,999; 1; 1,2; 1,5; 2; 5. \end{aligned}$$



Фиг 10

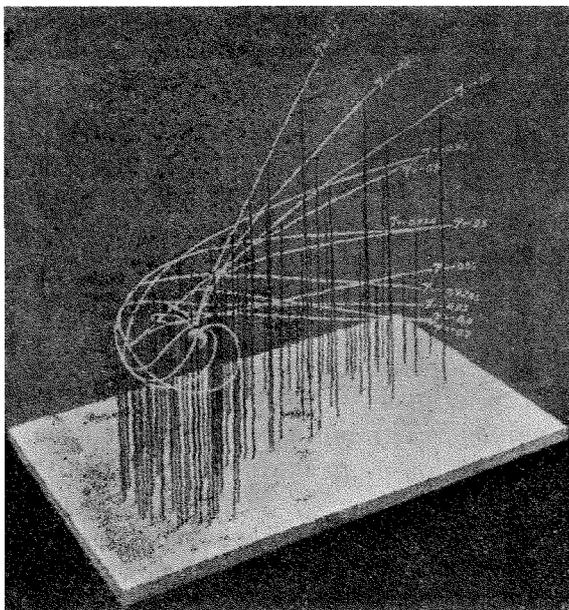
онъ показаль, какъ находить начальныя значенія переменныхъ для этихъ траекторій.

Для каждой траекторіи вычислено около 100—120 точекъ, на что потребовалось свыше 5000 рабочихъ часовъ.

Для всѣхъ этихъ траекторій начальныя условія были выбраны такія, чтобы траекторія проходила черезъ начало координатъ и уходила въ безконечность, причемъ Штермеръ, на основаніи изслѣдованія уравненій системы (4), доказаль, что для каждого значенія постоянной γ между 0 и -1 такихъ траекторій *двѣ* и только двѣ, и вмѣстѣ съ тѣмъ

На основаніи произведенныхъ вычисленій имъ построены модели, снимки которыхъ представлены на фиг. (10, 11 и 12).

Но кромѣ траекторій, уходящихъ въ бесконечность, существуютъ еще траекторіи замкнутыя или періодическія, для которыхъ исполнена

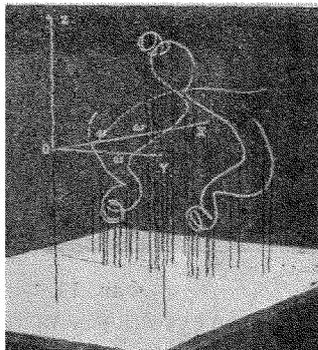


Фиг. 11.

приблизительно такая же работа, какъ и для уходящихъ въ бесконечность.

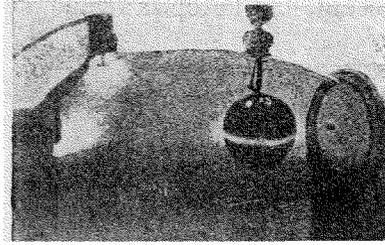
Эти періодическія траекторіи представляютъ иногда весьма сложныя спирали, какъ, напр., представленная на фиг. (12), и нетрудно вообразить сколько надо труда, чтобы вычислить достаточное число точекъ для построения такой спирали.

§ 7. Итакъ, изслѣдованія Штёрмера съ несомнѣнностью показываютъ, что частицы электричества, соответствующія катоднымъ, β или α лучамъ радія, могутъ при сдѣланныхъ допущеніяхъ, подъ вліяніемъ магнитнаго поля земли, достигать земли и притомъ въ весьма ограниченной близи полярной области, причемъ ихъ траекторіи будутъ всё заключаться при подхождѣ къ землѣ въ чрезвычайно узкомъ секторѣ, сѣченіе котораго на высотѣ



Фиг. 12.

около 100 км. надъ землею поверхностью составляетъ отъ нѣсколькихъ метровъ до нѣсколькихъ километровъ, смотря по „жесткости“ лучей.



Фиг. 13.

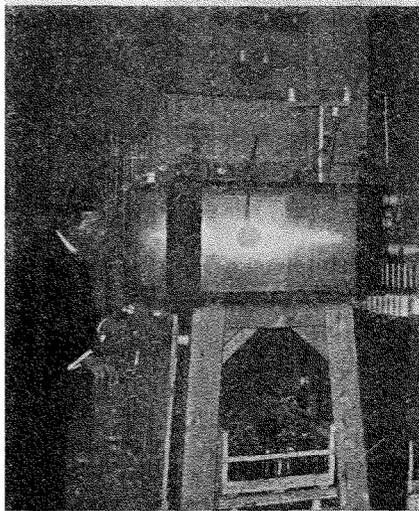
Ясно, что потокъ частицъ, выкинутыхъ солнцемъ одновременно, хотя бы въ значительно удаленныхъ другъ отъ друга мѣстахъ и движущихся по такимъ траекторіямъ, и произведетъ явленіе сѣвернаго сіянія съ его драпировками и лучами.

§ 8. Нѣсколько иначе подошелъ къ рѣшенію вопроса Биркеландъ: онъ сталъ изучать движеніе

частицъ электричества въ магнитномъ полѣ опытнымъ путемъ. Для этого онъ построилъ, такъ-сказать, модель земного шара, которую онъ назвалъ *terrella* (земличка).

На фиг. (13) представлена первоначальная его модель, на фиг. (14) вторая, большихъ размѣровъ.

Сущность устройства и той и другой одинакова: въ стеклянномъ сосудѣ или въ ящикѣ съ стеклянными стѣнками, въ которомъ поддерживается разряженіе до нѣсколькихъ тысячныхъ миллиметра ртути, помѣщается подвѣшеннымъ по срединѣ ящика электромагнитъ, которому придана форма шара. Электромагнитъ этотъ покрытъ оболочкою, окрашенной растворомъ синеродистаго барія. На одной изъ стѣнокъ ящика помѣщенъ источникъ катодныхъ лучей; шаровой электромагнитъ (*terrella*) можетъ быть устанавливаемъ такъ, чтобы его магнитная ось занимала любое положеніе по отношенію къ прямой, соединяющей его центръ съ катодомъ, и, кромѣ того, ему можетъ быть сообщено вращеніе, соотвѣт-



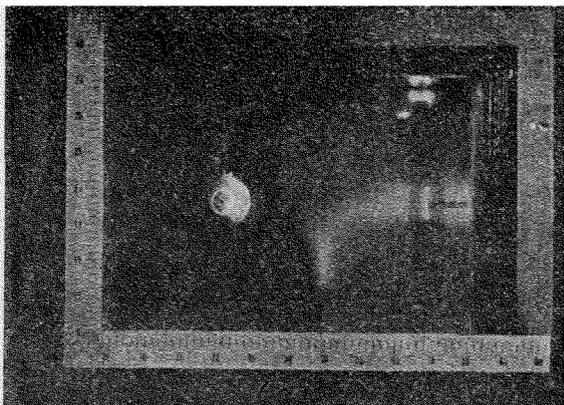
Фиг. 14.

ствующее суточному вращенію земли.

Мѣняя силу намагничивающаго тока, можно измѣнять въ весьма широкихъ предѣлахъ магнитный моментъ магнита, т.-е. ту постоянную c_1 въ уравненіяхъ Штёрмера, которая для земли мѣняется въ зависимости отъ рода лучей, и, такимъ образомъ, на тѣхъ же катодныхъ лучахъ изучать и ходъ лучей другой „жесткости“.

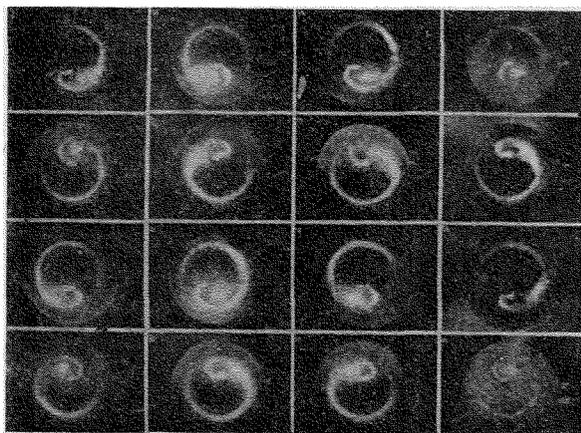
Катодные лучи даютъ свѣченіе въ разрѣженномъ газѣ, въ мѣстѣ же ихъ паденія на поверхность терреллы замѣчается яркое свѣченіе благодаря окраскѣ синеродистымъ баріемъ.

Биркеландъ снабжалъ также свою терреллу различными экранами, окрашенными тѣмъ же веществомъ, чтобы съ еще большею ясностью прослѣдить пути лучей; кромѣ того, онъ ставилъ другіе экраны со щелью, чтобы выдѣлять узкій потокъ лучей желаемого направленія.



Фиг. 15.

Фиг. 14, 15 и 16 показываютъ нѣкоторые изъ полученныхъ Биркеландомъ результатовъ; здѣсь видны и экваторіальное кольцо и полярныя свѣченія, сосредоточенныя въ узкой области въ разстояніи около 20' отъ полюса.



Фиг. 16.

Формы этихъ кривыхъ и мѣста ихъ примыканій къ шару въ общемъ соотвѣтствуютъ математической теоріи Штёрмера.



§ 9. При нѣкоторыхъ начальныхъ условіяхъ въ ряду траекторій, найденныхъ Штёрмеромъ, заключаются и такія, которыя состоятъ какъ бы изъ вертикальной вѣтви, приближающейся къ землѣ, небольшого горизонтальнаго участка вблизи ея поверхности и опять вертикальной вѣтви, уходящей отъ земли. Такія траекторіи подходят къ землѣ въ близъ-полярныхъ областяхъ.

Подобные же пути получилъ и Биркеландъ при нѣкоторыхъ условіяхъ намагничиванія своей тереллы и положенія ея магнитной оси относительно потока лучей.

Это обстоятельство и сравнительная простота поля, получаемого при полярной магнитной бурѣ, заставило его изслѣдовать такую задачу: опредѣлить длину горизонтальной части, высоту ея надъ поверхностью земли и силу такого тока, который производилъ бы возмущающее поле, подобное наблюденному.

Оказалось, что высоту надо брать около 200 километровъ, длину около 1600 и силу тока около 1.000.000 амперъ и тогда получилось поле, близкое къ одному изъ наблюденныхъ. Для другихъ наблюденій получались величины того же порядка.

§ 10. Траекторіи Штёрмера приближаются къ земной поверхности по большей части со стороны, не освѣщенной солнцемъ, то же показали Биркеланду и опыты надъ тереллою, поэтому онъ поставилъ себѣ задачу изучить распредѣленіе магнитныхъ буръ по времени дня, для своихъ четырехъ полярныхъ станцій. Простого счета возмущеній или учета ихъ продолжительности въ разные часы дня недостаточно, необходимо принять во вниманіе и напряженность самого возмущенія.

Пусть, напр., P_h представляетъ величину горизонтальной слагающей возмущающей силы въ плоскости магнитнаго меридіана, тогда интеграль-

$$\left| S_h \right| = S_h^a = \frac{1}{T} \int_0^T \left| P_h \right| dt$$

отъ абсолютной величины этой слагающей представить абсолютную среднюю напряженность горизонтальной возмущающей силы по меридіану. Подобнымъ образомъ, если обозначить соотвѣтственно черезъ P_h^p и P_h^n положительныя и отрицательныя значенія, то интегралы

$$S_h^p = \frac{1}{T} \int_0^T P_h^p dt$$

$$S_h^n = \frac{1}{T} \int_0^T P_h^n dt$$

представляютъ среднюю напряженность положительнаго и отрицательнаго возмущенія вышеупомянутой слагающей.

Понятно, что подобныя же величины можно составить для поперечной слагающей (возмущенія склоненія) и вертикальной.

Наконецъ,

$$S^T = \sqrt{|S_H|^2 + |S_D|^2 + |S_V|^2}$$

представить значеніе средней величины полной напряженности, причѣмъ $|S_D|$ и $|S_V|$ представляютъ таковыя для поперечной и вертикальной слагающей.

Такіе расчеты и произведены Биркеландомъ для каждаго двухъ часовыхъ промежутковъ каждаго дня, затѣмъ для тѣхъ же часовъ по пятидневнымъ періодамъ, затѣмъ по мѣсячнымъ и, наконецъ, для всего времени наблюдений.

Оказывается, что средняя напряженность возмущеній вблизи пояса сѣверныхъ сіяній слѣдуетъ за суточнымъ движеніемъ солнца, и если бы представлять эти возмущенія векторами направленій токовъ, то для каждой станціи можно бы замѣтить двѣ главныя системы:

1°) первая система, имѣющая maximum около 6 ч. вечера по мѣстному времени съ стрѣлкою, направленною къ востоку по поясу сіяній.

2°) вторая система съ maximum'омъ около полуночи и стрѣлкою, направленною къ западу.

Около 9—10 часовъ утра по мѣстному времени наступаетъ, такъ сказать, магнитное затишье, т.е. отсутствіе возмущеній.

Эти двѣ главныхъ системы соотвѣтствуютъ тѣмъ возмущеніямъ, которыя выше были названы положительнымъ и отрицательнымъ полярными.

Разсмотрѣніе самыхъ діаграммъ указало Биркеланду, что для этихъ возмущеній центръ располагался между Ахолоен'омъ и Каафиогд'омъ, но кромѣ этихъ главныхъ встрѣчается и нѣкоторое число меньшей силы мѣстныхъ бурь по близости къ магнитному полюсу земли и къ сѣверу отъ пояса сіяній.

Суточный періодъ, расположеніе зоны полярныхъ возмущеній, время дня, когда они достигаютъ наибольшей интенсивности, соотвѣтствуютъ, какъ теоріи Штѣрмера, такъ и опытамъ Биркеланда съ терреллою, которыми онъ обнаружилъ, мѣняя жесткость лучей, что можно получить два типа электрическихъ осажденій на вечернюю сторону земли; у одного изъ этихъ типовъ движеніе частицъ происходитъ къ востоку, у другого къ западу. (Это обнаруживалось Биркеландомъ помощью экрановъ, расположенныхъ въ видѣ звѣздки близъ полюсовъ терреллы, замѣчая ихъ свѣтящуюся и тѣневую сторону). Эти два типа и могутъ служить объясненіемъ полярныхъ возмущеній положительнаго и отрицательнаго.

Источникомъ же электрической радіаціи служитъ солнце.

§ 11. Любопытны также опыты Биркеланда съ терреллю, когда онъ самый электромагнитъ или самую терреллю дѣлалъ источникомъ катодныхъ лучей, въ тоже время намагничивая ее.

Онъ получалъ явленія, подобныя солнечной коронѣ и кольцамъ Сатурна, какъ можно видѣть по фиг. 17.

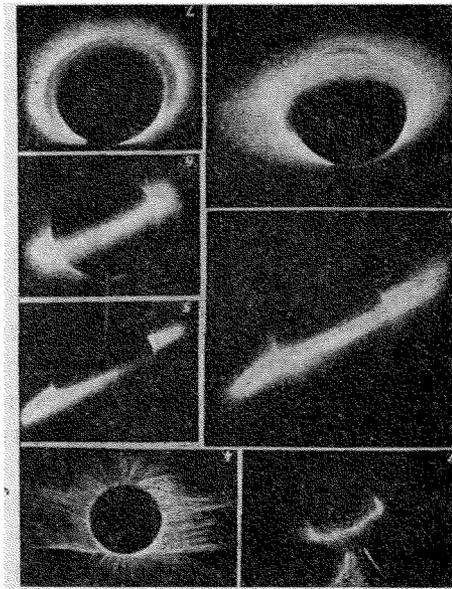
§ 12. Трудно дать въ нѣсколько четвертей часа полное понятіе о двухъ огромныхъ томахъ, столь богатыхъ содержаніемъ какъ наблюдательнаго, такъ опытнаго и, наконецъ, теоретическаго матеріала, какъ-то сочиненіе Биркеланда, бѣглый очеркъ котораго я далъ.

Я обращаюсь теперь къ послѣднимъ работамъ Штёрмера, въ кото-

рыхъ онъ обнаруживаетъ свой талантъ наблюдателя и опытнаго изслѣдователя, тогда какъ въ предыдущихъ работахъ онъ показалъ свои математическія силы.

Я уже упоминалъ въ началѣ о расчетѣ Дальтона, которымъ онъ опредѣлилъ положеніе вершины дуги или свода сѣвернаго сіянія, и работы Potter'a, относящіяся къ 1833 году.

Въ то время не было еще ни фотографіи, ни телеграфа и, конечно, не было и самой мысли о возможности телефона; понятно поэтому, что наблюденія съ двухъ пунктовъ такого измѣнчиваго явленія, какъ сѣверное сіяніе простымъ глазомъ или простѣйшими угломерными приборами для опредѣленія положенія выдающихся точекъ сіянія относительно



Фиг. 17.

звѣздъ не могли отличать большую точностью, по самой своей трудности.

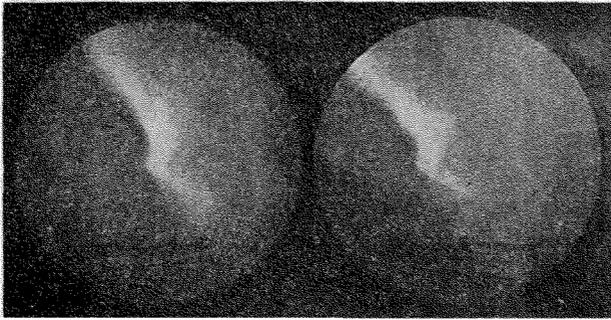
Штёрмеръ и рѣшилъ примѣнить къ систематическому изслѣдованію этого вопроса современныя научныя средства. Съ этою цѣлью онъ устроилъ на сѣверѣ Норвегіи двѣ обсерваторіи въ Боссекопъ и въ Сторъ Корснесъ, лежащихъ—первый подъ 70° сѣвер. широты и 24° вост. долготы отъ Гринвича, второй на томъ же меридіанѣ, но на 27 километровъ къ сѣверу.

На каждой изъ этихъ обсерваторій имѣлись специально приспособленныя, совершенно одинаковыя между собою, фотографическія камеры. Обѣ станціи были соединены телефономъ и, слѣдовательно, легко было получать вполне одновременныя снимки. Камеры наводи-

лись на ту область неба, гдѣ было сѣверное сіяніе такъ, чтобы на пластинкѣ получалось и изображеніе какой-либо яркой звѣзды или планеты, къ которой затѣмъ можно было бы относить соответствующія изображенія той-же самой точки сіянія.

Однимъ словомъ, производилась фотограмметрическая съемка сіянія одновременно двумя камерами, причемъ изображеніе звѣздъ на пластинкѣ давало ориентировку камеры.

Понятно, что по такимъ двумъ одновременнымъ снимкамъ не трудно опредѣлить положеніе любой отличительной точки, полученной



Фиг. 18.

на снимкахъ, по отношенію къ базѣ, какъ по высотѣ, такъ и по азимуту и, слѣдовательно, вынести проекцію этой точки на карту и отмѣтить на ней ея возвышеніе надъ поверхностью земли. Штѣрмеръ опредѣлялъ, главнымъ образомъ, нижній край сіянія, когда оно имѣло



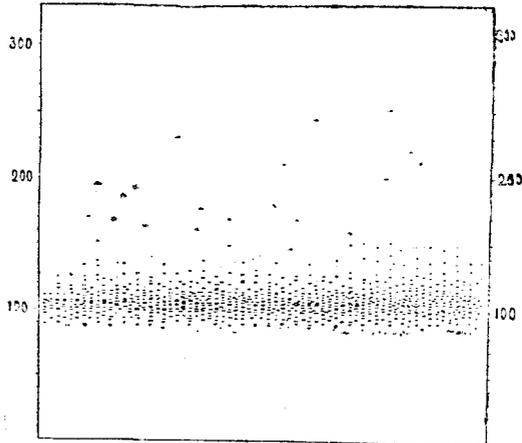
Фиг. 19.

видъ занавѣси, и изслѣдоваль нѣсколько сотъ снимковъ, снявъ съ нихъ положеніе многихъ тысячъ точекъ.

На фиг. (18 и 19) представлены пара снимковъ, на которыхъ видны изображенія сіянія и Венеры.

Фиг. (20) представляет сводную таблицу наблюдений; на ней показаны возвышения всѣхъ вычисленныхъ точекъ и видно, какъ онѣ всѣ группируются въ слоѣ на высотѣ около 100 километровъ надъ земною поверхностью.

Работы Штёрмера еще не закончены; одновременно съ фотограмметрическою съемкою имъ производились и магнитныя наблюдёнія самопишущими вариационными приборами.



Фиг. 20.

Ясно, что обработка этихъ совмѣстныхъ наблюдёній дастъ точныя данныя для расчетовъ, подобныхъ сдѣланнымъ предположительно Биркеландомъ, т.-е. о силѣ того потока электрическихъ частицъ, который, вни́дряясь въ атмосферу, производитъ и сѣверныя сия́нія и магнитныя бури, но уже теперь можно сказать, что работами Биркеланда и Штёрмера сущность дѣла выяснена, въ дальнѣйшемъ будетъ лишь изученіе его деталей.

Современныя задачи молекулярной физики ¹⁾.

Академика П. П. Лазарева.

Существенной особенностью современной физики является стремление перейти от непрерывнаго представленія о субстратѣ физическихъ явленій къ болѣе близкимъ къ дѣйствительности образамъ и моделямъ, состоящимъ изъ отдѣльныхъ, несвязанныхъ между собою частей. Атомизмъ, перешедшій изъ древности, получилъ, благодаря трудамъ Clausius'a, Boltzmann'a и Maxwell'a, значительное развитіе сначала въ ученіи о газахъ, позднѣе van der Waals приложилъ атомистическія воззрѣнія къ ученію о непрерывности перехода газа въ жидкость и далъ блестящую теорію этого явленія, имѣющую существенное значеніе до настоящаго времени. Въ концѣ девяностыхъ и началѣ девятисотыхъ годовъ, благодаря трудамъ Lorentz'a и J. J. Thomson'a, атомизмъ проникаетъ въ ученіе объ электричествѣ, давъ начало современной теоріи электроновъ, и въ ученіе объ энергіи, благодаря изслѣдованіямъ Planck'a, положившимъ основаніе теоріи квантъ. Какъ бываетъ всегда при быстромъ развитіи сложной и обширной научной области, многія явленія не могутъ быть сразу связаны въ одно стройное цѣлое, многіе факты ведутъ къ совершенно противоположнымъ толкованіямъ, наконецъ находятъ экспериментальныя данныя, противорѣчащія, повидимому, другъ другу, но по мѣрѣ углубленія нашихъ знаній появляются недостающія связи, возникаютъ обобщенія, устанавливающія строгую закономерность между наблюденными фактами, и возникаютъ новыя широкія задачи экспериментальнаго изслѣдованія. Въ періодѣ быстрой перестройки находится въ настоящее время вся молекулярная физика и въ моемъ сообщеніи я предполагаю дать отчетъ о рядѣ своихъ еще не опубликованныхъ теоретическихъ изслѣдованій, которыя должны лечь въ основу серіи работъ, предположенныхъ къ выполненію въ Физической Лабораторіи Академіи Наукъ и въ Физическомъ Институтѣ Московскаго Научнаго Института.

¹⁾ Рѣчь въ публичномъ засѣданіи Совѣта Московскаго Научнаго Института 4 февраля 1918 года.

Созданіе кинетической теоріи газовъ, оперировавшей вначалѣ съ системою матеріальныхъ точекъ — молекулъ, обладающихъ одинаковыми скоростями и не связанныхъ между собою силами притяженія, позволило сразу рѣшить вопросъ о простѣйшихъ законахъ, имѣющихъ мѣсто въ газовой средѣ. Теорія не только связала удѣльный объемъ v и давленіе p въ видѣ закона Boyle-Mariotte'a, но и позволила опредѣлить константу въ видѣ

$$\text{Const.} = pv = \frac{Dc^2}{3},$$

гдѣ D плотность газа, а c скорость движенія его молекулъ. Эта же теорія показала, что мы должны считать при опредѣленной температурѣ живую силу молекулы пропорціональной абсолютной температурѣ среды. При дальнѣйшихъ приложеніяхъ теоріи къ объясненію явленій возникли однако затрудненія и пришлось теорію осложнять новыми поправками. Прежде всего необходимо допустить протяженность атомовъ и молекулъ, такъ какъ въ противномъ случаѣ при большой скорости ихъ движенія нельзя объяснить медленной диффузиі одного газа въ другомъ, плохой теплопроводности газовъ и т. д., и это допущеніе сразу приводитъ къ тому результату, что молекулы не могутъ безъ взаимнаго столкновенія пройти сколько-нибудь значительнаго пути и, что, если вначалѣ мы придали бы всѣмъ молекуламъ вполнѣ одинаковую скорость, то спустя болѣе или менѣе короткое время получилось бы новое, такъ наз. Maxwell'овское, распредѣленіе скоростей молекулъ въ газовой средѣ, при которомъ каждой скорости въ каждый данный моментъ соотвѣтствуетъ опредѣленное число молекулъ, причемъ связь между величиной скорости c , числомъ молекулъ dN , имѣющихъ скорость, заключающуюся между c и $c + dc$, и общимъ числомъ молекулъ N_0 выражается соотношеніемъ

$$dN = N_0 \frac{4}{\sqrt{\pi}\alpha^3} c^2 e^{-\frac{c^2}{\alpha^2}} dc,$$

гдѣ α постоянная.

