

# УСПѢХИ ФИЗИЧЕСКИХЪ НАУКЪ.

ПРИ УЧАСТИИ  
ФИЗИЧЕСКАГО ИНСТИТУТА  
МОСКОВСКАГО НАУЧНАГО ИНСТИТУТА.

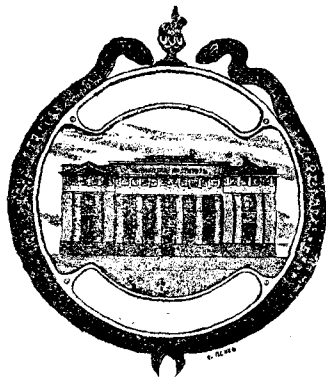
КУРАТОРІИ:

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

ПОДЪ РЕДАКЦІЕЙ

АКАДЕМИКА ПРОФ. П. П. Лазарева.

Томъ I, вын. 3-й и 4-ый.



МОСКВА 1918.

(Печатаніе окончено 20 декабря 1918 г.)

I томъ „Успѣхи Физическихъ Наукъ“ можно получать въ Московскомъ Научномъ Издательствѣ, Яузскій бульварь, В. Никола-Воробинскій пер., д. 3. и въ издательствѣ „Цитратъ“ Москва.

**МОСКВА.**

ТИПОГРАФИЯ „РУССКАЯ ПЕЧАТНЯ“, БОЛЬШАЯ САДОВАЯ, Д. 14.

**1918.**

## О жизни Декарта и его методѣ направлять умъ правильно и изыскивать въ наукахъ истину.

(Лекція К. Г. Якоби, прочитанная въ Берлинѣ 3 янв. 1846 г.).

Переводъ А. Н. Крылова и А. В. Ферингеръ.

Событія міровой важности заставляютъ теперь перестраивать на новыхъ началахъ весь укладъ жизни и дѣятельности многомилліоннаго народа на громадной территоріи. Такая работа въ каждой области требуетъ вдумчиваго осмотрительнаго и всесторонняго обсужденія, ибо человѣческому уму свойственно принимать правдоподобное за истинное и, довольствуясь мнимыми доводами, приходитъ вмѣсто вѣрныхъ выводовъ къ ложнымъ.

Вотъ почему представляется умѣстнымъ напомнить жизнь мыслителя, призывавшаго къ особенной осмотрительности въ сужденіяхъ и рѣшившагося даже изложить методъ для правильнаго направленія ума. Жизнь этого мыслителя и сущность его ученія изложены съ удивительнымъ мастерствомъ и краткостью однимъ изъ величайшихъ математиковъ прошлаго вѣка К. Г. Якоби въ публичной лекціи, прочитанной въ Берлинѣ 3-го января 1846 г.

Эта лекція напечатана въ 7-мъ томѣ полнаго собранія сочиненій Якоби; эти сочиненія рѣдко попадаютъ въ руки иныхъ читателей, кромѣ специалистовъ-математиковъ. Поэтому помѣщеніе перевода этой лекціи въ такомъ журналѣ, какъ „Успѣхи Физики“ и казалось намъ своевременнымъ и умѣстнымъ.

А. К.

Въ исторіи есть время полночнаго мрака—около 1000-го года послѣ Рождества Христова. Къ этому времени человѣчество утратило самую память объ искусствѣ и наукахъ. Послѣдній лучъ зари свѣтлаго языческаго міра угасъ и ничто еще не предвѣщало разсвѣта. Все, что въ мірѣ сохранилось еще отъ просвѣщенія, находилось у сарациновъ, и любознательному монаху, ставшему впоследствии папой, пришлось въ переездѣ видѣть учиться въ ихъ университетахъ, и за это онъ затѣмъ былъ въ странахъ запада почитаемъ за чудо.

Наконецъ послѣ того, какъ христіанство достаточно долго намолилось костямъ мучениковъ, оно устремилось ко гробу самого Спасителя, и здѣсь вторично познало, что гробъ пустъ и что Христосъ

воскресъ. Тогда и оно воскресло и вернулось къ дѣятельной и дѣловой жизни. Предпримчивость обновила торговлю и ремесла; города расцвѣли; возникло свободное гражданство. Цимабуэ вновь изобрѣлъ погибшее искусство живописи, Данте—поэзию. Сильные и великіе духомъ мужи, какъ Абельяръ и Тома Аквитанскій, осмѣлились внести въ католическое вѣроученіе Аристотелеву логику,—такимъ образомъ возникла *схоластическая философія*. Но если церковь и приняла науку подъ свое покровительство, то она потребовала, чтобы въ ученіяхъ науки соблюдалось такое же безусловное преклоненіе передъ авторитетомъ, какъ и въ ученіяхъ церкви. Схоластика не только не освободила человѣческаго ума, а наложила на него путы на долгія столѣтія и устранила отъ него даже самую мысль о возможности свободнаго научнаго изслѣдованія. Наконецъ, и здѣсь просвѣтилось,—человѣчество осмѣлилось использовать свое право добывать познанія о природѣ вещей *собственными разумніемъ*.

Въ исторіи наступленіе этого періода называется эпохой возрожденія. На порогѣ этой эпохи возвышается надъ всѣми *Рене Декартъ*, возымѣвшій героическое рѣшеніе начать во всѣхъ вопросахъ познанія съ начала и *все*, доселѣ основанное на авторитетѣ, подвергнуть вновь изслѣдованію. Позвольте мнѣ посвятить настоящую бесѣду этому необыкновенному человѣку и исторіи его героическаго рѣшенія, ставшаго міровымъ событіемъ.

Родившійся въ 1596 году въ семьѣ старинной знати Туренни, воспитанный въ иезуитской школѣ въ Ла-Флэшѣ, онъ на восемнадцатомъ году своей жизни приходитъ къ заключенію, что въ наукахъ, которыя, онъ основательно и съ горячею ревностью изучалъ, чтобы получить надежное и ясное сужденіе во всѣхъ житейскихъ дѣлахъ онъ обманулся, и онъ рѣшаетъ ихъ отринуть. На короткое время онъ предается въ Парижѣ съ другими молодыми дворянами развлеченіямъ, доступнымъ его возрасту и положенію, главнымъ образомъ,—игрѣ. Этимъ еще менѣе удовлетворенный, онъ скрывается отъ друзей и, поселившись въ глухомъ домѣ С.-Жерменскаго предмѣстья, въ глубочайшемъ уединеніи посвящаетъ два года математическимъ размышленіямъ. Наконецъ, узнавъ, видя невозможность избѣжать круговорота жизни парижскаго общества, онъ рѣшается изучать міръ на большемъ просторѣ. Солдатская перевязь служить ему паспортомъ въ это преисполненное военныхъ тревогъ время. Сперва онъ отправляется въ Голландію, въ Бреду, чтобы изучать военное дѣло подъ начальствомъ принца Морица, но такъ какъ этотъ послѣдній какъ разъ въ это время заключилъ на два года перемиріе со Спинолою, то онъ ѣдетъ въ Франкфуртъ, чтобы присутствовать на великолѣпномъ торжествѣ коронаванія императора Фердинанда II; затѣмъ онъ поступаетъ добровольцемъ въ войска, вербуемая Баварскимъ герцогомъ

противъ Богеміи. Онъ начинаетъ кампанію на зимнихъ квартирахъ въ небольшомъ мѣстечкѣ, расположенномъ на Дунаѣ въ герцогствѣ Нейбургскомъ. Здѣсь въ глубочайшемъ уединеніи 22-хъ лѣтній юноша приходитъ къ выводу, что для познанія истины ему необходимо освободиться отъ всѣхъ представленій, полученныхъ извнѣ, необходимо отбросить всѣ переданныя авторитетами знанія, разрушить весь свой умственный и нравственный міръ и создать себѣ новый, прекраснѣйшій, при посредствѣ заложенной въ сынахъ земли мощи разума. Это не есть предпріятіе дерзкаго самомнѣнія; онъ мучительно чувствуетъ это самоотреченіе и въ горячей молитвѣ призываетъ на помощь въ своемъ трудномъ начинаніи Приснодѣву Марію, давая обѣтъ совершить паломничество въ Лоретто. Само собою понятно, что, ставя вопросы относительно всего доступнаго уму, онъ считалъ, что истины и преданія религіи, какъ уму непостижимыя, должны быть принимаемы безъ доказательства.

Весною 1620 года герцогъ Баварскій продвинулъ свои войска въ Швабію; здѣсь, въ Ульмѣ, Декартъ воспользовался случаемъ посѣтить стараго знаменитаго учителя математики Ивана Фаульхабера, который, конечно, былъ немало удивленъ, найдя въ молодомъ солдатѣ такія математическія познанія, что онъ шутя рѣшалъ самыя трудныя его задачи. Въ сентябрѣ Декартъ поѣхалъ съ французскимъ посланникомъ въ Вѣну; здѣсь, узнавъ, что его полководецъ, герцогъ Баварскій, ведетъ войска въ Богемію, онъ возвращается къ арміи, участвуетъ въ знаменитой битвѣ при Прагѣ и съ побѣдителями вступаетъ въ городъ. Такимъ образомъ, его первое воинское дѣло было направлено противъ отца той принцессы, которая впоследствии стала первой и усерднѣйшей его ученицей по философіи и математикѣ. Зимнюю стоянку онъ провелъ въ южной Богеміи, усердно занимаясь для осуществленія намѣченнаго имъ великаго плана. Весною 1621-го года онъ принимаетъ участіе въ походѣ австрійскаго генерала Бюкуа въ Венгрію противъ знаменитаго семиградскаго князя Бетлена Габора и присутствуетъ при счастливой осадѣ Пресбурга и Тирнау; но несчастная катастрофа при Нейгаузенѣ, гдѣ погибъ Бюкуа, отвращаетъ его отъ войны. Черезъ день по снятіи осады, онъ вмѣстѣ съ многими другими французами и валлонами, бывшими при арміи, возвращается въ Вѣну, а такъ какъ во Франціи возобновилась война съ гугенотами, въ Парижѣ же свирѣпствовала чума, то онъ рѣшилъ отправиться на мирный сѣверъ Европы. Онъ возвращается въ Моравію, оттуда ѣдетъ въ Силезію, объѣзжаетъ всю Польщу, въ то время простиравшуюся весьма далеко, берегъ Балтійскаго моря, Померанію, Бранденбургъ, Гольштинію, оттуда моремъ въ восточную Фрисландію, на переходѣ изъ Эмдена въ Западную Фрисландію подвергается опасности быть убитымъ корабельщиками, такъ какъ съ нимъ былъ только одинъ слуга, возвра-

щается въ Голландію, гдѣ остается на нѣкоторое время, и, наконецъ, въ мартѣ 1622 года прибываетъ въ Реннъ къ своему отцу. Вѣроятно, что во время этого путешествія онъ посѣтилъ также Кенигсбергъ и Берлинъ. Въ семьѣ онъ проводитъ годъ въ нерѣшимости объ образѣ жизни, который соотвѣтствовалъ бы его призванію и его научнымъ планамъ. Онъ снова ѣдетъ въ Парижъ, гдѣ, послѣ почти трехлѣтней чумы, начинаютъ дышать болѣе чистымъ воздухомъ; здѣсь его принимаютъ за розенкрейцера, хотя ему за все время его странствованій ни разу не удавалось напасть на слѣдъ этого незримаго общества, о которомъ въ то время много печаталось. Онъ прослылъ за одного изъ 36 посланцевъ, будто бы отправленныхъ по всей Европѣ ихъ таинственнымъ начальникомъ, съ которымъ можно было сноситься лишь волею и мыслями, невидимыми путями. Продавъ болѣшую часть переданныхъ къ нему по наслѣдству съ материнской страны имѣній въ Пуату, чтобы на вырученные деньги купить себѣ подходящую должность, онъ рѣшаетъ, прежде чѣмъ связать себя, посѣтить Италію.

Черезъ Базель, Цюрихъ, Граубинденъ, Тироль онъ ѣдетъ въ Венецію, присутствуетъ при вѣнчаніи дожа съ моремъ, исполняетъ данный въ Нейбургѣ обѣтъ посѣтить Лоретто, оттуда отправляется въ Піемонтъ, чтобы согласно данному отцу обѣщанію приобрести мѣсто интенданта при французской арміи, выступавшей подъ начальствомъ маститаго констабля Ледигіера въ походъ противъ Генуи и испанцевъ. Послѣ того какъ эта попытка не удалась, онъ совершаетъ паломничество въ Римъ, куда католическій міръ привлекался празднованіями 25-лѣтняго юбилея; здѣсь ему представляется обширная возможность ознакомиться съ нравами различныхъ національностей, сюда собравшихся, и онъ отказывается отъ своего первоначальнаго намѣренія посѣтить Сицилію и Испанію. Онъ возвращается черезъ Флоренцію, не видавъ, однако, Галилея, котораго наравнѣ съ нимъ можно считать возстановителемъ наукъ. Онъ присутствуетъ затѣмъ при взятіи французами Гави и при знаменитыхъ подвигахъ герцога Савойскаго, послѣ чего черезъ Туринъ и Ліонъ возвращается на родину; здѣсь Шательро предлагаетъ ему мѣсто генеральнаго лейтенанта, но Декартъ уже не можетъ отрѣшиться отъ привычки посвящать жизнь всецѣло своимъ изслѣдованіямъ. Три года онъ проводитъ въ Парижѣ по возможности въ замкнутости, ведя настолько простой образъ жизни, насколько это возможно безъ аффектаціи. Все-таки мы должны себѣ представлять нашего философа въ бывшей тогда въ ходу шелковой одеждѣ, при шарфѣ и шпагѣ, въ шляпѣ съ перомъ, что для него, какъ дворянина, было неизбѣжно.

Свое время онъ посвящаетъ то самымъ отвлеченнымъ математическимъ изысканіямъ, то физическимъ опытамъ, при чемъ приобретаетъ болѣшую опытность въ шлифованіи стекла, то изслѣдуетъ самые глу-

бокіе вопросы механики, въ которой открываетъ являющееся все-объемлющимъ начало возможныхъ скоростей. Замѣтивъ, однако, сколь немногимъ онъ можетъ сообщать объ этихъ работахъ, онъ перебрасывается отъ нихъ къ тому, что считаетъ наивысшимъ: къ изученію чело-вѣка; но оказывается, что большинство знаетъ чело-вѣка еще меньше геометріи, почему онъ все больше и больше замыкается въ самомъ себѣ. Слава о немъ дѣлаетъ невозможнымъ желательное уединеніе,—цѣлыя толпы писателей и ученыхъ, ищущихъ знакомства или бесѣды, обращаютъ его домъ въ академію. Напрасно пытается онъ скрыться въ отдаленнѣйшихъ кварталахъ Парижа; слуга, котораго замѣтили, выдаетъ его. Въ досадѣ онъ въ августѣ 1628 года покидаетъ Парижъ, чтобы добровольцемъ участвовать въ осадѣ Рошелли, которая велась лично королемъ; при этомъ онъ изслѣдуетъ знаменитую плотину кардинала Ришелье; послѣ побѣдоноснаго вступленія короля въ Рошель, онъ возвращается въ Парижъ.

При своей обширной дѣятельности, не прерывавшейся даже сумятицею походныхъ стоянокъ, онъ собралъ много матеріаловъ, но ничего еще не издавалъ.

Надо сказать къ чести католическаго духовенства того времени, что оно въ высокой степени способствовало наукѣ и любило ее; этимъ оно составляло похвальную противоположность протестантскимъ из-вѣрамъ, воплями коихъ науки въ Германіи были заглушены, и можетъ быть, міръ обязанъ двумъ кардиналамъ—Берюлю и папскому нунцію Банье—пользованіемъ тѣми плодами, которымъ Декартъ давалъ медленно созрѣвать. На вечернемъ собраніи у папскаго нунція нѣкій де-Шанду <sup>1)</sup> излагалъ начало новой философіи и епископъ общее одобреніе своимъ остроумнымъ и краснорѣчивымъ изложеніемъ. Декартъ молчалъ; его настойчиво упростили высказать свое мнѣніе; похваливъ смѣлость докладчика, рѣшившагося сбросить путы схоластики, онъ обратилъ вниманіе на ту мощь, съ которою правдоподобное заступаетъ мѣсто истиннаго. Если довольствоваться, какъ то дѣлаетъ высокое собраніе, правдоподобнымъ, то его легко убѣдить мнимыми обоснова-ніями, что ложное истинно, и, наоборотъ, заставить его признать истинное ложнымъ. Въ подтвержденіе онъ предложилъ собранію высказать завѣдомо вѣрное положеніе: двѣнадцатью доводами одинъ допустимѣе другого онъ доказалъ собранію, что это положеніе ложно. Затѣмъ онъ предложилъ высказать завѣдомо ложное положеніе и двѣнадцатью другими доводами онъ привелъ своихъ слушателей къ признанію этого положенія вѣрнымъ. На вопросъ, нѣтъ ли способа оградиться

---

<sup>1)</sup> Этотъ де-Шанду впоследствии во время гражданскихъ безпорядковъ во Франціи, подобно многимъ другимъ, занялся изготовленіемъ фальшивой монеты и былъ повѣшенъ на площади Гревъ.

отъ мнимыхъ обоснованій, онъ указываетъ на свой способъ, взятый изъ области математики. Во многихъ частныхъ бесѣдахъ онъ возбуждаетъ восхищеніе кардинала Берюля къ этому способу и различнымъ его приложеніямъ, имѣющимъ также цѣлью улучшеніе матеріальнаго благосостоянія человѣчества, ибо онъ уже тогда имѣлъ въ виду усовершенствованіемъ механики повысить производительность рабочей силы человѣка, что теперь, ставъ дѣйствительностью, преобразовало міръ.

Благочестивый кардиналъ пользуется вліяніемъ своего духовнаго сана и указываетъ Декарту на отвѣтственность передъ Богомъ за ограбленіе человѣчества, если онъ утаитъ плоды своихъ трудовъ, призывая на него въ противномъ случаѣ божественную помощь. Декартъ рѣшается тогда завершить свое твореніе, приложивъ этому возможно лучше свои силы обнародовать его и скрыться, чтобы посвятить себя всецѣло этой великой задачѣ. Онъ переѣзжаетъ въ Голландію, прохладный климатъ которой ему нравится. Здѣсь онъ проводитъ двадцать лѣтъ; нигдѣ надолго не останавливаясь, онъ странствуетъ, подобно израилю въ пустынь, устраиваясь то здѣсь, то тамъ: въ деревняхъ, на дачахъ, въ предмѣстьяхъ большихъ городовъ, всегда на короткое время. Скрываясь отъ всѣхъ, онъ находится тѣмъ не менѣе въ живомъ общеніи съ наилучшими умами своего вѣка; посредникомъ ему служилъ ученый патеръ Мерсеннъ, жившій въ Парижѣ, старинный его другъ, также воспитанникъ школы Ла-Флешъ, которому одному всегда было извѣстно его мѣстопробываніе. Приемная монастыря меньшихъ братій на королевской площади служила средоточіемъ ученѣйшихъ сношеній; здѣсь Мерсеннъ сообщалъ отвѣты вѣщата, котораго черезъ него запрашивали, и принималъ новые вопросы или новыя сомнѣнія.

По прибытіи въ Голландію Декартъ посвящаетъ себя съ обновленною ревностью діоптрическимъ, химическимъ и физическимъ опытамъ, съ которыми чередуются анатомическія и медицинскія изслѣдованія, астрономическія наблюденія, метафизическія умозрѣнія. Явленіе ложныхъ солнць дало ему поводъ изслѣдовать всю область воздушныхъ явленій, въ особенности радугоу. Во время небольшого путешествія въ Англію онъ наблюдалъ близъ Лондона склоненіе магнитной стрѣлки. Декартъ хотѣлъ вмѣстить все въ одну книгу, озаглавленную имъ „Міръ“, въ ней онъ стремился доказать и объяснить необходимость всего сотвореннаго. Чтобы оградить себя отъ богословскихъ возраженій, онъ прибѣгъ къ такому приему: онъ совершенно отвлекся отъ *истиннаго* міра и изслѣдовалъ, каковъ долженъ бы быть міръ, если бы Богъ заставилъ законы природы воздѣйствовать на хаотически спутанную матерію. Сперва онъ даетъ описаніе этой матеріи и приписываетъ ей простѣйшія свойства, затѣмъ излагаетъ законы природы и доказываетъ ихъ необходимость



такъ, что если бы Богъ сотворилъ много міровъ, то всѣ они управлялись бы тѣми же самыми законами. Онъ показалъ, какъ этотъ пустынный хаосъ преобразуется въ небо съ солнцемъ и звѣздами, планетами и кометами; показалъ необходимость и природу свѣта солнца и звѣздъ, какъ свѣтъ въ одинъ мигъ пробѣгаетъ неизмѣримыя пространства и какъ онъ долженъ отражаться планетами. Онъ описалъ вещество, взаимное расположеніе, движеніе и прочія свойства небесныхъ тѣлъ, такъ что можно было признать, что въ этомъ мірѣ нѣтъ ничего, что не должно бы быть таковымъ, какъ оно есть. Послѣ этого онъ спускается на землю, объясняетъ, какъ ея части должны стремиться къ центру, какъ отъ расположенія земли относительно солнца и луны происходятъ приливы и отливы, великое морское теченіе въ тропикахъ съ востока на западъ, пассатные вѣтры, какъ по законамъ природы образуются горы, моря, источники, рѣки, какъ металлы скопляются въ горныхъ жилахъ, какъ образуются всѣ сложныя тѣла, какъ произрастаютъ растенія. Послѣ этого онъ переходитъ къ животнымъ и человѣку, но тутъ онъ сознается, что ему для полности проникновенія въ необходимость этого организма недостаетъ химическихъ и анатомическихъ познаній. Однако, изъ всѣхъ этихъ формъ матеріи не можетъ возникнуть мыслящій духъ,—для этого необходимо новое божеское твореніе, онъ и хочетъ закончить свой трудъ изложеніемъ сущности духа.

Насъ поражаетъ смѣлость этого предпріятія. Вырвавшійся изъ темницъ схоластики и вновь обрѣтшій себя жадно упивается божественнымъ дуновеніемъ свободнаго изслѣдованія, ликуя стремится окрыленнымъ бѣгомъ пройти неизмѣримый путь познанія и, видя мерещуюся вдали конечную цѣль всякаго познанія, ему кажется, что онъ въ состояніи достигнуть ея въ утлой ладѣ.