Сталкиваясь при движеніи между собою молекулы пробѣгаютъ въ зависимости отъ случайныхъ причинъ различное пространство, но средній свободный путь молекулы λ между ея двумя столкновеніями есть величина вполнѣ опредѣленная для cadaго газа и коэффициентъ внутренняго тренія позволяетъ вычислить размѣры средняго свободнаго пути.

Мы можемъ опредѣлить такимъ образомъ величину средняго свободнаго пути косвеннымъ методомъ, и это было сдѣлано рядомъ изслѣдователей. Однако, можно найти и иной способъ, болѣе прямой, изучая ходъ температуры внутри газа при теплопроводности и замѣ-

чая, что около стѣнки на протяженіи средняго свободнаго пути долженъ быть ходъ температуры иной, чѣмъ въ свободномъ газѣ. Какъ удалось показать намъ, такимъ путемъ можно получить для свободнаго пути прямой методъ, и контроль его косвенными приемами изслѣдованія позволить вполне разрѣшить вопросъ о среднемъ пути.

Для характеристики свойствъ газа весьма большой интересъ представляетъ изслѣдование удѣльныхъ теплотъ газа при постоянномъ давленіи и постоянномъ объемѣ γ_p и γ_v , выполненное такъ, чтобы эти двѣ величины могли быть получены независимо другъ отъ друга. Въ этомъ отношеніи можетъ имѣть значеніе методъ, разрабатываемый у насъ въ Физическомъ Институтѣ и являющійся модификаціей калориметрическаго метода Nernst'a. Опредѣляя нагреваніе газа, помещеннаго въ баллонъ или при постоянномъ давленіи или при постоянномъ объемѣ, можно легко, зная затраченную электрическую энергію и повышеніе температуры, найти удѣльныя теплоты. Развитие этого метода дастъ возможность косвеннымъ образомъ опредѣлять среднія длины путей изъ коэффициентовъ теплопроводности. Зная величины γ_p и γ_v въ отдѣльности можно найти ихъ отношеніе $\frac{\gamma_p}{\gamma_v}$.

Изученіе величины $\frac{\gamma_p}{\gamma_v}$ важно между прочимъ въ томъ отношеніи, что оно можетъ дать представленіе о формѣ молекулъ, такъ какъ отношеніе $\frac{\gamma_p}{\gamma_v}$, завися отъ діаметра молекулы, должно быть различно, смотря по тому, имѣемъ ли мы дѣло съ шарообразными или вытянутыми молекулами. И здѣсь представляется возможнымъ рѣшить вопросъ, движется ли сложная молекула, напр. углеводорода жирнаго ряда, имѣющая рядъ атомовъ углерода, связанныхъ между собою въ видѣ цѣпочки, развернутой, или эта молекула свертывается въ маленькій комочекъ. Для изученія этого явленія мы пользуемся методомъ акустическихъ волнъ Kundt'a, дающимъ возможность непосредственно смѣрить $\frac{\gamma_p}{\gamma_v}$.

Въ связи съ среднимъ свободнымъ путемъ молекулы стоитъ вопросъ о предѣльныхъ короткихъ акустическихъ волнахъ. Какъ показалъ Лебедевъ, доводя размѣры акустической волны до незначительной величины, соизмѣримой съ λ , можно легко обнаружить своеобразное ослабленіе звука, зависящее отъ перехода колебаній акустическихъ въ тепловыя движенія и несомнѣнный интересъ представляетъ изученіе распространенія короткихъ волнъ въ газахъ разной природы.

Мы переходимъ теперь ко второму основному вопросу теоріи газовъ,—къ закону распредѣленія скоростей Maxwell'a. Единственнымъ методомъ для изученія этого явленія до сихъ поръ былъ методъ

расширенія спектральныхъ полосъ съ нагрѣваніемъ. Rayleigh показаль, что расширение спектральныхъ полосъ можетъ быть объяснено, при допущеніи монохроматичности испусканія молекулы, явленіемъ Doppler'a и распредѣленіе яркости въ спектральной полосѣ довольно хорошо совпадало съ распредѣленіемъ, допускаемымъ Maxwell'омъ.

Мною было показано, что для изученія явленія распредѣленія можно пользоваться инымъ методомъ. Пусть мы имѣемъ два сосуда, раздѣленные стѣнкой. Пусть одинъ заключаетъ газъ подъ нѣкоторымъ давленіемъ, а другой содержитъ пустоту. Если бы скорости всѣхъ молекулъ въ сосудѣ были одинаковы, и на нѣкоторое время оба сосуда были соединены отверстіемъ, то часть молекулъ перешла бы въ пустоту и распредѣлилась бы по всему сосуду, обладая прежними же скоростями. Температура, пропорціональная живой силѣ движенія молекулы, не должна бы при равенствѣ скоростей измѣниться послѣ соединенія сосудовъ, между тѣмъ, какъ опытъ обнаруживаетъ увеличеніе температуры въ сосудѣ, гдѣ была пустота и уменьшеніе ея въ сосудѣ съ газомъ. Объясненіе этого явленія можно получить, если допустить, что скорости молекулъ распредѣлены по Maxwell'овскому закону. Въ этомъ случаѣ при открываніи крана, соединяющаго сосуда, болѣе быстрыя молекулы опережаютъ болѣе медленныя, и въ пустоту переходить относительно большее число молекулъ съ большими скоростями, отчего температура газа въ сосудѣ, изъ котораго происходитъ истеченіе его, понижается. Для экспериментальнаго изученія этого явленія мной построены маятникъ, открывающій при своемъ качаніи на опредѣленное время отверстіе выпускающе газъ въ пустоту, и съ этимъ приборомъ ведутся въ настоящее время изслѣдованія въ Научномъ Институтѣ. При работахъ съ газами, чтобы избѣжать вліянія эффекта Joule-Thomson'a, зависящаго отъ молекулярныхъ силъ и сказывающагося также охлажденіемъ сосуда, изъ котораго газъ вытекаетъ, необходимо пользоваться совершенными газами. При примѣненіи легко ожижаемыхъ газовъ тотъ же приборъ наоборотъ позволяетъ изучать и эффектъ Joule-Thomson'a, и это переводитъ насъ къ слѣдующей части задачи—къ изученію молекулярныхъ силъ въ веществѣ.

Прежде всего мы должны упомянуть, что, если въ совершенныхъ газахъ мы можемъ вполне пренебрегать молекулярными силами, то въ ожижаемыхъ газахъ нужно допустить, въ особенности, если газы сильно сжаты, значительныя силы, переходящія въ еще большія при ожиженіи вещества. Въ жидкости молекулы могутъ перемѣщаться другъ около друга, будучи, однако, все время удерживаемы въ сферѣ взаимнаго дѣйствія и только у поверхности наблюдается отрываніе отдѣльныхъ молекулъ, переходящихъ въ паръ. При уменьшеніи скоростей движенія частицъ жидкости при ея охлажденіи, мы переводимъ въ концѣ-концовъ жидкость въ твердое тѣло, въ которомъ мо-

лекулы должны быть закрѣплены въ опредѣленныхъ положеніяхъ и могутъ колебаться только около опредѣленной точки.

Что касается природы молекулярныхъ силъ, то въ настоящее время эти силы можно считать силами двоякаго рода. Во-первыхъ, между заряженными частями атомовъ, или молекулъ, должны дѣйствовать силы электростатическаго характера, во-вторыхъ, колеблющіеся электроны создаютъ пондеромоторныя явленія, благодаря электромагнитнымъ дѣйствіямъ.

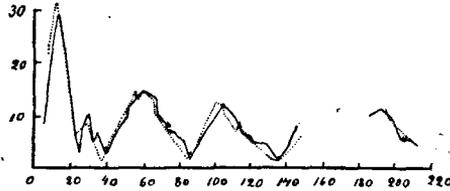
Силы перваго рода не зависятъ отъ температуры, сильно измѣняясь съ діэлектрической постоянной среды, въ то время, какъ силы втораго рода возрастаютъ съ температурой и не зависятъ отъ діэлектрической постоянной. Всѣ явленія въ веществѣ слагаются изъ игры обонихъ родовъ силъ, и мы имѣемъ при молекулярныхъ взаимодействіяхъ очень сложную картину явленій притяженій и отталкиваній. Въ виду сложности строенія атома, состоящаго изъ положительнаго ядра и колець вращающихся электроновъ вокругъ, мы должны ожидать опредѣленное распредѣленіе въ пространствѣ полей силъ, особенно сильно сказывающихся на близкомъ разстояніи. Въ газѣ и жидкости характеръ поля мало оказываетъ вліянія на явленія притяженія изъ-за вращенія молекулы, и мы можемъ силы взаимодействія въ этомъ случаѣ представлять, какъ среднее изъ величины силъ за извѣстный промежутокъ времени, и считать ихъ, какъ это дѣлаетъ Boltzmann и van der Waals, зависящими только отъ разстоянія молекулъ.

То же самое можно предполагать въ твердыхъ аморфныхъ тѣлахъ, гдѣ поле силъ вокругъ молекулы должно быть совершенно равномернымъ и зависящимъ только отъ разстоянія. Въ кристаллическихъ веществахъ, наоборотъ, поле молекулъ должно быть неравномернымъ и зависящимъ отъ направленій, подѣ которыми данная молекула разсматривается.

Такъ какъ поле молекулы симметрично по отношенію къ опредѣленнымъ осямъ въ молекулѣ, то можно показать, что для каждаго вещества, возможны въ общемъ случаѣ нѣсколько положеній равновѣсія при опредѣленныхъ положеніяхъ осей полей, когда потенциальная энергія достигаетъ минимума. Эти положенія въ зависимости отъ измѣненія электродинамическихъ силъ съ температурой могутъ измѣняться, и мы получаемъ, такимъ образомъ, объясненіе существованія аллотропическихъ модификацій. При превращеніи одной модификаціи въ другую потенциальная энергія должна измѣняться скачкомъ, и это сказывается на появленіи тепловаго эффекта.

Что касается до вопроса о законѣ дѣйствія силъ и измѣненія его съ разстояніемъ, то для аморфныхъ веществъ намъ удалось этотъ вопросъ рѣшить въ очень простой формѣ, показавъ, что законы этихъ дѣйствій могутъ быть приняты *для всѣхъ веществъ* одинаковыми. Въ

этомъ предположеніи мы получаемъ пропорціональность между числомъ атомовъ въ единицѣ объема и твердостью тѣла, опредѣляемую силой отрыванія одной молекулы отъ остальной массы вещества. На фиг. 1. мы приводимъ эмпирически открытую Bottonе, Turner'омъ и Benedicks'омъ связь атомнаго вѣса (ось абсциссъ), твердости (пунктиръ) и числа атомовъ въ единицѣ объема (непрерывная линія), которая показываетъ, что, по крайней мѣрѣ, въ первомъ приближеніи выведенное нами соотношеніе можетъ быть признано вѣрнымъ.

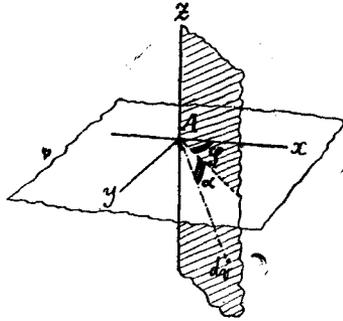


Фиг. 1.

Выводъ связи между числомъ атомовъ въ единицѣ объема N и твердостью H можетъ быть сдѣланъ такъ: пусть у насъ имѣется твердое аморфное тѣло, ограниченное плоскостью, на которой расположена молекула вещества A , пусть плоскость тѣла есть плоскость xy и пусть ось z проходить черезъ молекулу внизу (фиг. 2). Возьмемъ въ тѣлѣ маленькій объемъ $dv = r^2$. $\text{Cosa} \cdot da \cdot d\varphi \cdot dr$, гдѣ уголъ α есть уголъ между плоскостью xy и радиусомъ-векторомъ, идущимъ отъ молекулы и уголъ φ есть уголъ между осью x и плоскостью, проходящею черезъ ось z и молекулу. Тогда при симметричности поля силъ взаимодействие одной молекулы объема dv и молекулы A выразится такъ:

$$df = f(r)$$

гдѣ $f(r)$ есть функція разстоянія r молекулы A отъ dv , общее число молекулъ въ объемѣ dv есть Ndv и, слѣдовательно, взаимодействие всего объема



Фиг. 2.

dv есть $dF = Nf(r)dv = Nf(r)r^2 \text{Cosa} \cdot da \cdot d\varphi \cdot dr$ проэктируя эту силу на ось z и интегрируя по полусферѣ молекулярнаго дѣйствія, имѣемъ силу, дѣйствующую на одну молекулу внутрь тѣла по вертикали, равной

$$F_z = \int_0^R \int_0^{2\pi} \int_0^{\frac{\pi}{2}} \text{Sin } \alpha \text{ Cos } \alpha \cdot da \cdot d\varphi \cdot Nf(r)r^2 dr$$

или

$$F_z = \pi N \int_0^R f(r) r^2 dr = NF(R), \text{ гдѣ}$$

R есть радиусъ сферы молекулярнаго дѣйствія и $F(R)$ есть функція отъ R . Зная величину силы F_z , равной силѣ, необходимой для удаленія одной молекулы A отъ поверхности, мы получаемъ представленіе о твердости H , которая растетъ съ увеличеніемъ силы F_z и эта сила, какъ и величина твердости, возрастаетъ пропорціонально N ; отсюда имѣемъ, что твердость $H = \beta N$, гдѣ β постоянная, зависящая отъ вида функціи $F(R)$.

Простѣйшее предположеніе о формѣ $F(R)$ мы можемъ сдѣлать, полагая $F(R) = \text{Const.}$, что соотвѣтствуетъ предположенію, что законъ дѣйствія молекулярныхъ силъ не зависитъ отъ природы вещества, тогда твердость H пропорціональна N , какъ это въ первомъ приближеніи вытекаетъ изъ эмпирическихъ данныхъ Turnera и Benedicks'a.

Въ кристаллическихъ веществахъ, обладающихъ молекулами съ симметрично расположенными полями, какъ это легко понять, мы не можемъ принимать такого простого отношенія силы и разстоянія, и законъ пропорціональности твердости тѣла и концентраціи атомовъ въ немъ уже не можетъ имѣть строгаго значенія, какъ это въ дѣйствительности и наблюдается.

Переходя къ жидкостямъ, необходимо отличать условія равновѣсія молекулъ у поверхности и внутри жидкости. Въ то время, какъ внутри жидкости молекулы совершаютъ вполнѣ беспорядочныя движенія и находятся въ сферѣ непрерывно мѣняющагося по всѣмъ направленіямъ поля силъ, у поверхности благодаря различію величинъ силъ, дѣйствующихъ съ одной и съ другой стороны поверхности, возможно ориентированное положеніе молекулъ жидкостей такъ, что ихъ длинный діаметръ располагается перпендикулярно свободной поверхности. У поверхности жидкости мы имѣемъ расположеніе молекулъ, напоминающее твердое кристаллическое тѣло и, если молекулы имѣютъ форму вытянутыхъ члениковъ, то возможно представить себѣ, что оптическія свойства, напр., двойное преломленіе въ такой жидкой пленкѣ будетъ наблюдаться въ такой же мѣрѣ, какъ и въ твердомъ кристаллическомъ тѣлѣ.

Такія отношенія могутъ наблюдаться въ жидкихъ кристаллахъ, которые, по нашей теоріи, должны быть признаны каплями одной однородной жидкости въ другой, однородной же. Всѣ оптическія явленія въ капляхъ жидкихъ кристалловъ прекрасно объясняются при допущеніи ориентированія молекулъ пограничнаго слоя, которая для изслѣдованныхъ жидко-кристаллическихъ веществъ дѣйствительно должны имѣть вытянутую форму. Попытки найти для воды въ пограничномъ съ воздухомъ слое двойное преломленіе не дало намъ

до сего времени положительных результатов, и это может объясняться незначительною величиною двойного преломления, которое можно ожидать въ водѣ.

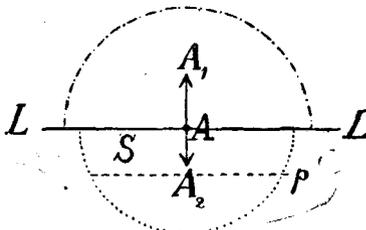
Изученіе капиллярныхъ силъ у поверхности позволило намъ установить теоретически связь, ранѣ выведенную Eötvös'омъ и связывающую удѣльный объемъ v , капиллярную постоянную a и температуру T въ видѣ:

$$\frac{2}{v^{\frac{2}{3}} a} = \text{Const.}$$

Въ связи съ діэлектрической постоянной жидкости стоитъ подвижность электроновъ въ молекулахъ, при увеличеніи которой увеличивается и діэлектрическая постоянная, и это создаетъ болѣе выгодныя условія притяженія въ заряженныхъ частяхъ молекулъ. Двѣ молекулы, столкнувшіяся своими частями, несущими противоположныя заряды, удерживаются болѣе прочно при легко подвижныхъ электронахъ, чѣмъ при электронахъ малоподвижныхъ, разъ всѣ остальные условія одинаковы. Мы должны поэтому ожидать въ жидкостяхъ съ большой діэлектрической постоянной значительную ассоціацію молекулъ, связанныхъ электростатическими силами въ большіе агрегаты.

Теорія, развиваемая нами, позволяетъ опредѣлить легко работу удаленія одной молекулы жидкости съ поверхности ея, то-есть скрытую теплоту испаренія. Такъ какъ силы, связывающія молекулы, зависятъ отъ діэлектрической постоянной, то становится понятнымъ, что эта послѣдняя величина должна быть связана съ скрытой теплотой парообразованія, какъ это было найдено опытнымъ путемъ Терещинымъ.

Мы перейдемъ теперь къ условіямъ равновѣсія жидкости и твердаго тѣла и представимъ себѣ у поверхности твердаго тѣла $L L$ (фиг. 3) молекулу жидкости A , которая будетъ испытывать со стороны жидкости воздѣйствіе A_1 , направленное кверху, и слагающееся изъ



Фиг. 3.

воздѣйствій всѣхъ молекулъ жидкости, заключенныхъ въ полусферѣ, описанной радіусомъ молекулярнаго дѣйствія. Со стороны твердаго тѣла на ту же молекулу дѣйствуетъ подобная же сила A_2 , дѣйствующая обратно. Мы изображаемъ радіусы для твердаго тѣла и жидкости разными. Если сила $A_1 > A_2$, то молекулы твердаго тѣла на поверхности будутъ отрыва-

ваться и переходить въ растворъ, уменьшая въ то же время величину воздѣйствующихъ силъ по направленію къ жидкости A_1' . Раствореніе прекратится, когда $A_1' = A_2$ и это соотношеніе позволяетъ установить законы растворенія.

Пользуясь методомъ, аналогичнымъ тому, который позволилъ установить связь твердости тѣла и концентраціи атомовъ, легко показать, что, такъ какъ силы притяженія молекулы A жидкостью зависятъ отъ діэлектрической постоянной, то растворимость тѣла является определенной функцией діэлектрической постоянной растворителя. Уже ранѣ подобныя соотношенія были экспериментально открыты П. И. Вальденомъ, и теорія, объясняя существованіе Вальденовскаго закона растворенія, позволяетъ понять случаи отступленія отъ него.

Такъ какъ электродинамическія явленія въ молекулахъ, сказывающіяся притяженіями, должны зависѣть отъ температуры, то становится понятной связь растворимости съ температурой.

Измѣняя форму поверхности раздѣла твердаго тѣла и жидкости и мѣняя тѣмъ самымъ отношеніе $\frac{A_1}{A_2}$, можно значительно измѣнить скорость растворенія. Измѣненіе скорости должно происходить также, если вмѣсто толстаго слоя твердаго тѣла для растворенія берется мельчайшій порошокъ, образующій крупинки, толщиной меньшія чѣмъ радіусъ сферы молекулярнаго дѣйствія: въ этомъ случаѣ толщина растворяющейся крупинки соотвѣтствуетъ части твердаго тѣла S между поверхностью и пунктиромъ p (фиг. 3).

Измѣненіе формы поверхности и образованіе мельчайшихъ углубленій, кармановъ съ полостями, гдѣ кривизна соизмѣрима или даже меньше радіуса молекулярнаго дѣйствія, можетъ повести къ огромному увеличенію силъ притяженія твердаго тѣла и скопленію молекулъ жидкости или газа въ соотвѣтствующихъ частяхъ поверхности—къ адсорпціи. Скопленіе молекулъ газа, создавая измѣненіе въ ихъ подвижности и приближая газъ къ ожизненному состоянію, должно сопровождаться тепловыми эффектами. Слой, въ которомъ наблюдается адсорпція, долженъ быть для жидкости невеликъ и соизмѣримъ съ радіусомъ сферы молекулярнаго дѣйствія. Для газовъ адсорбированный слой, въ которомъ концентрація мѣняется свою величину, долженъ простираться на величину средняго свободнаго пути молекулы и, слѣдовательно, при малыхъ давленіяхъ можетъ занимать значительную толщину; изученіе адсорпціи съ этой точки зрѣнія, уже начатое мною въ моей лабораторіи, представляется дѣломъ достижимымъ при современныхъ техническихъ средствахъ.

Нагрѣвая соль въ присутствіи растворителя и переводя избытокъ соли въ растворъ, мы можемъ, сливъ его, и охлаждая до прежней температуры, получить пересыщеніе солью растворителя. Въ этомъ случаѣ молекула соли, находящаяся въ центрѣ сферы молекулярнаго дѣйствія, испытываетъ со всѣхъ сторонъ одинаковыя силы притяженія, которыя, благодаря присутствію молекулъ растворенной соли, меньше, чѣмъ притяженіе растворителя и при определенномъ

содержаніи соли меньше, чѣмъ притяженіе твердаго тѣла. При помѣщеніи въ пересыщенный растворъ кристалла твердой соли мы тотчасъ же вызовемъ выкристаллизовываніе избытка соли, такъ какъ на каждую молекулу у поверхности твердой соли будутъ дѣйствовать двѣ силы со стороны раствора A_1 и со стороны твердаго тѣла A_2 , изъ которыхъ $A_2 > A_1$ вслѣдствіе чего соль изъ раствора будетъ осаждаться на твердой соли. Такъ какъ у кристалловъ, имѣющихъ одинаковую кристаллическую форму, поля силъ могутъ быть вполне идентичны, то становится понятнымъ фактъ выдѣленія соли изъ растворовъ не только той же самой солью, но и рядомъ другихъ солей, имѣющихъ съ ней одинаковую кристаллическую структуру.

Если мы переслоимъ водный растворъ вещества водой, то для молекулы или іона вещества, находящейся на границѣ раствора и чистой воды создаются тѣ же условія, какъ на границѣ твердаго тѣла и жидкости. Со стороны чистой воды дѣйствуетъ на молекулу сила притяженія A_1 , со стороны раствора A_2 . Первая сила должна быть по предыдущему больше второй, такъ какъ соль растворяется въ водѣ, и мы имѣемъ силу, которая стремится передвинуть растворенную молекулу въ чистый растворитель. Такимъ же путемъ можно показать, что движеніе соли при извѣстномъ градиентѣ концентраціи въ сторону меньшей концентраціи, совершается по закону, аналогичному съ закономъ диффузій Fick'a.

Заставляя растворъ диффундировать въ узкомъ, капиллярномъ пространствѣ и наблюдая при этомъ вліяніи стѣнокъ, можно показать и теоретически и экспериментально, что диффузія значительно ускоряется, благодаря вліянію адсорпціи стѣнокъ. Такіе опыты были сдѣланы у насъ въ лабораторіи и съ несомнѣнностью установили явленіе ускоренія. Съ другой стороны, мѣняя форму поверхности раздѣла растворителя и раствора и дѣлая ее сферическою, такъ чтобы выпуклость была обращена въ сторону раствора, можно легко показать, что растворъ долженъ диффундировать быстрѣе, такъ какъ число притягивающихъ молекулъ въ растворѣ въ этомъ случаѣ будетъ меньше, чѣмъ если бы поверхность была плоская; такія условія были дѣйствительно реализованы въ нашей лабораторіи и показали согласіе теоріи и опыта.

Раствореніе газовъ должно происходить гораздо проще, чѣмъ раствореніе твердыхъ тѣлъ и для газовъ неимѣющихъ химическаго сродства къ растворителю мы можемъ явленіе представить себѣ такъ: молекула газа, подлетая къ поверхности жидкости, раздвигаетъ молекулы поверхностнаго капиллярнаго слоя и, теряя часть кинетической энергіи, продолжаетъ двигаться внутри растворителя, иногда молекула можетъ при своемъ движеніи въ жидкости снова перейти въ газъ, минуя поверхность. Чѣмъ больше концентрація газа надъ жидкостью,

тѣмъ больше и число переходящихъ частицъ газа въ жидкость. Мы такимъ образомъ можемъ вывести законъ поглощенія газа жидкостью—законъ Henry-Dalton'a. Поверхностный капиллярный слой долженъ по нашему представленію играть существенную роль въ прониканіи частицъ газа внутрь жидкости. Если увеличить поверхностное натяженіе, то раздвиганіе молекулъ жидкости совершается съ большимъ трудомъ и газъ долженъ растворяться въ жидкости въ меньшемъ количествѣ, чѣмъ раньше. Какъ показали опыты Сѣченова, мы, дѣйствительно, имѣемъ эту закономерность въ явленіи растворенія и такимъ образомъ теорія и здѣсь подтверждается.

Если помѣстить пористый сосудъ въ воду и внутрь сосуда влить растворъ соли, то можно подобрать величины поръ такъ, чтобы молекулы растворителя свободно черезъ нихъ проходили, между тѣмъ, какъ молекулы раствореннаго тѣла не могли сквозь нихъ пройти. Въ этомъ случаѣ растворенное тѣло будетъ притягивать растворитель внутрь пористаго сосуда, повышая давленіе, которое возрастаетъ пропорционально концентраціи. Такимъ образомъ можно объяснить количественно законы осмотрическаго давленія.

Исходя изъ такихъ же принциповъ, мною объяснены и получены теоретическіе законы для случая дѣленія вещества между двумя растворителями, а также для измѣненія точки кипѣнія отъ растворенія веществъ.

Въ заключеніе можно показать, что развитія выше соображенія позволяютъ понять существованіе связи между діэлектрической постоянной растворителя и его ионизующимъ дѣйствіемъ на молекулы соли. Каждую молекулу соли мы можемъ себѣ представить, какъ состоящую изъ двухъ заряженныхъ частей—іоновъ, связанныхъ электростатическими силами. Если молекула соли введена въ растворитель, и къ ней подлетаетъ молекула растворителя, то между заряженными частями молекулъ начинается взаимодействіе, которое мѣняется въ зависимости отъ подвижности электроновъ въ молекулѣ растворителя, то-есть въ зависимости отъ діэлектрической постоянной. Если подъ вліяніемъ опредѣленнаго поля, даемаго молекулой соли, смѣщеніе электроновъ велико, то можетъ оказаться, что связь между молекулой растворителя и однимъ изъ іоновъ соли болѣе, чѣмъ междуіонная связь, и тогда молекула соли превратится въ два іона, которые сейчасъ же окружатся соответствующими молекулами растворителя, поворачивающими къ іону ту сторону, которая имѣетъ противоположный зарядъ. Такъ какъ при этомъ притяженіе между іономъ и молекулой растворителя должно быть больше, чѣмъ между двумя молекулами растворителя, то вокругъ cadaго іона должно образоваться скопленіе молекулъ растворителя, образующихъ болѣе плотную по концентраціи группу, чѣмъ свободный растворитель. Подобное дѣйствіе

растворителя тѣмъ значительнѣе, чѣмъ концентрація молекулъ соли меньше. Такимъ путемъ можно понять измѣненіе іонизаціи съ концентраціей и вліяніе на іонизирующую способность растворителя ді-электрической постоянной.

Повышеніе температуры, дѣлая связь между двумя іонами соли; менѣе прочной, увеличиваетъ и степень диссоціаціи соли.

Мы закончимъ нашъ обзоръ теоретическихъ воззрѣній, развиваемыхъ нами въ серіи изслѣдованій, указаніемъ на нѣкоторыя задачи, намѣченныя къ осуществленію въ нашихъ лабораторіяхъ и касающихся представленія о строеніи молекулъ твердаго тѣла.

Какъ показываютъ обширныя изслѣдованія Soblentz'a и превосходныя работы V. Henri надъ поглощеніемъ въ инфракрасной части спектра, колеблющимся составнымъ элементомъ въ этой области электромагнитныхъ волнъ является или группа атомовъ, имѣющихъ характеръ химическаго радикала, напр. CH_3 , C_2H_5 , C_6H_5 , $COOH$ и т. д. или цѣлыя молекулы. Изученіе полосъ поглощенія въ инфракрасной части для каменной соли ($NaCl$) и сильвина (KCl) позволило открыть Rubens'у и Hollnagel'ю полосы, характерныя для этихъ веществъ, и принадлежащія, какъ можно думать по предыдущему, колебаніямъ молекулъ этихъ веществъ. Вычисленіе изъ этихъ оптическихъ наблюденій удѣльной теплоты $NaCl$ и KCl дало Nernst'у результаты, превосходно совпадающіе съ полученными имъ экспериментально величинами удѣльной теплоты; и такъ какъ при нагрѣваніи твердаго тѣла мы можемъ ожидать появленія колебаній его молекулъ — слѣдовательно, молекулъ KCl $NaCl$, то становятся понятными совпаденія результатовъ, полученныхъ изъ оптическихъ наблюденій и изъ калориметрическихъ опытовъ. Между тѣмъ, опыты съ диффракціей X-лучей въ кристаллахъ позволили Bragg'у утверждать, что въ твердыхъ кристаллическихъ образованіяхъ мы имѣемъ дѣло не съ группами молекулъ, а съ атомами элементовъ, входящихъ въ составъ кристалловъ и расположенныхъ въ опредѣленную кристаллическую сѣтку.

При этомъ теряется понятіе молекулы и кристаллъ состоитъ изъ правильныхъ рядовъ атомовъ. Вдумываясь въ понятіе *молекула* и *атомъ*, легко понять, что картина, даваемая рентгенограммой, представляетъ лишь распредѣленіе атомовъ въ пространствѣ, представляя только геометрію кристалла. Этой картинѣ не хватаетъ знанія молекулярныхъ силъ, которыя могутъ при одинаковыхъ разстояніяхъ давать разныя величины притяженія, если притягиваемые атомы различны.

Понятіе молекулы въ этомъ смыслѣ есть понятіе динамическое¹⁾. Если мы, нагрѣвая тѣло, заставляемъ опредѣленную группу ато-

¹⁾ Подобныя воззрѣнія, развиваемыя мною еще въ 1915—1916 годахъ въ рядѣ докладовъ въ Химическомъ Отдѣленіи Общества Любителей Естествознанія, Антро-

мовъ хлора и калия колебаться вмѣстѣ, то это обозначаетъ, что связи атомовъ этихъ элементовъ такъ велики, что несмотря на близость со-сѣднихъ однородныхъ группъ атомовъ, комплексъ хлора и калия колеблется какъ цѣлое, и мы его должны считать за молекулу. Съ другой стороны строеніе молекулы алмаза очень сложно, но меж-молекулярныя такъ и межатомныя связи, связывающія отдѣльные атомы углерода въ одно цѣлое, должны быть по величинѣ одного по-рядка, поэтому мы наблюдаемъ при нагрѣваніи алмаза картину коле-банія отдѣльныхъ атомовъ. Одновременное изученіе свойствъ кри-сталловъ въ инфракрасной части спектра, ихъ температуръ плавленія, позволяющихъ по Lindemann'у найти величину колеблющейся массы, рентгенограммъ и измѣненія удѣльной теплоты ихъ съ темпе-ратурой несомнѣнно позволяетъ выяснитъ основные вопросы молекуляр-ной физики и дѣлаетъ эту область одной изъ интереснѣйшихъ обла-стей науки.

Только что изложенныя возрѣнія развиты нами въ рядѣ изслѣ-дованій, имѣющихъ появиться въ ближайшее время въ „Извѣстіяхъ Академіи Наукъ“ и въ „Archives des Sciences physiques“; провѣрка всѣхъ слѣдствій теоріи предпринята въ цѣлой серіи работъ, частью уже осуществленныхъ въ Физическомъ Институтѣ Научнаго Института, частью намѣченныхъ къ осуществленію въ этомъ же учрежденіи и въ Физической Лабораторіи Академіи Наукъ.

Заканчивая нашъ обзоръ, намъ хотѣлось бы обратить вниманіе на положеніе, которое занимала молекулярная физика въ Россіи. Съ момента основанія Академіи Наукъ рядъ выдающихся изслѣдователей посвящали свои труды этой области науки. Извѣстно, что основатель современной кинетической теоріи газовъ Д. Бернулли былъ одно время петроградскимъ академикомъ; далѣе М. В. Ломоносовъ далъ замѣчательныя, сохранившія свое значеніе и до настоящаго времени, этюды по механикѣ газоваго состоянія вещества, Петровъ произвелъ блестящія изслѣдованія надъ электролизомъ солей и растворовъ и его работы были продолжены Ленцемъ, изучившимъ впервые разбав-ленные растворы, Парроту принадлежитъ открытіе явленій осмоса.

Изслѣдователи болѣе поздняго времени также внесли много но-ваго и весьма существеннаго въ молекулярную физику. Стоитъ только упомянуть гидратную теорію растворовъ Д. И. Менделѣева, его знаменитый періодическій законъ, и обширныя работы по растворамъ Д. П. Коновалова и П. И. Вальдена, труды Г. А. Тамманна, Н. С. Курнакова, В. Н. Ипатьева, изслѣдованія Е. С. Федо-рова въ области кристалло-физики, наконецъ, работы П. Н. Лебе-

еологія и Этнографія, были опубликованы мною въ срединѣ 1917 г. въ журналѣ „Природа“.

де в а надъ законами взаимодействія резонаторовъ, надъ діэлектрическими постоянными и его труды по давленію свѣта, чтобы понять, что область молекулярной физики нашла себѣ выдающихся представителей русской физической наукѣ, и мы можемъ пожелать, чтобы рука объ руку со старѣйшей физической лабораторіей въ Россіи—Лабораторіей Академіи Наукъ—шла и самая молодая изслѣдовательская лабораторія—Физическій Институтъ Научнаго Института—по тому пути, на которомъ творчество русскихъ изслѣдователей уже дало блестящіе результаты.

Исслѣдованія Бриджмена въ области высокихъ давленій.

Прив. доц. А. В. Раковского.

ЧАСТЬ I.

МЕТОДИКА.

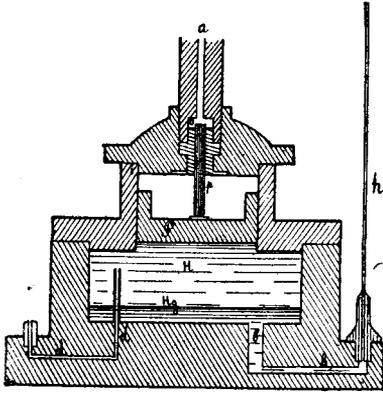
Новѣйшія исслѣдованія американскаго физика Бриджмена въ области высокихъ давленій представляютъ собой крупнѣйшій шагъ впередъ въ физикѣ и физической химіи. До Бриджмена мы имѣли наиболѣе полныя исслѣдованія Амага до 3000 атмосферъ и разрозненныя исслѣдованія ряда ученыхъ, касающіяся узкихъ темъ, до 4000—4500 атмосферъ. Работа Бриджмена замѣчательна тѣмъ, что онъ сразу раздвинулъ область точно измѣримыхъ давленій до 13500, а условно измѣримыхъ—до 20000—30000 атмосферъ. Предѣлы изумительнаго искусства американскаго физика обуславливаются самой природой металла, изъ котораго онъ строилъ свои приборы. Въ исслѣдованіяхъ Бриджмена одинаково важны, какъ методика, такъ и результаты, полученные имъ; нелишне будетъ поэтому нѣсколько подробнѣе остановиться на методикѣ опытовъ въ области высокихъ давленій.

I.

Первая задача всякаго физическаго исслѣдованія—точно измѣрить величины, опредѣляющія изучаемыя явленія. Въ нашемъ случаѣ первой задачей является построеніе манометра, необходимаго для опредѣленія высокихъ давленій. Среди разнообразныхъ типовъ такихъ манометровъ мы вкратцѣ рассмотримъ два: манометры Амага и Бриджмена.

На фигурѣ 1 дана схема манометра Амага, такъ называемаго манометра о двухъ свободныхъ поршняхъ. Давленіе изъ исслѣдуемаго пространства передается при помощи жидкости (смѣси воды + глицеринъ, вода + глицеринъ + глюкоза) по каналу *a* въ камеру *o*, наюленную паточкой; паточка давитъ на малый поршень *p*, послѣдній давитъ на большой поршень *P*. Подъ *P* находится слой жидкости (вода + глицеринъ) *H*; еще ниже слой ртути *Hg*. Подъ давленіемъ опускающагося поршня *P* ртуть уходитъ черезъ каналъ *bb* въ открытую на верхнемъ концѣ манометрическую трубку *h*. Давленіе подъ порш-

немь P во столько разъ меньше давления въ o , во сколько разъ поперечное сѣченіе P больше поперечнаго сѣченія поршня p . Умноживъ найденную высоту ртутнаго столба въ h на отношеніе $\frac{P}{p}$ и раздѣливъ на 760, ¹⁾ получимъ давление въ o (а, слѣдовательно, и въ



Фиг. 1.

ислѣдуемомъ пространствѣ) въ атмосферахъ. При высокихъ давленияхъ поршень P можетъ опускаться довольно низко. Во избѣженіе нѣкоторыхъ неудобствъ, связанныхъ съ такимъ сильнымъ опусканіемъ P , Амага производилъ предварительное давленіе на P снизу при помощи дополнительнаго насоса черезъ каналъ dd .

Въ опытахъ Амага діаметры большихъ поршней P заключались отъ 6 до 12 сантиметровъ, малыхъ поршней была цѣлая серія; наименьшій имѣлъ діаметръ въ 5,527 мм.. При давленияхъ до 1000

атмосферъ Амага подборомъ поршней редуцировалъ одну атмосферу до высоты 4,99 мм. ртутнаго столба въ h , при давленияхъ до 3000 атмосферъ—до высоты въ 1,601 мм. Въ послѣднемъ случаѣ ртуть въ трубкѣ h при 3000 атмосферахъ подымалась до 4,8 метровъ. Манометръ Амага принадлежитъ къ типу первичныхъ манометровъ, дающихъ непосредственно значеніе давленія въ выбранныхъ единицахъ. Но этотъ громоздкій манометръ мало удобенъ для частыхъ употребленій при опытахъ, а потому на практикѣ воспользовались результатами опытовъ Амага для построенія ряда вторичныхъ манометровъ, гдѣ измѣряются измѣненія какого нибудь свойства того или иного вещества, напримѣръ, объема воды, измѣненія формы мѣдной спиральной трубки и т. п.; зная изъ опытовъ Амага, какъ измѣняются эти свойства съ давленіемъ, мы можемъ по величинѣ свойства судить о величинѣ давленія; наиболѣе употребительными вторичными манометрами являются манометры типа Бурдоновскаго.

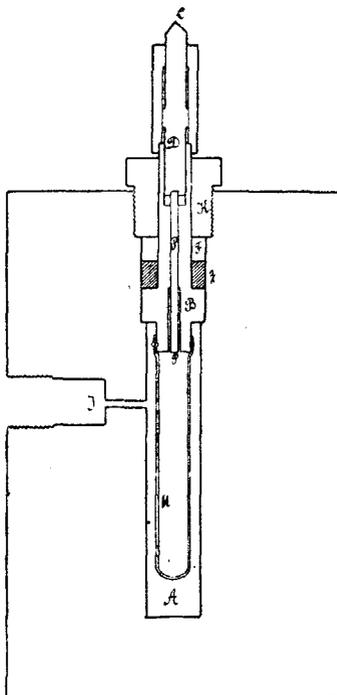
Такъ какъ Бриджменъ работалъ въ областяхъ давленія, значительно превышающихъ 3000 атмосферъ, то ему пришлось построить новый первичный манометръ исключительно для высокихъ давленій. Ити по стопамъ Амага, увеличивъ масштабъ манометра послѣдняго, Бриджменъ не могъ, такъ какъ при высокихъ давленияхъ получался бы очень высокій столбъ ртути въ трубкѣ h : уменьшеніе же высоты

¹⁾ Раздѣливъ на 735,6, получимъ давленіе въ килограммахъ на квадратный сантиметръ; 1 атмосфера = 1,0333 кгр./кв. сант.; 1 кгр./кв. сант. = 0. 968 атмосферъ.

этого столба сильно отразилось бы на точности измѣренія давленія, не говоря уже объ огромныхъ конструктивныхъ затрудненіяхъ.

Первичный манометръ Бриджмена имѣеть одинъ только поршень (фиг. 2).

Давленіе передается при помощи жидкости по каналу *J* въ камеру *A*. Та же жидкость (вода + глицеринъ) заполняетъ какъ камеру *A*, такъ и резиновый мѣшокъ *H*. Жидкость въ *H*, давя на поршень *P*, заставляеть его подниматься вверхъ. Поршень *P* движется въ цилиндрѣ *B* и толкаетъ вверхъ стержень *D*. На верхній конецъ *C* стержня *D* навѣшено стремя (не изображенное на рисункѣ), опускающееся ниже прибора и несущее внизу чашку для гирь. Когда подъ вліяніемъ давленія изнутри поршень *P* и стержень *D* поднимаются вверхъ, на чашку кладутъ гири до тѣхъ поръ, пока поршень не опустится до прежняго положенія. Зная вѣсъ взятыхъ гирь и поперечное сѣченіе поршня *P*, мы безъ труда вычисляемъ давленіе въ *A* (а, слѣдовательно, и въ изучаемомъ пространствѣ) въ кгр. на кв. сант. Въ опытахъ Бриджмена діаметръ поршня равнялся $\frac{1}{16}$ " (дюйма) = 0,159 сант. Нагрузка на поршень въ 130 кгр. отвѣчала давленію въ 1800 кгр./кв. сант.



Фиг. 2.

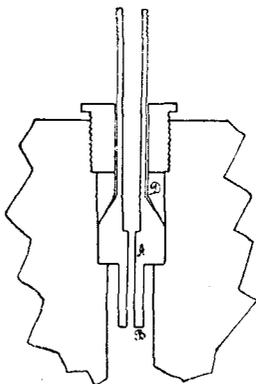
Вся трудность построенія аппаратовъ для высокихъ давленій со свободными поршнями состоитъ въ томъ, что надо добиться двухъ взаимно исключаящихъ результатовъ: 1) поршень долженъ „свободно“ ходить въ каналѣ, т.е. треніе не должно быть значительнымъ и 2) жидкость, передающая давленіе, не должна просачиваться черезъ зазоръ, т.е. черезъ щель между поршнемъ и стѣнками канала, въ которомъ движется поршень. Между тѣмъ, жидкость, поступившая въ зазоръ, давитъ на поршень снаружи, т.е. заставляеть поршень сжиматься, та же жидкость давитъ на каналъ изнутри, т.е. заставляеть каналъ расширяться. Въ результатѣ съ повышеніемъ давленія зазоръ увеличивается, и появляется течь, просачиваніе жидкости черезъ зазоръ наружу. Просачиваніе—это язва всѣхъ опытовъ въ описываемыхъ условіяхъ. Общепринятымъ приѣмомъ борьбы съ просачиваніемъ является, во-первыхъ, устройство особаго рода прокладокъ, сжимаемыхъ винтомъ до опыта, (прокладки *F* и *g*, винтъ *K* на рис. 2), и во-вторыхъ, употребленіе въ качествѣ жидкости передаю-

щей давлении, вязких жидкостей (вода + глицеринъ, вода + глицеринъ + глюкоза, касторовое масло). Въ опытахъ Таммана (до 3000—4000 атм.) уже при 2000 атм. просачиваніе кастороваго масла было такъ велико, что Тамману пришлось взвѣшивать просочившееся масло и вводить соответствующую поправку.

Бриджменъ строилъ всѣ аппараты самъ, и ему удалось довести величину зазора до $0,0003'' (= 0,00075 \text{ сант.})$. Въ одномъ случаѣ зазоръ оказался равнымъ $0,0001''$. Тѣмъ не менѣе просачиваніе, хотя и очень небольшое, имѣло мѣсто; наибольшее просачиваніе наблюдалось при 2000 кгр./кв. сант.; при высшихъ давленіяхъ, благодаря сильному увеличенію вязкости жидкости, просачиваніе меньше. Описанный манометръ обладалъ высокой чувствительностью въ 2 кгр./кв. сант. при 7000 кгр./кв. сант., точность его была около $0,1\%$.

Описанная форма манометра была первой по времени, она оказалась малопригодной для давленій отъ 10000 до 20000 кгр./кв. сант. Для высокыхъ давленій Бриджменъ видоизмѣнилъ какъ форму цилиндра, такъ и родъ прокладки (фиг. 3).

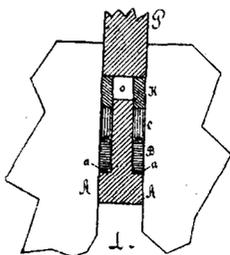
Существенными нововведеніями были удлинненіе нижней части цилиндра *AB*, такъ что большая его часть подвергалась давленію жидкости не только изъ зазора, но и снаружи, введеніе конической стальной прокладки *D* и устройство слегка конического поршня (діаметръ поршня внизу на $0,0001''$ больше, чѣмъ вверху). Въ новой формѣ манометра просачиваніе оказалось весьма ничтожнымъ. При устройствѣ поршней для манометровъ необходимо имѣть въ виду, чтобы поршень двигался безъ большого тренія; въ противномъ случаѣ сильно понизится чувствительность прибора, да и увеличится поправка на треніе, а для всякаго метода, чѣмъ меньше поправка, тѣмъ больше точность работы.



Фиг. 3.

Въ аппаратахъ, въ которыхъ изучалось вліяніе давленія на свойства веществъ, поршни имѣли другую задачу: ихъ положеніемъ производились и измѣрялись измѣненія объема системы; здѣсь можно было пожертвовать свободой движенія поршня въ пользу мѣръ противъ просачиванія. Последней формой такого поршня является составной поршень съ кольцевой прокладкой (фиг. 4).

Нижняя часть поршня *AA*, верхняя — *P*. *AA* имѣетъ видъ опрокинутой буквы *T*, а на плечи ея *aa* надѣты кольца *B* (резина), *C* и *K* (сталь); *AA* отдѣлено отъ *P* воздушнымъ пространствомъ *o*. Давленіе, испытываемое нижней стороной поршня *AA* со стороны *L*, пере-



Фиг. 4.

дается плечами aa , площадь которых меньше площади AA , через прокладки верхней части P ; следовательно, прокладка всегда испытывает давление больше, чѣмъ давление въ жидкости, и всегда плотно придавливается къ стѣнкамъ цилиндра.

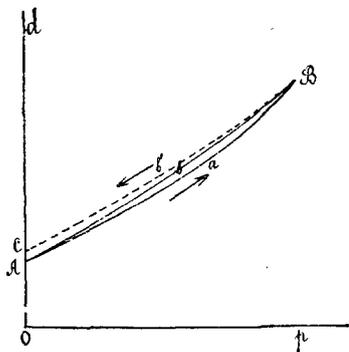
При такомъ устройствѣ поршня просачиванія жидкости совершенно не наблюдается, даже при употребленіи керосина и газоллина въ качествѣ жидкости, передающей давление.

Чрезвычайно важную роль въ технику опытовъ съ высокими давлениями играетъ матеріалъ, идущій на построение прибора. Бриджменъ нашелъ, что различныя части одного и того же прибора слѣдуетъ строить изъ различныхъ сортовъ стали; особенно это относится къ металлическимъ прокладкамъ, да и одну и ту же часть полезно дѣлать изъ разныхъ сортовъ стали, въ зависимости отъ высоты давления, для которой предназначается аппаратъ. Поршни для давленій до 15000 кгр./кв. сант. слѣдуетъ дѣлать изъ углеродистой стали; для высшихъ давленій изъ хромовой или кремневой стали.

Вслѣдъ за поршнями важнѣйшей частью аппаратовъ являются цилиндры — камеры давления, въ которыхъ помѣщаются вещества, подлежащія изученію. Такіе цилиндры подвергаются давленію только изнутри наружу; слѣдовательно подъ вліяніемъ давления діаметръ камеры увеличивается; необходимо вводить поправку на такое расширение канала. Но такія поправки имѣютъ смыслъ до тѣхъ поръ, пока цилиндръ ведетъ себя, какъ совершенно упругое тѣло.

Допустимъ, что внутренній діаметръ цилиндра до начала опытовъ, $\frac{9}{16}$ ". Подвергнемъ каналъ цилиндра высокому давленію; діаметръ

его будетъ увеличиваться по мѣрѣ возрастанія давления. Пусть кривая AaB будетъ кривой увеличенія діаметра съ ростомъ давления (фиг. 5). При постепенномъ уменьшеніи давления мы можемъ наблюдать три случая. Во-первыхъ, кривая обратнаго уменьшенія діаметра съ паденіемъ давления VaA можетъ совпасть съ кривой увеличенія діаметра, въ этомъ случаѣ мы имѣемъ дѣло съ совершенной упругостью. Во-вторыхъ, кривая уменьшенія діаметра VbA , не совпадая на всемъ пути съ кривой увеличенія, совпадаетъ съ послѣдней въ исходной точкѣ; это — случай „чистаго гистерезиса“, признака несовершенной упругости. Въ-третьихъ, кривая уменьшенія діаметра съ паденіемъ давления $Vb'C$ не совпадаетъ съ кривой AaB и въ концѣ своего пути; послѣ возвращенія давления къ нормальному діаметръ камеры остается увеличеннымъ; AC есть оста-



Фиг. 5.

ющееся изменение диаметра, упругое послѣдствіе. Величина AC можетъ оставаться неизмѣнной очень долгое время, можетъ уменьшаться въ теченіе дней и недѣль.

Вполнѣ понятно, что для опытовъ Бриджмена необходимы были такіе сорта стали, которые и при высокихъ давленіяхъ совершенно не давали бы остающихся измененій и по возможности не давали бы гистерезиса. Съ послѣднимъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ можно мириться, въ особенности, если кривая AaB и BbA незначительно расходятся.

Для увеличенія упругости стали необходимо послѣднюю закалывать и въ определенныхъ условіяхъ отпускать; для того чтобы такая сталь была однородной, надо работать не съ очень толстыми цилиндрами, такъ какъ въ противномъ случаѣ закалка не будетъ равномерной въ толщѣ металла. Кромѣ необходимости работать съ приборами небольшихъ размѣровъ, надо еще такіе приборы приучать къ высокимъ давленіямъ. Путемъ приученія можно повысить на определенный срокъ предѣлъ упругости стали. Приведемъ нѣкоторые примѣры изъ практики Бриджмена.