17-го февраля 1600 года въ Римѣ на площади Флоры, переть театромъ Помпея былъ заживо сожженъ *Джіордано Бруно*, причѣмъ осудившіе его дрожали больше, нежели онъ самъ. 19-го февраля 1619 года въ Тулузѣ былъ задушенъ *Ванини*, послѣ того какъ клетцами ему былъ вырванъ языкъ, тѣло-же его затѣмъ было обращено въ пепель. *Компанеллу* таскали по 50 подземнымъ темницамъ и семь разъ подвергали жесточайшей пыткѣ, изъ которыхъ одна продолжалась сорокъ часовъ.

Повидимому, ничто, однако, не произвело на Декарта такого впечатленія, какъ полученное въ 1633 году, какъ разъ во время послѣдняго просмотра „Мира“ передъ отсылкою къ отцу Мерсенну, извѣстіе, что знаменитѣйшій, любимый и искренно уважаемый Тосканскимъ герцогомъ Галилей захваченъ инквизиціей и на колѣняхъ долженъ былъ отречься, какъ отъ ереси, отъ движенія земли вокругъ неподвижно стоящаго солнца. Въ душѣ Декарта произошло болѣзненное

раздвоеніе, которое онъ никогда болѣе не смогъ побороть. Онъ былъ настолько же убѣжденъ въ вѣрности ученія Коперника, насколько и въ своемъ собственномъ существованіи, настолько же онъ былъ убѣжденъ и въ непогрѣшимости папы. Въ тоскѣ онъ рѣшается не давать ходу своему произведенію. Работы двухъ столѣтій закрѣпили въ непоколебимыхъ умозаключеніяхъ то, что тогда носилось передъ творческимъ взоромъ въ неясно очерченныхъ образахъ, свободное изысканіе привело къ такимъ познаніямъ, о которыхъ въ то время и не мечтали. Въ болѣе счастливые дни, когда жизнь генія не пресѣкается болѣе огненной цензурой, мы имѣемъ возможность привѣтствовать „Мірѣ“ благороднаго ума и великаго изслѣдователя <sup>1)</sup>, котораго мы съ гордостью называемъ своимъ—„Мірѣ“, столь богато возмѣстившій насъ за тотъ прежній погибшій.

Наконецъ, друзьямъ удалось поколебать принятое Декартомъ рѣшеніе ничего при жизни изъ своихъ сочиненій не печатать, и въ 1637 г. появилось въ Лейденѣ его первое большое сочиненіе, на которое онъ получилъ изъ Франціи, бывшей въ то время подъ управленіемъ великаго кардинала, основателя Парижской Академіи наукъ, почетную привилегію напечатать не только эту книгу, но и всѣ дальнѣйшіе труды его. Этотъ фактъ составляетъ отрадную противоположность тѣмъ преслѣдованіямъ, которымъ Декарту приходилось подвергаться со стороны протестантскихъ богослововъ только что основаннаго Утрехтскаго Университета. Они съ яростнымъ ожесточеніемъ взвели на его ученія навѣтъ какъ на атеистическія и опасныя для государства, и онъ нашель защиту лишь въ просвѣщенной мудрости принца Морица Оранскаго. Подобнымъ образомъ протестантскіе богословы Тюбингенскаго Университета за нѣсколько лѣтъ передъ тѣмъ изгнали нашего великаго Кеплера, отказали ему въ разрѣшеніи печатать его астрономическія сочиненія, такъ что Инспрукскимъ іезуитамъ пришлось ихъ напечатать на свой счетъ. Кеплера, котораго можно считать мученикомъ за протестантскую вѣру, безбоязненно исповѣдуемую имъ при императорскимъ дворѣ, отлучили отъ причастія за то, что онъ оставаясь вѣрнымъ Аугсбургскому исповѣданію, не хотѣлъ присягнуть конкордату и проклясть кальвинистовъ; запретили ему чтеніе библіи, какъ неподобающее мірянину, и чуть что не сожгли его мать, какъ вѣдму, при чемъ ему удалось ее спасти лишь благодаря смѣлой защитѣ передъ судомъ и благодаря своему положенію императорскаго математика.

Книга Декарта содержитъ четыре различныхъ сочиненія: статью „О методѣ правильно направлять свой умъ для изысканія истины въ

---

<sup>1)</sup> Алекс. Гумбольдтъ, и его сочиненіе „Космосъ“, т.-е. „Мірѣ“, какъ разъ только что вышедшее. (*Примѣч. переводчика*).

науках“, „Диоптрику“, „Метеоры“ и „Геометрію“. Въ трехъ послѣднихъ сочиненіяхъ онъ хотѣлъ дать примѣры приложенія своего метода къ предмету чисто математическому, чисто физическому и смѣшанному. Его „Геометрія“ преобразовала математическія науки, освободила геометрію отъ господства частныхъ и фигуръ и сдѣлала ее предметомъ общаго исчисленія. Въ его диоптрикѣ мы находимъ начало того представленія о свѣтѣ, къ которому въ настоящее время возвратились физики, и единственно которымъ они въ состояніи объяснить удивительные законы простаго и двойнаго лучепреломленія и образованія цвѣтовъ. Я подразумеваю теорію волнообразнаго движенія, согласно которой не матерія, отдѣлившаяся отъ свѣтящагося тѣла, направляется къ нашему глазу, а приходитъ въ колебанія свѣтовой эфиръ.

Но я хочу остановиться подробнѣе лишь на *Методѣ* Декарта, какъ кратко называютъ первое изъ упомянутыхъ сочиненій; въ немъ онъ даетъ картину своего творчества. По простому и благородному изложенію это сочиненіе составляетъ вмѣстѣ съ тѣмъ никѣмъ еще непревзойденный памятникъ французской литературы.

Здравый разсудокъ,—такъ начинается онъ свой *Методъ*,—изъ всѣхъ вещей въ этомъ мірѣ наилучшимъ образомъ распредѣленъ, ибо даже тѣ, которые въ остальномъ ничѣмъ не довольны, находятъ, что удѣленная имъ доля достаточна. Этимъ онъ не хочетъ сказать, что они ошибаются, но что это показываетъ, что разумъ въ началѣ заложенъ въ каждомъ полностью, и что различіе мнѣній происходитъ лишь отъ различія въ ходѣ, придаваемомъ нами мыслямъ, и отъ различія разсматриваемыхъ нами предметовъ. Декартъ считаетъ, что самъ онъ съ юношескаго возраста находился на пути, приведшимъ его къ надежному способу подняться въ своихъ познаніяхъ до высшей ступени, которая вообще была для него достижима, по свойствамъ его духовныхъ силъ и по краткости человѣческой жизни. Но чтобы отъ общественнаго мнѣнія узнать, не ошибается ли онъ,—онъ желаетъ открыто представить эти пути слѣдованія своего духа и всю свою жизнь какъ на картинѣ. Сочиненіе его не должно содержать общихъ правилъ, которымъ каждый могъ бы слѣдовать, но его надо разсматривать какъ исторію или басню, изъ которой всякій можетъ почерпнуть то, что ему покажется подходящимъ.

Съ самаго дѣтства,—продолжаетъ онъ,—я воспитанъ въ наукахъ, и такъ какъ мнѣ говорили, что черезъ нихъ можно получить вѣрный и ясный взглядъ на всѣ полезные въ жизни предметы, то я питалъ непреодолимую страсть къ ихъ изученію. Однако, по окончаніи обычнаго курса наукъ, я почувствовалъ себя подверженнымъ столь многимъ заблужденіямъ и сомнѣніямъ, что я самъ себя казался еще болѣе несвѣдущимъ, нежели ранѣе. Между тѣмъ, я учился въ одной изъ первыхъ школъ Европы, въ которой должны были быть такіе ученые

какъ нигдѣ въ мірѣ; я выучилъ все, что тамъ преподавали, кромѣ того, я изучилъ о труднѣйшихъ и сокровеннѣйшихъ матеріяхъ всѣ книги, къ которымъ я только могъ получить доступъ; меня причислили къ наилучшимъ ученикамъ, хотя нѣкоторые изъ нихъ уже предназначались намъ въ учителя; наконецъ, мнѣ казалось, что нашъ вѣкъ столь же богатъ хорошими умами, какъ и всякій другой,—поэтому я счелъ возможнымъ судить о другихъ по себѣ и призналъ, что ни одна отрасль знаній не дала того, на что подавала надежду.

Однако, я не пересталъ цѣнить это школьное обученіе: языки, какъ я видѣлъ, помогаютъ въ познаніи древнихъ, прелестные мифы освѣжаютъ духъ, исторія, читаемая съ осторожностью, образуетъ сужденія, подвиги же, въ ней описываемые, возвышаютъ душу; чтеніе всѣхъ хорошихъ книгъ казалось мнѣ какъ бы бесѣдою съ выдающимися умами прошлаго, и притомъ бесѣдою изысканною, въ которой они открываютъ свои наилучшія мысли; я не отрицалъ силы краснорѣчія, красоты поэзіи, остроумія открытій математики, удовлетворяющихъ жажду изслѣдованія, усовершенствующихъ ремесла и облегчающихъ работу человѣка; я зналъ, что въ морали заключаются полезныя правила добродѣтели, что богословіе указываетъ путь въ рай, что философія учитъ говорить о всякихъ предметахъ допустимымъ образомъ и снискивать себѣ удивленіе полужнаекъ, что медицина и правовѣдѣніе знатокамъ ихъ доставляютъ почетъ и богатство, наконецъ, что полезно знаніе всякихъ наукъ, даже самыхъ суевѣрныхъ, какъ астрологія и алхимія, чтобы ни одной не быть обманутымъ.

Мнѣ казалось, что я потратилъ достаточно времени на языки и на старыя книги. Общеніе съ прошедшими вѣками подобно странствованіямъ: кто слишкомъ много странствуетъ, становится наконецъ чужимъ въ своей землѣ, и кто слишкомъ ревностно изслѣдуетъ дѣла минувшаго, часто не знаетъ современнаго. Краснорѣчіе и поэзію я считалъ скорѣе за божественный даръ, нежели за предметъ изученія. Математика привлекала меня больше всего твердостью и очевидностью своихъ основныхъ положеній, но я удивлялся, что на такомъ прочномъ основаніи не возведено болѣе величественнаго зданія, противопоставляя для сравненія сочиненія древнихъ о нравственности, съ гордыми, но на песокъ построенными замками. Они ставятъ добродѣтель весьма высоко и выставляютъ ее какъ самое прекрасное въ этомъ мірѣ, но они не достаточно выясняютъ ея сущности, и часто то, чему они придаютъ столь высокое имя, есть лишь безчувственность, или гордость, или отчаяніе, или убійство. Что касается богословія, я настолько же, какъ и всякій другой, желаю попасть въ рай, но такъ какъ пути туда одинаково доступны и самымъ ученымъ и самымъ неученымъ, истины же откровенія, какъ мнѣ говорили, превыше нашего разума, то я не рѣшился включить богословіе въ кругъ моихъ из-

слѣдованій. Относительно философіи я не надѣюсь лучше достигнуть цѣли, нежели тѣ замѣчательные умы, которые въ теченіе столькихъ вѣковъ не достигли ни до чего такого, о чемъ не было бы споровъ и о чемъ, слѣдовательно, не господствовало бы сомнѣніе. Даже больше, увидавъ многообразіе мнѣній философовъ, тогда какъ истина только *одна*, я сталъ сомнѣваться во всемъ, что лишь допустимо. Правовѣдѣніе и медицина, которыя заимствуютъ свои начала отъ философіи, едва ли могутъ возвести что-либо прочное на столь зыбкомъ основаніи, заботы же о почестяхъ или выгодахъ не могли меня привлечь подъ ихъ знамя, такъ какъ мое положеніе, слава Богу, не вынуждало меня дѣлать изъ науки заработка, славой же я хотя и не пренебрегалъ, какъ циники, но и не стремился пріобрѣсти ее незаслуженно.

Поэтому, какъ только я вышелъ изъ школьнаго возраста, я совершенно прекратилъ изученіе наукъ и рѣшилъ учиться лишь по великой книгѣ міра, почему и употребилъ остатки моей молодости на то, чтобы путешествовать, повидать дворы, арміи, людей всѣхъ сословіи и характеровъ, накоплять опытность и испытывать себя въ житейскихъ превратностяхъ. Но я нашель, что привычки и обычаи людей на столько же противоположны другъ другу, какъ и ученія въ школѣ, и я вновь пришелъ къ выводу, что нельзя ничего принимать за справедливое и хорошее лишь потому, что за него говорятъ привычка и примѣры; такимъ образомъ, я постепенно освободился отъ многихъ заблужденій и предрасудковъ.

Наконецъ, послѣ нѣсколькихъ лѣтъ изученія міра, я рѣшилъ однажды изучать и самого себя, чтобы заставить свой собственный разумъ указать мнѣ путь, по которому я долженъ слѣдовать. Я думаю, что это мнѣ удалось лучше, нежели было бы въ томъ случаѣ, если я не покидалъ бы школы и дома. Я принялъ это рѣшеніе, находясь въ Германіи, куда меня привлекли войны, продолжающіяся и до сихъ поръ, послѣ моего возвращенія къ арміи съ коронаціи императора во время зимней стоянки, когда меня не отвлекали отъ моихъ мыслей ни развлеченія, ни заботы, ни страсти. Я, прежде всего остановился на той мысли, что набранное изъ нѣсколькихъ частей, исполненное многими художниками произведеніе рѣдко обладаетъ такимъ совершенствомъ, какъ выпедшее изъ рукъ одного мастера.

Наше образованіе и показалось мнѣ такимъ наборомъ, ибо въ юности, съ одной стороны, нами руководятъ наши страсти, съ другой—наши учителя; эти два руководства часто находятся въ противорѣчій между собою и часто оба не достигаютъ цѣли. Мнѣ тогда представилось, что наши заключенія были бы гораздо правильнѣе и надежнѣе если бы намъ было дано полное пользованіе нашимъ разумомъ съ самаго рожденія и если бы мы были предоставлены лишь его руководству. Мнѣ казалось поэтому, что наилучшее, что я могъ сдѣлать,

либо для насъ недостижимомъ, напр., что мы не обладаемъ Китаемъ или Мексикою. Въ такомъ случаѣ наше желаніе быть здоровыми, когда мы больны, быть свободными, когда мы въ плѣну, стало бы не сильнѣе желанія быть съ алмазнымъ тѣломъ, или съ крыльями, какъ у птицъ. Однако, онъ сознается, что требуется настойчивое упражненіе и многократно повторяемое размышленіе, чтобы привыкнуть къ разсматриванію всего съ этой точки зрѣнія. Онъ полагаетъ, что въ этомъ и состояла тайна древнихъ философовъ, которые умѣли избѣгнуть господства рока и, несмотря на страданія и бѣдность, могли быть богаче, свободнѣе, могущественнѣе другихъ людей, и даже у своихъ боговъ оспаривали счастье.

Въ заключеніе этой морали онъ обозрѣваетъ различныя людскія занятія и находитъ, что онъ ничего не можетъ дѣлать лучшаго, какъ пребывать въ своемъ и употребить свою жизнь на развитіе своего разума и изслѣдованіе истины, на что онъ уже имѣлъ свой методъ, ибо ничто не могло сравниться съ тою великою радостью, которую онъ испытывалъ отъ ежедневнаго прироста своихъ знаній, получаемаго благодаря его методу. Такъ какъ наша воля отъ природы стремится къ тому или удаляется отъ того, что разумомъ признается хорошимъ или дурнымъ, то онъ былъ убѣжденъ, что правильными воззрѣніями и понятіями пріобрѣтаются всѣ блага и добродѣтели, и это убѣжденіе и эта надежда преисполняютъ его высочайшею удовлетворенностью и блаженствомъ.

Установивъ свои положенія, какъ непоколебимыя правила вѣры, онъ считаетъ, что можетъ освободиться отъ всѣхъ остальныхъ своихъ мнѣній, но, чтобы возвести само новое зданіе, онъ рѣшаетъ выждать болѣе зрѣлаго возраста, до того же времени заняться упражненіемъ въ единственной наукѣ, обладающей очевидными обоснованіями и доказательствами,—въ математикѣ; этимъ пріучить свой умъ обращаться въ истинахъ и не довольствоваться допустимыми доводами; приложеніями математики къ физикѣ, опытами и наблюденіями пріобрѣсти болѣе богатое познаніе природы; постояннымъ примѣненіемъ болѣе и болѣе усовершенствоваться въ своемъ методѣ и болѣе и болѣе удаляться отъ старыхъ предразсудковъ и мнѣній. Достигнувъ зрѣлаго возраста и, какъ мы видѣли, понужденный благочестивымъ кардиналомъ къ изложенію своей системы и сообщенію своихъ открытій, какъ къ священной обязанности, онъ, наконецъ, переходитъ къ основанію своей философіи. Но весь прежній міръ представленій былъ имъ уничтоженъ: для него все колеблется, онъ не имѣетъ почвы подъ ногами, и гдѣ же въ этомъ морѣ сомнительнаго ему взять полную достовѣрность за исходное положеніе, за угловой камень своего зданія? Удивительно ли послѣ этого, что для него, коего все бытіе цѣликомъ претворилось въ размышленіе, оно одно непоколебимо достовѣрно, болѣе,

нежели собственное существованіе, или скорѣе, что самое его существованіе становится для него достовѣрнымъ, потому что *онъ мыслитъ*. Поэтому онъ пишетъ и владеть, какъ основное начало своей философіи, положеніе:

*Мыслю следовательно существую; je pense, donc je suis; cogito, ergo sum.*

Эти слова стали исходными новой философіи, это есть лозунгъ, съ которымъ новая наука движется впередъ. Человѣкъ знаетъ, въ чемъ его сущность, туманъ схоластики разорванъ, солнце мысли возшло надъ обновленнымъ міромъ и въ его свѣтъ ходимъ мы и поднесъ. Это не есть дикій, безсознательный натискъ, противопоставляемый государству и религіи, это есть спокойная увѣренность познавшаго себя ума, который *въ нихъ и съ ними* желаетъ разрѣшить задачу человечества. Мудрая умѣренность съ восторженною дѣятельностью,—вотъ что вездѣ отличаетъ Декарта, и даже Римъ принялъ его сочиненія съ весьма мягкимъ примѣчаніемъ въ Указателѣ „дондеже исправлены будутъ“ (donec corrigantur 22 Nov. 1663).

Въ мое намѣреніе не можетъ входить развитіе передъ вами системы ученія Декарта, какъ оно изложено имъ далѣе въ *Методъ* и послѣдовавшихъ за нимъ *Началахъ*. Я скажу лишь нѣсколько словъ о двухъ принцессахъ, съ которыми Декартъ былъ въ тѣсномъ общеніи и которыя сопутствовали ему до конца его дней.

Въ селеніи, называемомъ Гаага, которое можно сравнить съ прекраснѣйшими европейскими городами въ то время можно было видѣть три замѣчательныхъ придворныхъ лагеря.

Двѣ тысячи гербовыхъ дворянъ, въ коллетахъ изъ буйволовои кожи, высокихъ ботфортахъ, въ оранжевыхъ шарфахъ, при палашахъ, окружали принца Оранскаго. Въ черномъ бархатѣ съ широкими кружевными воротниками и четырехугольными бородами депутаты генеральныхъ штатовъ и бургомистры являлись представителями гражданской аристократіи. Вдовствующая королева Богемская съ пятью дочерьми составляла третій придворный кругъ, въ которомъ ежедневно собиравлись дамы и свѣтское общество, отдавая должную дань красотѣ и уму принцессъ. Въ двухъ миляхъ отсюда въ деревушкѣ Эндегестъ, расположенной близъ Лейдена, въ сторону къ морю, жилъ съ Пасхи 1641 года Декартъ, ставшій съ годами доступнѣе. Старшая изъ принцессъ, Елизавета, была чудомъ учености. Въ достаточной мѣрѣ ознакомившись съ изящной словесностью и пріобрѣвъ основательныя познанія многихъ языковъ (*шесть* изучили всѣ сестры подъ руководствомъ матери), она обратилась къ болѣе серьезнымъ предметамъ—математикѣ и физикѣ. Но все, что она изучила, показалось ей мелкимъ и ничтожнымъ послѣ того, какъ въ ея руки попали сочиненія Декарта. Разказы

дружившаго съ нимъ бургграфа Дона возбудили ея желаніе познакомиться съ нимъ лично. Она приглашаетъ его къ себѣ и становится ревностной его ученицей. Онъ могъ ей сообщать свои сокровеннѣйшія мысли, свои возвышеннѣйшія метафизическія размышленія, свои отвлеченнѣйшія геометрическія изысканія и онъ заявляетъ въ своихъ „Началахъ“, ей посвященныхъ, что изъ всѣхъ его учениковъ она одна вполнѣ поняла его сочиненія <sup>1)</sup>. Изъ любви къ философіи Декарта она отклонила руку короля Польскаго Владислава IV. Когда младшій ея братъ, Филиппъ, средь бѣлаго дня на сѣнномъ рынкѣ въ Гаагѣ убилъ изъ ревности нѣкоего господина д'Эпине, мать, подозрѣвая ее въ соучастіи, выслала ее изъ Гааги, и изустное обученіе смѣнилось длительною перепиской съ Декартомъ, изъ которой, къ сожалѣнію, мы не обладаемъ письмами принцессы. До заключенія вестфальскаго міра она жила въ Кроссенѣ и Берлинѣ у своихъ бранденбургскихъ родныхъ, затѣмъ въ Гейдельбергѣ у брата своего Карла-Людвига, вслѣдствіе міра вновь вступившаго во владѣніе Пфальцемъ. Но, когда дружившая съ нею его жена, разойдясь съ мужемъ, бѣжала подъ предлогомъ охоты на подставныхъ лошадяхъ въ Кассель къ своему брату ландграфу, то и Елизавета переѣхала въ Кассель. Наконецъ, уже въ болѣе почтенномъ возрастѣ, хотя и сама была кальвинисткой, она приняла лютеранское аббатство Герфорденъ въ графствѣ Равенсбергъ, которое при доходѣ въ 20.000 талеровъ доставило ей въ первый разъ въ жизни возможность независимаго, беззаботнаго существованія. Изъ этого аббатства она сдѣлала философскую академію, до самой ея смерти слывшую за одну изъ знаменитѣйшихъ картезіанскихъ академій, и предоставляла пріемъ всякому, будь то католикъ, кальвинистъ, лютеранинъ, соцініанецъ или деистъ, лишь бы онъ занимался философіей. Она скончалась въ 1680 году на 61 году своей жизни.

Другимъ замѣчательнымъ явленіемъ того времени была молодая шведская королева *Христина*. Въ то время это была 19-ти лѣтняя дѣвушка, изучавшая ежедневно Тацита, учившаяся греческому языку и занимавшаяся серьезно науками; при этомъ она была ловка во всѣхъ тѣлесныхъ упражненіяхъ: ни одинъ изъ ея придворныхъ не могъ застрѣлить на бѣгу зайца какъ она, мастерски ѣздила верхомъ и разъ провела во время охотничьяго праздника 10 часовъ на лошади; была закалена противъ холода и жары, никогда не носила чепца или покрывала, и лишь простая шляпа съ перомъ защищала ее отъ непогоды; туалетъ заканчивала въ четверть часа,—гребенка съ повязкой составляла все ея головное убранство; ея столъ былъ простъ и безъ приправъ; сну удѣляла лишь пять часовъ.

---

<sup>1)</sup> Между прочимъ, она разсмотрѣла при помощи изобрѣтенной ея учителемъ аналитической геометріи задачу,—найти кругъ, касающійся трехъ данныхъ круговъ.



При этомъ Христина съ достоинствомъ несла одну изъ могущественнѣйшихъ коронъ; недостатокъ опытности восполнялся ея острымъ умомъ, которымъ она проникала въ запутаннѣйшія дѣла и постановляла рѣшенія. Ея вдумчивый умъ настолько овладѣвалъ государственнымъ совѣтомъ, что посѣдѣлые въ дѣлахъ совѣтники часто сами потомъ удивлялись податливости, которую они ей оказывали. Иностранные послы вели дѣла не съ министрами, какъ прежде, а непосредственно съ королевой. Какъ только Христина ознакомилась съ сочиненіями Декарта, ею овладѣло желаніе отъ него самого слушать уроки по его философіи. Когда Декартъ, несмотря на ея настойчивое приглашеніе, не рѣшался пріѣхать, она отправила весной 1649 года своего адмирала Флемминга съ кораблемъ въ Голландію въ его распоряженіе; тогда онъ болѣе не противился и въ октябрѣ 1649 года прибылъ въ Стокгольмъ.

Несмотря на зимнее время, королева ежедневно въ пять часовъ утра въ своемъ кабинетѣ брала у него урокъ; она уже намѣревалась предоставить ему наслѣдственное владѣніе въ своихъ областяхъ Помераніи или Бремена, чтобы еще болѣе привязать его къ себѣ, когда, вслѣдствіе непривычной суровости климата, въ началѣ февраля, онъ скончался послѣ непродолжительной болѣзни.

Семнадцать лѣтъ послѣ его смерти, послѣ того какъ Христина давно уже сложила корону, его прахъ былъ перевезенъ въ Парижъ и похороненъ въ церкви Св. Женевьевы, теперешнемъ Пантеонѣ. Обладать такимъ прахомъ часто гораздо удобнѣе, нежели такими живущими.

## Исслѣдованія Бриджмена въ области высокихъ давленій.

*А. В. Раковскій.*

ЧАСТЬ III.

### ВЗАИМНЫЯ ПРЕВРАЩЕНІЯ ЖИДКИХЪ И ТВЕРДЫХЪ ФАЗЪ.

#### 1.

Наиболѣе интересной и эффектной является та группа работъ Бриджмена, которая касается явленій плавленія, замерзанія и взаимныхъ превращеній твердыхъ фазъ. Число веществъ, изученныхъ уже въ данномъ отношеніи, превышаетъ сотню; во многихъ случаяхъ Бриджмену удалось открыть совершенно новые факты и явленія.

Для изученія плавленія и вообще перехода одной фазы въ другую, Бриджмень употреблялъ троякаго рода приборы. Во всѣхъ приборахъ общими частями были манганиновый манометръ, поршень и бомбочка, стеклянная, мѣдная или стальная, содержащая изслѣдуемое вещество. Поршень, совершенно не дающій просачиванія, снабженъ микровинтомъ, позволяющимъ точно учитывать измѣненія объема  $\Delta v$  системы. Распредѣленіе этихъ важныхъ частей въ приборахъ было различно въ зависимости отъ области температуръ и давленій, въ которой предполагалось работать.

Для среднихъ температуръ и давленій Бриджмень употреблялъ два цилиндра: въ верхнемъ цилиндрѣ находился поршень, въ нижнемъ—манганиновый манометръ и бомбочка съ веществомъ. Въ первыхъ своихъ опытахъ Бриджмень оставлялъ верхній цилиндръ на воздухѣ, нижній—помѣщалъ въ термостатъ. Въ случаѣ разницы температуръ, онъ вводилъ соотвѣтственную поправку, опредѣляемую опытомъ. При аналогичномъ распредѣленіи приборовъ Тамманнъ, работавшій до 3000—4000 атмосферъ, не вводилъ указанной поправки. Въ послѣдующихъ своихъ опытахъ Бриджмень помѣщалъ также и верхній цилиндръ въ термостатъ.

Приборъ для низкихъ давленій и температуръ (до 80°) и состоялъ изъ трехъ цилиндровъ: верхняго съ поршнемъ, средняго съ манометромъ и небольшого нижняго цилиндра съ бомбочкой; этотъ послѣдній

цилиндръ помѣщался въ охладительную смѣсь изъ эфира и твердой углекислоты въ Дьюаровскомъ сосудѣ. Въ обоихъ приборахъ цилиндры соединялись трубами, и давленіе передавалось при помощи керосина или газалина.

Для высокихъ давленій и температуръ, значительно выше комнатной, приборъ состоялъ изъ одного цилиндра, такъ какъ давленій выше 12000 кгр./кв. сант., особенно при высшихъ температурахъ, никакія трубы не выдерживали.

Детали приборовъ и способы ихъ испытанія, пріученія и сборки изложены въ первой статьѣ настоящаго очерка.

Изученіе явленій плавленія и взаимныхъ переходовъ твердыхъ фазъ существенно облегчается, по сравненію съ изученіемъ свойствъ жидкостей, тѣмъ, что здѣсь процессъ превращенія сопровождается измѣненіемъ объема  $\Delta v$  при постоянныхъ давленіи и температурѣ. Слѣдовательно, все найденное опытомъ  $\Delta v$  падаетъ на изучаемое превращеніе фазъ; цѣлый рядъ поправокъ, или замѣняющій ихъ параллельный опытъ со сталью<sup>1)</sup> здѣсь отпадаетъ. Опытъ ведется такъ. Послѣ сборки прибора постепенно вгоняютъ гидравлическимъ прессомъ поршень внутрь цилиндра. При помощи микровинта опредѣляютъ измѣненіе объема системы (по величинѣ углубленія поршня и его поперечному сѣченію, здѣсь вводится въ конечномъ результатѣ поправка на упругое измѣненіе поршня подъ вліяніемъ давленія и температуры). Послѣ 15 — 20 минутъ ожиданія для разсѣянія теплоты сжатія производятъ отсчетъ манометра. На оси абсциссъ откладываютъ давленіе, на оси ординатъ—положенія поршня. Допустимъ, что изслѣдуемое вещество—жидкая вода. Пока происходитъ при данной температурѣ только сжатіе жидкой воды, всякому смѣщенію поршня соотвѣтствуетъ повышеніе давленія (кривая *ab*). Когда же вода начнетъ замерзать, приходится для поддержанія постояннаго давленія углублять поршень. Получаемъ рѣзкое измѣненіе объема системы (прямая *bc*) при постоянныхъ давленіи и температурѣ. Когда вся вода замерзнетъ, опять всякому движенію вглубь поршня будетъ отвѣчать возрастаніе давленія (кривая *cd*). При уменьшеніи давленія, т.е. при постепенномъ движеніи поршня вверхъ, мы опишемъ въ обратномъ порядкѣ ту же кривую *dcba*. Этимъ методомъ мы одновременно получаемъ всѣ необходимыя данныя для изученія процесса превращенія фазъ: давленіе, температуру и измѣненіе объема.

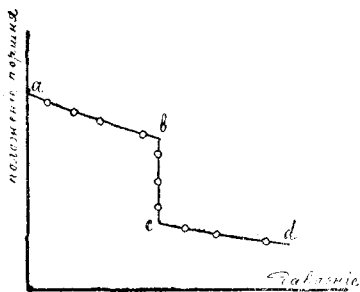


Рис. 1.

<sup>1)</sup> См. вторую статью о свойствахъ жидкостей.

Результаты считаются хорошими, если переходъ отъ  $ab$  къ  $cd$  дѣйствительно рѣзокъ и не малъ. Если исходить изъ жидкой фазы, то очень часто картина нѣсколько затемняется тѣмъ фактомъ, что жидкую фазу легко переохладить; кривая  $ab$  не обрывается въ  $b$ , а продолжается нѣсколько дальше (иногда на 1000 и больше атмосферъ), потомъ, когда начинается процессъ замерзанія, происходитъ рѣзкій и внезапный скачекъ въ давленіи (возвращеніе въ точку  $b$ ). Такой скачекъ въ давленіи, въ особенности въ области высокихъ давленій, чрезвычайно вредно отзывается на прочности прибора и точности его показаній. Описанныхъ вредныхъ явленій вовсе не бываетъ, если мы движемся въ обратномъ направленіи, т.-е. изучаемъ плавленіе. Такъ какъ твердую фазу нельзя перегрѣть, по отношенію къ жидкой, то скачекъ происходитъ всегда въ  $c$ ; кривая  $cd$  не можетъ быть продлена влѣво. Кроме того, приборы работаютъ гораздо лучше, когда мы идемъ отъ вышнихъ давленій къ низшимъ (вліянія пріученія металла къ высокимъ давленіямъ).

Въ виду сказаннаго, Бриджменъ, какъ правило, дѣлалъ отсчеты необходимыхъ величинъ при плавленіи, а не при замерзаніи вещества.

По найденнымъ опытамъ давленія  $p$ , температуръ  $t$  и измѣненіи объема  $\Delta v$  при превращеніи фазъ, Бриджменъ вычислялъ: 1) скрытую теплоту плавленія (или перехода одной твердой фазы въ другую)  $\Delta H$ , по уравненію Клапейрона.

$$\Delta H = T \Delta v \frac{dp}{dt}$$

гдѣ  $T$ —абсолютная температура превращенія фазъ при данномъ давленіи, а  $\frac{dp}{dt}$  опредѣляется изъ кривыхъ ( $p, t$ ) превращенія (напримѣръ, кривыхъ плавленія);

2) механическую работу превращенія

$$\Delta R = p \Delta v,$$

3) измѣненіе внутренней энергіи вещества при переходѣ изъ одной фазы въ другую

$$\Delta E = \Delta H - p \Delta v;$$

Разсмотримъ теперь рядъ наиболѣе интересныхъ результатовъ, полученныхъ Бриджменомъ.

2.

*Ртуть.*

Для ртути найдена одна только твердая фаза, соотвѣтственно чему мы имѣемъ только одну кривую плавленія ртути.

Измѣненіе объема при замерзаніи ртути незначительно, всего 3% отъ всего ея объема. Величина  $\left(\frac{dp}{dt}\right)_v$  при обыкновенномъ давленіи 196,4, при 12000 кгр./кв. сант. = 199,3. Эти цифры показываютъ насколько кгр. надо повысить давленіе, чтобы температура замерзанія повысилась на 1°. Въ таблицѣ I приведены нѣкоторые данныя, полученныя для ртути.

Т А Б Л И Ц А I.

Температура замерзанія.	Давленіе кгр./кв. сант.	$\Delta v$ для грамма Hg въ куб. сант.	$\Delta H$ скрытая теплота плавленія, гр. кал. для грамма Hg.
— 40°	1	0,002534	2,720
— 30°	1740	0,002526	2,828
— 20°	3710	0,002515	2,939
— 10°	5670	0,002492	3,025
0°	7640	0,002454	3,103
+ 10°	9620	0,002393	3,149
+ 20°	11600	0,002311	3,163

На рисунокѣ 2 показаны кривая плавленія ( $p, t$ ) и кривая измѣненія объема при замерзаніи ртути для разныхъ давленій<sup>1)</sup>. Слѣдуетъ обратить вниманіе на послѣднюю кривую: къ оси давленій она обращена своею вогнутостью. Весьма важенъ также рисунокъ 3, показывающій изотермы жидкой и твердой ртути. Кривыя  $AB$  и  $A'B'$  суть пограничныя кривыя области, гдѣ ртуть не можетъ существовать въ видѣ одной фазы, а немедленно раздѣляется на жидкую и твердую фазы. Къ этимъ рисункамъ 2 и 3 мы еще вернемся въ концѣ статьи, когда будемъ говорить о теоріяхъ твердаго и жидкаго состояній.

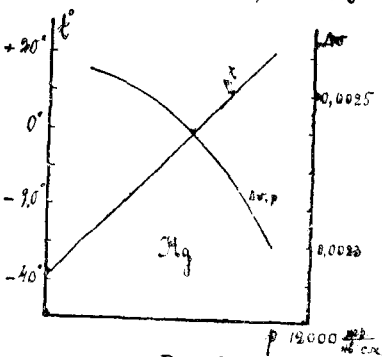


Рис. 2.

Температуры плавленія ртути при разныхъ давленіяхъ были опре-

<sup>1)</sup> Для первой кривой масштаб слѣва, для второй ( $\Delta v.p$ )—справа.

дѣлены еще измѣреніемъ электрическаго сопротивленія ртутнаго капилляра. Детали этого способа описаны въ статьѣ о методикѣ опытовъ Бриджмена. Электрическій способъ опредѣленія  $p$  и  $t^0$  кривой плавленія точнѣ „поршневого“ способа, но, къ сожалѣнію, онъ годится

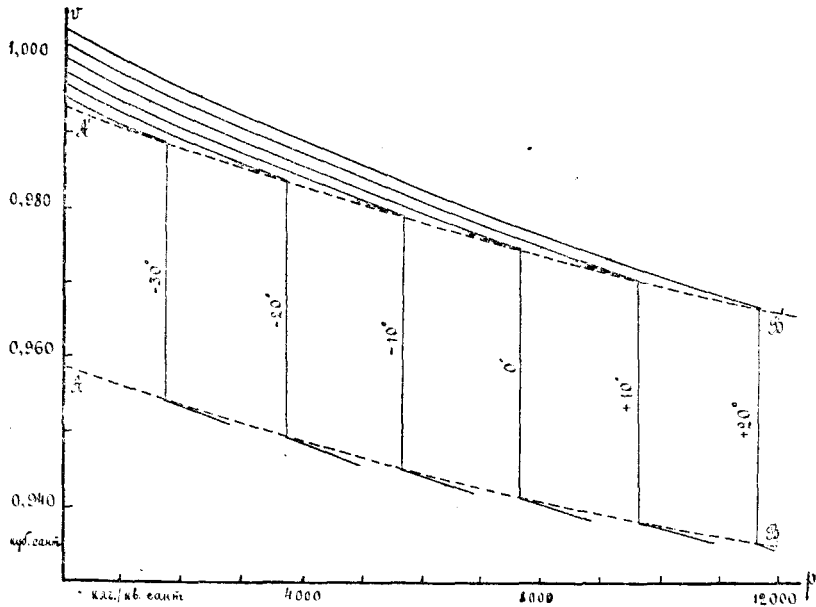


Рис. 3.

только для ртути, но не для воды и ряда другихъ веществъ; кромѣ того онъ не даетъ третьей важной величины—измѣненія объема при плавленіи. При замерзаніи ртути происходитъ рѣзкое паденіе (до 1,3) электрическаго сопротивленія ея: такъ, при  $-15,1^0$  и 5450 кгр./кв. сант. электрическое сопротивленіе жидкой ртути 0,863, твердой—0,258; за единицу принято электрическое сопротивленіе того же столбика ртути при  $-15,1^0$  и атмосферномъ давленіи <sup>1)</sup>.

### 3.

#### В о д а.

Первое, изученное Бриджменомъ, вещество—ртуть—дало очень простую картину явленій плавленія, второе же вещество—вода,—напротивъ, дало чрезвычайно сложную и интересную картину.

<sup>1)</sup> Интересенъ способъ Бриджмена опредѣленія  $\Delta v$  при замерзаніи ртути при обыкновенномъ давленіи. Способъ этотъ состоитъ во взвѣшиваніи подъ сѣроуглеродомъ замершей ртути при постепенномъ повышеніи температуры сѣроуглерода (взвѣшиваніе черезъ каждыя  $1,2^0$ ). Кажущійся вѣсъ ртути при повышеніи температуры правильно падаетъ, но въ моментъ плавленія объемъ ртути рѣзко увеличивается, и вѣсъ ея рѣзко падаетъ. Такъ, 140 граммъ ртути во время плавленія теряетъ въ вѣсъ 0,6 грамма. По этой потерѣ въ вѣсъизмѣненіе объема при плавленіи ртути при атмосферномъ давленіи вычисляется въ 0,002534 куб. сант. (среднее).



ніемъ. Эта кривая замѣчательна тѣмъ, что она идетъ сверху внизъ, что стоитъ въ тѣсной связи съ тѣмъ фактомъ, что удѣльный объемъ льда I больше удѣльнаго объема жидкой воды. При повышеніи, слѣдовательно, давленія температура замерзанія воды понижается по сложному закону: при атмосферномъ давленіи  $dp/dt = 138,5$  при 2000 атмосферахъ  $dp/dt = 74$ . Эти цифры показываютъ, насколько атмосферъ надо повысить давленіе вблизи  $0^\circ$  и  $-20^\circ$ , чтобы понизить температуру замерзанія на  $1^\circ$ . Измѣненіе объема  $\Delta v$  при плавленіи льда I тѣмъ больше, чѣмъ выше давленіе (при 1 кгр./кв. сант.  $\Delta v = 0,900$  куб. сант. при 1970 кгр./кв. сант.  $\Delta v = 0,1313$  куб. сант. для 1 грамма воды), что объясняется большею сжимаемостью воды, чѣмъ льда. Устойчивая часть кривой I—L оканчивается въ B, но ее можно продолжить въ область льда III (вода и ледъ I неустойчивы на отрѣзкѣ Bd)<sup>1)</sup>.

Кривая взаимнаго превращенія льдовъ I и III (кривая I—III, BC—на рис. 5). Таммания получилъ ледъ III повышеніемъ давленія на ледъ I до 2500 кгр./кв. сант. при низкихъ температурахъ до  $V-60^\circ$  и послѣдующимъ повышеніемъ температуры. Бриджменъ производилъ высокое давленіе на воду при  $22^\circ$  и затѣмъ, отпуская давленіе, приходилъ на кривую равновѣсія I—III. Кривая I—III интересна тѣмъ, что ее легко продолжить въ неустойчивую для нея область льда II (отрѣзокъ Cc) въ тройной точкѣ C температура— $34,7^\circ$ , давленіе 2170 кгр./кв. сант., точка же c лежитъ около  $-70^\circ$ , слѣдовательно, ледъ III можно переохладить на  $35^\circ$ . Скорость реакціи превращенія льдовъ I и III очень своеобразна. Дѣйствуя давленіемъ на ледъ I, мы должны значительно превысить давленіе равновѣсія, чтобы заставить ледъ I превратиться въ ледъ III. При высшихъ температурахъ ледъ I встрѣчаетъ продолженіе кривой AB и здѣсь плавится въ жидкую воду, повинаясь общему закону, согласно которому твердую фазу нельзя перегрѣть по отношенію къ жидкой фазѣ. Если ледъ III образовался, то при отпусканіи давленія реакція I  $\rightleftharpoons$  III выше  $-30^\circ$  происходитъ очень быстро, иногда можно слышать рѣзкій звукъ въ аппаратѣ, обусловленный внезапнымъ измѣненіемъ объема. Но при температурахъ ниже  $-30^\circ$  реакція идетъ очень медленно и практически невозможно непосредственно измѣрить разницу объемовъ  $\Delta v$  льдовъ I и III при низкихъ температурахъ. Для опредѣленія значеній  $\Delta v$  вдоль кривой BC Бриджменъ описывалъ слѣдующій циклъ (рис. 6).

Срединная линія есть кривая равновѣсія I—III (кривая BC рисунка 5), слѣва отъ нея—область льда I, справа—область льда III. Исходимъ изъ льда I въ точкѣ 1. Держа температуру постоянной, вдвигаемъ поршень вглубь, каждый разъ точно отмѣчая его положе-

<sup>1)</sup> Координаты тройной точки B:  $t = -22^\circ, 0$ ,  $p = 2115$  кгр./кв. сант.; точка b лежитъ при  $t^\circ$  около  $-28^\circ$ .



ние и давление в камерѣ (точки 2—6). Въ точкѣ 6 изъ льда I уже образовался ледъ III. Не двигая поршня, понижаемъ температуру и отмѣчаемъ давление. Дойдя до точки A, выдвигаемъ поршень при постоянной температурѣ, пока не придемъ въ точку B. Затѣмъ такимъ же образомъ опишемъ пути BC, CD, DE, EF и FG. Въ конечномъ результатѣ при правильной работѣ точка G должна совпасть съ точкой 1, что и имѣло мѣсто въ опытахъ Бриджмена.

Наиболѣе важны пути BC и DE. Каждый изъ нихъ лежитъ въ области одного только льда и идетъ очень близко къ кривой равновѣсія I—III. Зная  $p, t$  и положенія поршня въ различныхъ точкахъ этихъ путей, нетрудно вычислить  $\Delta v$  вдоль кривой равновѣсія I—III. Описанный здѣсь циклъ довольно простъ; въ другихъ случаяхъ Бриджмену приходилось проводить значительно болѣе сложные циклы для опредѣленія  $\Delta v$ .

Кривая I—III интересна еще тѣмъ, что она для глаза почти вертикальна, въ дѣствительности она слегка изогнута, какъ это видно изъ таблицы II.

Легкая изогнутость кривой I—III при вертикальномъ направленіи сказывается въ весьма малой скрытой теплотѣ ( $\Delta H$ ) превращенія

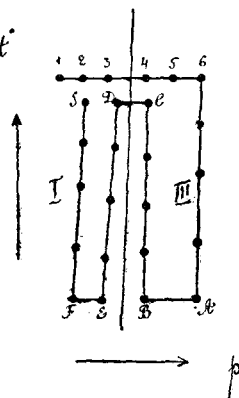


Рис. 6.

Т А Б Л И Ц А II.

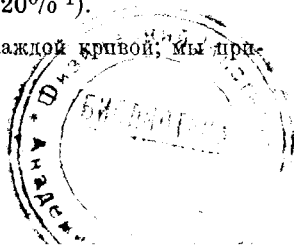
(Кривая I—III).