Сдѣланъ цилиндръ изъ мягкой никкелевой стали. Внутренній діаметръ канала $d = \frac{5}{8}$ ". Каналь наполненъ водой, послѣдняя подвергнута давленію въ 28000 кгр./кв. сант. Послѣ снятія давленія d оказался равнымъ $\frac{9}{8}$ ". Въ данномъ случаѣ оказалось огромное упругое послѣдствіе. При послѣдующихъ приложеніяхъ давленій, не превышающихъ 15000 кгр./кв. сант., цилиндръ все продолжалъ давать остающіяся измененія діаметра, конечно, значительно меньшія по величинѣ. Такая сталь совершенно не годится для построенія цилиндровъ.

Приготовленъ цилиндръ изъ хромованадіевой стали; внутренній діаметръ канала $d = \frac{14}{32}$ ". Приложено давленіе въ 30 000 кгр./кв. сант. Послѣ снятія давленія $d = \frac{15}{32}$ ". Остающееся измененіе — $\frac{1}{32}$ ". При послѣдующихъ приложеніяхъ давленія до 20000 кгр./кв. сант. въ теченіе 6 мѣсяцевъ не наблюдалось никакихъ остающихся измененій діаметра, цилиндръ велъ себя, какъ совершенно упругое тѣло.

Въ другомъ случаѣ взятъ былъ цилиндръ изъ той же стали съ $d = \frac{6}{16}$ "; послѣ нѣсколькихъ приложеній давленія въ 24000 кгр./кв. сант. діаметръ d сталъ равнымъ $\frac{9}{16}$ " и не измѣнился больше даже при томъ же давленіи въ 24000 кгр./кв. сант.

Лучшая сталь для цилиндровъ хромованадіевая; при небольшихъ размѣрахъ и равномерной закалкѣ, послѣ приученія къ высокимъ

давленіямъ, она сильно увеличиваетъ свой предѣлъ упругости и допускаетъ точную работу въ описываемомъ здѣсь направленіи до 20000 атмосферъ.

Вполнѣ понятно, что достигнутый приученіемъ высокій предѣлъ упругости является малоустойчивымъ, его надо использовать въ первое же время (послѣ продолжительнаго отдыха цилиндръ надо вновь приучать), нельзя также допускать въ такомъ цилиндрѣ быстрыхъ и рѣзкихъ скачковъ въ давленіи. Особенно неприятны и велики эти усложненія въ толстостѣнныхъ цилиндрахъ, неравномѣрно закаленныхъ. Здѣсь наблюдается цѣлый рядъ неправильностей въ поведеніи металла при высокихъ давленіяхъ, между прочимъ явленія утомленія металла и своеобразныя задержки въ реакціи. Напримѣръ, въ одномъ такомъ случаѣ послѣ снятія давленія оказалось остающееся измѣненіе діаметра. Но въ первые моменты новаго приложенія давленія діаметръ канала уменьшился съ увеличеніемъ давленія. Какъ будто въ первый разъ при снятіи давленія молекулы застряли и не пришли въ исходное положеніе; новое увеличеніе давленія встряхнуло молекулы, и онѣ вернулись назадъ и только потомъ повели себя правильно.

Что касается толщины стѣнокъ цилиндра, то опытомъ найдено, что внѣшній діаметръ d цилиндра долженъ превышать внутренній діаметръ d' въ 6—10 разъ. Если d больше d' въ 4 раза то цилиндры, какъ правило, даютъ трещины послѣ приученія ¹⁾.

Вообще, слѣдуетъ замѣтить, что далеко не изъ всякаго куска, при тщательномъ осмотрѣ оказавшагося хорошимъ, выйдетъ удовлетворительный цилиндръ; около 20% цилиндровъ даютъ тончайшія трещины, черезъ которые вытекаетъ жидкость, передающая давленіе. (см. ниже).

Весьма труднымъ дѣломъ при конструированіи сложныхъ приборовъ, состоящихъ изъ 2—3 цилиндровъ, является выборъ и устройство трубъ, соединяющихъ цилиндры. До 1000 кгр./кв. сант. можно употреблять мѣдныя трубы, отъ 1000 до 7000 кгр./кв. сант. продажныя стальные, отъ 7000 до 12—13000 кгр./кв. сант. необходимо самому готовить трубы. При еще высшихъ давленіяхъ никакія трубы не выдерживаютъ испытанія, приходится конструировать весь приборъ въ видѣ одного цилиндра. Для специалистовъ очень интересны детали соединенія трубъ, родъ прокладки, величина конца съ нарѣзкой, толщина трубъ и т. д. Укажемъ только, что трубы съ внѣшнимъ діаметромъ $d = \frac{1}{4}$ " и внутреннимъ діаметромъ $d' = \frac{1}{16}$ ", съ рѣзкой въ 32 нитки на протяженіи $\frac{5}{16}$ ", прекрасно выдерживаютъ давленіе до

¹⁾ Средніе размѣры цилиндровъ были: длина 8—3", $d = \text{ок. } 4 \frac{1}{2}$ ", $d' = \text{ок. } \frac{1}{2}$ ".

12000 кгр./кв. сант. при комнатной температурѣ, а при 200° уже при 7000 кгр./кв. сант. даютъ трещины и рвутся. Для высшихъ температуръ приходится готовить трубы съ $d = \frac{3}{4}$ " и съ особыми прокладками. Интересна попытка, окончившаяся неудачей, построить приборъ изъ двухъ цилиндровъ съ соединяющей ихъ трубой изъ одного сплошного куска стали и съ послѣдующей отточкой трубы. Такіе приборы обязательно давали трещины при 200°.

Бриджменъ работаетъ въ дѣвственной области высокихъ давленій; вполне понятно поэтому, что ему приходится открывать совершенно новыя явленія, часто только попутно. При чтеніи его работъ видно, что многое имъ замѣчено, но далеко не изучено, многое изслѣдовано бѣгло, только для непосредственной цѣли конструированія аппаратовъ. Къ числу такихъ бѣгло изученныхъ вопросовъ относится и вопросъ о поведеніи жидкостей, передающихъ высокое гидростатическое давленіе. Для передачи низкихъ давленій очень удобна смѣсь воды и глицерина, при нѣсколькихъ высшихъ давленіяхъ къ этой смѣси прибавляютъ глюкозу для уменьшенія скорости возрастанія вязкости съ давленіемъ. Въ рѣдкихъ случаяхъ прибѣгаютъ къ вязкимъ масламъ для уменьшенія явленія просачиванія. При Бриджменовскихъ давленіяхъ пришлось прибѣгнуть къ легко подвижнымъ жидкостямъ, керосину и газолину. О вязкости этихъ жидкостей при высокихъ давленіяхъ можно судить по скорости передачи гидростатическаго давленія. Керосинъ и газолинъ при давленіяхъ выше 12—15000 кгр./кв. сант. передаютъ давленіе черезъ трубы съ внутреннимъ діаметромъ въ $\frac{1}{16}$ " въ теченіе 1—3 часовъ; повидимому ихъ консистенція подъ такими давленіями напоминаетъ консистенцію вазелина въ обыкновенныхъ условіяхъ.

Невольно возникаетъ вопросъ, нельзя ли передавать давленіе при помощи ртути? Ртуть вѣдь не даетъ амальгамъ желѣза при непосредственномъ соприкосновеніи этихъ металловъ. Отвѣтъ на этотъ вопросъ дали уже опыты Амага. Именно, Амага наблюдалъ интересное явленіе просачиванія ртути черезъ сплошныя стѣнки цилиндровъ; въ нѣкоторыхъ случаяхъ ртуть проходила черезъ стѣнки струйками, и тѣмъ не менѣе въ такой стѣнкѣ нельзя было обнаружить трещины даже подъ микроскопомъ. Подобнаго рода явленій Бриджменъ не наблюдалъ не только при сравнительно низкихъ давленіяхъ, но и при высокихъ.

Поведеніе ртути въ стальныхъ цилиндрахъ весьма существенно зависитъ отъ рода стали, въ особенности отъ ея закалки. Мы должны различать стали съ низкимъ предѣломъ упругости (мягкіе сорта) и съ высокимъ (твердые сорта). Въ цилиндрахъ изъ мягкихъ сортовъ

стали вода и ртуть ведутъ себя одинаково ¹⁾. Совершенно иначе обстоитъ дѣло въ случаѣ цилиндровъ изъ твердыхъ сортовъ стали (инструментальной и никкелевой). Такіе цилиндры прекрасно выдерживаютъ давленіе выше 20000 кгр./кв. сант., если давленіе передается водой; при передачѣ же давленія ртутью эти цилиндры неизмѣнно даютъ трещины и лопаются уже при 3000—4000 кгр./кв. сант.

Объясненіе этого явленія заключается въ условіяхъ амальгамированія. До Бриджмена мы знали, что при непосредственномъ соприкосновеніи совершенно чистаго желѣза (или стали) съ ртутью, амальгамированія не происходитъ; амальгама желѣза могла быть получаемая только электролитическимъ путемъ. Опыты Бриджмена показали, что куски какой-бы то ни было стали, брошенные въ ртуть и удерживаемые подъ ртутью, не амальгируются ни при повышенныхъ температурахъ, ни при высокихъ давленіяхъ. Въ этихъ опытахъ куски стали испытывали однообразное давленіе по всей поверхности.

Оказалось, однако, что всякаго рода сталь моментально амальгируется, если ее сломать *подъ ртутью*; но если быстро сломать сталь надъ ртутью и тотчасъ же сломанные куски бросить въ ртуть, амальгамированія не происходитъ. Ничтожные слѣды воздуха на поверхности стали совершенно лишаютъ ее способности давать амальгаму. Если теперь кусокъ стали, амальгамированный на поверхности разлома (подъ ртутью), помѣститъ въ ртуть и подвергнуть его или дѣйствию повышенной температуры (до 180°) или же дѣйствию высокаго давленія (до 6000 кгр./кв. сант.), то процессъ амальгамированія продолжается вглубь, причемъ въ нѣкоторыхъ сортахъ весь кусокъ амальгируется насквозь, въ другихъ сортахъ амальгамированіе идетъ туго и неглубоко.

Изученіе разрѣзовъ цилиндровъ, лопнувшихъ при передачѣ давленія ртутью, показало, что внутри стѣнокъ цилиндра въ отдѣльныхъ и неправильныхъ участкахъ произошелъ процессъ амальгамированія, и что трещина проплась по одному изъ этихъ участковъ. Процессъ амальгамированія предшествуетъ образованію трещины. Чѣмъ же объясняется разница въ поведеніи цилиндровъ изъ мягкой стали и твердой?

Здѣсь мы должны изложить вкратцѣ результаты другой (тоже попутной) работы Бриджмена объ измѣненіи размѣровъ цилиндровъ, подвергнутыхъ одностороннему давленію черезъ внутреннюю полость (изнутри наружу). Теорія и опыты Бриджмена показали, что объемъ стѣнокъ цилиндра увеличивается съ увеличеніемъ давленія внутри полости до тѣхъ поръ, пока деформациі цилиндра совершенно упруги:

¹⁾ Но конечно, такіе цилиндры даютъ рѣзко выраженныя остающіяся измѣненія своихъ свойствъ и не годятся для построенія аппаратовъ.

этотъ объемъ уменьшается, если давленіе выше известнаго предѣла, выше котораго деформациі становятся неупругими.

При увеличеніи объема увеличиваются „раскрываются“ поры металла, промежутки между молекулами. При уменьшеніи объема эти поры „закрываются“.

Для того, чтобы въ стѣнкахъ цилиндра начался процессъ амальгамированія стали, необходима опредѣленная величина поръ, черезъ которыя могутъ проходить подъ давленіемъ молекулы ртути. Въ случаѣ мягкой стали слишкомъ рано (при достаточно низкихъ давленіяхъ) поры начинаютъ закрываться. Въ случаѣ твердыхъ сталей съ высокимъ предѣломъ упругости поры достигаютъ необходимой величины при давленіяхъ ниже предѣльныхъ, благодаря чему ртуть вгоняется внутрь стали, гдѣ начинается процессъ амальгамированія, очень быстро ослабляющій сталь.

II.

Вторичные манометры.

Первичные манометры неудобны для постояннаго употребленія; Бриджменъ поэтому сейчасъ же послѣ построенія первичнаго манометра задался цѣлью построить вторичный манометръ. Послѣдній долженъ удовлетворять нѣсколькимъ условіямъ, главнымъ образомъ, позволять точно, безошибочно и быстро дѣлать отсчеты давленій. Идея вторичнаго манометра состоитъ въ томъ, что мы измѣряемъ какое-нибудь свойство выбранной нами системы; зависимость даннаго свойства отъ давленія должна быть разъ навсегда точно опредѣлена и по величинѣ этого свойства мы судимъ о величинѣ давленія. Въ такъ называемыхъ Бурдоновскихъ манометрахъ съ давленіемъ измѣняется положеніе верхняго конца спирально свернутой металлической трубки, наполненной воздухомъ и находящейся въ соединеніи съ камерой давленія; нижній конецъ такой трубки неподвижно укрѣпленъ. Опыты Бриджмена показали, что Бурдоновскимъ манометромъ можно пользоваться до 2000 атмосферъ; при высшихъ давленіяхъ начинаютъ выступать явленія гистерезиса въ показаніяхъ манометра, при чемъ въ изученномъ Бриджменомъ манометрѣ ошибка въ показаніяхъ доходила до 4% въ области до 4000 кгр./кв. сант. и до 40% въ области до 8000 кгр./кв. сант. Вполнѣ понятно, что тщательнымъ подборомъ матеріала для трубки можно понизить ошибку, но едва ли можно свести ее на нѣтъ. Далѣе, здѣсь должно сказываться и вліяніе времени, въ теченіе котораго манометръ выдерживается при высокомъ давленіи. Однимъ словомъ, Бурдоновскій манометръ совер-

шенно ненадеженъ для давленій выше 3000 атмосферъ при болѣе или менѣе точныхъ опытахъ ¹⁾.

Бриджменъ забраковалъ Бурдоновскій манометръ въ силу еще одного побочнаго соображенія, которое руководило имъ въ его первыхъ изысканіяхъ вторичнаго манометра. Бурдоновскій манометръ необходимо градуировать, т.-е. при помощи первичнаго манометра опредѣлить значенія его показаній. Между тѣмъ Бриджменъ задался высокою цѣлью построить такой вторичный манометръ, показанія котораго, разъ опредѣленныя Бриджменомъ для одного образца, вполне годились бы и для всякаго другого. Изслѣдователю, работающему послѣ Бриджмена въ этой области, не было бы надобности строить первичный манометръ, достаточно было бы конструировать вторичный и воспользоваться таблицами значеній, опредѣленныхъ Бриджменомъ. Для такой цѣли наиболѣе подходящимъ, казалось, будетъ электрическое сопротивленіе ртутнаго столбика, но не металлическихъ проволокъ. Дѣло въ томъ, что металлическія проволоки неоднородны по своимъ свойствамъ; свойства различныхъ частей одного и того же куска проволоки сплошь и рядомъ бываютъ въ измѣримыхъ предѣлахъ различны; проволоки же изъ одного и того же металла, приготовленныя въ разное время, въ особенности различными заводами могутъ различаться даже весьма замѣтно. Другое дѣло ртутный столбикъ. Не подложитъ сомнѣнію, что различные изслѣдователи могутъ приготовить чистую ртуть съ совершенно одинаковыми свойствами. Если бы была точно извѣстна зависимость между давленіемъ и электрическимъ сопротивленіемъ ртути, то достаточно было бы построить приборъ, въ которомъ можно было бы опредѣлять сопротивление ртутнаго столбика; по величинѣ такого сопротивленія мы могли бы вычислять давленіе, не прибѣгая къ помощи сложнаго и труднаго для конструирования первичнаго манометра.

Опыты Бриджмена въ данномъ направленіи не увѣнчались успѣхомъ. Первые крупныя затрудненія,—построеніе камеры давленія, въ которой помѣщается ртутный столбикъ и электроды и построеніе изолирующаго болта, черезъ который выводится наружу проволока отъ одного изъ электродовъ,—были имъ разрѣшены блестяще. Особенно много труда потребовало конструированіе изолирующаго болта для высокихъ давленій. Однако, камнемъ преткновенія оказалось устройство стеклянныхъ приборовъ для ртути. На фигурѣ 6 показана конечная и наиболѣе удачная форма такого прибора. А—стеклянная про-



Фиг. 6.

¹⁾ Этотъ вопросъ имѣетъ огромное значеніе для полемики между Бриджменомъ и Тамманомъ; послѣдній въ своихъ опытахъ пользовался Бурдоновскимъ манометромъ.

бирка, наполненная ртутью, *B*—стеклянный капилляр, наверху оканчивающийся расширением, в которое вставляется электродъ *b*, *a*—второй электродъ. Правильное заполнение капилляра *ii* весьма кропотливо, но вполне достижимо. То электрическое сопротивление, которое обнаруживается при прохождении эл. тока отъ *a* къ *b*, вполне понятно, можетъ быть цѣликомъ приписано сопротивленію ртутнаго столбика въ *ii* (діаметръ капилляра 0, 1 м/м.). Описываемые опыты Бриджмена дали богатый цифровой матеріалъ по электрическому сопротивленію жидкой и твердой ртути при разныхъ температурахъ и давленіяхъ и позволили опредѣлить очень точно температуры замерзанія ртути при разныхъ давленіяхъ, но вмѣстѣ съ тѣмъ оказалось, что электрическимъ сопротивленіемъ ртути нельзя воспользоваться для цѣлей вторичнаго манометра. Зависимость электрическаго сопротивления отъ давленія очень сложна; конечно, это обстоятельство не можетъ служить препятствіемъ для манометрическихъ цѣлей, такъ какъ мы смогли бы вычислить очень подробныя таблицы для практическихъ надобностей. Главнѣйшимъ препятствіемъ является огромная непрочность стеклянныхъ капилляровъ при высокихъ давленіяхъ, а рѣшающимъ препятствіемъ оказывается тотъ фактъ, что ртуть замерзаетъ при обыкновенной температурѣ, если давленіе больше 7000 кгр./кв. сант.

Послѣ выяснившейся неудачи конструирования вторичнаго ртутнаго манометра, Бриджменъ вернулся къ идеѣ опредѣленія давленія по величинѣ электрическаго сопротивления металлическихъ проволокъ. Наиболѣе удобной оказалась манганиновая проволока. По опытамъ Лизелля электрическое сопротивление манганиновой проволоки измѣняется линейно съ давленіемъ до 4200 атмосферъ. Бриджменъ нашелъ строгую линейную зависимость до 13000 кгр./кв. сант. Вмѣстѣ съ тѣмъ оказалось, что электрическое сопротивление вплоть до 30000 атмосферъ не обнаруживаетъ ни явленій гистерезиса, ни явленій послѣдствія. Вліяніе температуры на электрическое сопротивление манганиновой проволоки незначительно; если ΔR — приростъ электрическаго сопротивления при повышеніи давленія на 1 кгр./кв. сант. R_0 — сопротивление при обыкновенномъ давленіи, p — давленіе, то для манганиновой проволоки коэффициентъ $\frac{\Delta R}{p R_0}$ при $0^\circ - 12^\circ$ равенъ $2301 \cdot 10^{-9}$, а при $50^\circ - 2295 \cdot 10^{-9}$. Манометръ изъ манганиновой проволоки чрезвычайно удобенъ не только по легкости и быстротѣ опредѣленія электрическаго сопротивления проволоки, простѣйшей зависимости сопротивления отъ давленія, малому температурному коэффициенту, но и по своей портативности. Вся та часть манометра, которая находится въ камерѣ давленія состоитъ изъ куска проволоки въ 3—4 метра, свернутой въ видѣ тороида и слѣдовательно, требующей очень мало мѣста въ полости цилиндра. Одинъ конецъ проволоки припаивъ

къ вѣшной сторонѣ изолирующаго болта, другой—выводится через болтъ.

Такъ какъ электрическое сопротивленіе проволоки нѣсколько колеблется отъ куска къ куску, то приходится каждый построенный вторичный манометръ градуировать и свѣрять съ первичнымъ манометромъ. Послѣ того какъ Бриджменъ изучилъ свойства воды при высокихъ давленіяхъ, ему удалось найти три точки, легко воспроизводимыя на опытѣ и координаты которыхъ онъ точно опредѣлилъ, а именно, точка замерзанія воды при 0° и обыкновенномъ давленіи, точка перехода льда I въ ледъ III при 2120 кгр./кв. сант. и при температурѣ -21° (это давленіе не мѣняется при измѣненіи температуры отъ 22° до -30° , держать же термостатъ съ точностью въ нѣсколько градусовъ не представляетъ никакихъ затрудненій) и точка замерзанія воды въ ледъ VI при 0° и 6370 кгр./кв. сант. Опредѣливъ электрическое сопротивленіе взятаго куска проволоки въ указанныхъ трехъ точкахъ и зная линейный характеръ зависимости сопротивленія отъ давленія, мы интерполированіемъ опредѣляемъ всю шкалу показаній нашего вторичнаго манометра, не прибѣгая къ услугамъ первичнаго манометра.

Для цѣлей методики Бриджменъ произвелъ еще крупную работу, имѣющую и самостоятельный интересъ. Дѣло идетъ объ опредѣленіи коэффициентовъ сжатія ряда твердыхъ тѣлъ, главнымъ образомъ, различныхъ сортовъ стали и стекла.

На фигурѣ 7 изображенъ приборъ, построенный Бриджменомъ для этой цѣли. *АА*—толстостѣнный стальной цилиндръ съ внутреннимъ



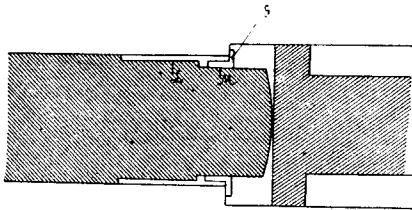
Фиг. 7.

каналомъ, съ расширеніями на концахъ для пріемки соединеній съ манометромъ и съ источникомъ давленія ¹⁾. На цилиндрѣ имѣются двѣ мѣтки *H* и *I*, положеніе которыхъ опредѣляется микроскопами. Пустой цилиндръ наполняютъ жидкостью и соединяютъ съ источникомъ давленія. Подъ вліяніемъ давленія изнутри наружу цилиндръ удлиняется, величина этого удлиненія вычисляется изъ смѣщеній мѣтокъ *H* и *I*. При 6000 кгр./кв. сант. удлиненіе было 0,02 м/м. Весьма важно и интересно, что это удлиненіе обладаетъ небольшимъ, но несомнѣннымъ гистерезисомъ: удлиненія больше при падающихъ

¹⁾ Длина цилиндра $18'' = 45,7$ сантиметровъ, вѣшной діаметръ $2''$, внутренней $\frac{3}{8}''$, длина послѣдующаго стержня около 30 сантиметровъ.

давленияхъ. Существованіе этого гистерезиса тѣмъ удивительнѣе, что удлинненіе цилиндра составляетъ $\frac{1}{30}$ (вычисленнаго) значенія удлинненія при предѣлѣ упругости.

Послѣ опредѣленія удлинненія цилиндра, каналъ его весьма тщательно вымывается струей воды и въ него вставляютъ подлежащій



Фиг. 8.

исслѣдованію стержень. При помощи соответствующихъ приспособленій конецъ *B* стержня удерживается въ неподвижномъ положеніи, конецъ *F* — подвиженъ. Этотъ послѣдній конецъ изображенъ въ увеличенномъ масштабѣ на фигурѣ 8. На конецъ стержня надѣто достаточно плотно бронзо-

вое кольцо *G* съ мѣткой *M*. На самомъ стержнѣ имѣется мѣтка *L*. Вдоль стержня идутъ канавки, по которымъ жидкость съ одного конца цилиндра передается въ другой конецъ. Подъ вліяніемъ давления стержень сокращается; благодаря выступу цилиндра у *G* кольцо не можетъ двигаться влѣво вмѣстѣ съ сжимающимся стержнемъ, оно остается на мѣстѣ. Послѣ снятія давления стержень расширяется до прежней длины и такъ какъ кольцо надѣто достаточно плотно, то оно увлекается вправо расширяющимся стержнемъ.

Увеличеніе разстоянія между мѣтками *L* и *M* даетъ намъ кажущееся сокращеніе стержня; введеніемъ поправокъ (между прочимъ, на удлинненіе цилиндра) вычисляется коэффициентъ сжатія стержня. Металлическій стержень длиной въ 30 сантиметровъ при увеличеніи давления на 1000 кгр./кв. сантиметр, укорачивается на 0,05 м/м.

Интересно отмѣтить, что стальные стержни не даютъ остающихся измѣненій длины, алюминиевій стержень послѣ первыхъ опытовъ даетъ остающееся укороченіе на $\frac{1}{30000}$ часть своей длины. Вплоть до 6500 кгр./кв. сант. сжатіе почти линейно измѣняется съ давленіемъ ¹⁾

1) Найдены коэффициенты сжатія:

Сталь Бессемера котельная		—	$5,298 \times 10^{-7}$
„ „ „	⊥	—	$5,203 \times 10^{-7}$
„ инструментальная		—	$5,59 \times 10^{-7}$
Алюминій		—	$11,7 \times 10^{-7}$
Тенское стекло № 3880а		—	$2,17 \times 10^{-6}$
„ „ № 3883		—	$2,23 \times 10^{-6}$

Изъ котельной стали были приготовлены стержни вдоль прокатки (||) и въ направленіи, перпендикулярномъ къ ней (⊥). Тугоплавкое стекло слѣньѣ сжимается, нежели легкоплавкое, и между прочимъ очень легко ломается при высокихъ давленіяхъ.

(а не убывает, какъ въ жидкостяхъ), у алюминія замѣчается даже тенденція возрастанія сжатія съ давленіемъ.

Тѣмъ же методомъ „кольца“ Бриджменъ опредѣлялъ коэффициентъ сжатія жидкой ртути. Но это были только предварительные опыты, впоследствии имъ были выработаны новые методы для жидкостей, гораздо болѣе совершенныя. Къ описанію этихъ методовъ и полученныхъ результатовъ мы теперь и перейдемъ. ¹⁾

(Продолженіе въ слѣдующемъ номерѣ) ²⁾.

¹⁾ Доложено на физич. коллоквиумѣ Московскаго Научнаго Института.

²⁾ Литература предмета будетъ указана въ концѣ обзора. (Ред.)

Физическій Институтъ Научнаго Института.

Академика П. П. Лазарева.

Историческій очеркъ.

Велѣдъ за открытіемъ Общества Московскаго Научнаго Института весной 1912 года, въ Ученомъ Совѣтѣ Института возникъ вопросъ о научныхъ лабораторіяхъ по физикѣ и биологін. Крупное пожертвованіе на Физическій Институтъ въ 100.000 рублей лицомъ, пожелавшимъ остаться неизвѣстнымъ, поставило передъ Совѣтомъ вопросъ о планѣ и задачахъ будущаго Института. Осенью 1912 года П. П. Лазаревымъ былъ представленъ въ Совѣтъ проектъ Института, разра-

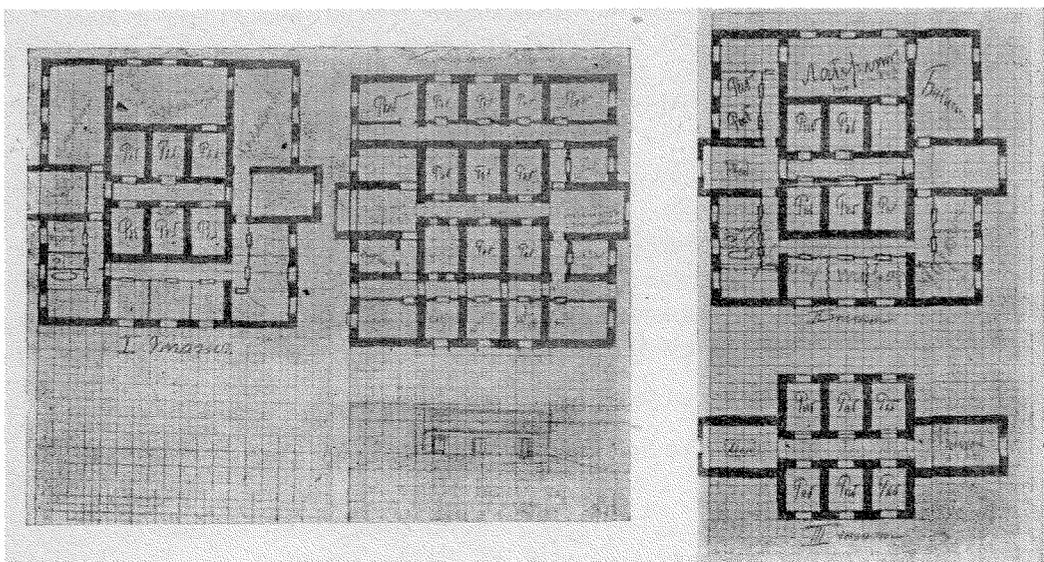


Рис. 1 и 2. Карандашные эскизы П. Н. Лебедева.

ботанный покойнымъ П. Н. Лебедевымъ совместно съ П. П. Лазаревымъ и архитекторомъ А. Н. Соколовымъ, причемъ вмѣстѣ съ предварительнымъ карандашнымъ эскизомъ П. Н. Лебедева, (рис. 1, 2) были представлены детальныя планы (рис. 3, 4, 5, 6) и фотографія съ гипсовой модели фасада (рис. 7) архитектора А. Н. Соколова. Такъ какъ первоначальный проектъ А. Н. Соколова, состоявшій изъ трехъ

надземныхъ этажей и полуподвала съ квартирами директора и вице-директора, не могъ быть осуществленъ на сумму 100.000 рублей, то Совѣтъ Института предложилъ комисіи изъ покойнаго Н. А. Умова, А. А. Эйхенвальда, П. П. Лазарева и А. Н. Соколова сдѣлать необходимыя

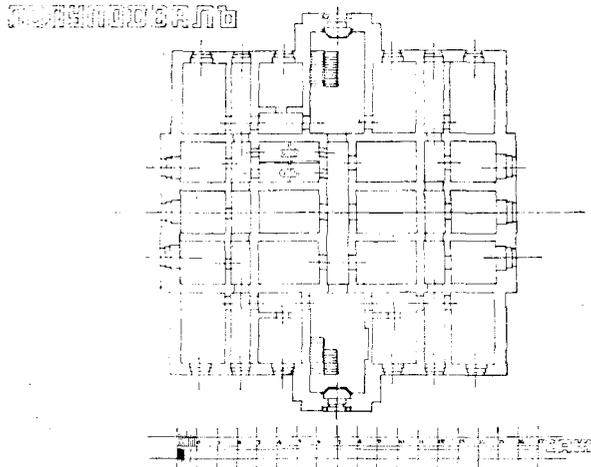


Рис. 3. Первоначальный проектъ А. Н. Соколова.

сокращенія. Прежде всего рѣшено было выдѣлить квартирныя помещенія и сократить объемъ зданія. Однако, задача проектированія медленно подвигалась впередъ, пока, наконецъ, жертвователю, узнавъ о вѣтрь-

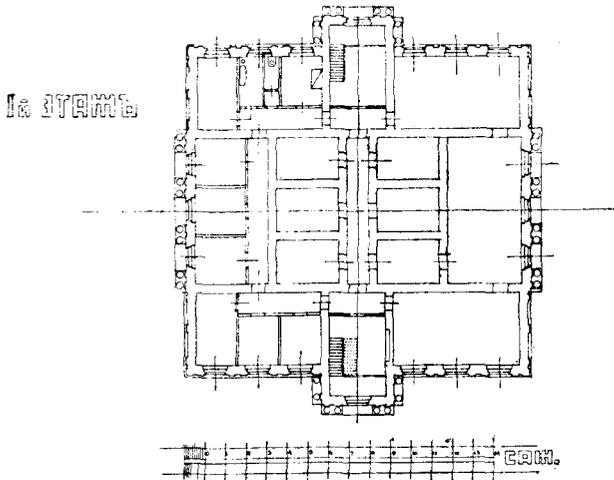


Рис. 4. Первоначальный проектъ А. Н. Соколова.

тившихся матеріальныхъ затрудненіяхъ, не пришелъ со вторымъ еще болѣе крупнымъ пожертвованіемъ (125.000 руб.), позволившимъ довести дѣло проектированія до конца. Представленный П. П. Лазаревымъ

въ концѣ 1914 года проектъ архитектора А. Н. Соколова, послѣ одобренія Совѣта, былъ переданъ строительной комиссіи въ составѣ председателя Г. М. Марка, членовъ: А. И. Геннерта, П. П. Лазарева,

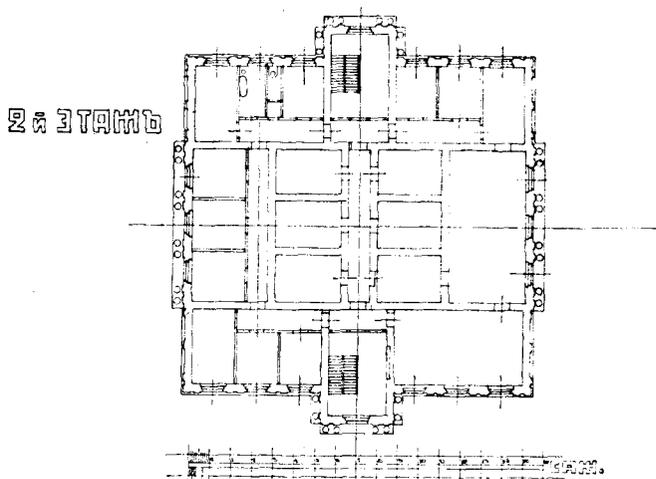


Рис. 5. Первоначальный проектъ А. Н. Соколова.

А. А. Эйхенвальда, Н. М. Кулагина, В. Д. Шервинскаго, С. А. Чаплыгина и архитекторовъ А. Н. Соколова и Е. В. Шервинскаго. Послѣ ряда передѣлокъ и измѣненій, выполненныхъ А. Н. Соколовымъ, планъ

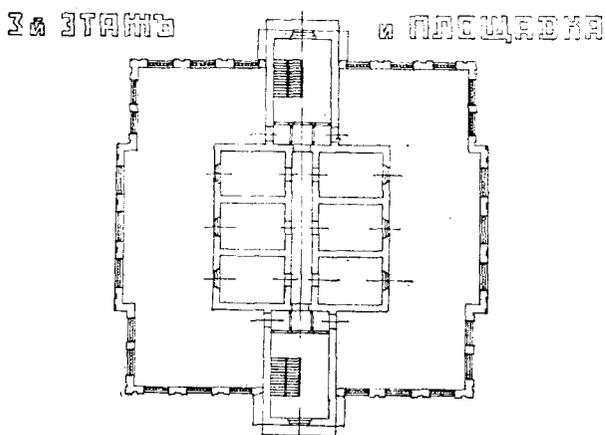


Рис. 6. Первоначальный проектъ А. Н. Соколова.

былъ окончательно утвержденъ и весной 1915 года фирмой Натансонъ и Загеръ было приступлено къ постройкѣ подъ наблюдениемъ архитектора А. Н. Соколова.

Благодаря энергичной работѣ строительной комиссіи, руководимой Г. М. Маркомъ и А. И. Геннергомъ и добросовѣстному выполне-

нію взятихъ на себя обязательствъ фирмой Натансонъ и Загеръ, уже къ концу строительнаго сезона 1915 года зданіе было подведено подъ крышу, и періодъ 1916 года пошелъ на отдѣлку, оштукатурку и внутреннія работы въ зданіи. Окончательно зданіе было сдано въ декабрь 1916 года и съ 1 января 1917 года Физическій Институтъ функционируетъ какъ изслѣдовательская лабораторія. Директоромъ Института избранъ П. П. Лазаревъ. На первые три года работа въ Институтѣ

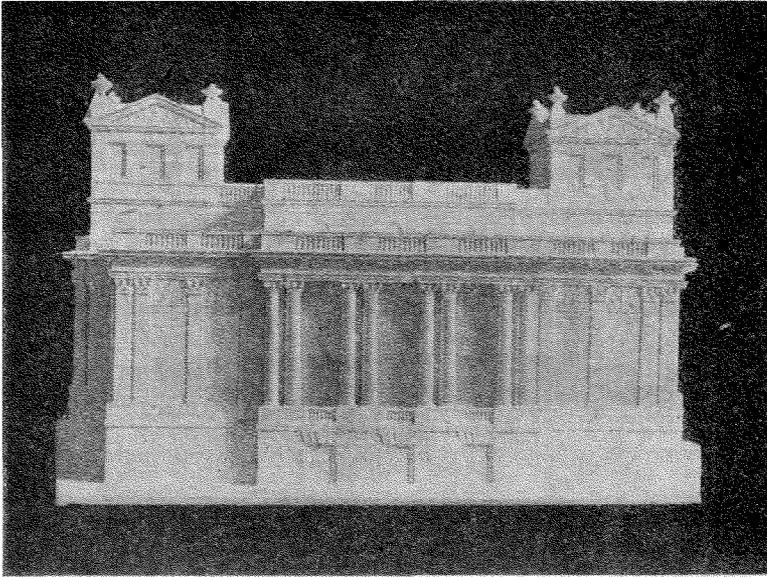


Рис. 7. Гипсовая модель первоначальнаго проекта А. Н. Соколова.

была обезпечена пожертвованіемъ въ 75.000 руб. лица, пожелавшаго остаться неизвѣстнымъ, внесшимъ одновременно 20.000 руб. на оборудованіе. Затѣмъ поступило отъ другого жертвователя, также пожелавшаго остаться неизвѣстнымъ, 500.000 руб. въ видѣ капитала Физическаго Института, что вполне обезпечило научную дѣятельность учрежденія.

Описаніе зданія Физическаго Института.

Физическій Институтъ Московскаго Научнаго Института построени на землѣ, специально отведенной Московскимъ Городскимъ Общественнымъ Управленіемъ на Мусской площади рядомъ съ университетомъ имени А. Л. Шанявскаго и представляетъ собою двухъ этажное зданіе съ полуподваломъ. Общій планъ зданія изображенъ на рис. 8 (полуподвалъ), 9 (первый этажъ) и 10 (второй этажъ).

Особенность плана зданія состоитъ въ томъ, что центръ его со-

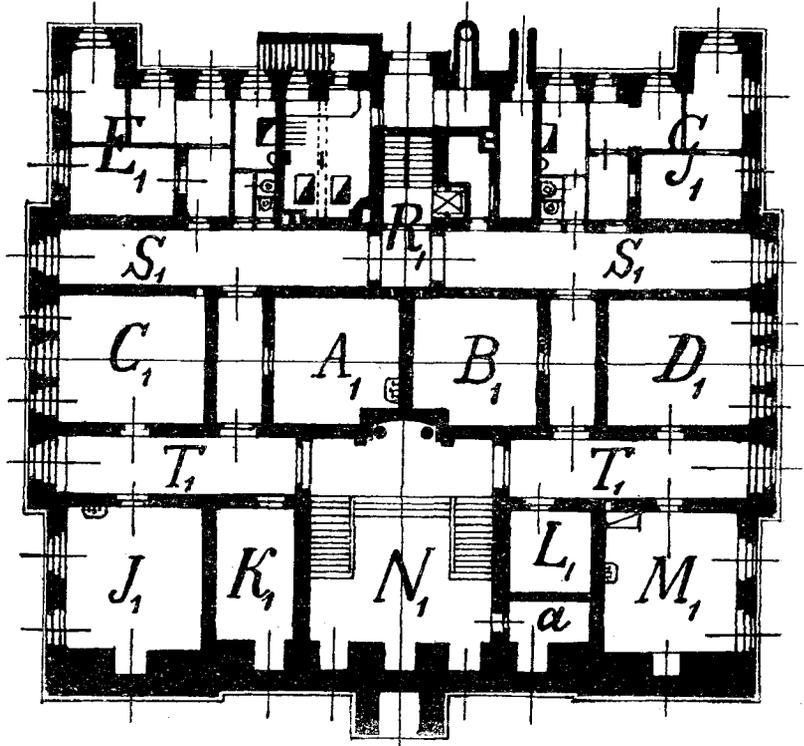


Рис. 8. Полуподваль.

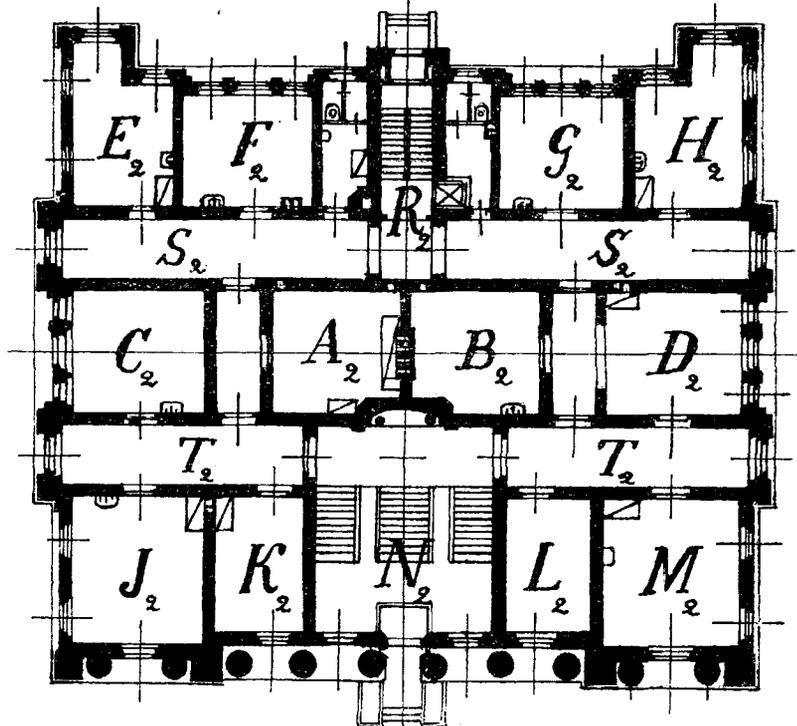


Рис. 9. Первый этаж.

стоит из колонны расположенных друг над другом темных комнат ($A_1 B_1, A_2, B_2, B_3$), не имеющих приборов отопления и назначенных частью для работ, требующих постоянства температуры, частью для работ, связанных с фотометрией (фотохимическая исследования, физиологическая оптика). Темные комнаты отделены коридорами ($S_1, T_1, S_2, T_2, S_3, T_3$) от расположенных вокруг светлых комнат, в которых размещены остальные научные исследования. В светлых комнатах размещены также все вспомогательные учреждения Института (мастерские и т. д.).

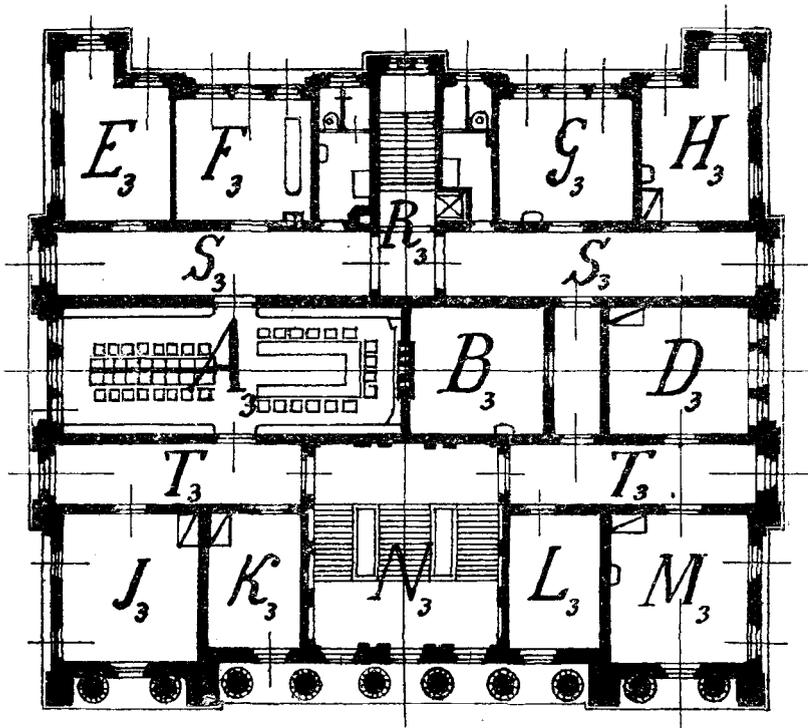


Рис. 10. Второй этаж.

Через парадный вход [отмеченный на планах 8, 9 и 10 буквами N_1, N_2, N_3], мы попадаем в обширный вестибюль (рис. 11) и можем подняться одной широкой средней лестницей в средний этаж, заключающий в себя личную лабораторию директора (B_2, D_2), состоящую из 2 комнат (темной и светлой) из небольшой комнаты для хранения точных приборов L_2 и мастерской (рис. 9, M_2). В левом крыле расположена комната лаборанта C_2 и ряд рабочих помещений. Общий вид некоторых рабочих комнат представлен на рис. 12, 13, 14, 15. В этом же этаже расположена квартира лаборанта (E_2).

Двумя боковыми лѣстницами мы можемъ спуститься въ полу-подваль или подняться изъ перваго этажа во второй (см. рис. 11).

Въ полуподвальномъ этажѣ расположена комната съ постоянной температурой для изученія диффузии [темная комната въ средней части зданія B_1], кладовыя и мастерскія: механическая (рис. 16), (J_1, C_1) въ лѣвой части плана 8 и стеклодувная (рис. 17), (M_1, D_1); задняя часть полуподвала (E_1, G_1) занята помѣщеніями для механика, служителя и швейцара Института

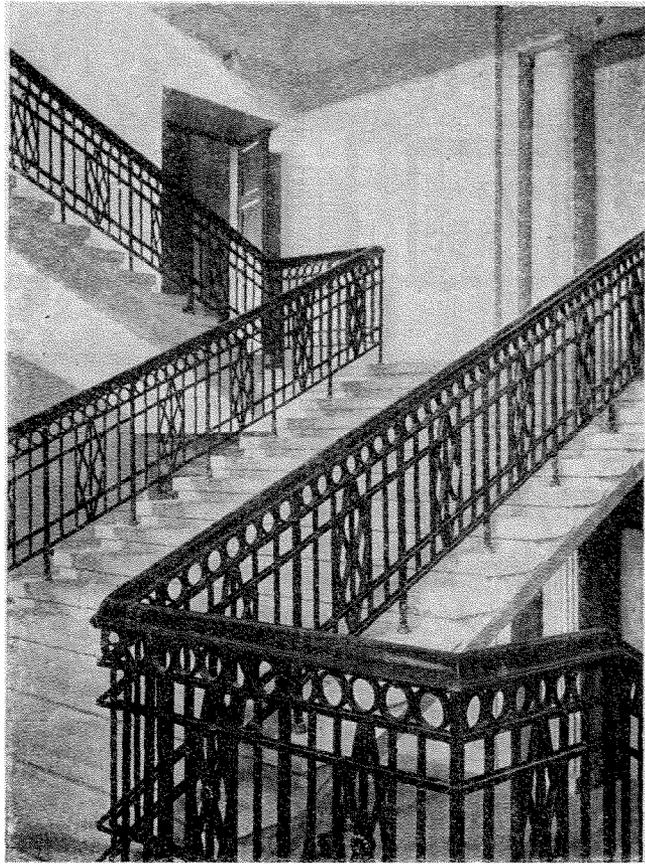


Рис. 11. Вестибюль.

Верхній этажъ заключаетъ въ себѣ длинную библіотеку, служащую и музеемъ Института, рис. 10 A_3 , съ верхнимъ свѣтомъ (рис. 18), рентгеновскую лабораторію (рис. 19). См. планъ 10— E_3, F_3), и рядъ рабочихъ помѣщеній. Библіотека (въ части ближайшей къ B_3) служитъ для еженедѣльныхъ научныхъ собраній съ докладами по текущей физической литературѣ.

Общій видъ зданія Физическаго Института представленъ на

рис. 20, изображающимъ его передній и боковой фасады и на рис. 21, представляющимъ боковой и задній фасады.

Послѣ краткаго описанія Института мы дадимъ нѣкоторыя цифро-

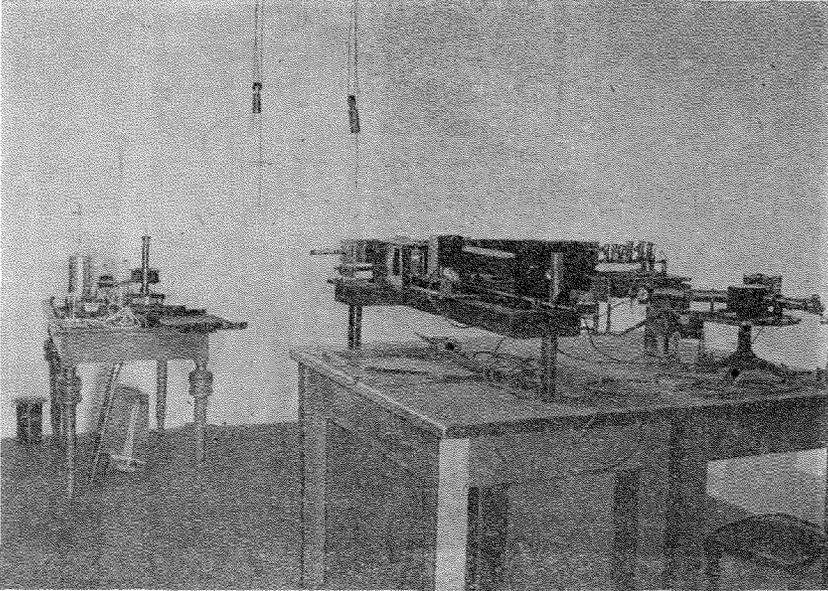


Рис. 12. Темная рабочая комната.

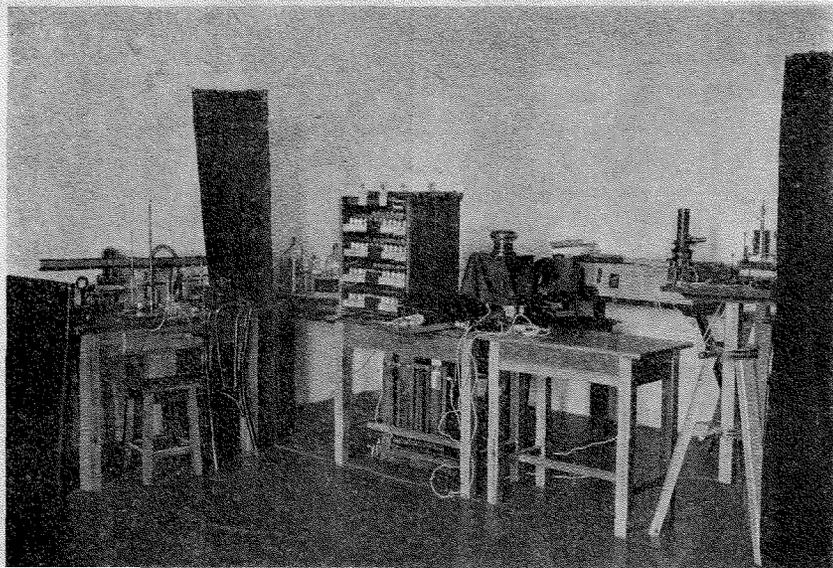


Рис. 13. Светлая рабочая комната.