$t^{\circ}$	$p$ кѣл./кв. сан.	$v$ куб. сан.	$p \cdot \Delta v$ гр. кал. гр.	$\Delta H$ гр. кал. гр.	$\Delta E$ гр. кал. гр.
— 60	2117	0,2049	10,13	— 5,5	4,6
— 50	2160	0,2023	10,24	— 2,1	8,1
— 40	2178	0,1992	10,17	— 0,7	10,9
— 30	2156	0,1919	9,69	— 3,5	13,2
— 20	2103	0,1773	8,74	— 5,6	14,3

льдовъ, при чемъ выше — 40° ледъ I при переходѣ въ ледъ III абсорбируетъ теплоту, ниже — 40° — выдѣляетъ ее. Внутренняя же энергія ( $\Delta E$ ) льда III на всемъ протяженіи больше, чѣмъ у льда I.

Ледъ III плотнѣе воды и, слѣдовательно, льда I, при превращеніи льда I въ ледъ III объемъ сокращается на 20%<sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> Таблицы, аналогичныя II, даны Бриджменомъ для каждой кривой; мы приводимъ здѣсь наиболѣе интересныя изъ нихъ.



Кривая плавления льда III (кривая III—L, BE на рис. 5) принадлежит къ очень труднымъ для опредѣленія кривымъ въ виду большой медленности реакціи, малымъ значеніямъ  $\Delta v$ <sup>2)</sup> и большой скрытой теплотѣ перехода. При  $-22^{\circ}$  и 2115 кгр./кв. сант. (точка B)  $\Delta v = 0,0466$  к. с.,  $\Delta H = 50,9$ , при  $-17,0^{\circ}$  и 3530 кгр./кв. сант. (точка E),  $\Delta v = 0,0231$  и  $\Delta H = 61,4$ . При замерзаніи воды въ ледъ III, слѣдовательно, объемъ воды сокращается на 2—4%.

Кривая превращенія льдовъ I и II (кривая I—II, CD на фиг. 5).

Ледъ II интересенъ тѣмъ, что область его устойчивости со всѣхъ сторонъ окружена областями льдовъ, и слѣдовательно, онъ непосредственно не плавится. Получается ледъ II изъ льда I сильнымъ повышеніемъ давленія при низкихъ температурахъ. Для того, чтобы вызвать образованіе льда II, надо первый разъ превысить давленіе равновѣсія на 1000 клг. Кривая I—II не можетъ быть продолжена въ область льда III. Здѣсь мы имѣемъ рѣдкій случай, когда одну твердую фазу (ледъ II) нельзя перегрѣть относительно другой (льда III), подобно тому, какъ нельзя перегрѣть вообще твердую фазу по отношенію къ жидкой. Въ точкѣ C ледъ II немедленно превращается въ ледъ III, и при повышеніи температуры мы переходимъ съ кривой I—II на кривую I—III. Кривая I—II прослѣжена до  $80^{\circ}$ . При экстраполированіи эта кривая встрѣчаетъ абсолютный нуль температуры при нулевомъ давленіи. Ледъ II плотнѣе льда I; при превращеніи льда I въ II объемъ уменьшается процентовъ на 22, при чемъ выдѣляется теплота ( $\Delta H = 8 - 10$  кал.). Внутренняя энергія льда II больше энергіи льда I.

Кривая превращенія льдовъ II и III (кривая II—III CF на фиг. 5) чрезвычайно трудна для изученія. Открытіе этой кривой (подтвержденное впоследствии Тамманномъ) рѣшаетъ споръ между Тамманномъ и Роозебумомъ въ пользу послѣдняго: точка C — несомнѣнно, тройная точка. Причина большой трудности изученія этой кривой лежитъ въ весьма небольшой разницѣ уд. объемовъ льдовъ II и III (около 1,5—2%). Искать ее, пользуясь разрывомъ сплошности въ кривой ( $\Delta v, p$ ), (фиг. 1) нельзя. Бриджменъ при изученіи этой кривой держалъ поршень въ неподвижномъ положеніи, а измѣнялъ температуру системы и искалъ разрыва (скачка) въ кривой ( $p, t$ ). Опредѣленіе же значеній  $\Delta v$  для этой кривой было сдѣлано при помощи сложныхъ цикловъ въ областяхъ льдовъ II, III и V. Уд. объемъ льда II меньше объема льда III, такъ же, какъ и внутренняя энергія его. Теплота поглощается, когда ледъ II превращается въ ледъ III.

Кривая превращенія льдовъ III и V (кривая III—V EF на фиг. 5). Ледъ III можетъ существовать въ области льда V и

<sup>2)</sup> Тамманнъ для этой кривой не опредѣлилъ  $\Delta v$ .

обратно вблизи разделяющей эти области кривой III—V. Для того, чтобы вызвать превращение III  $\rightleftharpoons$  V, необходимо превысить давление для реакции III  $\rightarrow$  V и сильно же понизить его для реакции V  $\rightarrow$  III, чѣмъ давление равновѣсія. Но если въ данномъ приборѣ были уже разъ оба льда, то реакція III  $\rightleftharpoons$  V происходитъ безъ затрудненій. Эта реакція весьма замѣчательна по своей скорости. При  $-20^{\circ}$  она моментальна, взрывообразна (explosive), при  $-35^{\circ}$  реакція заканчивается при прочихъ равныхъ условіяхъ черезъ нѣсколько часовъ. Реакція превращенія льдовъ III  $\rightleftharpoons$  V обладаетъ огромнымъ температурнымъ коэффициентомъ.

Разница уд. объемовъ этихъ льдовъ достигаетъ до 5,5%; скрытая теплота превращенія очень мала,—меньше одной калоріи.

Кривая превращенія льдовъ II и V (кривая II—V, *FG* на рис. 5).

Ледъ II не можетъ быть перегрѣтъ относительно льда V; при повышеніи температуры или давления, отвѣчающихъ кривой *FG*, ледъ II тотчасъ же превращается въ ледъ V. Скорость превращенія II  $\rightarrow$  V тоже быстро измѣняется съ температурой. Координаты точки *F*:  $t = 24,3^{\circ}$ ,  $p = 3510$  кгр./кв. сант., точки *G*:  $t = -34^{\circ}$ ,  $p = 4200$  кгр./кв. сант.

Кривая плавленія льда V (кривая V—I, *EH* на фиг. 5). Очень интересна исторія открытія льда V. Ледъ VI былъ открытъ раньше льда V. Бриджменъ, изучая кривую плавленія льда VI, дошелъ до температуры  $-8^{\circ}$ . Обычная картина хода поршня и давления при этомъ показана на Рис. 7. По мѣрѣ углубленія поршня давление правильно возрастаетъ (*AB*), въ *B*—жидкая вода замерзаетъ въ ледъ VI, давление слегка понижается до *b* и остается постояннымъ при углубленіи поршня до *C*, въ *C* уже вся вода замерзаетъ въ ледъ VI, дальнѣйшее углубленіе поршня вызываетъ быстрый и правильный ростъ давления (кривая *C*).

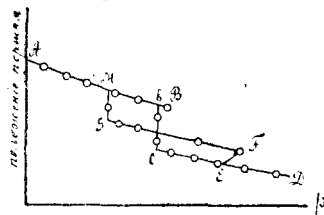


Рис. 7.

При постепенномъ снятіи давления (выниманіе поршня) получаютъ тѣ же кривыя въ обратномъ порядкѣ. Давленіе, отвѣчающее *bC*, есть давленіе равновѣсія воды и льда VI при  $-8^{\circ}$ . Въ одномъ изъ опытовъ при обратномъ движеніи поршня въ точкѣ *E* произошло внезапное повышеніе давленія до *F*, а потомъ былъ описанъ новый путь *FGH*. На пути *EF* образовался новый ледъ V изъ льда VI; на пути *GH* ледъ V плавился въ жидкую воду. Та же картина была получена и при  $-6^{\circ}$ . Въ обоихъ случаяхъ послѣ вскрытія прибора оказалось, что стеклянная бомбочка, въ которой была вода, расколота благодаря внезапному повышенію давленія въ *F*. Для повторныхъ

опытовъ была взята мѣдная бомбочка: но льда V не получилось вовсе, и кривую плавленія льда VI можно было безпрепятственно изучить до  $-20^{\circ}$  (кривая  $HL_1$  фиг. 5). Черезъ два мѣсяца Бриджменъ вернулся къ опытамъ получения льда V; оказалось, что необходимымъ условіемъ образованія такого было употребленіе стеклянной бомбочки. Впослѣдствіи Бриджменъ получалъ ледъ V, бросая въ мѣдную бомбочку кусокъ стекла. Въ этихъ условіяхъ ледъ V всегда образуется изъ льда VI, изъ жидкой воды онъ въ первый разъ никогда не образуется. Но если въ данномъ приборѣ ледъ V былъ уже разъ, то онъ значительно легче получается и можетъ быть полученъ даже изъ жидкой воды.

Послѣ того, какъ ледъ V былъ полученъ и была изучена кривая  $V-L$ , Бриджмену пришлось искать и изучать кривыя  $III-V$  и  $II-V$ , и тогда оказалось, что наиболѣе легкій путь получения льда V via ледъ II; правда, при этомъ надо работать съ низкими температурами ( $-60^{\circ}$ ).

Кривая плавленія  $V-L$  прослѣжена въ предѣлахъ отъ  $0^{\circ}$  до  $-21^{\circ}$  и отъ 6380 до 3000 кгр./кв. сант. Ея устойчивая часть простирается отъ  $H$  до  $E$  (координаты  $E$ : 3530 кгр./кв. сант. и  $-17^{\circ},0$ ). Эту кривую можно продолжить въ область льда III, гдѣ, слѣдовательно, ледъ V, будучи неустойчивымъ, плавится въ воду, тоже неустойчивую здѣсь. Интересно отмѣтить, что экстраполированіе кривыхъ  $ABb$  и  $HEe$  приводит къ лабильной тройной точкѣ  $L-I-V$ , въ области льда III, но реализовать на опытѣ эту точку не удалось.

Уд. объемъ льда V меньше уд. объема воды при  $0^{\circ}$  на 5,27%, при  $-20^{\circ}$  на 8,28%, скрытая теплота плавленія его 60—70 калорій.

Кривая превращенія льдовъ V и VI (кривая  $V-VI$   $HM$  на рис. 5) замѣчательна своею почти вертикальностью, ея верхній конецъ  $H$  отвѣчаетъ  $0^{\circ}$  и 6380 кгр./кв. сант., нижній прослѣженъ до  $-25^{\circ}$  и 6365 кгр./кв. сант. Въ виду ея вертикальности, скрытая теплота превращенія  $V \rightleftharpoons VI$  ничтожна (меньше 0,2 кал.). Разница уд. объемовъ этихъ льдовъ достигаетъ до 3,8%. Здѣсь мы имѣемъ также рѣзкое паденіе скорости превращенія съ уменьшеніемъ температуры: вблизи  $H$  реакція идетъ очень быстро, при  $-25^{\circ}$  нѣтъ возможности прослѣдить реакцію до конца.

Кривая плавленія льда VI (кривая  $VI-L$   $NK$  на рис. 5) прослѣжена на протяженіи 16000 кгр./кв. сант. Ея предѣлы: около  $-20^{\circ}$  и 4500 кгр./кв. сант. (точка  $L'$ ) и  $-76,35^{\circ}$  и 20670 кгр./кв. сант. Ледъ VI былъ открытъ при изученіи сжимаемости воды и ртути. При температурахъ выше  $0^{\circ}$  получались неправильности, настолько большія, что ихъ нельзя было объяснить явленіями замерзанія ртути. Предположеніе, что выше  $0^{\circ}$  подъ вліяніемъ высокихъ давленій вода замерзаетъ, подтвердилось послѣдующими опытами.

Т А Б Л И Ц А II.  
Плавление льда VI.

$t^{\circ}$	$p$ ккг./кв. сант.	$v$ куб. сант./гр.	$p dv$	$\Delta H$ гр. кал. на гр.	$\Delta E$
— 15,0	4790	0,0980	10,99	59,0	48,0
0	6360	0,0916	13,66	70,4	56,7
+ 20	9000	0,0751	15,84	76,6	60,8
+ 40	12390	9,0590	17,14	81,7	64,6
+ 60	16690	0,0477	18,68	90,5	71,8
+ 67,5	18500	—	—	—	—
+ 76,35	20670	—	—	—	—

Выше  $60^{\circ}$  и 16690 кгр./кв. сант. ошибки опыта, благодаря явлениям послѣдствій и гистеризиса, дѣлали невозможнымъ точное опредѣленіе  $\Delta v$ <sup>1)</sup>.

Итакъ, при 20670 кгр./кв. сант. вода замерзаетъ при  $+76,35^{\circ}$ ; несомнѣнно, такой ледъ можетъ быть названъ *горячимъ льдомъ*.

Въ ученіи о фазахъ весьма важную роль играютъ тройныя точки (для системъ съ однимъ компонентомъ). Въ тройной точкѣ должны сойтись три кривыя, и въ этой точкѣ три фазы находятся въ равновѣсіи. Координаты пяти тройныхъ точекъ были очень точно опредѣлены Бриджменомъ. Мы приведемъ ихъ здѣсь всѣ въ виду ихъ важности. Въ первой графѣ таблицы III указаны фазы, которыя находятся въ равновѣсіи въ данной тройной точкѣ.

Относительно надежности результатовъ, полученныхъ Бриджменомъ, необходимо сказать, что эти результаты подвергались различному контролю. Прежде всего, рѣдкая кривая изучена въ одномъ и томъ же приборѣ. При высокихъ давленіяхъ очень часто ломаются отдѣльныя части прибора, которыя приходится замѣнять новыми, не-

<sup>1)</sup> Манганиновый манометръ былъ провѣренъ сравненіемъ съ первичнымъ манометромъ до 13000 кгр./кв. сант. Показанія манганиноваго манометра были экстраполированы выше этого давленій. Если въ будущемъ будетъ построенъ первичный манометръ для давленій выше 13000 кгр./кв. сант. и окажется, что измѣненіе съ давленіемъ электрическаго сопротивленія манганиновой проволоки не линейно выше 13000 кгр./кв. сант., то нетрудно будетъ ввести соответственныя поправки въ цифры Бриджмена.

Т А Б Л И Ц А Ш.

Ф а з ы.	Координаты тройной точки.		Изменение объема $\Delta v$ при превращении двух фазъ въ тройной точкѣ, куб. сант./гр.						Буквенное обозначение тройной точки на чертежѣ 5.
	Температура.	Давленіе кгр./кв. сант.							
I—III—L	-22,00	2115	III→L	0,0466	L→I	0,1352	III→I	0,1818	B
II—III—I	-34,7	2170	II→III	0,0215	III→I	0,1963	II→I	0,2178	C
V—III—L	-17,0	3580	V→III	0,0547	III→V	0,0241	V→L	0,0788	E
V—II—III	-24,3	3510	V→II	0,0401	II→III	0,0145	V→III	0,0546	F
VI—V—L	+0,16	6380	VI→V	0,0389	V→L	0,0527	VI→L	0,0916	H

рѣдко портится весь приборъ. Если смѣна приборовъ не отражается на ходѣ получаемыхъ цифръ, то это служитъ большой гарантіей того, что исследователь вполне овладѣлъ методомъ. Главнѣйшимъ, однако, контролемъ являются тройныя точки. Въ тройной точкѣ должны пересѣчься три кривыя въ предѣлахъ ошибокъ опыта, далѣе, въ тройной точкѣ должны имѣть мѣсто слѣдующія соотношенія между  $\Delta y$  и  $\Delta H$  для каждаго двухъ фазъ:

$$\Delta v_{I-II} + \Delta v_{II-III} = \Delta v_{I-III},$$

$$\Delta v_{I-II} + \Delta v_{II-III} = \Delta v_{I-III}.$$

Особенно тяжелъ этотъ контроль для  $\Delta H$ , такъ какъ для вычисленія  $\Delta H$  мы пользуемся производной  $\frac{\partial p}{\partial t}$ , гдѣ всякая ошибка въ опытныхъ данныхъ усиленно сказывается. Конечно, полученные результаты расходятся, но это расхождение невелико и полностью лежитъ въ предѣлахъ ошибокъ опыта. Кромѣ самаго существованія тройной точки, весьма важенъ фактъ возможности продолжить рядъ кривыхъ по ту сторону тройной точки. Этотъ фактъ безусловно доказываетъ, что данная точка дѣйствительно есть точка пересѣченія кривыхъ, а не случайная точка рѣзкаго изгиба одной аналитической кривой, наличность же различныхъ кривыхъ доказываетъ существованіе различныхъ фазъ вещества <sup>1)</sup>.

<sup>1)</sup> На различіе между точкой пересѣченія двухъ аналитически различныхъ кривыхъ отъ случайной точки рѣзкаго изгиба одной кривой, необходимо указывать въ виду весьма частаго злоупотребленія рѣзкими изгибами въ кривыхъ; такъ, въ ученіи объ адсорбціи рѣзкіе изгибы въ кривыхъ трактуются какъ точки пересѣченія, хотя ни разу не удалось продолжить одну изъ предполагаемыхъ кривыхъ въ неустойчивую область.

Слѣдуетъ отмѣтить, что никогда не удается продолжить всѣ три кривыя по ту сторону тройной точки. Во всякой тройной точкѣ, по крайней мѣрѣ одна кривая не можетъ быть продолжена, напр., кривая II—III въ область V, кривая II—V въ область III и т. д.

На вопросъ, дѣйствительно ли новооткрытыя Тамманномъ и Бриджменомъ фазы воды тверды, т.-е. суть льды, мы должны отвѣтить утвердительно. Наиболѣе сильное доказательство дано Тамманномъ: онъ охлаждалъ ледъ III въ жидкомъ воздухѣ и быстро вскрывалъ приборъ. Выброшенный наружу ледъ III (болѣе плотный) превращался въ ледъ I съ рѣзкимъ увеличеніемъ объема. Для льда VI Бриджменъ доказалъ его твердую природу опредѣленіемъ электропроводности. При замерзаніи водопроводной воды въ ледъ VI токъ прекращался.

Изслѣдованія Бриджмена вызвали возраженія Тамманна. Тамманнъ продолжаетъ настаивать, что расхожденіе кривыхъ *af* и *cf* (фиг. 4) дѣйствительно существуетъ и что *f* не есть тройная точка. Повторивъ свои опыты, Тамманнъ нашелъ кривую II—III, но помѣщаетъ ее выше кривой *fg*. Существованіе кривыхъ *af* и *cf*, случайное образованіе льда IV и нѣкоторые другіе опытные факты приводятъ Тамманна къ весьма оригинальной и рискованной идеѣ. Согласно Тамманну, на ряду съ главными фазами воды, льдами I, II, III и т. д., существуютъ еще разновидности этихъ фазъ. Такъ, онъ насчитываетъ въ конечномъ результатѣ, кромѣ обычнаго льда I, еще 6 его разновидностей. Онѣ существуютъ въ той же области льда I, весьма немногимъ отличаются отъ него по своему удѣльному объему и плавятся на  $0^{\circ},10$ — $5^{\circ},2$  ниже. Ледъ IV принадлежитъ къ той же группѣ и, быть можетъ, тождественъ со льдомъ I. Ледъ III имѣетъ разновидность III: при  $2512$ — $2513$  клг./кв. сант. ледъ III плавится при  $-17^{\circ},4$ , ледъ III при  $-19^{\circ},9$ .

Бриджменъ рѣшительно и, думается, вполне рационально, не соглашается съ Тамманномъ. Подвергнувъ критикѣ методъ Тамманна, Бриджменъ показываетъ, что отличія разновидностей льдовъ лежатъ полностью въ предѣлахъ ошибокъ опыта. Нѣтъ пока ни одной цифры для разновидностей, которая бы вышла за эти предѣлы.

Кромѣ ртути и воды, Бриджменъ изучилъ еще цѣлый рядъ неорганическихъ веществъ, изъ которыхъ около 100 веществъ дали только одну твердую фазу, подобно ртути, и около 30 веществъ оказались полиморфными. Подробныя свѣдѣнія пока сообщены только объ 11 веществахъ (не считая ртути и воды), объ остальныхъ имѣется предварительное сообщеніе.

Углекислота прослѣжена въ предѣлахъ отъ  $-56^{\circ},6$  до  $+93^{\circ},5$  и до  $12000$  клг./кв. сант. Опытныя данныя Тамманна согласно Бриджмену невѣрны. Углекислота даетъ одну только твердую фазу. Координаты кривой перехода фазъ  $CO_2$  любопытны тѣмъ, что до  $6000$

к.г./кв. сант. мы имѣемъ плавленіе твердой углекислоты, выше 6000 к.г./кв. сант. испареніе ея (возгонку, такъ какъ температура перехода выше критической  $31^{\circ}$ ):

$p =$	1,6	1000	3000	5000	6000	8000	10000	12000	к.г./кв. с.
$t^{\circ} =$	-56,6	-37,3	-5,5	+21,4	+33,1	+55,2	+75,4	+93,5	

Орто-Крезоль диморфенъ и интересенъ тѣмъ, что всѣ его превращенія очень медленны; жидкій орто-крезолъ можно переохлаждать на  $50^{\circ}$  и можно превысить давленіе равновѣсія на 4500 к.г./кв.

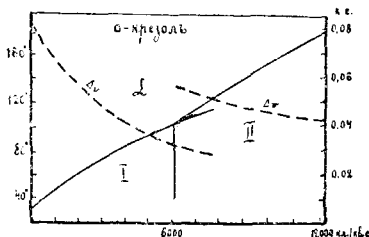


Рис. 8.

сант. безъ вызова кристаллизаціи. Чрезвычайно медленно идетъ превращеніе твердыхъ фазъ I и II (рис. 8). При давленіи 6100 к.г./кв. сант. и  $103^{\circ},2$  мы имѣемъ тройную точку. При температурѣ на  $2^{\circ},4$  ниже тройной точки равновѣсіе между I и II устанавливается черезъ часъ. При  $95^{\circ},4$  опредѣлить давленіе равновѣсія уже не удалось.

На рис. 8 прерывистыя кривыя показываютъ, какъ измѣняется  $\Delta v$  (разность удѣльныхъ объемовъ двухъ фазъ) съ давленіемъ. Масштабъ  $\Delta v$  показанъ справа.



Рис. 9.

Фосфоръ, даетъ нѣсколько твердыхъ фазъ со сложными и не вполне еще изученными отношеніями между ними. На рис. 9 показаны результаты опытовъ Бриджмена. Форма II не можетъ быть краснымъ фосфоромъ (I—желтый фосфоръ), такъ какъ она получается при низкихъ температурахъ и  $\Delta v$  для I—II слишкомъ мало, чтобы II могло быть краснымъ фосфоромъ. Превращеніе I—II идетъ очень медленно; въ этомъ отношеніи фосфоръ занимаетъ второе мѣсто послѣ ортокрезола.