вые данные. Институт занимает площадь в 217 кв. саж., причем общая кубатура здания равна 1085 куб. саж. Высота комнат в полу-

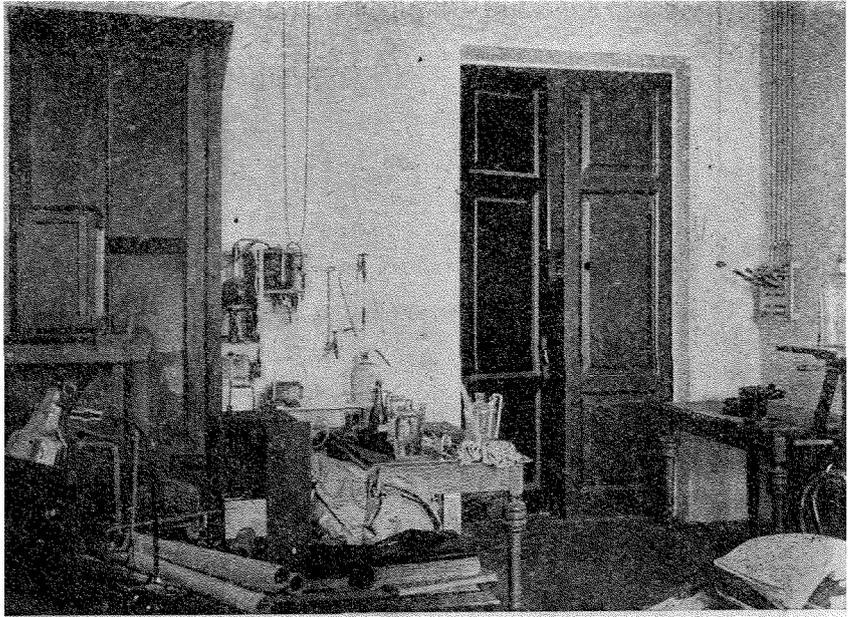


Рис. 14. Светлая рабочая комната.

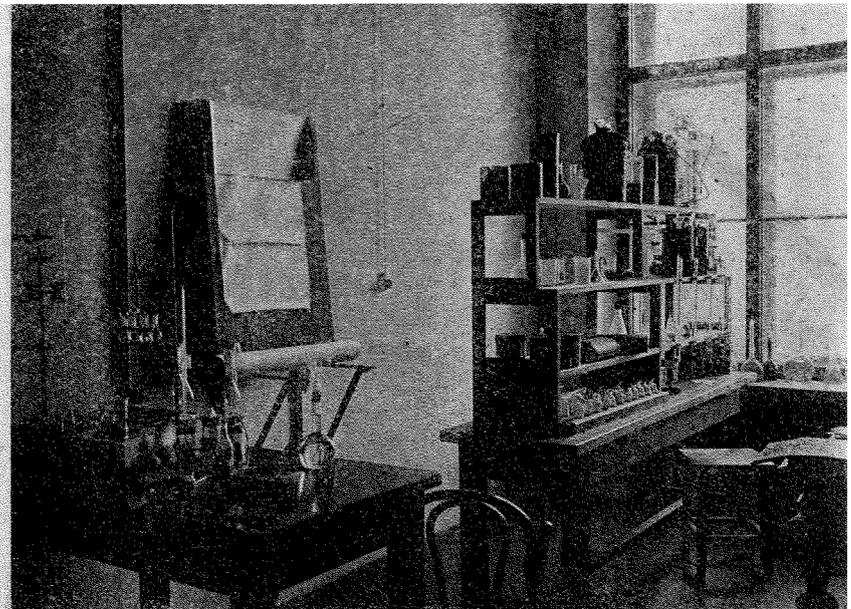


Рис. 15. Светлая рабочая комната.

подвалъ 4 ар. 10 верш., въ первомъ этажѣ 5 ар. 8 верш. и во-второмъ 5 аршинъ.

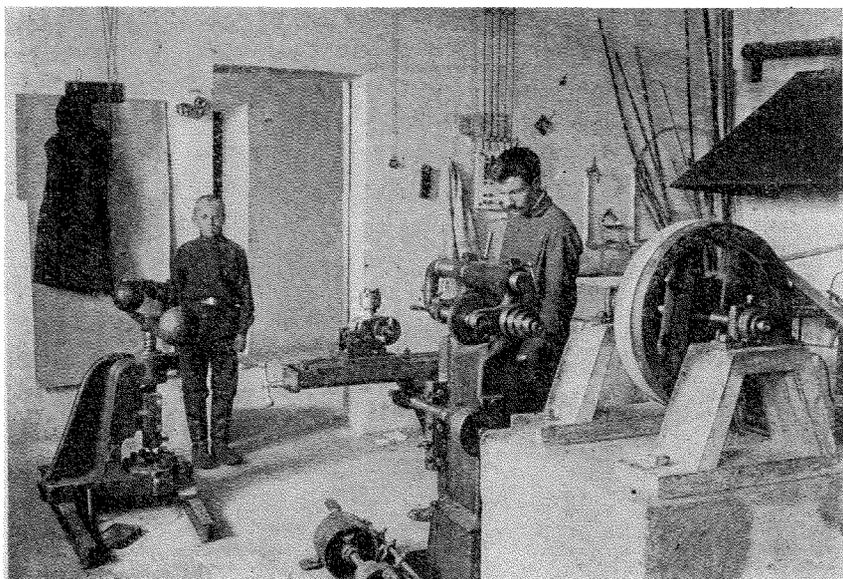


Рис. 16. Механическая мастерская.

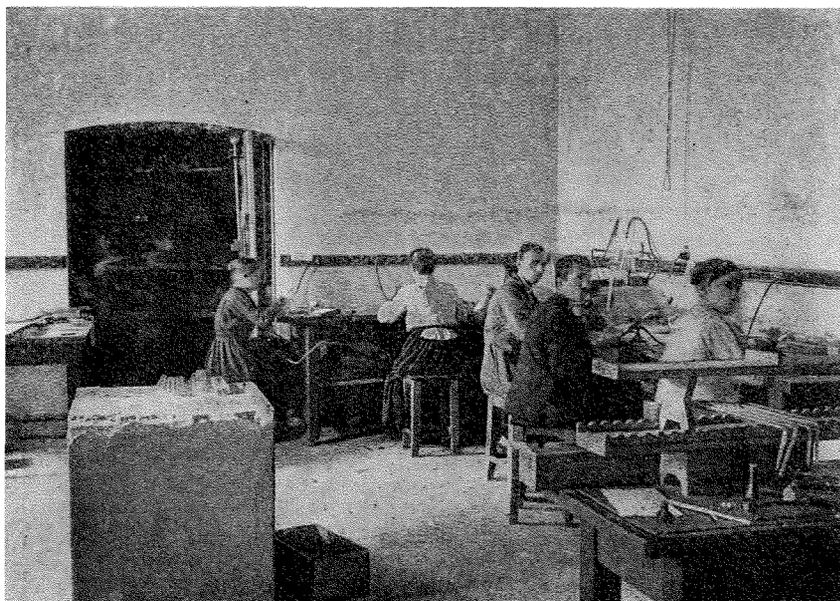


Рис. 17. Стеклодувная мастерская.

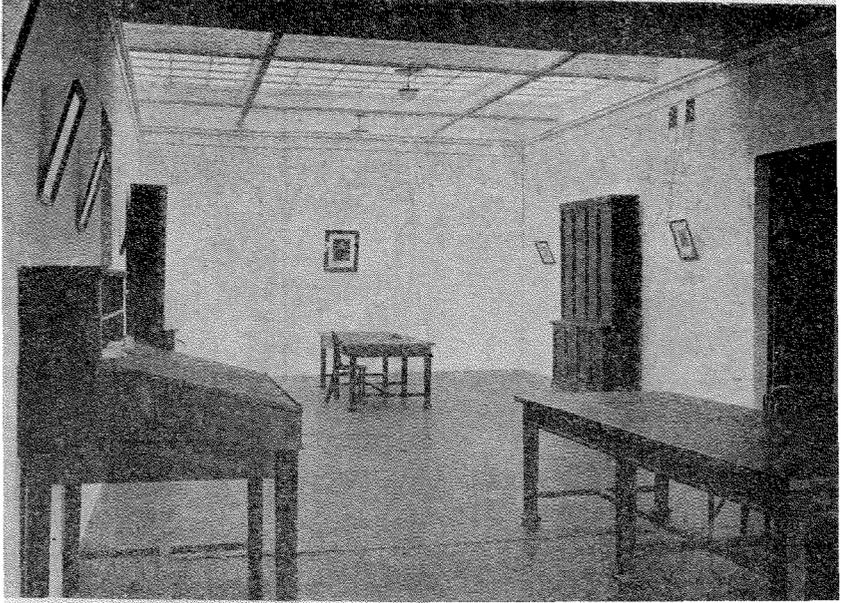


Рис. 18. Библиотека.

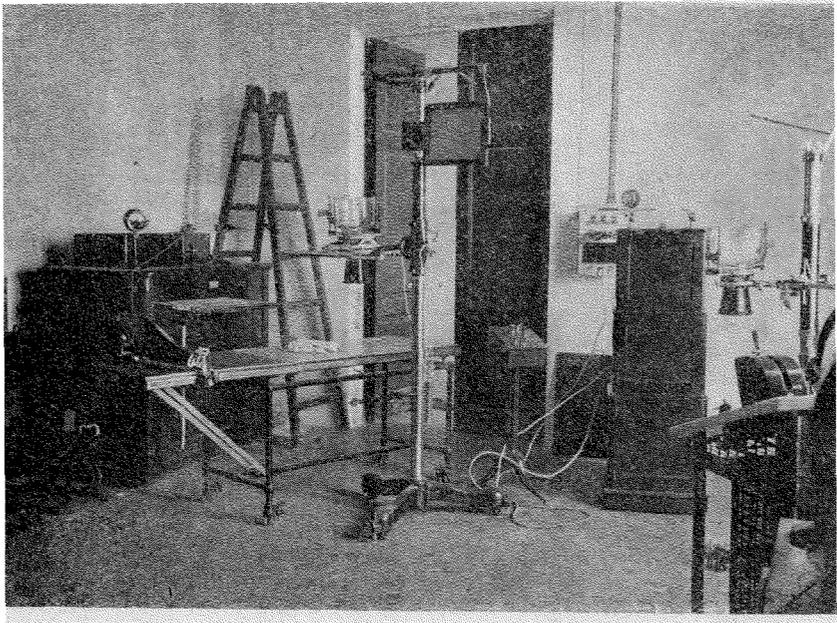


Рис. 19. Рентгеновский кабинетъ.

Институтъ отопливается при помощи системы водяного отопления, установленнаго фирмой Залъсскай и Чаплинъ.

Система вентиляціи позволяетъ подавать подогрѣтый воздухъ въ лабораторію; имѣется также специальная система электрическихъ вентиляторовъ, назначенныхъ для вытяжныхъ шкафовъ.

Полы Института представляютъ желѣзо-бетонныя перекрытія, оклеенныя сверху линолеумомъ.

Постройка зданія обошлась въ 278.212 руб. 83 коп. Оборудование его въ теченіе перваго года составило сумму въ 27.207 руб. 54 коп.

Въ институтъ числится принадлежащихъ Институту приборовъ 163 номера. Кромѣ того, съ разрѣшенія Общества имени Х. С. Лепен-

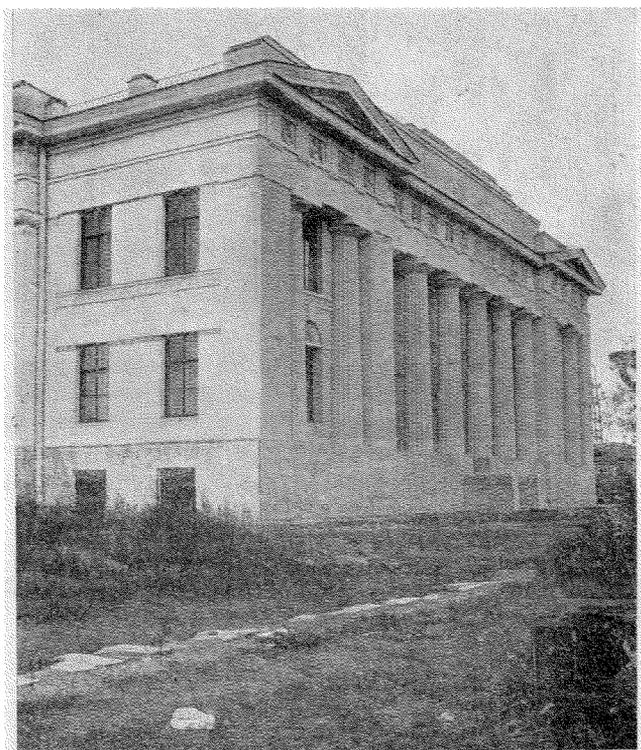


Рис. 20. Передній и боковой фасады.

цова въ немъ размѣщены рядъ приборовъ, помѣщавшихся раньше въ Лебедевской лабораторіи, и перевезенныхъ сюда послѣ ея ликвидаціи. Библиотека Института имѣетъ 331 номеръ книгъ (538 томовъ) и выписываетъ слѣдующіе журналы: Astrophysical Journal, Philosophical Magazine, Physical Review, Comptes rendus, Nuovo Cimento, Journal of Chemical Society, Извѣстія Россійской Академіи Наукъ, Журналь Русскаго Физ. Хим. Общества.

Въ библиотекѣ помѣщены портреты выдающихся физиковъ, здѣсь же предполагается образовать музей и собрать снимки съ установокъ и, по возможности, оригинальные приборы русскихъ ученыхъ, заявившихъ себя работами, имѣющими международное значеніе, а также и рукописи, относящіяся къ ихъ работамъ. Основаніе музею положено

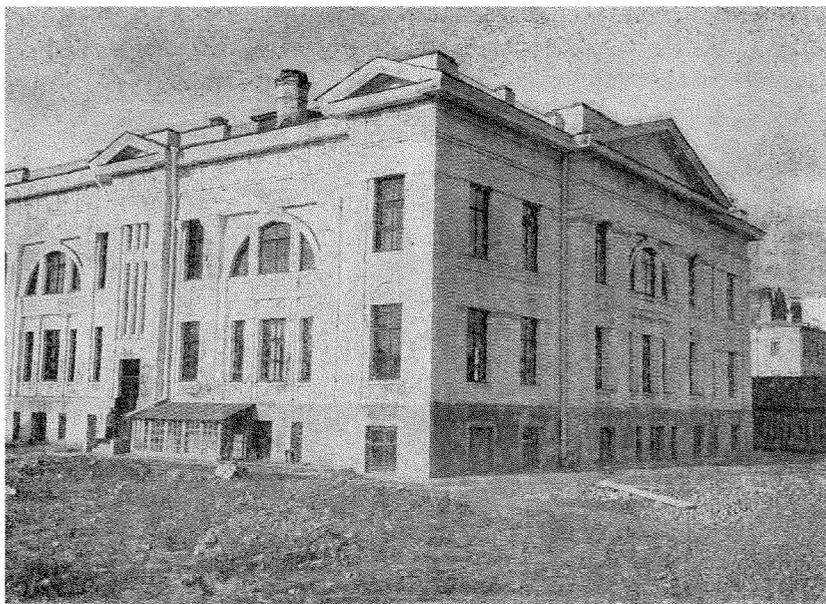


Рис. 21. Задній и боковой фасады.

рядомъ снимковъ съ приборовъ П. Н. Лебедева и нѣкоторыми изъ его манускриптовъ, переданными въ Институтъ П. П. Лазаревымъ съ согласія вдовы покойнаго В. А. Лебедевой.

М. ф. Смолуховскій.

(Marian v.-Smoluchowski).

(НЕБРОЛОГЪ).

Пятаго сентября 1917 года во время эпидеміи дизентеріи въ Краковѣ умеръ 45-ти лѣтъ знаменитый физикъ Смолуховскій.

Онъ былъ одинъ изъ тѣхъ современныхъ выдающихся физиковъ—Ланжевенъ (Langevin), Перренъ (Perrin), Смолуховскій (Smoluchowski) и Эйнштейнъ (Einstein)—принадлежащихъ одному и тому же поколѣнію, которые предприняли переработку всѣхъ основныхъ принциповъ физики и применили непосредственно къ предшествующему поколѣнію великихъ физиковъ (Boltzmann, H. A. Lorentz, Planck, Poincaré, Rayleigh и J. J. Thomson).

XIX-ое столѣтіе можно назвать столѣтіемъ торжества термодинамики; все міровоззрѣніе, всѣ объясненія явленій природы стараются свести къ основнымъ принципамъ сохраненія энергіи и увеличенія энтропіи; подраздѣляютъ всѣ явленія природы на обратимыя и необратимыя, къ первымъ непосредственно приложимы принципы термодинамики, которые признаются непогрѣшимыми, напр., считаютъ, что всякое явленіе, протекающее въ природѣ, сопровождается всегда увеличеніемъ энтропіи и только въ крайнемъ случаѣ постоянствомъ ея. Работа термодинамиковъ въ концѣ XIX столѣтія направляется на изученіе необратимыхъ процессовъ и въ этомъ направленіи особенно важными являются изслѣдованія недавно умершаго физика Дюгема (Duhem).

Но термодинамика, которая имѣла такой огромный успѣхъ при изученіи физической и физикохимической статистики, натолкнулась на непреодолимыя затрудненія при изученіи кинетическихъ явленій природы. Кромѣ того, цѣлый рядъ данныхъ относительно диффузій газовъ, внутренняго тренія и теплопроводности газовъ, вызывали уже въ концѣ XIX столѣтія постановку общихъ вопросовъ и давали массу новыхъ фактовъ, которые никакими способами не могли быть объяснены одними принципами термодинамики. Для этихъ явленій молекулярная физика давала простыя количественныя объясненія. Первая работа Смолуховскаго въ 1898 году и относится къ этимъ вопросамъ; онъ изучаетъ скачекъ температуры при переходѣ отъ теплой стѣнки къ газу, скачекъ этотъ является тѣмъ болѣе сильнымъ, чѣмъ давленіе газа меньше. Этотъ скачекъ температуры объясняется кинетической теоріей газовъ; точныя измѣренія распредѣленія температуры въ зависимости отъ разстоянія отъ нагрѣтой стѣнки, которыя были произведены въ 1910 году Лазаревымъ, позволяютъ непосредственно вычислить свободный путь молекулъ газа; термодинамика же не въ состояніи объяснить этого явленія.

Болѣ яркимъ, можно сказать, рѣшительнымъ ударомъ, нанесеннымъ термодинамикѣ, явились работы надъ Броуновскими движеніями мельчайшихъ частицъ. Уже въ концѣ XIX столѣтія Г у и (Gouy) далъ общую теорію, по которой Брауновскія движенія являются результатомъ молекулярныхъ толчковъ о частицы, и показалъ, что эти движенія выводятся изъ принципа равенства распредѣленія энергіи. Это утверждение казалось невѣроятнымъ; цѣлый рядъ физиковъ говорили, что при такомъ объясненіи Броуновскихъ движеній получались бы гораздо болѣе слабыя движенія частицъ, чѣмъ тѣ, которыя наблюдаются. Смолуховскій явился первымъ, который въ рядѣ работъ, начиная съ 1905 года, вычислилъ скорость движенія микроскопическихъ частицъ и ихъ среднее перемѣщеніе въ данный промежутокъ времени; онъ показалъ, что перемѣщенія частицы по одной оси X во время t равны:

$$X = \frac{R.T}{N} \cdot \frac{t}{3\pi r\eta}$$

гдѣ R константа газовъ $= 8,32 \cdot 10^7$ (С. G. S.), T —абсолютная температура, N —число молекулъ въ одной граммъ-молекулѣ тѣла (число Avogadro $= 6,1 \cdot 10^{23}$), r —радіусъ частицы и η —вязкость жидкости.

Смолуховскій показалъ также, что коэффициентъ диффузіи D равенъ:

$$D = \frac{RT}{N} \cdot \frac{1}{6\pi r\eta}$$

Эти формулы были затѣмъ выведены другими способами Эйнштейномъ въ 1906 и Ланжеврономъ въ 1908 годахъ.

Классическіе опыты Перрена и его учениковъ, а затѣмъ и цѣлаго ряда другихъ изслѣдователей дали блестящія подтвержденія этихъ формулъ, выведенныхъ на основаніи кинетической теоріи и заложили твердую основу новому теченію молекулярной физики.

Такимъ образомъ, былъ поставленъ на очередь вопросъ о пересмотрѣ основныхъ принциповъ термодинамики и въ особенности второго принципа—увеличенія энтропіи. Дѣятельность Смолуховскаго была полностью сосредоточена на этихъ капитальныхъ вопросахъ. Онъ показалъ въ 1908 году, что явленія помутненія жидкостей и смѣсей жидкостей вблизи отъ критической температуры стоятъ въ количественной зависимости отъ сжимаемости этихъ жидкостей и вызываются тѣми мельчайшими измѣненіями концентрацій молекулъ, которыя постоянно образуются въ жидкости вслѣдствіе движенія молекулъ. Также и синій цвѣтъ неба объясняется количественно постояннымъ образованіемъ подобныхъ же центровъ сгущенія молекулъ, происходящихъ отъ того, что молекулы постоянно движутся, и случайнымъ образомъ то въ одномъ, то въ другомъ мѣстѣ получается скопленіе молекулъ или же разжиженіе ихъ. Теорія вѣроятности позволяетъ вычислить, сколько такихъ центровъ образуется въ данный моментъ въ опредѣленномъ объемѣ воздуха, и отсюда ясно, что можно вывести диффузію свѣта и вычислить интенсивность синяго цвѣта неба. Опыты, сдѣланные въ Швейцаріи на горахъ двумя учениками Langevin и Perrin—Вагег и Moulin, вполне подтвердили эти теоретическія вычисленія Смолуховскаго; весьма тонкій и проникательный экспериментаторъ, молодой физикъ Moulin, только что назначенный профессоромъ въ Безансонѣ, былъ убитъ въ первыя недѣли войны.

Образованіе подобныхъ центровъ сгущенія и разжиженія молекулъ,

которое объясняло такъ полно синій цвѣтъ неба и помутненіе жидкостей вблизи критическаго состоянія, могло наблюдаться непосредственно.

Два рода явленій позволяло производить подобныя наблюденія: съ одной стороны наблюденія, подъ ультрамикроскопомъ числа коллоидальныхъ частицъ, которыя въ ряду равныхъ короткихъ промежутковъ времени находятся въ опредѣленномъ объемѣ; съ другой стороны, наблюденія надъ распадомъ радиоактивныхъ тѣлъ, въ которыхъ можно слѣдить и записывать, какъ отдѣльныя молекулы одна за другой распадаются, выдѣляя изъ себя частицы α , т. е. атомы гелія, заряженные положительно. Первый методъ употребленъ былъ Th. Svedberg'омъ надъ коллоидальнымъ золотомъ, второй методъ — m-m e Curie вмѣстѣ съ Debierne'омъ и ихъ учениками.

Смолуховскій показалъ, что если въ данномъ объемѣ среднее количество молекулъ при равномерномъ распредѣленіи должно быть равно величинѣ v , то вѣроятность, чтобы въ этомъ объемѣ получилось количество молекулъ, равное n , — равна:

$$W(n) = \frac{v^n e^{-v}}{n!},$$

если взять относительное сгущеніе $\delta = \frac{n - v}{v}$, то средній квадратъ этого сгущенія будетъ равенъ

$$\overline{\delta^2} = \frac{1}{v}.$$

Въ опытахъ Svedberg'a числа частицъ коллоидальнаго золота, находящіяся каждыя $\frac{1}{39}$ минуты въ данномъ объемѣ жидкости, распредѣляются слѣдующимъ образомъ:

0 частицъ	111 разъ.
1 " 	168 "
2 " 	130 "
3 " 	69 "
4 " 	32 "
5 " 	5 "
6 " 	1 "
7 " 	1 "

отсюда вычисляется средній квадратъ сгущенія $\overline{\delta^2} = 0,637$, теорія же Смолуховскаго даетъ $\overline{\delta^2} = 0,645$, подтвержденіе, можно сказать, блестящее.

Эти соображенія приводятъ, очевидно, къ большимъ обобщеніямъ. Становится яснымъ, что всѣ явленія, которыя мы наблюдаемъ, обыкновенно являются только средними данными; на самомъ дѣлѣ происходятъ въ природѣ постоянныя колебанія вокругъ этихъ среднихъ; колебанія эти происходятъ какъ во времени такъ и въ пространствѣ; напр., температура даннаго объема газа или жидкости постоянно колеблется, то повышаясь, то понижаясь, температура мѣняется отъ одного мѣста къ другому, и эти колебанія будутъ тѣмъ болѣе замѣтны, чѣмъ меньше мы будемъ брать разсматриваемый объемъ. Также и давленіе даннаго объема газа есть только кажущаяся постоянная

величина; если наблюдать давленіе въ достаточно малыхъ частичныхъ объ-
емахъ, то она будетъ постоянно колебаться, то повышаясь, то понижаясь.