Иногда при температурахъ выше  $175^{\circ}$  плавленіе желтаго фосфора (I) дѣлается нерѣзкимъ и неправильнымъ; въ этихъ случаяхъ, какъ показало вскрытіе прибора, образуется нѣкоторое количество краснаго фосфора.

Установить условія образованія краснаго фосфора Бриджмену не удалось. Во время этихъ изслѣдованій была открыта новая модификація фосфора, которая образуется при  $200^{\circ}$  и 12000—13000 к.г./кв. сант. Въ моментъ образованія этой модификаціи давленіе внезапно падаетъ до 4000 к.г./кв. сант., давленія, значительно низшаго, нежели давленіе плавленія желтаго фосфора при  $200^{\circ}$ . Новая форма фосфора представляетъ собою сѣровато-черную, графито-подобную массу; она устойчива на воздухѣ, съ трудомъ зажигается, не взрываетъ при

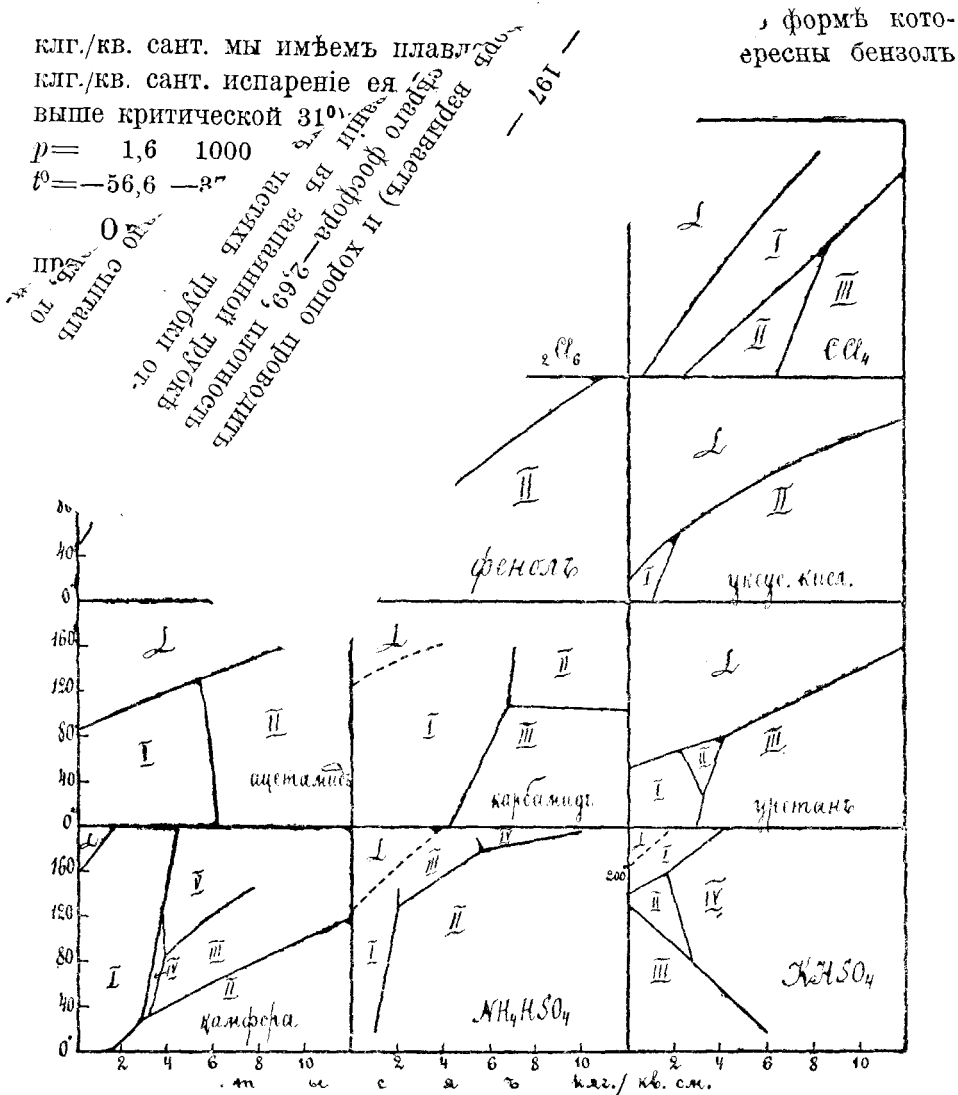


ударѣ молоткомъ (красный фосфоръ взрываетъ) и хорошо проводить электрическій токъ. Плотность новаго сѣраго фосфора—2,69, плотность краснаго—2,34, желтаго—1,9. При нагрѣваніи въ запаянной трубкѣ сѣрый фосфоръ испаряется, а въ холодныхъ частяхъ трубки откладывается желтый и красный фосфоръ.

Судя по плотности, устойчивой формой фосфора надо считать сѣрый фосфоръ; остальные формы неустойчивы. Если это такъ, то здѣсь мы впервые наблюдаемъ обратимые процессы между неустойчивыми формами (I и II) и необратимые — между устойчивой и неустойчивой формами (сѣрымъ и желтымъ фосфоромъ).

	Температура плавления при	
	1	12000 клг. кв. сант.
Ртуть		22°
Вода	0	+38
Калій	62,5	179,6
Натрій	97,5	177,2
Углекислота	—56,6	93,5
Хлороформъ	—61,0	107,9
Анилинъ	—6,4	165,3
Нитробензолъ	5,6	198,6
Дифениламинъ	54,0	212,9
Бензолъ	5,4	204,2 (11000 к./кв. сант.)
Четыреххлористый углеродъ I	—22,6	211,9 (9000 к./кв. сант.)
Орто-крезолъ I	30,8	118,1 (8000 к./кв. сант.)
Орто-крезолъ II	—	175,9
Фосфоръ I	44,2	191,9 (6000 к./кв. сант.)

На этомъ мы закончимъ обзоръ отдѣльныхъ веществъ, изученныхъ Бриджменомъ; для ряда другихъ веществъ ограничимся небольшою табличкой IV, показывающей температуры плавленія при 1 и 12000 клг./кв. сант., и сборнымъ рисункомъ 10.



съ почти вертикальной кривой I—II,  $KHSO_4$ ,  $NH_4HSO_4$ , уретанъ и камфора со своимъ богатствомъ твердыхъ формъ.

Изъ уже полученныхъ результатовъ Бриджменъ дѣлаетъ рядъ болѣе или менѣе общихъ заключеній, изъ которыхъ мы остановимся на наиболѣе интересныхъ и имѣющихъ характеръ законченности.

Относительно плавленія при обыкновенномъ давленіи было извѣстно, что твердую фазу нельзя перегрѣть: при строго опредѣленной температурѣ твердая фаза тотчасъ же плавится. При высшихъ давленіяхъ можно было ожидать случаевъ перегрѣванія твердой фазы, въ

виду огромной вязкости вещества и большой внешней работы, которая должна затрачиваться, если твердая фаза плавится съ увеличеніемъ объема (подчасъ значительнымъ) подъ высокимъ давленіемъ. Однако, и здѣсь не найдено исключеній; повидимому, въ невозможности перегрѣва твердой фазы мы имѣемъ общій законъ природы, который нельзя предвидѣть и объяснить съ теоретической точки зрѣнія. Обратное явленіе, — переохлажденіе жидкости, — кажется, всегда можетъ имѣть мѣсто. Жидкость можетъ существовать въ видѣ неустойчивой фазы въ областяхъ твердыхъ фазъ. Величина переохлажденія т.-е. глубина проникновенія жидкости въ чуждую ей область твердыхъ фазъ, весьма различна и зависитъ отъ ряда причинъ.

Что касается взаимныхъ отношеній между твердыми фазами, то въ огромномъ большинствѣ случаевъ онѣ могутъ быть и перегрѣты и переохлаждены, т.-е. могутъ на различную глубину проникать въ чуждыя имъ области сосѣднихъ твердыхъ фазъ. Но есть нѣсколько примѣровъ, гдѣ твердая фаза совершенно не можетъ существовать выше своей кривой равновѣсія и тотчасъ же превращается въ другую твердую фазу. Такъ, ледъ II нельзя перегрѣть по отношенію къ льдамъ III и V, четырехлористый углеродъ II и III нельзя вдвинуть въ область I. И здѣсь глубина перехода фазы въ чужую область различна и зависитъ отъ ряда причинъ: природы вещества и сосуда, размѣровъ и формы послѣдняго, но, главнымъ образомъ, какъ выражается Бриджменъ, отъ каприза (т.-е. отъ неизвѣстныхъ причинъ).

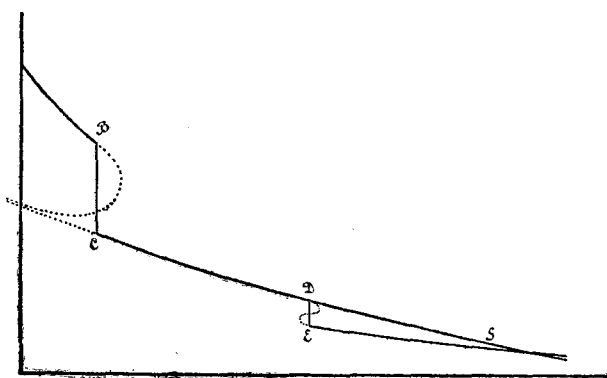
Какъ общее правило, можно еще отмѣтить легкость возникновенія данной фазы, если она была уже разъ въ данномъ приборѣ (см. ледъ V), какъ будто отъ каждой фазы остается въ веществѣ слѣды ея структуры. Объясненія этого факта не имѣется.

Скорость превращенія фазъ весьма разнообразна и своеобразна. Какъ правило, необходимо замѣтить, что скорость превращеній: жидкая фаза  $\rightleftharpoons$  твердая фаза всегда меньше (при высокихъ давленіяхъ) скорости превращенія двухъ твердыхъ фазъ. Процессъ плавленія льдовъ I и II въ условіяхъ опытовъ Бриджмена продолжался 2 часа: въ тѣхъ же условіяхъ плавленіе III практически не доходило до конца за весь день. Скорость взаимныхъ переходовъ твердыхъ фазъ другъ въ друга обладаетъ въ нѣкоторыхъ случаяхъ чрезвычайно высокимъ температурнымъ коэффициентомъ (см. превращеніе о-крезола, льдовъ III  $\rightleftharpoons$  V и т. д.). Огромная скорость обуславливается, повидимому, близостью тройной точки; такъ, превращеніе льдовъ:

- I  $\rightleftharpoons$  II при  $-35^{\circ}$  (тройная точка) моментально,  
 III  $\rightleftharpoons$  V „  $-35^{\circ}$  весьма медленно,  
 III  $\rightleftharpoons$  V „  $-17^{\circ}$  (тройная точка) моментально,  
 V  $\rightleftharpoons$  VI „  $-17^{\circ}$  2 часа.

Но тройная точка оказывает такое влияние только в том случае, если в данной точке третьей фазой является жидкость. Если тройная точка содержит только твердые фазы, то скорость превращения фаз существенно иная; так, в случае четыреххлористого углерода эта скорость почти не зависит от температуры во всей области.

Переходим теперь к выводам Бриджмена в области теорий о жидком и твердом состоянии. По вопросу о соотношениях между жидким и твердым состоянием существует две теории. Согласно первой теории (Планк, Пойтинг, Оствальд и др.) для обоих состояний существует критическая точка, выше которой общая жидко-твердая изотерма не имеет разрывов сплошности, где, следовательно,



Фиг. 11.

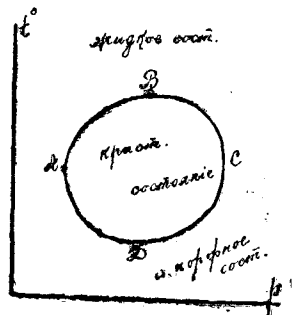
возможен непрерывный переход от жидкого к твердому состоянию. Одним словом, общий характер изотерм для жидкого и твердого состояния тот же, что и для жидкого и газообразного. На фиг. 11 показаны изотермы для всех трех состояний с точки зрения ука-

занной теории *BC* и *ED* — опытные разрывы сплошности свойств при превращениях газа в жидкость и жидкости в твердое состояние. Теоретически мы имеем здесь непрерывные переходы по пунктирным кривым (ванъ — деръ — Ваальса). Опытом доказано, что при повышении температуры разрыв *BC* становится все меньше и при некоторой температуре, называемой критической, исчезает: получаем одну сплошную изотерму. Первая теория предполагает совершенно аналогичную картину и для *ED*, т.-е. для жидкого и твердого состояний.

Вторая теория, впервые высказанная Даміеномъ и подробно разработанная Тамманомъ, не признает существованія критической точки для жидкого и твердого состояній. Тамманъ исходитъ изъ того положенія, что жидкость и газъ различаются только количественно, величиной разстоянія между молекулами, твердое же состояніе отличается отъ первыхъ двухъ состояній качественно, присутствіемъ кристаллической сѣтки, т.-е. опредѣленнымъ порядкомъ въ распредѣленіи молекулъ. вмѣстѣ съ Тамманомъ мы должны называть твердымъ состояніемъ только кристаллическое, некристаллическое же твердое состояніе — аморфнымъ. Аморфное вещество (напр., стекло) есть сильно-

переохлажденная съ большой вязкостью жидкость. На фиг. 11 кривая  $DC$  есть изотерма аморфнаго состоянія. Никакой критической точки для кристаллическаго и жидкаго состояній нѣтъ, разрывъ  $DE$ —абсолютенъ.

Вмѣсто критической теоріи Тамманнъ, вслѣдъ за Даміеномъ, развиваетъ теорію максимума въ кривыхъ плавленія. Согласно Тамманну наше представленіе о структурѣ кристалла дѣлаетъ немислимымъ непрерывный переходъ изъ хаоса (въ жидкости) къ порядку (въ твердой фазѣ). По теоріи максимума кривая равновѣсія: жидкость  $\rightleftharpoons$  твердое состояніе (кривая плавленія) является замкнутой кривой (фиг. 12)<sup>1)</sup>. Разобьемъ эту кривую на 4 квадранта.  $AB$ —обычная опытная кривая плавленія большинства веществъ,  $BC$ —кривая плавленія такихъ веществъ, какъ ледъ I (твердая фаза менѣе плотна, чѣмъ жидкая), кривыя въ нижнихъ квадрантахъ не реализуемы. Подтвердить эту теорію, значить получить опытную кривую, захватывающую оба верхнихъ квадранта и, слѣд., проходящую черезъ максимумъ (точку  $B$ ). Но найти такую кривую не удалось, и Тамманну пришлось искать косвенныхъ доказательствъ. Какъ на первое доказательство, Тамманнъ указываетъ на то, что опытные кривыя плавленія имѣютъ форму кривыхъ, которыя *могутъ* проходить черезъ максимумъ (кривыя обращены вогнутостью къ оси давленій).



Фиг. 12.

Тамманнъ изслѣдовалъ кривыя плавленія до 3000 клг./кв. сант., полученные результаты охватилъ уравненіемъ параболы и изъ даннаго уравненія вычислялъ координаты максимума кривой плавленія (точка  $B$ ). Вычисленные, такимъ образомъ, максимумы лежатъ между 4000 и 12000 клг./кв. сант.

Дальнѣйшіе косвенные приемы для доказательства или опроверженія обѣихъ теорій относятся къ ходу съ давленіемъ измѣненій объема  $\Delta v$  при плавленіи и скрытой теплоты  $\Delta H$  плавленія. Именно въ

критической точкѣ

$$\Delta v = 0$$

$$\Delta H = 0$$

$$\Delta E = 0$$

$$\text{но } \frac{dt}{dp} \text{ конечна}$$

максимальной точкѣ

$$\Delta v = 0$$

$$\Delta H \neq 0$$

$$\Delta E = 0$$

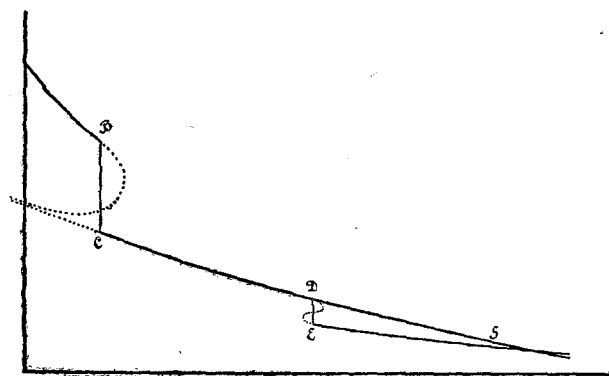
$$\text{но } \frac{dt}{dp} = 0.$$

Какъ въ критической точкѣ, такъ и въ максимальной, удѣльные объемы обѣихъ фазъ равны, но въ первой одновременно и скрытая

<sup>1)</sup> Слѣд., кристаллическое (твердое) состояніе на диаграммѣ со всѣхъ сторонъ окружено жидкимъ состояніемъ

Но тройная точка оказывает такое влияние только в том случае, если в данной точке третьей фазой является жидкость. Если тройная точка содержит только твердые фазы, то скорость превращения фаз существенно иная; так, в случае четыреххлористого углерода эта скорость почти не зависит от температуры во всей области.

Переходим теперь к выводам Бриджмена в области теорий о жидком и твердом состоянии. По вопросу о соотношениях между жидким и твердым состоянием существует две теории. Согласно первой теории (Планк, Пойтинг, Оствальд и др.) для обоих состояний существует критическая точка, выше которой общая жидко-твердая изотерма не имеет разрывов сплошности, где, следовательно,



Фиг. 11.

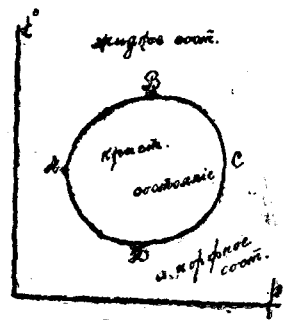
возможен непрерывный переход от жидкого к твердому состоянию. Одним словом, общий характер изотерм для жидкого и твердого состояния тот же, что и для жидкого и газообразного. На фиг. 11 показаны изотермы для всех трех состояний с точки зрения ука-

занной теории  $BC$  и  $ED$  — опытные разрывы сплошности свойств при превращениях газа в жидкость и жидкости в твердое состояние. Теоретически мы имеем здесь непрерывные переходы по пунктирным кривым (вань—дерв—Ваальса). Опытом доказано, что при повышении температуры разрыв  $BC$  становится все меньше и при некоторой температуре, называемой критической, исчезает: получаем одну сплошную изотерму. Первая теория предполагает совершенно аналогичную картину и для  $ED$ , т.е. для жидкого и твердого состояний.

Вторая теория, впервые высказанная Даміеном и подробно разработанная Тамманом, не признает существования критической точки для жидкого и твердого состояний. Тамман исходит из того положения, что жидкость и газ различаются только количественно, величиной расстояния между молекулами, твердое же состояние отличается от первых двух состояний качественно, присутствием кристаллической сетки, т.е. определенным порядком в распределении молекул. Вместе с Тамманом мы должны называть твердым состоянием только кристаллическое, некристаллическое же твердое состояние — аморфным. Аморфное вещество (напр., стекло) есть сильно-

переохлажденная съ большой вязкостью жидкость. На фиг. 11 кривая *DC* есть изотерма аморфнаго состоянія. Никакой критической точки для кристаллическаго и жидкаго состояній нѣтъ, разрывъ *DE*—абсолютень.

Вмѣсто критической теоріи Тамманнъ, вслѣдъ за Даміеномъ, развиваетъ теорію максимума въ кривыхъ плавленія. Согласно Тамманну наше представленіе о структурѣ кристалла дѣлаетъ немислимымъ непрерывный переходъ изъ хаоса (въ жидкости) къ порядку (въ твердой фазѣ). По теоріи максимума кривая равновѣсія: жидкость  $\rightleftharpoons$  твердое состояніе (кривая плавленія) является замкнутой кривой (фиг. 12)<sup>1)</sup>. Разобьемъ эту кривую на 4 квадранта. *AB*—обычная опытная кривая плавленія большинства веществъ, *BC*—кривая плавленія такихъ веществъ, какъ ледъ I (твердая фаза менѣе плотна, чѣмъ жидкая), кривыя въ нижнихъ квадрантахъ не реализуемы. Подтвердить эту теорію, значить получить опытную кривую, захватывающую оба верхнихъ квадранта и, слѣд., проходящую черезъ максимумъ (точку *B*). Но найти такую кривую не удалось, и Тамманну пришлось искать косвенныхъ доказательствъ. Какъ на первое доказательство, Тамманнъ указываетъ



Фиг. 12.

на то, что опытыя кривыя плавленія имѣютъ форму кривыхъ, которыя *могутъ* проходить черезъ максимумъ (кривыя обращены вогнутостью къ оси давленій). Тамманнъ изслѣдовалъ кривыя плавленія до 3000 клг./кв. сант., полученные результаты охватилъ уравненіемъ параболы и изъ даннаго уравненія вычислялъ координаты максимума кривой плавленія (точка *B*). Вычисленные, такимъ образомъ, максимумы лежатъ между 4000 и 12000 клг./кв. сант.

Дальнѣйшіе косвенные приемы для доказательства или опроверженія обѣихъ теорій относятся къ ходу съ давленіемъ измѣненій объема  $\Delta v$  при плавленіи и скрытой теплоты  $\Delta H$  плавленія. Именно въ

критической точкѣ	максимальной точкѣ
$\Delta v = 0$	$\Delta v = 0$
$\Delta H = 0$	$\Delta H \neq 0$
$\Delta E = 0$	$\Delta E = 0$
но $\frac{dt}{dp}$ конечна	но $\frac{dt}{dp} = 0$ .

Какъ въ критической точкѣ, такъ и въ максимальной, удѣльные объемы обѣихъ фазъ равны, но въ первой одновременно и скрытая

<sup>1)</sup> Слѣд., кристаллическое (твердое) состояніе на диаграммѣ со всѣхъ сторонъ окружено жидкимъ состояніемъ

теплота и разность энергій дѣлаются равными нулю, въ максимальной же точкѣ даже при равенствѣ удѣльныхъ объемовъ въ твердой фазѣ имѣется кристаллическая сѣтка; слѣдовательно, энергій обѣихъ фазъ въ общемъ случаѣ не могутъ быть равны; не равна нулю и скрытая теплота плавленія.