Вообще если величина E означаетъ отклоненіе отъ средняго состоянія,
то вѣроятность получить состояніе, заключающееся между E и $E + dE$, дано
формулой:

$$W(E)dE = A \cdot e^{-\frac{N}{RT} \cdot \chi(E)} \cdot dE.$$

Въ этой формулѣ, полученной Смолуховскимъ, A есть постоянная, N —
число Avogadro, $\chi(E)$ выражаетъ работу для перехода отъ средняго со-
стоянія къ положенію съ отклоненіемъ E .

Итакъ, мы видимъ, что если разсматривать міръ съ точки зрѣнія микро-
космоса, то энтропія можетъ одинаково увеличиваться, или уменьшаться,
теплота можетъ одинаково переходить отъ теплаго тѣла къ холодному и об-
ратно, молекулы могутъ одинаково двигаться отъ болѣе концентрированныхъ
частей къ менѣе концентрированнымъ и обратно,—вообще всѣ явленія при-
роды представляются намъ обратимыми, нужно только имѣть терпѣніе выждать
достаточно долгое время и наблюдать возможно малые объемы. Такъ, напр.,
Смолуховскій вычисляетъ, сколько времени надо было бы ждать, чтобы
въ объемѣ, равномъ одному кубическому сантиметру, заключающемся смѣсь по-
ровну кислорода и азота, въ одной половинѣ накопилось бы на 1% больше
кислорода, чѣмъ въ другой, вслѣдствіе беспорядочнаго движенія молекулъ,
и находить, что это время равно 10^{10} секундамъ. Если же взять объемъ, по-
добный тѣмъ, который наблюдаютъ въ ультрамикроскопѣ, т-е. $(0,2\mu)^3$ то,
подобное отклоненіе въ размѣщеніи молекулъ кислорода наблюдалось бы одинъ
разъ въ каждыя 10^{-9} секундъ.

Второй принципъ термодинамики представляется, такимъ образомъ, только
удобнымъ фактическимъ правиломъ, пригоднымъ только для нашего макро-
косма и не соответствующаго явленіямъ природы при ихъ тонкомъ анализѣ.

Мы видимъ, какое важное значеніе имѣли работы такъ преждевременно
погибшаго физика Смолуховскаго, который способствовалъ вмѣстѣ съ
его сверстниками преобразованію всего нашего философскаго міросозерцанія.

Викторъ Анри.

А. Г. Дорошевскій.

(неврологъ).

27 сентября скоростижно скончался приватъ-доцентъ Московскаго
Университета А. Г. Дорошевскій, широко извѣстный своими трудами въ об-
ласти физической химіи.

А. Г. Дорошевскій родился въ 1868 г. По окончаніи Елизаветградской
гимназіи А. Г. поступилъ въ Новороссійскій Университетъ, гдѣ работалъ по
химіи у Н. Д. Зелинскаго. Вмѣстѣ съ послѣднимъ А. Г. по окончаніи уни-
верситета переѣхалъ въ Москву, гдѣ до 1903 г. былъ сначала ассистентомъ,
потомъ приватъ-доцентомъ Московскаго Университета. Въ 1903 г. вступилъ
въ завѣдываніе Московской Центральной Химической Лабораторіей Мнѣн-
стерства Финансовъ. Въ этой лабораторіи покойный занимался, какъ техни-
ческими, такъ и чисто научными изысканіями вплоть до своей смерти. Исслѣ-

дованія А. Г. Дорошевскаго въ области физической химіи распадаются на двѣ группы.

Къ первой группѣ относятся весьма многочисленные опредѣленія различныхъ физико-химическихъ свойствъ водноспиртовыхъ растворовъ (уд. вѣсовъ, показателей преломленія, теплоемкостей, электропроводности и т. д.); всѣ эти свойства опредѣлялись неоднократно различными учеными на протяжении 50-100 лѣтъ, но во многихъ случаяхъ имѣвшіеся данныя представляли собою хаотическій матеріалъ, пользование которымъ было почти невозможно. Главнѣйшая заслуга А. Г. Дорошевскаго состоитъ въ томъ, что онъ, переопредѣливъ всѣ указанныя свойства водноспиртовыхъ растворовъ съ огромною тщательностью и опираясь на собственный экспериментальный матеріалъ, произвелъ колоссальную работу по пересчету и приведенію въ порядокъ литературнаго матеріала. Эти изслѣдованія собраны покойнымъ въ двухъ книгахъ: „Изслѣдованіе въ области водноспиртовыхъ растворовъ“ и „Физико-химическія свойства водноспиртовыхъ растворовъ“. Последняя книга приспособлена для лабораторнаго употребленія.

Ко второй группѣ физико-химическихъ изслѣдованій А. Г. Дорошевскаго принадлежатъ далеко незаконченныя изслѣдованія по вопросу о распределеніи растворителя между растворенными веществами. Антону Григорьевичу удалось доказать, что растворитель распределяется между растворенными веществами пропорціонально ихъ количествамъ, благодаря чему, если извѣстны свойства растворовъ каждаго изъ веществъ порознь, то всегда можно просто вычислить свойства раствора двухъ веществъ. Эти изслѣдованія частью уже опубликованы, частью же готовились къ печати.

Наряду съ чисто научными изслѣдованіями А. Г. Дорошевскому приходилось много времени и энергіи посвятить ex officio техническимъ задачамъ. Такъ въ мирное время подъ его руководствомъ и при непосредственномъ участіи разрабатывались вопросы о химическомъ исправленіи водъ, предназначенныхъ для различныхъ цѣлей (сюда относятся интересный вопросъ о исправленіи водъ при помощи цеолитовъ, о ректификаціи спирта, о смолахъ и т. д.). Слѣдуетъ отмѣтить весьма цѣнный трудъ покойнаго, посвященный техническимъ примѣненіямъ спирта: „Техническія примѣненія спирта и денатурація“. Но особенно много пришлось А. Г. Дорошевскому поработать надъ задачами, возникшими во время войны для военно-санитарныхъ цѣлей.

По порученію б. Управления Верховнаго начальника Санитарной и Эвакуаціонной части (принца Ольденбургскаго) Центральная Химическая Лабораторія Министерства Финансовъ, во главѣ съ А. Г. Дорошевскимъ взяла на себя разработку и проведеніе въ жизнь цѣлаго ряда химическихъ производствъ, помимо многочисленныхъ аналитическихъ и литературныхъ работъ (выработка техническихъ условий на поставку матеріаловъ и составленіе наставленій къ ихъ испытанію¹⁾).

Уже въ 1916 г. начали работать два большихъ завода, уротронинный и формалино-лепешечный, гдѣ ежедневная выработка измѣрялась пудами, а годичный оборотъ перешагнулъ миллионъ рублей. Рядъ другихъ производствъ былъ подробно разработанъ лабораторно, но разразившаяся революція и, вызванный послѣдней, страшнѣйшій упадокъ производительности рабочихъ до настоящаго времени задерживаетъ окончательное проведеніе въ жизнь разработанныхъ А. Г. Дорошевскимъ производствъ. Последнія событія окон-

¹⁾ Эти техническія условия и наставленія изданы въ видѣ брошюръ Управленіемъ Верховнаго Начальника Санитарной и Эвакуаціонной ч.

чательно подорвали здоровье Антона Григорьевича и преждевременно свели его в могилу.

Въ лицѣ А. Г. Доршневскаго сошелъ одинъ изъ весьма немногихъ русскихъ ученыхъ, посвятившихъ свою жизнь точнѣйшимъ физико-химическимъ измѣреніямъ, ученый съ огромной эрудиціей въ различныхъ областяхъ химіи, прекрасный педагогъ и чуткій, отзывчивый на горе, человекъ. *Sit tibi terra levis!*

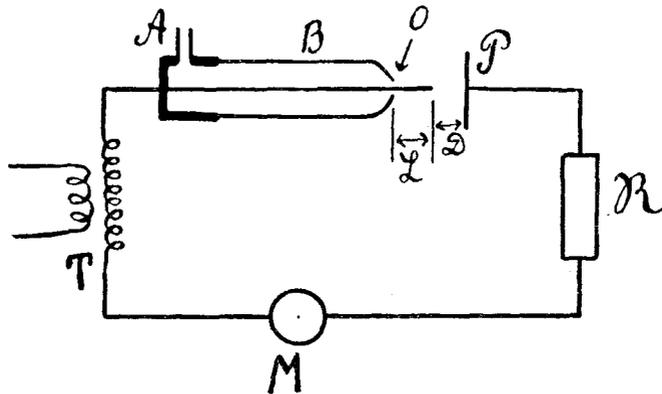
А. Раковский.

ИЗЪ ТЕКУЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЫ ¹⁾.

Воздушно-струевой выпрямитель переменныхъ токовъ высокаго напряженія.

(*Wolcott and Ericson. An Air-Blast Rectifier of High Tension Alternating Currents The Physical Review, p. 480, June 1917.*)

Wolcott и Ericson въ лабораторіи Western Precipitation Company (California) показали, что выпрямительное дѣйствіе системы состоящей изъ диска и острія устрѣбляемой при индукторныхъ рентгеновскихъ установкахъ для уничтоженія обратныхъ токовъ можетъ быть значительно улучшено применениемъ воздушной струи по слѣдующей схемѣ (фиг. 1). T —трансформа-

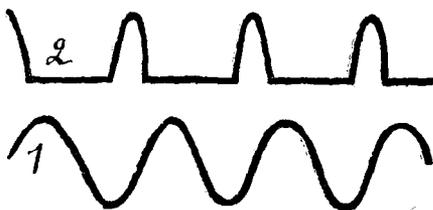


Фиг. 1.

торъ высокаго напряженія отъ 25 до 350 kilovolt; P —металлическій дискъ діаметромъ въ 10 см; B —трубка или металлическая или приготовленная изъ изолятора съ отверстіемъ O діаметра въ 4 мм, изъ котораго выстоитъ остріе діаметромъ въ 1,5 мм; L —разстояніе между остріемъ и отверстіемъ въ 9,5 см; D —разстояніе между дискомъ и остріемъ въ 1,76 см; M —амперметръ постоянного тока. Въ боковую трубку A постунаетъ воздухъ подъ давленіемъ

¹⁾ Большинство работъ этого отдѣла доложены на Физическомъ Коллоквиумѣ Научнаго Института.

въ 6 см.; R — водяное сопротивление. Острие можетъ быть помѣщено или внутри трубки B , или въ отверстіи O , или внѣ трубки. Въ первыхъ двухъ случаяхъ трубка B должна быть изъ изолятора (стекло), электроды изъ алюминія, въ послѣднемъ трубка B металлическая и электроды мѣдные или желѣзные. Выпрямительное дѣйствіе зависитъ отъ давленія струи воздуха, взаимнаго положенія электродовъ и діаметра отверстія O . При повышеніи давленія отъ нуля до нѣкоторой величины наблюдается максимум выпрями-



Фиг. 2.

тельнаго дѣйствія, послѣ чего оно начинаетъ падать. Переменныя токи изслѣдовались частотой отъ 50 до 500 въ сек. и силой до 100 милліамперъ. Кривыя (фиг. 2) полученныя осциллографомъ безъ струи воздуха (1), со струей (2), показываютъ результатъ примѣненія газовой струи для выпрямленія тока.

Н. Селяковъ.

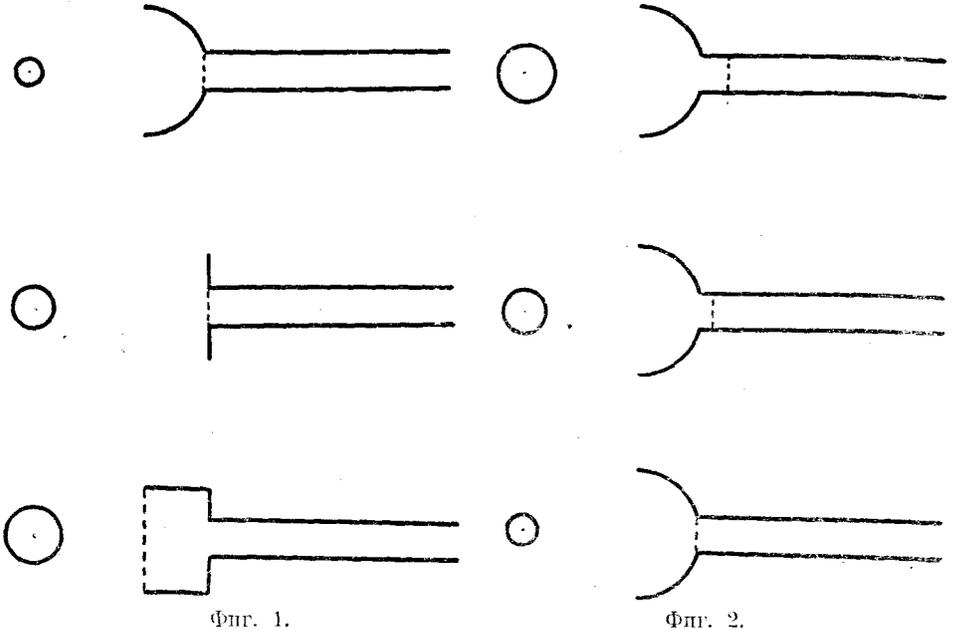
Усовершенствованія въ конструкціи и выполненіи трубки Кулиджа.

(Coolidge Physical Investigation Work in Progress in Tubes and Accessories. The American Journal of Roentgenology. February p. 57, 1917).

Послѣ своего блестящаго изобрѣтенія рентгеновской трубки, основанной на термоіонномъ токъ, дающей излученіе постоянной жесткости, Кулиджъ задался цѣлью сконструировать металлическую трубку. Предварительное сообщеніе даетъ намъ возможность составить представленіе о цѣломъ рядѣ разрѣшенныхъ имъ задачъ въ связи съ основной задачей сдѣлать трубку изъ металла.

1) Кулиджъ вноситъ рядъ усовершенствованій въ конструкцію катода, имѣющія цѣлью получить болѣе точный фокусъ. Какъ извѣстно, фокусъ рентгеновскихъ лучей въ трубкѣ Кулиджа достигался тѣмъ, что вольтамовая спираль вносила въ цилиндръ, служащаго катодомъ въ трубкѣ. Различное положеніе спирали относительно этого цилиндра, а равно и форма послѣдняго опредѣляютъ различную величину площадки на антикатодѣ, являющейся мѣстомъ зарожденія рентгеновскихъ лучей. Прилагаемыя фигуры 1 и 2 даютъ возможность судить о наилучшей формѣ и о наилучшемъ положеніи спирали относительно катода (катодъ представленъ въ видѣ сплошной линіи, спираль въ видѣ пугиры и характеръ фокуса изображенъ въ мѣстѣ, гдѣ помѣщенъ антикатодъ, въ видѣ кружка. Слѣдуетъ отмѣтить, что наиболее приемлемой формой катода является форма, весьма близкая къ формѣ катода въ обыкновенной воздушной трубкѣ Рентгена. Послѣднимъ факторомъ, влияющимъ на величину фокуса, является разстояніе между катодомъ и антикатодомъ. Изслѣдованіе показываетъ, что наиболее подходящимъ будетъ разстояніе, равное 1 англ. дм.

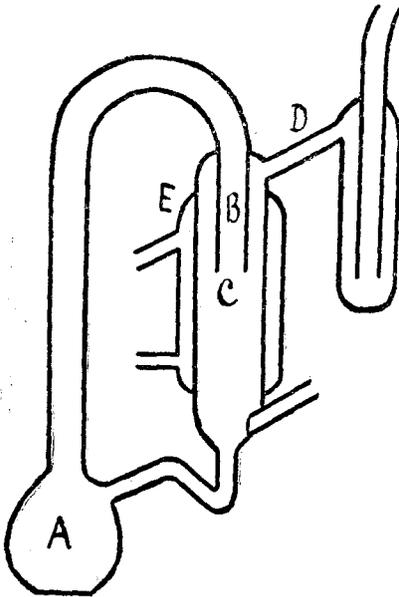
2) Кулиджъ описываетъ способъ полученія высокаго вакуума, необходимаго въ трубѣ Кулиджа. Лучшимъ насосомъ изъ всѣхъ существующихъ



Фиг. 1.

Фиг. 2.

является недавно изобрѣтенный конденсаціонный насосъ Langmuir'a



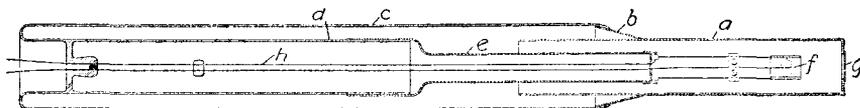
Фиг. 3.

(фиг. 3). Пары ртути, получивъ большую скорость послѣ испаренія въ подогреваемомъ сосудѣ *A*, увлекаютъ воздухъ, находящійся въ пространствѣ между внутренней трубкой *B* и средней трубкой *C*. Въ *E* циркулируетъ вода для конденсаціи паровъ ртути, послѣ чего ртуть сливается опять обратно въ сосудъ *A*. Трубка *D* ведетъ къ откачиваемому пространству черезъ сосудъ, указанный на фигурѣ, погруженный въ жидкій воздухъ для конденсаціи паровъ ртути. Для удаленія адсорбированныхъ газовъ Кулиджъ применялъ порошокъ металлическаго торія. Наконецъ, съ цѣлю освободиться отъ окисловъ мѣди, употреблялось многократное промываніе трубки очищеннымъ водородомъ при сильномъ прогреваніи ея. Langmuirъ приводитъ сравнительныя данныя, характеризующія различнаго рода насосы, находящіяся въ употребленіи. Онъ сравниваетъ четыре слѣдующихъ насоса: 1) Ротаціонный ртутный Геде; 2) его же молекулярный; 3) его же

диффузіонный, и 4) насосъ Langmuir'a—въ отношеніи скорости откачки. При давленіи около 0,001 мм. соответствующія скорости будутъ 120, 1300, 80 и

4000 $\frac{\text{cm}^3}{\text{sec.}}$ для воздуха ¹⁾. Огромнымъ преимуществомъ насоса Langmuir'a по сравнению со всѣми остальными, является то обстоятельство, что съ уменьшеніемъ давленія скорость откачки должна оставаться постоянной, тогда какъ для всѣхъ насосовъ Геде скорость сильно падаетъ съ увеличеніемъ вакуума. При сравнительно большой скорости, какой обладаетъ молекулярный насосъ, онъ является мало пригоднымъ влѣдствіе чрезвычайной трудности придать спокойное положеніе, необходимое для глухой связи съ откачиваемымъ пространствомъ. Для водорода максимумъ скорости откачки конденсаціоннымъ насосомъ доходить до 7000 $\frac{\text{cm}^3}{\text{sec.}}$.

3) Металлическая трубка Coolidge'a (см. фиг. 4) состоитъ изъ мѣдной трубки *a*, въ передней части которой впаино платиновое зеркало *g*, служащее антикатодомъ. Эта часть трубки является анодомъ. Катодомъ трубки служитъ спираль *f*, находящаяся внутри цилиндра, укрѣпленнаго на внутренней



Фиг. 4.

мѣдной трубкѣ *e*. Изоляторомъ служитъ стекло *c*, соединенное съ мѣдной трубкой *a* платиновой пластинкой *b*, *h* — проволочки, подводящія токъ къ спирали *f*. Подобная трубка при охлажденіи вѣншей трубки *a* выдерживаетъ нагрузку 200 миллиамперъ. Преимущества ея слѣдующія:

1) Малая величина размѣровъ: длина около 30 ст., ширина въ области антикатада 2 ст. (на рисунокѣ длина около $\frac{1}{3}$ настоящей, а ширина около половины дѣйствительной). Вѣсъ $\frac{1}{2}$ англ. фунта. 2) Узость луча лучей, исходящихъ изъ трубки, или отсутствіе боковыхъ лучей.

Н. Селяковъ.

Новое изслѣдованіе по трибоэлектричеству.

P. E. Shaw. Experiments on tribo—electricity (Proc. Roy. Soc., November, 1917)²⁾.

Ученіе объ электричествѣ, какъ извѣстно, зародилось вмѣстѣ съ первыми трибоэлектрическими опытами, или опытами возбужденія электризаціи посредствомъ тренія (Фалесъ, около 580 г. до Р. X.; Джилбертъ, 1600; Зерике, 1663). Тѣмъ болѣе удивительно, что въ настоящее время, когда

¹⁾ На основаніи опытовъ, слѣданныхъ съ насосомъ Langmuir'a въ Физическомъ Институтѣ Московскаго Научнаго Института откачка маленькимъ насосомъ съ 50 кв. см. ртути баллона въ литръ вместимости до предѣльнаго вакуума требуетъ только пятнадцати секундъ, если предварительный вакуумъ достигается маслянымъ насосомъ Геде.

²⁾ Рефератъ въ „Nature“, № 2512, Dec. 20, 1917.

электричество разрослось въ обширную науку, выдѣлившую изъ себя нѣсколько дисциплинъ, до извѣстной степени самостоятельныхъ,—отдѣлъ о трибоэлектричествѣ находится въ загонѣ, имъ почти не занимаются; количество свѣдѣній, относящихся къ нему, почти не увеличилось за послѣднія сто лѣтъ (даже въ обширныхъ курсахъ физики эти свѣдѣнія обыкновенно умѣщаются на немногихъ страницахъ); наиболѣе основные вопросы теоретическаго порядка, касающіеся этой области, остаются нерѣшенными.

Въ протоколахъ Лондонскаго Королевскаго Общества за ноябрь 1917 года Shaw излагаетъ результаты своихъ изслѣдованій по трибоэлектричеству. Shaw даетъ трибоэлектрическій рядъ изъ 36 членовъ ¹⁾; при чемъ главная сущность его работы заключается въ томъ, что члены ряда были имъ подвергнуты систематическому изслѣдованію въ смыслѣ измѣненія поверхностныхъ условій различными способами: посредствомъ повышенія температуры до натиранія и во время его, посредствомъ стибанія, посредствомъ шлифовки и т. д.

Оказалось, что измѣненіе состоянія поверхности даннаго вещества обнаруживаетъ чрезвычайно сильное вліяніе на мѣсто, занимаемое этимъ веществомъ въ рядѣ. Обыкновенное натровое стекло стоитъ на 5-мъ мѣстѣ, если поверхность его полирована; но оно передвигается на 21-ое мѣсто, если сдѣлать его поверхность матовой, и на 26-ое мѣсто, если повысить его температуру до 245°. Слюда, нормально занимающая 6-ое мѣсто, переходитъ на 18-ое, когда поверхность ея сдѣлана матовой, и на 26-ое, когда она нагрѣта до 270°. здѣсь мы имѣемъ примѣры веществъ, которыя въ обычныхъ условіяхъ предпочтительно заряжаются положительнымъ электричествомъ, но послѣ произведеннаго измѣненія ихъ поверхностныхъ условій получаютъ, наоборотъ, стремленіе заряжаться отрицательнымъ электричествомъ. Обратно этому, эбонитъ, когда его поверхность сдѣлана матовой, переходитъ съ 28-го мѣста на 27-ое; будучи нагрѣтъ до 100°, онъ становится уже на 21-омъ мѣстѣ. Всѣ происходящія, такимъ образомъ, перемѣны подчиняются, какъ указываетъ Shaw, слѣдующему простому правилу: всякое вещество, стоящее выше 14-го мѣста ряда, передвигается внизъ, если его нагрѣтъ или дать ему матовую поверхность; а всякое вещество, стоящее ниже 14-го мѣста, при тѣхъ же условіяхъ стремится перейти на болѣе высокое мѣсто. Такимъ образомъ, вещества, стоящія на концахъ ряда, въ результатѣ указанныхъ перемѣнъ состоянія обнаруживаютъ тенденцію къ сближенію (отсюда слѣдуетъ, что получаемая ими при тренія разность электрическихъ состояній уменьшается). Температура, при которой наступаетъ смѣщеніе въ результатѣ нагрѣванія, является величиной, вполне определенной для даннаго матеріала; она была определена для шестнадцати веществъ и найдена лежащей въ предѣлахъ отъ 70° до 300°.

А. Бачинскій.

¹⁾ Трибоэлектрическій рядъ состоитъ изъ веществъ, расположенныхъ въ такомъ порядкѣ, что каждое вещество при треніи съ каждымъ послѣдующимъ веществомъ электризуется *положительно*. Впервые такой рядъ былъ построенъ Нюнгомъ въ 1807 году. Мы приводимъ здѣсь нѣсколько членовъ трибоэлектрическаго ряда, даннаго Фарадеемъ:

+
Кошачій мѣхъ
Фланель
Слоновая кость
Горный хрусталь
Хлопчатая бумага
Металлы
Сѣра

Исследование и определения длин волн в красной и инфра-красной области спектра.

(К. W. Meissner. *Untersuchungen und Wellenlängenbestimmungen im roten u. infraroten Spektralbezirk. Ann. d. Physik.* 50 p. 713, 1916.).