Опыты Тамманна мало точны, такъ какъ въ его приборѣ не было устранено просачиваніе, и такъ какъ онъ не вводилъ нѣкоторыхъ необходимыхъ поправокъ и, наконецъ, пользовался Бурдоновскимъ манометромъ. Полученныя имъ значенія  $\Delta v$  при разныхъ давленіяхъ  $p$  образуютъ въ первомъ приближеніи прямую ( $p, \Delta v$ ), пересекающую ось давленій; слѣдовательно,  $\Delta v$  дѣлается при высшихъ давленіяхъ равнымъ нулю. Вычисленныя значенія скрытой теплоты плавленія  $\Delta H$  съ давленіемъ или не измѣняются, или возрастаютъ. Ясно, что, когда  $\Delta v$  стремится къ нулю,  $\Delta H$  остается конечной, что является наиболѣе сильнымъ доводомъ противъ критической теоріи.

Замѣтимъ еще, что Тамманнъ пытался термодинамическимъ путемъ доказать, что кривыя плавленія должны проходить черезъ максимумъ.

Въ первой работѣ о свойствахъ ртути симпатіи Бриджмена склонялись на сторону критической теоріи. Дальнѣйшія изслѣдованія заставили его окончательно отвергнуть обѣ теоріи.

Опытныя кривыя вплоть до 12000, а для воды до 20500 клг./кв. сант. не показали ни стремленія къ критической точкѣ, ни не прошли черезъ максимумъ. На рис. 3 видно, что область разрыва сплошности въ свойствахъ жидкой и твердой ртути ограничена почти параллельными кривыми (пунктирными): если допустить широкое экстраполированіе, то критическая точка для ртути лежала бы около 50000 клг./кв. сант. Аналогичныя данныя получены и для другихъ веществъ. Кривыя плавленія не проходятъ черезъ максимумъ. Форма же ихъ не можетъ служить доказательствомъ существованія максимума за предѣлами достижимыхъ давленій<sup>1)</sup>. Бриджменъ показалъ, что попытка Тамманна термодинамически доказать максимумъ въ кривыхъ плавленія ошибочна. Способъ же, состоящій въ охватываніи опытныхъ кривыхъ эмпирическими уравненіями и вычисленіи (съ экстраполяціей) максимумовъ не можетъ служить аргументомъ въ пользу существованія максимума; этотъ способъ даетъ только *впрямое* положеніе максимума, *если* таковой существуетъ.

Вычисленія Тамманна дали для ряда веществъ давленія максимумовъ въ 4000—11000 клг./кв. сант. Ни одно изъ веществъ, изслѣдованныхъ Бриджменомъ до 12999 клг./кв. сант., не дало кривой плавленія съ максимумомъ. Изученныя кривыя стремятся къ безконечности по неизвѣстному закону.

<sup>1)</sup> Такую же форму имѣютъ кривыя равновѣсія: жидкость  $\rightleftharpoons$  парь.



Ходъ кривыхъ  $(\Delta v, p)$  и  $(\Delta H, p)$  для всѣхъ веществъ говоритъ противъ критической теоріи: измѣненіе объема при плавленіи падаетъ съ давленіемъ, въ то время какъ скрытая теплота растеть. На первый взглядъ эти кривыя говорятъ въ пользу теоріи Тамманна, но ближайшее разсмотрѣніе приводитъ къ обратному заключенію. Въ большинствѣ случаевъ  $\Delta v$  не стремится къ нулю, а стремится асимптотически къ нѣкоторой конечной величинѣ. Наконецъ, для длинныхъ кривыхъ (ледъ VI—L) кривыя  $(p, \Delta v)$  и  $(p, \Delta H)$  обладаютъ перегибомъ, что показываетъ сложность отношеній, не предвидѣнную ни одной теоріей. Интересно отмѣтить, что всѣ вещества, включая калий и натрій, но за исключеніемъ ртути, дали кривыя  $(p, \Delta v)$ , выпуклыя къ оси абсциссъ (рис. 8 и 2). Ртуть занимаетъ особое положеніе среди жидкостей, какъ это мы видѣли и раньше на свойствахъ ея, какъ жидкости<sup>1)</sup>.

Опубликованныя до сихъ поръ изслѣдованія Бриджмена даютъ право откинуть объ теоріи плавленія, но не даютъ пока ничего замѣннъ ихъ. Намѣчается только идея, которая можетъ сдѣлаться исходнымъ пунктомъ новой теоріи, именно: Бриджменъ часто указываетъ на факты, говорящіе за то, что уже въ жидкости при высокихъ давленіяхъ молекулы могутъ получать опредѣленную ориентировку, т. е. что часть молекулъ жидкости (мѣняющихся во времени) образуетъ опредѣленную структуру, въ то время какъ другая часть молекулъ еще движется вполнѣ хаотично.

На этомъ мы обрываемъ нашъ очеркъ изслѣдованій Бриджмена. Поскольку можно судить по статьямъ Бриджмена, въ ближайшемъ времени мы должны ожидать отъ него не только новыхъ экспериментальныхъ изслѣдованій, но и ряда теоретическихъ изысканій въ изучаемой имъ области. Намъ остается терпѣливо ждать и горячо пожелать молодому<sup>2)</sup> американскому ученому дальнѣйшихъ успѣховъ.

---

<sup>1)</sup> Интересно отмѣтить, что ртуть даетъ рѣзкое уклоненіе отъ всѣхъ другихъ жидкостей и по своей текучести (величинѣ, обратной вязкости). По закону Бачинскаго текучесть измѣняется съ удѣльнымъ объемомъ линейно у нормальныхъ жидкостей, для ассоціированныхъ же жидкостей опытыя кривыя уклоняются вправо отъ прямой линіи; одна ртуть дала кривую, уклоняющуюся влѣво.

<sup>2)</sup> Percy Williams Bridgman (Research Fellow in Physics at Harvard University) Родился въ 1882 году.

ГЛАВНѢЙШАЯ ЛИТЕРАТУРА Ч).

- G. T a m m a n n. Kristallisieren und Schmelzen, 1903 r. Zeit. physik. Chem. 72, 609 (1910). Ледъ IV.
- E. H. A m a g a t. Ann. chim. phys. (6), 29, 63. (1893). Описание манометра.
- P. W. B r i d g m a n. Proceedings of the Amerikan Academy of Arts and Sciences, 44, 201, 221, 255, 46, 325, 47, 321, 49, 627. Методика.
- P. W. B r i d g m a n. ib. 47, 347, (1911), (ртуть), 441, (1912), (вода и льды); 48, 309, (1912), (жидкая вода); 49, 1, (1913), (12 жидкостей).
- P. W. B r i d g m a n. Phys. Review Vol. III, Ser. II, 126 (1914). Твердые вещества. Въ этой статьѣ имѣется подробный указатель литературы по теоріямъ, плавленія.
- Полемика:
- G. T a m m a n n. Zeit. physik. Chem. 84, 257, (1913; 88, 57, (1914).
- P. W. B r i d g m a n. ib. 86, 513, (1914).

*А. Раковскій.*

---

<sup>1)</sup> Указаны только тѣ статьи, которыя были у меня въ рукахъ. Оттиски статей Бриджмена изъ Proc. of Amer. Acad. имѣются въ отдѣльной продажѣ.

## О вліянні химической природы вещества на магнитныя свойства тѣлъ.

*Цейлиі Райхшнитейнз.*

### 1. ФЕРРОМАГНИТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ.

До послѣдняго времени желѣзо, никкель и кобальтъ считались единственными сильно-магнитными веществами. Эти металлы, благодаря своимъ магнитнымъ свойствамъ, занимаютъ своеобразное положеніе среди другихъ элементовъ. Желѣзо, получившее широкое примѣненіе въ электротехникѣ, дало названіе всей этой группѣ—ферромагнитныхъ металловъ. Между ферромагнитными и парамагнитными тѣлами существуетъ не только количественное, но и качественное отличіе. Характернымъ признакомъ магнитныхъ свойствъ первыхъ является остаточный магнетизмъ,—явленіе, совершенно не наблюдаемое у парамагнитныхъ тѣлъ. Кромѣ того, у ферромагнитныхъ тѣлъ величина намагниченія сначала быстро возрастаетъ съ напряженіемъ поля и затѣмъ достигаетъ предѣльной величины, тогда какъ у парамагнитныхъ тѣлъ (также у діаманитныхъ) намагниченіе пропорціонально напряженію поля, т.-е. воспримчивость ихъ не зависитъ отъ напряженія поля. Все же нельзя провести рѣзкой границы между ферромагнитными и парамагнитными тѣлами, т. к. существуютъ послѣдовательные переходы отъ однихъ къ другимъ.

Магнитныя свойства желѣза колеблются въ широкихъ предѣлахъ въ зависимости отъ предварительной обработки металла, отъ степени нагрѣванія и отъ присутствія въ немъ постороннихъ примѣсей. Чѣмъ мягче сорта желѣза, тѣмъ сильнѣе они намагничиваются, но тѣмъ менѣе постоянны ихъ магнитныя свойства, и, наоборотъ, твердые сорта желѣза, сравнительно слабо намагничивающіеся, обладаютъ сильнымъ остаточнымъ магнетизмомъ и большой коэрцитивной силой. Нижеслѣдующая таблица <sup>1)</sup> даетъ представленіе объ относительной силѣ временныхъ магнитныхъ свойствъ различныхъ сортовъ желѣза:

Ковкое желѣзо . . . . .	100
Литое желѣзо. . . . .	88

<sup>1)</sup> E. Wedekind. *Magnetochemie*, Berlin p. 20, 1911.

<sup>2)</sup> Wedekind loc. cit.

Сталь мягкая . . . . .	66
Сталь твердая . . . . .	33
Литая сталь мягкая . . . . .	74
Литая сталь твердая . . . . .	49

Изъ вліянія примѣсей наиболѣе изучено вліяніе, оказываемое присутствіемъ углерода. Съ увеличеніемъ количества углерода намагничиваемость желѣза уменьшается. Небольшія количества углерода повышаютъ постоянныя магнитныя свойства желѣза. Максимумъ коэрцитивной силы соотвѣтствуетъ содержанію углерода 1,2%, остаточнаго магнетизма — 0,5%. Коэрцитивныя силы для нѣкоторыхъ сортовъ желѣза и стали имѣютъ слѣдующія значенія <sup>2)</sup>:

Шведское ковкое желѣзо . . . . .	0,8
Литое желѣзо (прокаленное) . . . . .	4,9
Вольфрамвая магнитная сталь (незакаленная). . . . .	27,5
Магнитная сталь закаленная . . . . .	52,6

По магнитнымъ свойствамъ къ желѣзу близко примыкаютъ, родственные ему элементы, никкель и кобальтъ. Въ сильномъ магнитномъ полѣ степень намагничиваемости кобальта достигаетъ величины, наблюдаемой для литого желѣза. Никкель намагничивается нѣсколько слабѣе кобальта.

На магнитныя свойства желѣза такъ же, какъ углеродъ, вліяютъ парамагнитные элементы: хромъ, молибденъ и вольфрамъ, т.-е. присутствіе ихъ повышаетъ коэрцитивную силу. Алюминій, наоборотъ, понижаетъ магнитныя свойства желѣза; марганецъ, прибавленный въ количествѣ 12%, дѣлаетъ желѣзо совсѣмъ немагнитнымъ, аналогично дѣйствию хрома на никкель. Замѣчательно, что сплавъ двухъ ферромагнитныхъ элементовъ — желѣза и никкеля (25%), — совсѣмъ немагнитенъ, охлажденный ниже 0°, онъ становится магнитнымъ и сохраняетъ свои магнитныя свойства при послѣдующемъ нагрѣваніи до 580°. Вейссъ и Фѣксъ <sup>1)</sup> показали, что сплавы желѣза и никкеля образуютъ два непрерывныхъ ряда твердыхъ растворовъ; по ихъ наблюденіямъ молекулярные магнитные моменты аддитивны для растворовъ; при переходѣ твердаго раствора въ химическое соединеніе, аддитивный характеръ магнитныхъ свойствъ нарушается.

Исслѣдованія Тамманна <sup>2)</sup> о строеніи металлическихъ сплавовъ освѣтили вопросъ о зависимости магнитныхъ свойствъ отъ состава сплавовъ ферромагнитныхъ металловъ. Оказалось, что всѣ двойныя соединенія ферромагнитныхъ металловъ съ другими металлами немагнитны. Смѣшанные кристаллы, въ которыхъ ферромагнитный металлъ играетъ роль растворителя, обладаютъ магнитными свойствами, тогда какъ смѣшанные кристаллы, въ которыхъ растворителемъ служить

<sup>1)</sup> Weiss et Foex. Arch. sc. phys. et nat. Genève, [4] 31, 5 et 89 (1911).

<sup>2)</sup> Tammann. Ztschr. f. phys. Chem. 65, 73, (1909).

немагнитный металл, немагнитны. Если сплав образует двойное, соединение, то магнитность такого сплава изменяется от чистого ферромагнитного металла до его соединения с другим. Если сплав не образует химических соединений, то магнитные свойства ферромагнитного металла постепенно изменяются при увеличении содержания в нем немагнитного металла до этого металла, или до образования насыщенных смешанных кристаллов. Исключение представляет тот случай, когда немагнитный металл оказывает влияние на температуру, при которой ферромагнитный металл теряет свои магнитные свойства, о чем будет сказано далее.

Гонда <sup>1)</sup> произвел количественные исследования сплавов: Ni—Cr, Co—Cr и Ni—Al; первый (Рис. 1) немагнитен уже при 10% хрома; второй имеет максимум при 15% хрома, а при 25% теряет магнитные свойства. Третий сплав (Рис. 2) с минимумом, — кривая имеет три точки перелома, соответствующие соединениям: NiAl, NiAl<sub>2</sub> и NiAl<sub>3</sub>. Сплав Co—Cr замечателен тем, что присутствие небольшого количества немагнитного металла вызывает повышение магнитных свойств. Из всего вышесказанного следует, что магнитные свойства сплавов являются линейной функцией их состава если только эта линейная зависимость не нарушается взаимодействием составных частей сплава.

Если нагревать железо до 760° <sup>2)</sup>, то оно теряет свои магнитные свойства (при дальнейшем нагревании до 910° оно делается парамагнитным). Одновременно с изменением магнитных свойств железо претерпевает структурные изменения. При магнитной точке превращения (точка Кюри) наблюдается внезапное изменение термоэлектрических свойств и температурного коэффициента электрического со-

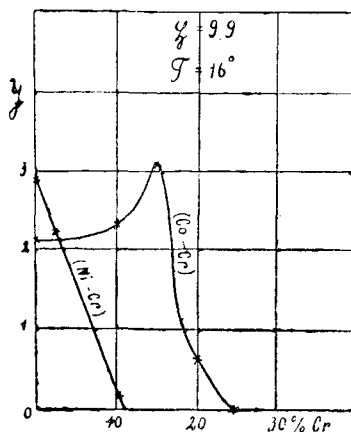


Рис. 1.

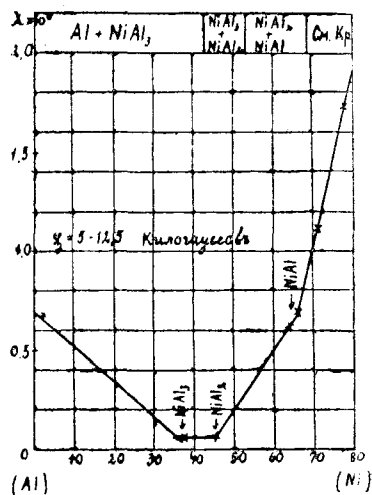


Рис. 2.

<sup>1)</sup> Honda Ann. d. Phys. [4], 32, 1005 (1910).

<sup>2)</sup> E. Wedekind. Magnetochemie, Berlin, 1911 pp. 21, 32.

противленія. При  $910^{\circ}$  снова наблюдается внезапное изменение свойств железа. Таким образом, железо существует в трех аллотропических формах —  $\alpha$ ,  $\beta$  и  $\gamma$ . При обратном охлаждении магнитные свойства возвращаются; в этот момент замѣчается явление „рекалесценціи“, — выделяется теплота, охлаждение прекращается и красное каленіе переходит в бѣлое, объемъ увеличивается. Температуры, при которыхъ магнитныя свойства исчезаютъ при нагрѣваніи и вновь появляются при охлажденіи, не всегда совпадаютъ; у обыкновеннаго желѣза вторая точка лежитъ на  $10-12^{\circ}$  ниже первой. Присутствіе углерода понижаетъ точку перехода. Подобныя же точки превращенія существуютъ у никкеля и кобальта.

Вліяніе температуры на магнитныя свойства никкеля изслѣдоваль Honda; онъ нашель, что точка перехода лежитъ около  $350^{\circ}$ . Кривыя для возрастающей и падающей температуры совпадаютъ (Рис. 3). Присутствіе 2% хрома уже значительно понижаетъ температуру пре-

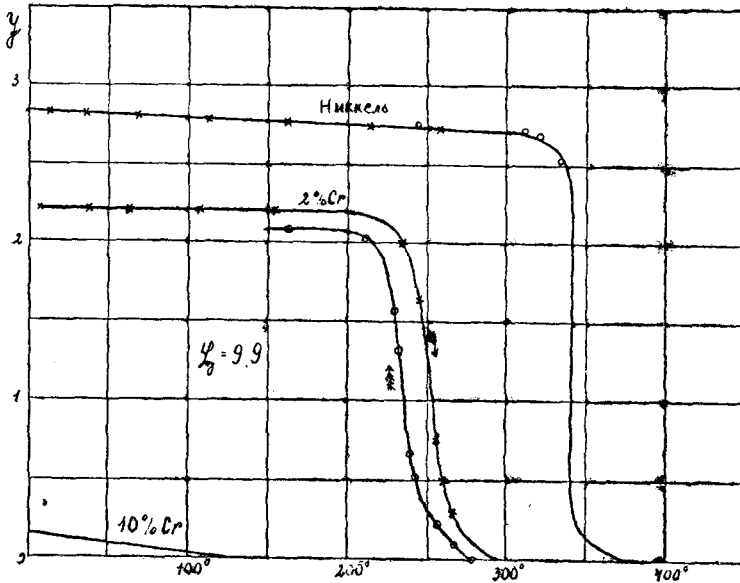


Рис. 3.

вращенія, и температура возвращенія магнитныхъ свойствъ лежитъ на  $40^{\circ}$  ниже той, при которой они исчезаютъ. При большемъ содержаніи хрома температура превращенія понижается еще больше и при достаточно большой концентраціи падаетъ ниже комнатной. Такое же вліяніе на точку превращенія никкеля оказываетъ присутствіе мѣди. Вліяніе температуры на намагничиваемость кобальта и вліяніе присутствія хрома изображено на рис. 4. Сплавъ кобальта съ мѣдью магнитенъ лишь при температурахъ ниже комнатной.

Тамманнъ заключаетъ <sup>1)</sup> изъ вліянія, которое оказываютъ посторонніе металлы на магнитную точку превращенія, и изъ зависимости этого вліянія отъ структуры сплава, что потеря магнитныхъ свойствъ связана съ превращеніемъ намагничивающейся формы кристалла въ другія ненамагничивающіяся.

Причину смѣщенія точки превращенія онъ видитъ въ томъ, что въ немагнитныхъ  $\beta$  и  $\gamma$  кристаллахъ, устойчивыхъ при высокихъ температурахъ, растворяются посторонніе металлы, и, благодаря этому, понижается ихъ точка превращенія. Отсюда можно вывести, что, если посторонніе металлы не растворяются въ модификаціяхъ ферромагнитныхъ металловъ устойчивыхъ въ болѣе высокихъ температурныхъ областяхъ, то присутствіе ихъ не должно оказывать вліянія на магнитную точку превращенія.

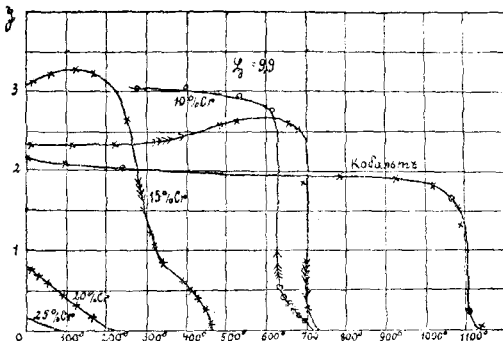


Рис. 4.

Послѣднее дѣйствительно наблюдалось для сплавовъ желѣза и кобальта съ серебромъ, талліемъ и свинцомъ. Зависимость магнитныхъ свойствъ отъ температуры и отъ концентраціи сплавовъ дѣлается понятной, если приписать способность намагничиваться исключительно  $\alpha$ -модификаціи ферромагнитныхъ металловъ.

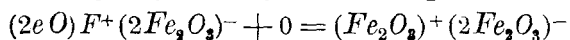
Что касается соединеній ферромагнитныхъ металловъ съ металлоидами, то, прежде всего, слѣдуетъ упомянуть минералъ магнетитъ ( $Fe_3O_4$ ). Способность этого минерала притягивать желѣзо была извѣстна уже древнимъ грекамъ и египтянамъ задолго до Р. Х. Намагничиваемость его равна половинѣ намагничиваемости желѣза (Весюерей), но остаточный магнетизмъ его можетъ быть почти въ три раза больше, чѣмъ у стали. Интересно, что магнитныя свойства магнетита неодинаковы по направленію различныхъ осей, несмотря на то, что онъ кристаллизуется въ правильной системѣ. Изъ другихъ природныхъ соединеній желѣза магнитными свойствами обладаютъ желѣзный колчеданъ ( $FeS_2$ ) и пирротинъ <sup>2)</sup>; ихъ намагничиваемость того же порядка, какъ у магнетита. Желѣзный колчеданъ, относящійся также къ правильной системѣ, намагничивается только въ одномъ направленіи.

Окисъ желѣза сама по себѣ не магнитна; соединенія ея съ основаніями въ нѣкоторыхъ случаяхъ обладаютъ сильными магнитными

<sup>1)</sup> G. Tammann. Ztschr. f. phys. Chem. 65, p. 79 1909.

<sup>2)</sup> О. Д. Хвольсонъ. Курсъ физики, т. IV, стр. 781.