Работами Vogel'a, Abney'a Eder'a и пр. ¹⁾ еще в восьмидесятых годах был выработан метод перемещения чувствительности фотографической пластинки в любую область видимого спектра. Пластинки обрабатываются для этой цели растворами цианина, эозина и других красок в зависимости от желаемой зоны чувствительности. Съ появлением на рынок красок Dicyanin и Dicyanin A (Höchst a. M.) явилась возможность распространить предел чувствительности пластинки сравнительно далеко в инфра-красную область. К. W. Meissner разработал довольно простой способ сенсбилизации, позволяющий фотографировать всю красную область, по крайней мере, до 930 мμ. Раствор краски в кипящем абсолютном спирте (0,1 gr. на 100 ccm.) вливается в количестве 3 ccm. в смесь 50 ccm. обыкновенного спирта, 50 ccm. дистиллированной воды и 6 ccm. крепкого раствора аммиака. В такую ванну, поддерживаемую при температуре 20—22°, пластинка погружается на 3 минуты. Быстрота сушки представляет необходимое условие чувствительности; для ускорения процесса стеклянная сторона пластинки насухо вытирается, пластинка кладется на крышку жестяного ящика с водой при температуре 35° и над ней вентилятором прогоняется сухой воздух (температуры 22°). Приготовленная таким образом пластинка приобретает максимум чувствительности приблизительно только на вторые сутки и может быть использована еще в течение 2—3 дней, после чего чувствительность падает, и появляется вуаль. Проявление можно производить раствором Glucin'a (1: 10) в течение 20—30 минут, в зависимости от времени экспозиции. Присутствие сенсбилизатора довольно вредно сказывается тем, что при проявлении чернеют не только освещенные зерна, но и зерна, случайно расположенные рядом, благодаря чему снятые спектральные линии несколько утолщаются. Этот недостаток можно устранить промыванием пластинки после сенсбилизации в равном растворе спирта и воды; желатиновый слой в таком случае очищается от излишней краски. Наиболее пригодными для сенсбилизации оказались пластинки W. G. A. & Wainwright (London), пластинки Nauff'a дали плохие результаты. Для фотографирования тонких спектральных линий аналогичным методом, с некоторыми изменениями, могут быть обработаны диапозитивные пластинки, обладающие более тонким зерном.

С. Вавиловъ.

¹⁾ Cp. Abney. A treatise on photography 1893; J. M. Eder. Ausführliches Handbuch der Photographie и пр.

Строение и основные свойства твердых и жидких тѣлъ.

(Langmuir. *The Constitution and Fundamental Properties of Solids and Liquids*
P. I. *The Chemical News*. 1917, vol. 116, 3009—3013) ¹⁾.

Исходя изъ работъ W. Н. и W. L. Bragg'овъ по опредѣленію строенія кристалловъ при помощи Рентгеновскихъ лучей, авторъ приходитъ къ заключенію, что мы должны отбросить обычные представленія о молекулахъ и о раздѣленіи силъ, дѣйствующихъ между частицами твердыхъ и жидкихъ тѣлъ, на „физическія“ и „химическія“. Съ его точки зрѣнія какъ твердые, такъ и жидкія тѣла состоятъ изъ атомовъ, удерживаемыхъ „химическими силами“, (эти силы могутъ быть электромагнитнаго происхожденія). Такимъ образомъ, представленіе о молекулахъ теряетъ смыслъ, исключая случай газовъ. „Мы можемъ разсматривать твердое или жидкое тѣло, какъ одну большую молекулу“. Такія явленія, какъ плавленіе, испареніе, адсорбція, поверхностное натяженіе — все это химическія явленія.

По даннымъ Bragg'овъ каждый атомъ *Na* въ кристалль-каменной соли окруженъ шестью равноудаленными атомами *Cl*, размѣщенными вобругъ него, какъ центра. Точно также каждый атомъ *Cl* окруженъ 6 равноудаленными атомами *Na*. Такимъ образомъ, не приходится говорить о молекулахъ хлористаго натрія. Здѣсь силы дѣйствуютъ непосредственно между атомами *Na* и *Cl*. Одновалентный характеръ *Na* въ данномъ случаѣ утраченъ. Атомъ *Na* удерживается химическими силами 6 атомовъ *Cl*. Если придерживаться обычныхъ представленій о валентности, мы должны сказать, что валентность *Na* распределена между шестью атомами *Cl*.

При испареніи, при высокой температурѣ, атомы попарно оставляютъ поверхность кристалла, образуя молекулу *NaCl*, такъ что молекулы получаютъ во время испаренія, хотя, какъ таковыя, онѣ не существовали внутри кристалла. Отсюда слѣдуетъ, что испареніе надо разсматривать, какъ химическое явленіе.

Langmuir разбираетъ рядъ кристалловъ (*ZnS*, *CaF₂*, *CaCO₃* и т. д.), гдѣ убѣждается въ томъ, что каждый атомъ того или иного элемента соединенъ во много разъ большимъ числомъ атомовъ, чѣмъ это слѣдовало бы по его нормальной валентности.

Этотъ фактъ въ сущности не находится въ противорѣчій съ современными теоріями о химическомъ строеніи вещества. Основываясь на теоріи Werner'a (о первичной и остаточной валентностяхъ) и работахъ R. Abegg'a, Stark'a, J. J. Thomson'a и Lewis'a авторъ приходитъ къ заключенію, что, дѣйствительно, строеніе кристалловъ можетъ быть объяснено съ точки зрѣнія первичной и остаточной валентностей. При этомъ въ отличіе отъ Werner'a, по которому соединенія перваго порядка обусловлены примарной валентностью (*H₂O*, *Na Cl* и т. д.) и только тогда, когда простыя соединенія перваго порядка образуютъ соединенія высшихъ порядковъ, проявляется дѣйствіе остаточной валентности (*BaCl₂*, *2H₂O*), Langmuir приходитъ къ заключенію, что въ нѣкоторыхъ случаяхъ остаточная валентность играетъ первенствующую роль, какъ, напримѣръ, въ случаѣ кристалловъ хлористаго натрія или

¹⁾ Здѣсь изложена только часть статьи, относящаяся къ ученію о твердыхъ тѣлахъ. Дальнѣйшее будетъ изложено при полученіи послѣдующихъ №№-овъ.

флюорита (CaF_2). Такъ, напримѣръ, атомы Na и Cl при высокихъ температурахъ, образуя $NaCl$, удерживаются первичной валентностью. Но если температура понижается, то остаточная валентность окончательно замѣняетъ первичную, ибо первичная валентность не можетъ быть причиной образованія молекулъ, близкихъ къ молекуламъ твердаго тѣла.

Всѣ соединенія полярнаго типа построены изъ атомовъ, связанныхъ остаточными валентностями. Если терминомъ „молекула“ обозначать группу атомовъ, могущую изъ газоваго состоянія переходить въ твердое (или жидкое) состояніе и наоборотъ, то мы должны сказать, что вовсе нѣтъ молекулъ въ большинствѣ неорганическихъ соединеній.

Лучше опредѣлять молекулу, какъ *группу атомовъ, удерживаемыхъ атомными силами.*

Вводя понятіе о „групповой молекулѣ“, какъ агрегатъ атомовъ, находящихся въ такомъ взаимоотношеніи, что атомы въ группѣ могутъ различаться отъ атомовъ внѣ группы, при чемъ атомы связаны первичными валентностями, а „групповыя молекулы“ вторичными (остаточными), мы приходимъ къ правилу, что неполярныя соединенія состоятъ изъ такихъ „групповыхъ молекулъ“, образуя большую „кристаллическую молекулу“, включаютъ всю твердую массу.

Что касается силъ, дѣйствующихъ между атомами, то необходимо предполагать присутствіе, какъ силъ притяженія, такъ и отталкиванія. О силахъ отталкиванія Langmuir заключаетъ изъ малой величины коэффициента сжатія и изъ величинъ удѣльныхъ теплотъ, при чемъ опредѣляетъ отсюда, что атомы колеблются около нѣкоторыхъ положеній равновѣсія и находятъ время отдѣльнаго колебанія атома равнымъ $1,8 \cdot 10^{-13}$ sec. и время, необходимое атому, чтобы придти въ тепловое равновѣсіе съ сосѣднимъ атомомъ равнымъ $\frac{1}{1800}$ времени отдѣльнаго колебанія. Это указываетъ, что движенія отдѣльнаго атома должны быть сильно демфированы.

Далѣе Langmuir приходитъ къ заключенію, что вслѣдствіе того, что твердыя тѣла состоятъ изъ атомовъ или „групповыхъ молекулъ“, связанныхъ остаточными валентностями, мы должны ожидать, что въ твердомъ состояніи всякая комбинація атомовъ или „групповыхъ молекулъ“ можетъ быть мыслима и если мы не получаемъ любыхъ металлическія соединенія при изученіи сплавовъ (надо сказать, что изслѣдованія Tamman'a показали, что большинство такихъ металлическихъ соединеній не укладывается въ рамки обычной теоріи валентности), то это происходитъ исключительнo потому, что въ моментъ отверденія атомы располагаются наиболѣе устойчивымъ образомъ; съ развитіемъ техники полученія сплавовъ, мы можемъ ожидать любыхъ сочетанія атомовъ. Съ его точки зрѣнія минералы или комплексныя соли любого состава вполне объяснимы.

Изъ сравненія скрытой теплоты парообразованія, какъ энергій, необходимой на отдѣленіе атомовъ твердаго металла отъ каждаго другого атома, съ энергіей сжатія, необходимой для уменьшенія разстоянія между атомами, Langmuir получаетъ предѣлы дѣйствія атомныхъ силъ. При этомъ оказывается, что притягательная сила между атомами достигаетъ maximum'a, когда атомы удаляются на разстояніе на 10—30% больше, чѣмъ разстояніе, на которомъ они находятся въ моментъ равновѣсія, что „притягательная сила получается практически ничтожно малой, когда разстояніе между центрами атомовъ будетъ въ два раза больше, чѣмъ разстояніе между ними въ моментъ равновѣсія“.

При образованіи поверхности раскола въ какомъ-нибудь кристаллѣ атомы отрываются тогда, когда разстояніе увеличивается до $0,6 \cdot 10^{-8}$ см. Атомы на поверхности должны расположиться такъ, чтобы вся энергія въ полѣ, ихъ окружающемъ, была минимумъ; такъ какъ каждый разъ, когда мы разламываемъ кристаллъ или твердое тѣло на части, мы затрачиваемъ известное количество энергіи, то поле энергіи атомовъ, находящихся на поверхности больше поля такого-же количества атомовъ внутри.

Въ поверхностномъ слоѣ концентрація атомовъ больше, чѣмъ внутри твердаго тѣла, такъ что здѣсь не можетъ быть непрерывнаго измѣненія плотности отъ твердаго тѣла въ пространство. Слѣдовательно, переходъ отъ твердаго тѣла въ пустоту представляется въ видѣ прерывнаго перехода.

Т. Молодой.

ОТЗЫВЫ О КНИГАХЪ.

La Science française. T. I, II. Paris 1915.

Великая война въ связи съ изоляціей научнаго творчества вызвала стремленіе пересмотрѣть тѣ итоги, которые внесли отдѣльныя націи въ великое дѣло международной культуры. Съ этой точки зрѣнія огромный интересъ представляетъ сборникъ, изданный въ 1915 году подъ заглавіемъ: *La Science française*, первый томъ котораго заключаетъ изложеніе успѣховъ французской философіи, социологіи, педагогички, математики, астрономіи, физики, химіи, минералогіи, геологіи, палеоботаники, зоологической палеонтологіи, биологіи, медицинскихъ наукъ и географическихъ наукъ. Отдѣлы математики, астрономіи, физики, химіи и минералогіи составлены Appell, Baillaud, Bouty, Job, Lacroix, и имена авторовъ ручаются за высокое научное достоинство статей, написанныхъ чрезвычайно живо и интересно и блестяще обрисовывающихъ значеніе французской науки въ международномъ творествѣ. Первый томъ украшенъ рядомъ великолѣпно исполненныхъ портретовъ дѣятелей науки, среди которыхъ нужно отмѣтить портреты Pasteur'a, Descartes'a, A. Comte'a, H. Poincaré, Laplace'a, Ampère'a, Lavoisier и Haüy. Второй томъ содержитъ исторіи филологическихъ и общественныхъ наукъ во Франціи. Появленіе этихъ книгъ можно искренно привѣтствовать и пожелать, чтобы и другія націи произвели безпристрастную оцѣнку своихъ заслугъ въ области науки ¹⁾.

И. Лазаревъ.

¹⁾ По примѣру Франціи въ Россіи Академія Наукъ предприняла подобное же изданіе на русскомъ и французскомъ языкахъ подъ названіемъ „Русская Наука“.

Die Kultur der Gegenwart. Physik. Leipzig und Berlin. 1915.

Вслѣдъ за выходомъ тома по химіи въ 1915 году появился обширный томъ въ 737 стр., посвященный физикѣ, въ составленіи котораго приняли участіе выдающіеся ученые Германіи, какъ Warburg, Wiechert, Rubens, Wien, Lecher, Einstein, F. Braun, Gehrke, Kaufmann, Elster, Geitel, Wiener, Lummer, Planck, Voigt. Изъ иностранныхъ авторовъ можно отмѣтить только двухъ: Lorentz'a (максвелловская теорія и электронная теорія) и Zeemann'a (Magnetooptik). Соответственно этому, главный интересъ представляютъ тѣ главы, гдѣ труды нѣмецкихъ авторовъ давали направленіе изслѣдованію и гдѣ большая часть работъ сдѣлана была въ Германіи; отдѣлы науки, нашедшіе наибольшее развитіе въ Англии и Франціи, напр., ученіе о радиоактивности и радиоактивныя превращенія, далѣе ученіе о разрядахъ въ газахъ, изложены менѣе подробно, и литературѣ этихъ отдѣловъ удѣлено менѣе вниманія, хотя для современной науки они и имѣютъ выдающееся значеніе; такимъ образомъ въ однихъ отдѣлахъ, напр., колебанія связанныхъ системъ, приводятся отдѣльныя журнальныя статьи (исключительно изъ нѣмецкихъ журналовъ), въ другихъ, имѣющихъ огромное научное значеніе, напр., теорія распада радиоактивныхъ веществъ, приведены только фундаментальныя классическія сочиненія (англійскія и французскія) Curie, Rutherford'a и Soddy и не упоминаются крупныя обзоры этихъ вопросовъ въ періодической печати.

Нѣмецкимъ ученымъ представляется, конечно, очень труднымъ отрѣшиться вполнѣ отъ того, что связано съ нѣмецкой наукой; соответственно этому, при полномъ желаніи безпристрастія, картина развитія науки не вездѣ выдержана вѣрно. Во всякомъ случаѣ, вмѣстѣ съ другими сборниками, появившимися въ другихъ странахъ, сборникъ Kultur der Gegenwart является важнымъ пособіемъ при ознакомленіи съ успѣхами естествознанія, и нужно пожелать, чтобъ примѣру Германіи послѣдовали и другія страны въ дѣлѣ составленія аналогичныхъ обзоровъ¹⁾.

И. Лазаревъ.

O. Lummer. Verflüssigung der Kohle und Herstellung der Sonnentemperatur (Sammlung Vieweg. Heft 9/10 Braunschweig. 1914).

Вопросъ объ ожигеніи угля имѣетъ длинную исторію, представляющую весьма большое значеніе для физика и химика. Съ изложенія этого предмета и начинается Lummer свою интересную монографію. Во второй главѣ изучается вопросъ о температурѣ кратера дуги въ зависимости отъ силы тока и длины дуги и описывается остроумный фотометрическій приемъ, позволяющій измѣрять плоскостную яркость кратера при измѣненіи положенія его въ дугѣ. Какъ результатъ измѣренія, получается, что при измѣненіи силы

¹⁾ У насъ въ Россіи готовится аналогичное изданіе, предпринимаемое Московскимъ Научнымъ Издательствомъ при Научномъ Институтѣ.

тока отъ 10 до 80 Амп. и при горѣннн дуги въ воздухѣ, температура положительнаго кратера, опредѣляемая его яркостью, не измѣняется, въ то время какъ температура отрицательнаго кратера даетъ колебанія. Далѣе Lummer изслѣдуетъ связь излученія лампы накаливанія съ угольнымъ и платиновымъ волоскомъ и обнаруживаетъ, что уголь ведетъ себя какъ сѣрое тѣло, т.-е. какъ тѣло, равномерно отражающее всѣ лучи спектра. Такое же „сѣрое“ испусканіе, какъ лампы накаливанія, даетъ и положительный кратеръ дуги при нормальномъ давленіи. Это обстоятельство позволяетъ Lummerу найти температуру положительнаго кратера, которую онъ опредѣляетъ около 4200° abs.

Далѣе Lummer описываетъ первыя наблюденія ожигенія угля въ положительномъ кратерѣ при пониженномъ давленіи и даетъ картину явленія плавленія, какъ ее можно наблюдать при большомъ увеличеніи. Приложенныя къ этой главѣ фотографіи позволяютъ удобно ориентироваться въ деталяхъ процесса, хотя, по описаніямъ автора, процессъ на самомъ дѣлѣ при субъективномъ наблюденіи явленія даетъ гораздо большія подробности, чѣмъ фотографія.

Наблюденія, сдѣланныя первоначально при пониженномъ давленіи, были далѣе распространены Lummer'омъ до давленія въ 2 Атмосферы при условіи, если можно было получить необходимую для плавленія температуру.

Въ слѣдующемъ параграфѣ авторъ подробно описываетъ плавленія различныхъ сортовъ угля и алмаза какъ въ воздухѣ, такъ и въ различныхъ газахъ (N , CO_2 , O) и показываетъ, что продуктомъ плавленія угля является графитъ.

Изученіе плавленія при повышенномъ давленіи приводитъ Lummer'a къ вопросу о связи температуры положительнаго кратера и давленія и позволяетъ ему при примѣненіи оптическихъ методовъ наблюдать температуру кратера при измѣненіи давленія отъ 1 атмосферы до 26 атмосферъ, когда температура растетъ отъ 4200° abs. до 5560° abs. Такъ какъ послѣднія опредѣленія солнечной постоянной опредѣляютъ „черную“ температуру солнца въ 5850° , то мы должны считать, что опытами Lummer'a получена температура, достигающая солнечной, и что ими заложены основы для дальнѣйшаго экспериментальнаго изученія физико-химическихъ процессовъ на солнцѣ, представляющія огромный теоретическій интересъ.

И. Лазаревъ.

Handbuch der Radiologie. Bd. III, Leipzig. 1916. Glimmentladung und Positive Säule von E. Gehrcke, R. Seeliger. Lichtelektrizität von W. Hallwachs.

Прекрасно задуманный обширный курсъ радиологии, начатый изданіемъ по-нѣмецки классическаго труда Rutherford'a о радиоактивныхъ веществахъ, въ настоящее время пополнился объемистымъ третьимъ томомъ, включающимъ въ себя монографіи Gehrcke, Seeliger'a и Hallwachs'a.

Написанныя выдающимися специалистами своего дѣла главы этого третьего тома *Handbuch der Radiologie*, являются прекрасной справочной книгой по сложнымъ и современнымъ вопросамъ, связаннымъ съ разрядами въ газахъ и съ фотоэлектричествомъ и представляются незамѣнными пособіями для лицъ, занимающихся изслѣдованіями въ данной области. Въ ученіи о фотоэлектричествѣ литература предмета принята во вниманіе до октября 1915 года, и это дѣлаетъ книгу дѣльнымъ пособіемъ при литературныхъ справкахъ по данному вопросу.

И. Лазаревъ.

O. W. Richardson. The electron theory of matter. 631 стр. (Cambridge physical series). Cambridge. 1916.

Приведенная въ заглавіи книга Richardson'a появилась въ теченіи четырехъ лѣтъ вторымъ изданіемъ, и уже одно это ясно свидѣтельствуетъ о томъ, что мы имѣемъ въ данной монографіи незаурядное явленіе. Весьма трудно ввести начинающаго во всѣ современные вопросы электронной теоріи матеріи, примакающей съ одной стороны къ ученію объ электромагнитныхъ колебаніяхъ и приводящей, съ другой къ теоріи самаго загадочнаго явленія физики — къ теоріи тяготѣнія. Внимательный просмотръ книги Richardson'a убѣждаетъ насъ, что эта монографія представляетъ прекрасное и вполне современное пособіе при изученіи электронной теоріи матеріи, имѣющей широкія перспективы въ настоящее время.

Послѣ краткаго введенія (I и II глава), знакомящаго въ ясной и изящной формѣ съ основами электронной теоріи и дающаго основныя уравненія теоріи потенциала, авторъ переходитъ къ изученію діэлектриковъ (III и IV глава), магнетизма и электромагнетизма (V и VI глава). Далѣе излагается ученіе объ электромагнитныхъ волнахъ, ученіе о дисперсіи, абсорбціи, селективномъ отраженіи, и подробно разбираются уравненія электродинамики для движущейся системы. Принципъ относительности обстоятельно изложенъ какъ съ его теоретической, такъ и съ экспериментальной стороны.

Слѣдующія главы посвящены радіаціи въ связи съ температурой, теоріи магнетизма, теоріи электрической проводимости и явленіемъ спектроскопическимъ. Въ послѣднихъ двухъ главахъ трактуется ученіе о строеніи атома и излагается теорія тяготѣнія.

Какъ видно изъ приведеннаго перечня содержанія, монографія Richardson'a охватываетъ всѣ важнѣйшія стороны ученія объ электронной теоріи матеріи и если прибавить къ этому ясное и точное изложеніе предмета и литературныя указанія на важнѣйшія работы въ соответствующихъ областяхъ, то становится яснымъ, что указанный курсъ долженъ явиться однимъ изъ

при первоначальномъ ознакомленіи съ этой важной и со-
стоявшей главой физики ¹⁾.

П. Лазаревъ.

PERSONALIA.

Полученіе ученыхъ степеней: Въ Московскомъ Государственномъ Университетѣ получилъ степень магистра физики С. А. Богуславскій.

Приняты: въ число приватъ-доцентовъ: Московскаго Государственнаго Университета по кафедрѣ физики — А. Б. Млодзѣевскій и К. Н. Шапошниковъ, въ число преподавателей Московскаго Городскаго Народнаго Университета по физикѣ — Е. В. Ильинъ.

Получили назначеніе: В. С. Титовъ — профессоромъ физики въ Омскій Сельско-хозяйств. Институтъ, Н. Н. Андреевъ — профессоромъ физики въ Омскій Коммерческій Институтъ.

Избраны: Почетными членами Московскаго Научнаго Института академ., проф. П. И. Вальденъ и академ., проф. А. Н. Крыловъ.

Умерли: профессоръ физики Варшавскаго Университета А. Р. Колли, профессоръ физики Варшавскаго Политехникума В. А. Бернацкій.

Вслѣдствіе плохихъ условий информации Personalia не могутъ считаться исчерпывающими. Редакція проситъ всѣхъ лицъ, заинтересованныхъ въ сообщеніи свѣдѣній въ отдѣлъ personalia, направлять ихъ по адресу редакціи.



¹⁾ Московскимъ Научнымъ Издательствомъ, при Московскомъ Научномъ Институтѣ предпринимается изданіе этой книги въ русскомъ переводѣ и сдѣланы шаги для возможно болѣе быстраго появленія этой книги.

Въ Московскомъ Научномъ Издательствѣ (Варварка, д. 26) и въ издательствѣ „Природа“ (Моховая, домъ 24) можно получать слѣдующія изданія Московскаго Научнаго Института и Московскаго Научнаго Издательства:

1) П. Лазаревъ. Изслѣдованія по іонной теоріи возбужденія, часть первая, Москва, ц. 2 руб.

2) Исторія экономической мысли. Подъ редакціей В. Я. Желѣзнова и А. А. Мануилова. Томъ I, вып. первый. (В. Я. Желѣзновъ. Экономическое міровоззрѣніе древнихъ грековъ), ц. 3 руб., и вып. третій (С. Н. Булгаковъ. Основные мотивы философіи хозяйства въ платонизмѣ и раннемъ христіанствѣ. П. Г. Виноградовъ. Экономическія теоріи средневѣковья), ц. 1 руб.

3) Проф. В. М. Хвостовъ. Соціологія, ц. 8 руб.

4) P. Lasareff. Recherches sur la théorie ionique de l'excitation. Moscou. Société des éditions scientifiques. 1918. Prix 10 fr.

5) Архивъ Физическихъ Наукъ, т. I, вып. 1 и 2-й, 1918 г., ц. 10 руб.

О Г Л А В Л Е Н И Е.

Выпускъ первый.

	<i>Стр.</i>
1) Отъ редакціи	I
2) Академикъ А. Н. Крыловъ. Сверхъвысія и магнитныя бури	1
3) Академикъ П. П. Лазаревъ. Современныя задачи молекулярной физики.	25
4) Прив. доц. А. В. Раковскій. Исслѣдованія Бриджмена въ области высокихъ давленій	39
5) Академикъ П. П. Лазаревъ. Физическій Институтъ Научнаго Института.	54
6) Некрологъ: М. v. Smoluchovski и А. Г. Дорошевскаго	67
7) ИЗЪ ТЕКУЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЫ.	
a) Воздушноструевой выпрямитель переменныхъ токовъ высокаго напряженія	72
b) Усовершенствованія въ конструкціи и выполненіи трубки Кулиджа	73
c) Новое исслѣдованіе по трибоэлектричеству	75
d) Исслѣдованія и опредѣленія длинъ волнъ въ красной и инфракрасной области спектра	77
e) Стрѣненіе и основныя свойства твердыхъ и жидкихъ тѣлъ	78
8) ОТЗЫВЫ О КНИГАХЪ.	
a) La science française	80
b) Die Kultur der Gegenwart. Physik.	81
c) O. Lummer. Verflüssigung der Kohle und Herstellung der Sonnentemperatur	81
d) Handbuch der Radiologie. Bd. III.	82
e) Richardson. The electron theory of matter.	83
9) PERSONALIA	84

Цѣна 6 руб.