свойствами, — это такъ называемые ферриты, состава— $MeO \cdot Fe_2O_3$  <sup>1)</sup>. Щелочные и щелочно-земельные ферриты:  $K_2O \cdot Fe_2O_3$ ,  $Na_2O \cdot Fe_2O_3$ ,  $CaO \cdot Fe_2O_3$ ,  $BaO \cdot Fe_2O_3$ ,  $MgO \cdot Fe_2O_3$ , а также  $ZnO \cdot Fe_2O_3$  и  $PbO \cdot Fe_2O_3$  немагнитны; при прокаливании они дѣлаются въ слабой степени магнитными. Сильно магнитны  $CuO \cdot Fe_2O_3$  <sup>2)</sup>,  $CoO \cdot Fe_2O_3$  и  $FeO \cdot Fe_2O_3$ ; магнитныя свойства ихъ въ связи съ температурой аналогичны таковымъ у ферромагнитныхъ металловъ, т.-е. и у нихъ существуетъ критическая температура, при которой они теряютъ способность намагничиваться. Магнитныя свойства этихъ соединений обуславливаются кислотнымъ характеромъ окиси желѣза <sup>3)</sup>. Для соединения окиси желѣза съ закисью Гильперъ доказалъ специальнымъ изслѣдованіемъ, что способность намагничиваться зависитъ отъ окиси желѣза. Извѣстна магнитная форма окиси желѣза, получающаяся при окисленіи  $FeO \cdot Fe_2O_3$ , но она неустойчива и при нагреваніи переходитъ въ немагнитную окись. Гильперъ даетъ слѣдующую схему для этой реакціи окисленія:



т.-е. въ магнитной формѣ окись желѣза обладаетъ и основнымъ и кислотнымъ характеромъ. Съ другой стороны, при увеличеніи содержанія  $FeO$  намагничиваемость сначала почти постоянна до 66%  $FeO$ , а затѣмъ падаетъ, и при 82% магнитныя свойства совершенно исчезаютъ,—что указываетъ на образованіе насыщеннаго твердаго раствора. Закись желѣза (какъ и обыкновенная окись) немагнитна, и, слѣдовательно, магнитныя свойства  $FeO \cdot Fe_2O_3$  вызываються соединеніемъ обоихъ окисловъ.

Не лишены интереса въ отношеніи магнитныхъ свойствъ амальгамы ферромагнитныхъ металловъ <sup>4)</sup>. Амальгамы желѣза и кобальта сильно магнитны и, несмотря на то, что остаточный магнетизмъ у нихъ незначителенъ, коэрцитивная сила достигаетъ исключительной величины. Для амальгамы съ 2,3% желѣза она равна 370, тогда какъ для вольфрамовой стали максимальное значеніе—80. Амальгама никкеля слабо магнитна,—откуда можно заключить, что она въ противоположность двумъ первымъ представляетъ химическое соединеніе.

Карбонилы желѣза [ $Fe(CO)_5$ ] и никкеля [ $Ni(CO)_4$ ] діаманитны <sup>5)</sup>.

## 2. МАГНИТНЫЯ СОЕДИНЕНІЯ ИЗЪ НЕМАГНИТНЫХЪ ЭЛЕМЕНТОВЪ.

Какъ мы видѣли, соединенія ферромагнитныхъ металловъ съ другими немагнитны, и даже соединеніе двухъ ферромагнитныхъ металловъ (желѣзо—никкель) немагнитно. Является вопросъ, можетъ ли

1) S. Hilpert. Ber. d. dtsh. chem. Ges. 42, 2248 (1909).

2) Проницаемость  $CuO \cdot Fe_2O_3$  того же порядка, какъ у магнетита.

3) S. Hilpert. Ber. d. dtsh. chem. Ges. 42, 2254 (1909).

4) Wünsche. Ann. d. Phys. 7, 116 (1902). Nagaoka, Wied. Ann. 59, 66 (1896).

5) A. E. Oxley. Proc. Cambr. Phil. Soc. 16, 102 (1911).



образоваться магнитное соединеніе изъ немагнитныхъ элементовъ. Такое соединеніе впервые было найдено еще Велеромъ при нагрѣваніи паровъ хлористаго хрома ( $CrO_2Cl_2$ ); получающійся при этомъ окисель  $Cr_2O_3$  обладаетъ сильными магнитными свойствами. Велеръ высказалъ предположеніе, что, подобно магнитной желѣзной рудѣ, составъ этого окисла соответствуетъ соединенію  $2Cr_2O_3 \cdot CrO_3$ . Въ послѣднее время Жуковъ <sup>1)</sup> получилъ магнитный окисель хрома нагрѣваніемъ хромовой кислоты до  $510^\circ$ ; максимумъ намагничиваемости наблюдался имъ при потерѣ кислорода 13,3 — 14,1%, что соответствуетъ приблизительно формулѣ  $2CrO_3 \cdot Cr_2O_3$  ( $Cr_4O_9$ ). Магнитныя свойства окисла, полученнаго Велеромъ, въ три раза сильнѣе. Остальныя соединенія хрома болѣе или менѣе сильно парамагнитны. Металлическій хромъ слабо парамагнитенъ, его удѣльная воспримчивость <sup>2)</sup>  $\chi \times 10^6 = + 3,7$ .

Еще болѣе интересными въ отношеніи магнитныхъ свойствъ являются сплавы и соединенія марганца. Магнитныя свойства первыхъ были открыты Heusler'омъ <sup>3)</sup> въ 1900 г.; онъ нашелъ, что сплавъ марганца съ оловомъ обладаетъ сильными магнитными свойствами, даже въ томъ случаѣ если его растворить въ равномъ ему количествѣ мѣди. При замѣщеніи олова алюминіемъ получается сплавъ съ еще болѣе сильными магнитными свойствами, что кажется на первый взглядъ особенно удивительнымъ, если сопоставить этотъ фактъ съ данными относительно вліянія марганца и алюминія на магнитность желѣза. Магнитные сплавы получаютъ также, если алюминій замѣнить однимъ изъ трехвалентныхъ металловъ: мышьякомъ, сурьмой, висмутомъ. Сплавы  $Mn + Al + Cu$  были подробно изучены Richardz'омъ и его учениками. Вліяніе температуры на намагниченіе этихъ сплавовъ оказалось очень сложнымъ, максимумъ намагниченія получался при предварительномъ нагрѣваніи въ продолженіи нѣсколькихъ часовъ въ кипящемъ толуолѣ ( $110^\circ$ ). Всѣ эти сплавы имѣютъ опредѣленную критическую температуру  $\theta$ , выше которой они немагнитны. Критическая температура колеблется въ зависимости отъ состава отъ  $60^\circ$  —  $350^\circ$ ; присутствіе свинца понижаетъ ее. Рихарцъ и Гейслеръ приписываютъ магнитныя свойства опредѣленнымъ химическимъ соединеніямъ. Максимумъ магнитности наблюдается при составѣ, отвѣчающемъ содержанію одного атома марганца на одинъ атомъ олова въ сплавахъ —  $Mn + Sn + Cu$  и одного атома алюминія на одинъ атомъ марганца въ сплавахъ —  $Mn + Al + Cu$ . Въ дѣйствительности соединеніе  $MnAl$  неизвѣстно, и Гейслеръ предполагаетъ въ этихъ сплавахъ существованіе соединенія  $Al_x Mn_y Cu_{3x-y}$  ( $Al_x Mn_{3x}$ ).

<sup>1)</sup> Жуковъ. Compt. rend. 146, 1396 (1908).

<sup>2)</sup> Удѣльная воспримчивость = воспримчивости, дѣленной на плотность  $\chi = \frac{k}{d}$

<sup>3)</sup> Heusler. Ztschr. f. angew. Chem. 17, 260 (1904).

Изъ химическихъ соединеній марганца магнитны  $MnB$ ,  $MnP$ ,  $MnSb$ ,  $Mn_2Sb$  (Ведекинды),  $MnAs$  и  $MnBi$ , т.-е. марганецъ даетъ магнитныя соединенія съ наиболее диамагнитными элементами — сурьмой и висмутомъ. Достаточно примѣси марганца къ висмуту въ количествѣ  $1/4\%$ , чтобы придать послѣднему ясно выраженныя магнитныя свойства. Проницаемость соединеній марганца съ фосфоромъ, сурьмой и боромъ была изслѣдована Ведекиндомъ <sup>1)</sup>; на рис. 5-омъ приведены величины намагниченія въ зависимости отъ напряженія поля по сравненію съ ковкимъ желѣзомъ и кобальтомъ. Литое желѣзо намагничивается въ 29разъ сильнѣе, чѣмъ  $MnP$ , и въ  $10\frac{1}{2}$  разъ сильнѣе, чѣмъ  $MnSb$ . Гильперъ <sup>2)</sup> изслѣдовалъ для цѣлаго ряда соединеній марганца температуры превращеній; оказалось, что съ повышеніемъ атомнаго вѣса элемента, входящаго въ соединеніе съ марганцемъ, температура превращенія повышается, какъ это видно изъ слѣдующихъ данныхъ:

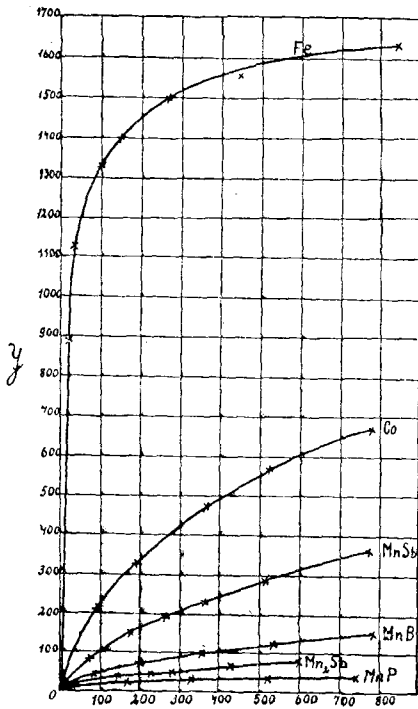


Рис. 5.

нѣя повышается, какъ это видно изъ слѣдующихъ данныхъ:

$MnP$ . . . . .	18 — 26°
$MnAs$ . . . . .	40 — 45°
$MnSb$ . . . . .	320 — 330°
$MnBi$ . . . . .	360 — 380°

Коэрцитивная сила и остаточный магнетизмъ у нѣкоторыхъ изъ соединеній и сплавовъ марганца достигаютъ большой величины, т. е., напр., коэрцитивная сила  $MnB$  — 33,4 и  $Mn_2Sb$  — 30,9 <sup>3)</sup> (Ведекинды), т.-е. того же порядка, какъ у литого желѣза и вольфрамовой магнитной стали. Гонда <sup>4)</sup> изслѣдовалъ зависимость остаточнаго магнетизма отъ концентраціи въ сплавахъ марганца съ оловомъ (рис. 6); смѣшанные кристаллы съ содержаніемъ марганца выше 92% немагнитны,

<sup>1)</sup> Wedekind, Magnetochemie, 51 Berlin (1911).  
<sup>2)</sup> S. Hilpert, Ber. d. dtsh. chem. ges. *44*, 2831 (1911).  
<sup>3)</sup> Wedekind, Magnetochemie 54, Berlin (1911).  
<sup>4)</sup> Honda Ann. d. Phys. [4], 32, 1025 (1910).

максимумъ соотвѣтствуетъ соединенію  $Mn_4Sn$ , съ уменьшеніемъ концентрации намагниченіе марганца быстро падаетъ до  $Mn_2Sn$  (48%  $Mn$ ).

Перекись марганца слабо магнитна; нитриды:  $Mn_3N_2$ ,  $Mn_2N_2$  и  $Mn_7N_2$  ясно магнитны, — магнитныя свойства возрастаютъ у нихъ съ

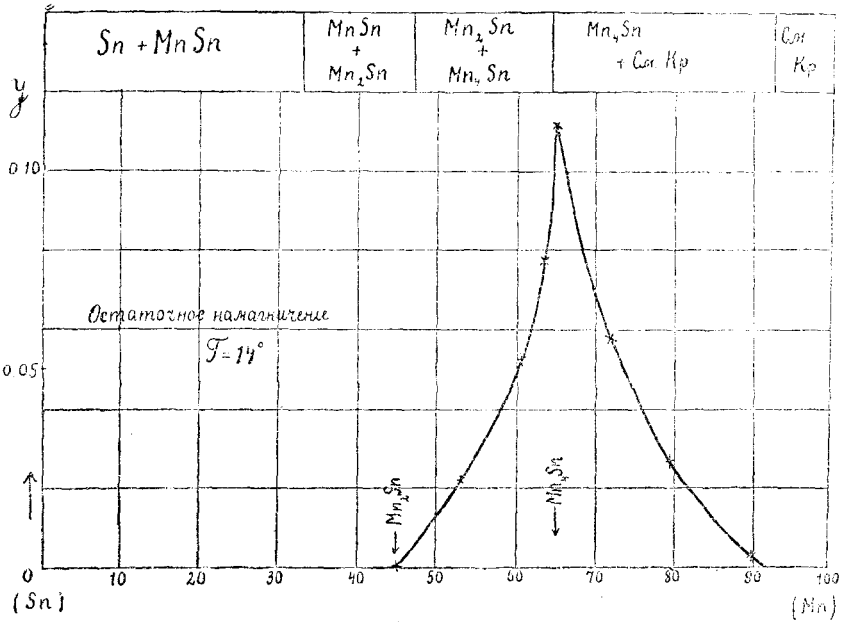


Рис. 6.

увеличеніемъ содержанія марганца. Соединенія марганца съ двухатомными элементами сѣрой, селеномъ и теллуромъ очень слабо магнитны (Е. Ведекиндъ и Файтъ <sup>1)</sup>).

Остается еще указать здѣсь на мѣсто, занимаемое ферромагнитными металлами и металлами, дающими магнитныя соединенія, въ періодической системѣ элементовъ, — все они имѣютъ близкій атомный вѣсъ отъ 52,1 до 59 и стоятъ въ 4-омъ горизонтальномъ ряду. Стоящій влѣво отъ нихъ, ванадій, парамагнитенъ, а окислы и сѣрнистыя соединенія его слабо магнитны.

Отдѣльно стоящую группу элементовъ, обладающихъ магнитными свойствами, представляютъ металлы рѣдкихъ земель. Къ сожалѣнію, трудность полученія ихъ въ чистомъ видѣ мѣшала до сихъ поръ изслѣдовать ихъ болѣе тщательно. Нѣсколько больше изслѣдованы ихъ окислы и соли. Рѣдкія земли заключаютъ въ своей группѣ какъ діаманитные (лантанъ), такъ и сильно парамагнитные члены: диспрозій, неогольмій, эрбій, самарій. Ирбэнъ и Явчъ <sup>2)</sup> нашли для нѣкоторыхъ окисловъ слѣдующія величины воспримчивостей —  $k \cdot 10^6$ :

<sup>1)</sup> Wedekind, Magnetochemie 58, Berlin (1911).

<sup>2)</sup> Urbain et Yantsch, Compt. rend. 147, 1286 (1908).

	Атомный вѣсъ	$k \cdot 10^6$
Неодимъ . . . . .	144,3 . . . . .	33,5
Самарій . . . . .	150,4 . . . . .	6,5
Европій . . . . .	152 . . . . .	33,5
Гадолиній . . . . .	157,3 . . . . .	161
Тербій . . . . .	159,2 . . . . .	237
Диспрозіій . . . . .	162,5 . . . . .	290

Ирбэнъ <sup>1)</sup> разработалъ способъ опредѣлять составъ смѣсей окисловъ рѣдкихъ земель по магнитнымъ свойствамъ этихъ смѣсей.

### 3. СЛАБО ПАРАМАГНИТНЫЕ И ДИАМАГНИТНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ.

Изученіе магнитныхъ свойствъ остальныхъ элементовъ представляетъ большія затрудненія въ виду небольшой величины ихъ магнитныхъ константъ. Уже ничтожныя количества примѣсей ферромагнитныхъ металловъ,—главнымъ образомъ, желѣза,—оказываютъ большое вліяніе на величину воспріимчивости. Многіе элементы, считавшіеся прежде парамагнитными, по болѣе новымъ изслѣдованіямъ оказались діамагнитными. Большую роль также играетъ металлографическое состояніе желѣза, находящагося въ качествѣ примѣси въ данномъ элементѣ,—если оно находится въ видѣ соединенія или разбавленныхъ смѣшанныхъ кристалловъ, то оно не оказываетъ никакого вліянія.

Ведекиндъ <sup>2)</sup> составилъ по даннымъ Гонда рядъ элементовъ по убывающей величинѣ воспріимчивости, начиная съ сильно парамагнитныхъ (+) и кончая сильно діамагнитными (—): + (ферромагнитные металлы) *Mn, Pd, Cr, Ce?*, *La?*, *Ti, V, Nb?*, *Rh, Pt, Ta, U, Al, Ru, Mg, Na, K, W, Th, Zr, Mo, Os, Sn* (металлическое) +; — *Cu, Cd, Pb, Si, Au, Zn, Hg, Ag, Tl, Sn* (сѣрое), *As, Se, Te, I, Br, C* (алмазь), *Sr, S, B, Sb, Bi, C* (уголь дуговыхъ лампъ)—.

Элементы, встрѣчающіеся въ двухъ аллотропическихъ модификаціяхъ, имѣютъ двѣ разныя воспріимчивости и даже мѣняють знакъ (олово). Для газовъ данныя почти отсутствуютъ, кислородъ довольно сильно парамагнитенъ ( $k \cdot 10^6 = 0,117 - 0,157$ ).

Гонда <sup>3)</sup> изображаетъ полученныя имъ величины воспріимчивости элементовъ какъ функцію атомныхъ вѣсовъ; получается кривая съ ясно выраженнымъ періодичнымъ ходомъ (рис. 7-ой <sup>4)</sup>). Кривая дѣлится

<sup>1)</sup> Urbain. *Compt. rend.* 150, 913 (1910); 149, 37 (1909).

<sup>2)</sup> Wedekind, *Magnetochemie*, 71, Berlin (1911).

<sup>3)</sup> Honda, *Ann. d. Phys.* [4] 32, 1054 (1910).

<sup>4)</sup> На оси абсциссъ нанесены атомные вѣса, на оси ординатъ—воспріимчивости, на нижней горизонтальной линіи черточками отдѣлены другъ отъ друга ряды періодической системы элементовъ.

на три части двумя большими максимумами <sup>1)</sup>. Въ первомъ изъ нихъ помѣщаются ферромагнитные металлы и хромъ, марганецъ, ванадiй и титанъ (скрыто магнитные металлы, дающiе магнитные сплавы и соединенiя)—(A<sub>1</sub>); во второмъ—металлы рѣдкихъ земель (A<sub>2</sub>). Кромѣ того, имѣются три острыхъ максимума B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, которымъ соотвѣтствуютъ минимумы C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub> и три второстепенныхъ a<sub>1</sub>, a<sub>2</sub>, a<sub>3</sub>, съ соотвѣтствующими минимумами b<sub>1</sub>, b<sub>2</sub>, b<sub>3</sub>. Въ трехъ наиболѣе рѣзко

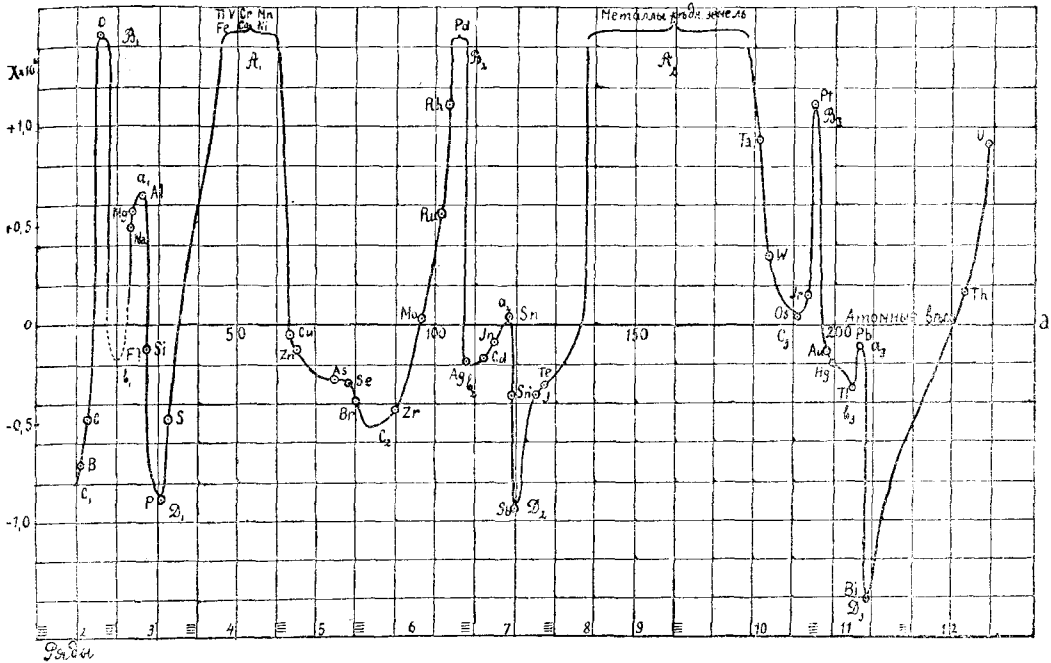


Рис. 7.

выраженныхъ минимумахъ D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, находятся три сходныхъ элемента: фосфоръ, сурьма и висмутъ. Съ увеличеніемъ атомнаго вѣса разстояніе между второстепенными максимумами и минимумами уменьшается. Въ нѣкоторыхъ случаяхъ сходные элементы лежатъ на соотвѣтствующихъ частяхъ кривой. Неправильность представляетъ положеніе никкеля, стоящаго впереди кобальта.

Паскаль <sup>2)</sup> вводитъ понятіе атомной воспримчивости; подъ атомной воспримчивостью онъ подразумѣваетъ произведеніе изъ удѣльной воспримчивости и атомнаго вѣса — *x.a*. Вычисленные имъ атомныя воспримчивости для родственныхъ группъ металлоидовъ возрастаютъ съ увеличеніемъ атомнаго вѣса:

<sup>1)</sup> Абсолютная величина максимумовъ на кривой не указана.

<sup>2)</sup> Pascal, Compt. rend. 147, 1290 (1908), Ann. d. Chim et phys. [8] 19, 5 (1910).

<i>Cl</i> . . . . .	209,5	<i>S</i> . . . . .	156	<i>P</i> . . . . .	274
<i>Rr</i> . . . . .	319,2	<i>Se</i> . . . . .	240	<i>Sb</i> . . . . .	775
<i>I</i> . . . . .	465	<i>Te</i> . . . . .	389	<i>Bi</i> . . . . .	1896

Гонда, кромѣ вышеприведенныхъ изслѣдованій при комнатной температурѣ, изслѣдовалъ цѣлый рядъ элементовъ при высокихъ температурахъ. Оказалось, что воспримчивость лишь немногихъ элементовъ, преимущественно слабо парамагнитныхъ или слабо диамагнитныхъ, не измѣняется съ повышеніемъ температуры, у остальныхъ же

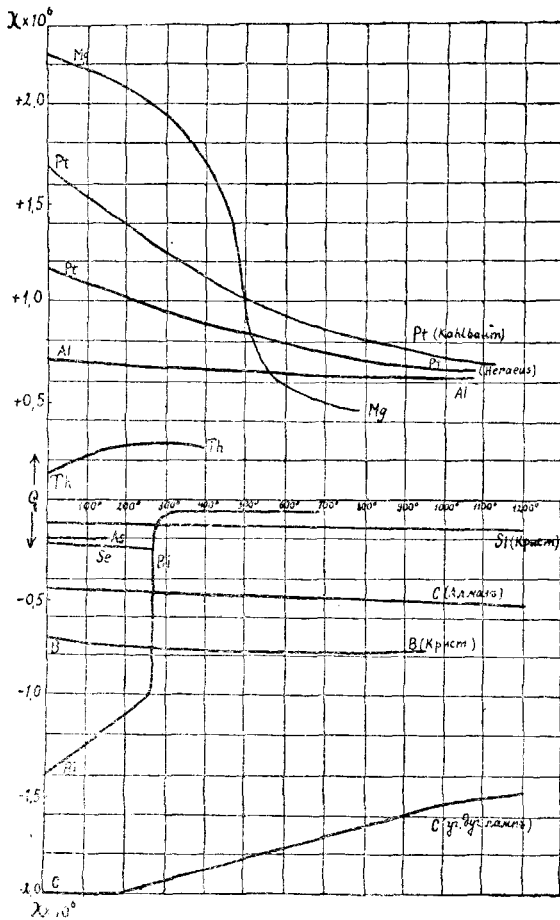


Рис. 8

она или уменьшается или увеличивается <sup>1)</sup>. Такимъ образомъ, изслѣдованія Гонда не подтверждаютъ законъ Кюри, по которому слѣдуетъ, что воспримчивость диамагнитныхъ тѣлъ не зависитъ отъ температуры, а воспримчивость парамагнитныхъ тѣлъ обратно пропорциональна абсолютной температурѣ.

На слѣдующей диаграммѣ изображены измѣненія воспримчивостей съ измѣненіемъ температуры для нѣкоторыхъ элементовъ (рис. 8-ой). У парамагнитныхъ элементовъ быстрое паденіе воспримчивости въ началѣ кривой можетъ быть объяснено присутствіемъ желѣза, напр., у *Mg*, которое выше точки превращенія перестаетъ оказывать вліяніе. У висмута воспримчивость линейно уменьшается съ температурой до точки плавленія (268°), при которой наблюдается внезапное уменьшеніе; выше точки плавленія воспримчивость висмута не зависитъ отъ температуры. Интересный случай представляетъ олово: при обыкновенной температурѣ оно слабо парамагнитно, восприм-

<sup>1)</sup> Honda, Ann. d. Phys. [4] 32, 1055 (1910).

чивость его не измѣняется съ измѣненіемъ температуры до точки плавленія ( $233^{\circ}$ ); при точкѣ плавленія воспримчивость уменьшается, олово становится діаманитнымъ и при дальнѣйшемъ повышеніи температуры не измѣняется. Гонда <sup>1)</sup> изъ сравненія кривыхъ 7-ой и 8-ой выводитъ слѣдующее правило: повышение температуры вызываетъ измѣненіе воспримчивости элемента въ смыслѣ, соответствующемъ небольшому увеличенію атомнаго вѣса. Изъ этого правила слѣдуетъ, что воспримчивость элементовъ, стоящихъ въ максимумахъ и минимумахъ при повышеніи температуры, должна численно убывать. Воспримчивость элементовъ, находящихся на восходящихъ вѣтвяхъ, должна возрастать и на нисходящихъ — убывать. Дѣйствительно, воспримчивости алюминія, желѣза, кобальта, никкеля, палладія, платины, сурьмы и висмута съ повышеніемъ температуры убываютъ; воспримчивости натрія, титана, ванадія, хрома, марганца, рутенія, радія и придія съ повышеніемъ температуры возрастаютъ. Воспримчивости слабо парамагнитныхъ или слабо діаманитныхъ элементовъ, стоящихъ во второстепенныхъ максимумахъ и минимумахъ, не измѣняются съ повышеніемъ температуры <sup>2)</sup>.

Что касается магнитныхъ свойствъ тѣлъ при низкихъ температурахъ <sup>3)</sup>, то намагниченіе желѣза, никкеля и кобальта съ пониженіемъ температуры до жидкаго водорода ( $20^{\circ}$  абсол.) возрастаетъ приблизительно на 1%. Воспримчивости хрома, марганца и ванадія измѣняются лишь незначительно, тогда какъ по закону Кюри онѣ должны были увеличиться, съ охлажденіемъ до температуры твердаго водорода ( $14^{\circ}$  абсол.), приблизительно въ 20 разъ. Воспримчивость сѣрнистой закиси желѣза до  $64^{\circ}$  абсолютной температуры обратно пропорціональна абсолютной температурѣ, при дальнѣйшемъ пониженіи температуры эта зависимость нарушается. Жидкій и твердый кислородъ не слѣдуютъ закону Кюри.

Для того, чтобы закончить обзоръ магнитныхъ свойствъ элементовъ, остается сказать нѣсколько словъ о магнитныхъ свойствахъ соединений изъ слабо парамагнитныхъ и слабо діаманитныхъ элементовъ. Магнитныя свойства соединений не зависятъ отъ свойствъ входящихъ въ ихъ составъ элементовъ. Какъ мы видѣли выше, соединения ферромагнитныхъ металловъ немагнитны, и, наоборотъ, соединения близкихъ имъ металловъ — хрома, марганца, ванадія, — болѣе или менѣе сильно магнитны. Точно такія же явленія мы встрѣчаемъ у соединений съ слабо выраженными магнитными свойствами; соединеніе двухъ пара-

1) Honda, Phys. Ztschr. 11, 1080 (1910).

2) См. въ вышеуказанной работѣ Honda таблицу на стр. 1062-ой.

3) P. Weiss. et Kamerlingh Onnes, Compt. rend. 150, 686, 687 (1910), 152, 79 (1911); Kamerlingh Onnes et A. Perrier, Chem. Centralbl. 1910, II, 129, 1911, II, 340.

магнитныхъ элементовъ можетъ быть діаманитно, напр.,  $MgO$ ,  $Al_2O_3$  <sup>1)</sup>; соединеніе двухъ діаманитныхъ элементовъ можетъ быть парамагнитно, напр.,  $CuBr_2$  и  $CuCl_2$ . Мѣдь занимаетъ среди другихъ элементовъ исключительное положеніе: она сама діаманитна, а ея окисныя соединенія сильно парамагнитны, напр.,  $CuO$  ( $k \cdot 10^6 = +2,9$ ),  $CuBr_2$  ( $k \cdot 10^6 = +6,1$ ),  $CuSO_4$  ( $k \cdot 10^6 = +6,72$ ).

С. Мейеръ <sup>2)</sup> проводитъ связь между воспримчивостью и атомными объемами, — максимумамъ атомныхъ объемовъ соотвѣтствуютъ діаманитныя тѣла, минимумамъ — сильно магнитныя. Если при соединеніи двухъ элементовъ происходитъ уменьшеніе объема, то усиливается ихъ парамагнитный характеръ; если соединеніе связано съ увеличеніемъ объема, то усиливаются діаманитныя свойства <sup>3)</sup>.

Большинство жидкихъ соединеній діаманитно: минеральныя кислоты, сѣроуглеродъ и. т. д., вода также діаманитна; средняя величина воспримчивости, изъ найденныхъ различными изслѣдователями,  $k \cdot 10^6 = -0,75$ . Изъ газообразныхъ соединеній окись азота парамагнитна, большинство же діаманитно (окись углерода, углекислота, сѣроводородъ, цианъ и. т. д.) <sup>4)</sup>.

#### 4. МАГНИТИЗМЪ РАСТВОРОВЪ СОЛЕЙ.

Магнитныя свойства растворовъ солей изучались цѣлымъ рядомъ изслѣдователей <sup>5)</sup>. Большинство изслѣдованій производилось при помощи „магнитнаго манометра“ Квинке <sup>6)</sup>, состоящаго изъ  $U$ -образной трубки, одно колѣно которой (узкое) помѣщалось въ поперечно направленное магнитное поле такимъ образомъ, чтобы менискъ испытуемой жидкости находился въ равномѣрномъ магнитномъ полѣ напряженія  $H$ . Уровень парамагнитной жидкости при этомъ повышался, діаманитной — понижался. Воспримчивость раствора вычислялась по формулѣ:

$$\frac{1}{2} (k - k') H^2 = hgs,$$

гдѣ  $k$  — воспримчивость жидкости,  $k'$  — газа надъ жидкостью,  $h$  — измѣненіе уровня жидкости,  $g = 981$ ,  $s$  — плотность жидкости. Въ результатѣ этихъ изслѣдованій оказалось, что воспримчивость растворовъ является линейной функціей концентраціи и зависитъ только отъ

<sup>1)</sup> St. Meyer, Wied. Ann. 69, 247 (1899)

<sup>2)</sup> St. Meyer, Wied. Ann. 69, 261 (1899) см. также Königsberger, Wied. Ann. 66, 731

<sup>3)</sup> Jäger и St. Meyer, Wied. Ann. 63, 83 (1897); 69, 236 (1899).

<sup>4)</sup> Хвольсонъ. Курсъ физики т. IV ч. 1-ая стр. 803.

<sup>5)</sup> Quincke. Wied. Ann. 24, 347 (1885); Du Bois und Liebknecht, Ann. d. Phys. 1, 189 (1900); St. Meyer, Ann. d. Phys. 1, 668 (1900); Königsberger. Wied. Ann. 66, 731 (1898).

<sup>6)</sup> Quincke, Wied. Ann. 24, 369 (1885).



катиона <sup>1)</sup>. По позднѣйшимъ изслѣдованіямъ аніонъ также оказываетъ вліяніе на воспримчивость раствора, но вліяніе его, по сравненію съ вліяніемъ катиона, невелико <sup>2)</sup>. Кенигсбергеръ производилъ вычисленія своихъ наблюденій по формулѣ:

$$10^6 k' = k'_1 \frac{p}{100} - 0,80 \left( 1 - \frac{p}{100} \right),$$

гдѣ  $k'$  — воспримчивость раствора,  $k'_1$  — воспримчивость раствореннаго сплошнаго вещества,  $p$  — число граммовъ, растворенныхъ въ 100 грм. раствора,  $0,80$  — воспримчивость  $k \cdot 10^6$  для чистой воды.

Нѣкоторые изслѣдователи вычисляютъ величину атомнаго и молекулярнаго магнитизма <sup>3)</sup>. По формулѣ Видемана:

$$K = \frac{p}{m} K_m + \left( \frac{s-p}{s} \right) K_w,$$

гдѣ  $k$  — воспримчивость раствора,  $K_m$  — молекулярный магнитизмъ растворенной соли,  $K_w$  — молекулярный магнитизмъ растворителя,  $p$  — число граммовъ растворенной соли въ 1 куб. см. раствора,  $S$  — удѣльный вѣсъ раствора <sup>4)</sup>.

Центнершверъ <sup>5)</sup> вводитъ понятіе о молекулярной работѣ, производимой граммъ молекулой раствореннаго вещества въ магнитномъ полѣ; работа, совершаемая растворомъ, слагается изъ работы раствореннаго вещества и растворителя и вычисляется по формулѣ:

$$\frac{hgS}{H^2} = \frac{pS}{100M_1} A_1 + \frac{(100-p)S}{100M_2} A_2$$

откуда

$$A_1 = \frac{M_1}{M_2} \frac{100M_2 h_0 g - (100-p) A_2}{p},$$

гдѣ  $A_1$  — молекулярная работа раствореннаго вещества,  $A_2$  — растворителя,  $M_1$  и  $M_2$  — молекулярные вѣса раствореннаго вещества и растворителя,  $h$  — измѣненіе высоты уровня жидкости,  $H$  — напряженіе поля ( $h_0 = \frac{h}{H^2}$ ),  $p$  — число граммовъ соли въ 100 грм. раствора,  $S$  — удѣльный вѣсъ раствора,  $g = 981$ .

1) G. Jäger St. Meyer, Ann. d. Phys. 63, 88 (1897).

2) Liebknecht und Wills, Ann. d. Phys. 1, 187 (1900).

3) По опредѣленію Pascal'я атомный магнитизмъ равенъ произведенію изъ удѣльной воспримчивости и атомнаго вѣса —  $\chi \cdot A$ ; молекулярный магнитизмъ соответственно равенъ произведенію  $\chi M$ , гдѣ  $M$  — молекулярный вѣсъ.

4) E. Wedekind, Magnetochemie, 63.

5) Не опубликованная работа.

Егеръ и Мейеръ нашли для атомныхъ воспримчивостей, предполагаая, что 1 граммъ атомъ металла растворенъ въ литръ раствора, рядъ <sup>1)</sup>:

<i>Ni</i>	$\chi \cdot a \cdot 10^6$	=	2.2,5	<i>c.g.s.</i>
<i>Co</i>	"	=	4.	" "
<i>Fe</i>	"	=	5.	" "
<i>Mn</i>	"	=	6.	" "

Дю Буа, Либкнехтъ и Вильсъ получили рядъ по убывающимъ воспримчивостямъ: желѣзо (въ соляхъ окиси), марганецъ, желѣзо (въ соляхъ закиси), кобальтъ, хромъ, никкель, мѣдь <sup>2)</sup>. Здѣсь слѣдуетъ отмѣтить вліянія перехода въ состояніе іоновъ на магнитныя свойства металловъ. Въ вышеприведенныхъ рядахъ парамагнитный марганецъ занимаетъ мѣсто, соответствующее болѣе высокому значенію атомной воспримчивости, чѣмъ для желѣза (данныя Егера и Мейера) и близкое къ соединеніямъ окиси желѣза по даннымъ Дю Буа, Либкнехта и Вильса. Хромъ, дающій лишь слабо магнитныя соединенія, оказывается между кобальтомъ и никкелемъ; діамангнитная мѣдь также даетъ сильно парамагнитныя растворы солей.

Парамагнитныя растворы даютъ соли металловъ рѣдкихъ земель *V, Pr, Eu, Nd, Tb, Sa, Gd, Er, Ho*. Относительныя величины молекулярныхъ воспримчивостей солей этихъ и ферромагнитныхъ металловъ представлены числами <sup>3)</sup>:

<i>V</i>	<i>Pr</i>	<i>Eu</i>	<i>Ni</i>	<i>Md</i>	<i>Tb</i>	<i>Cr</i>	<i>Co</i>	<i>Sa</i>	<i>Fe</i>	<i>Mn</i>	<i>Gd</i>	<i>Er</i>	<i>Ho</i>
1,3	3,3	4,9	5	5,2	6	6,3	10	11,2	12,5	15	27,3	38,2	50

Магнитныя свойства солей мѣняются въ зависимости отъ валентности металла, такъ, напр., соли окиси желѣза болѣе магнитны, чѣмъ соли закиси; соли окиси хрома менѣе магнитны, чѣмъ соли закиси <sup>4)</sup>. То же самое наблюдается для солей марганца; мѣдь въ этомъ отношеніи аналогична желѣзу,—соли закиси мѣди или слабо парамагнитны, или, какъ и сама мѣдь,—діамангнитны. Вліяніе перехода металлическихъ іоновъ въ комплексныя изучалъ Паскаль на желѣзосинеродистыхъ, желѣзопирофосфорныхъ и желѣзометафосфорныхъ соляхъ. Оказалось, что съ переходомъ металлическаго іона въ комплексный всегда связано уменьшеніе парамагнитныхъ свойствъ <sup>5)</sup>. Желѣзисто-синеродистый калий діамангнитенъ (Oxley) <sup>6)</sup>; діамангитны также ком-

<sup>1)</sup> Yaeger u. St Meyer. Ann. d. Phys. 63, 89 (1897).

<sup>2)</sup> Liebkecht u. Wills. Ann. d. Phys. 1, 175 (1900).

<sup>3)</sup> Хвольсонъ. Курсъ физики т. IV г. 1-ая стр, 80±.

<sup>4)</sup> Quincke. Wied. Ann. 24 347 (1885).

<sup>5)</sup> Pascal. Compt. rend. 147, 56 (1908).

<sup>6)</sup> Oxley. Proc. Cambr. Phil. Soc. 16, 107 (1910).

плексных соединений платины и кобальта  $[Co(NH_3)_6]Cl_3$ <sup>1)</sup>. Комплексные соединения хрома и никкеля слабо парамагнитны.

При переходѣ металлическаго катиона въ кислородсодержащій анионъ, напр.,  $Mn^{2+} \rightarrow MnO_4^-$ ,  $Cr^{3+} \rightarrow CrO_4^{2-}$ , также происходитъ значительное ослабленіе магнитныхъ свойствъ; то же явленіе наблюдается при переходѣ въ коллоидальное состояніе<sup>2)</sup>.

## 5. МАГНИТНЫЯ СВОЙСТВА ОРГАНИЧЕСКИХЪ СОЕДИНЕНІЙ.

Магнитныя свойства органическихъ соединений впервые были изслѣдованы Генриксеномъ<sup>3)</sup>. Всѣ органическія соединения діаманитны. Генриксенъ нашелъ, что въ гомологическихъ рядахъ каждая группа *CH* увеличиваетъ молекулярный магнитизмъ на 163 (принимая воспримчивость воды = 10) и что молекулярный магнитизмъ первичныхъ и вторичныхъ производныхъ одинаковъ для спиртовъ, альдегидовъ, кислотъ и эфировъ.

Въ послѣдніе годы Паскаль<sup>4)</sup> предпринялъ рядъ работъ по вопросу о вліяніи строенія на магнитныя свойства органическихъ соединений (аналогичныхъ работамъ Вгѳнль'я по молекулярной рефракціи). Въ виду краткости настоящаго очерка, здѣсь является возможнымъ лишь въ общихъ чертахъ указать на результаты изслѣдованій Паскаля. Паскаль вычисляетъ молекулярную воспримчивость соединений, не содержащихъ азота и кислорода, по формулѣ:  $\chi M = \sum p \cdot \chi \cdot A + \lambda$  гдѣ *p* — число атомовъ одного рода въ молекулѣ,  $\chi \cdot A$  — атомная воспримчивость,  $\lambda$  — величина, зависящая отъ особенностей строенія даннаго соединения (двойная связь, бензольное ядро и т. д.) у нормальныхъ насыщенныхъ соединений  $\lambda = 0$ . Присутствіе бензольнаго ядра вызываетъ увеличеніе молекулярной воспримчивости на  $-15 \cdot 10^{-7}$ , для этиленовой связи  $\lambda = +57 \cdot 10^{-7}$ , для соединения съ двумя этиленовыми связями  $\lambda = 110 \cdot 10^{-7}$ .

Въ слѣдующихъ таблицахъ приведены величины атомныхъ воспримчивостей элементовъ, наиболѣе часто входящихъ въ составъ органическихъ соединений, и величины молекулярныхъ воспримчивостей, вычисленныхъ изъ атомныхъ и найденныхъ непосредственно:

<sup>1)</sup> Pascal. Compt. rend. 147, 241 (1908).

<sup>2)</sup> Pascal. Compt. rend. 147, 742 (1908).

<sup>3)</sup> Henrichsen. Wied. Ann. 34, 207 (1888)

<sup>4)</sup> Pascal. Compt. rend. 149, 342, 508 (1909); 150, 1054, 1167 (1910); 152, 862, 1010 1852 (1911); 156, 323 (1913); Pascal: Recherches magnétochimiques: Ann. d. chim. et phys. [8] 16, 531 (1909); 19, 5 (1910), 25, 289 (1912); 28, 218 (1913).

Атомныя воспримчивости  $\chi \cdot A \cdot 10^7$ .

<i>C</i> . . . . .	— 62,5	<i>Cl</i> . . . . .	— 209,5
<i>H</i> . . . . .	— 30,5	<i>Br</i> . . . . .	— 319,2
<i>N</i> . . . . .	— 53	<i>J</i> . . . . .	— 465,0
		<i>S</i> . . . . .	— 156,0

Молекулярныя воспримчивости  $\chi \cdot M \cdot 10^7$ .

Углеводороды	Вычислено	Найдено
Гексинъ . . . . .	802	796
Деканъ . . . . .	1296	1297
Ди-аллилъ . . . . .	570	574
Бензолъ . . . . .	573	574
Толуолъ . . . . .	696,5	699
Стироль . . . . .	702	700
Галоидопроизводныя	Вычислено	Найдено
Хлорбензолъ . . . . .	752	749
Бромбензолъ . . . . .	861,5	856
Иодбензолъ . . . . .	1007,5	1000
Трихлорбензолъ . . . . .	1109	1109
Хлористый бензолъ . . . . .	875,5	877

Атомная воспримчивость кислорода, входящаго въ составъ органическихъ соединеній, мѣняется въ зависимости отъ рода связи его съ другими элементами. Если атомъ кислорода связанъ съ двумя различными атомами, какъ, напр., въ спиртахъ и простыхъ эфирахъ, то атомная воспримчивость его  $\chi \cdot A = -48 \cdot 10^{-7}$ . Если кислородъ связанъ съ углеродомъ двойной связью, какъ въ вальдешдахъ и кетонахъ, то  $\chi \cdot A = +18 \cdot 10^{-7}$ . Если два атома кислорода связаны съ однимъ атомомъ углерода (кислоты и сложные эфиры), то  $\chi \cdot A = -35 \cdot 10^{-7}$ . Кроме того, на величину воспримчивости кислорода влiяетъ строенiе боковой цѣпи, какъ, напр., присутствiе бензольнаго ядра, кратныхъ связей и третичнаго и четвертичнаго атома углерода.

Воспримчивость азота также имѣетъ различную величину въ различныхъ соединенiяхъ; въ соединенiяхъ жирнаго ряда атомная воспримчивость азота  $\chi A = -58 \cdot 10^{-7}$ , въ соединенiяхъ ароматическаго ряда  $\chi A = -48 \cdot 10^{-7}$ . Здѣсь также сказывается влiяние кратныхъ связей между атомами азота и углерода.

Изложенныя выше наблюденiя различныхъ изслѣдователей, а именно: что ферромагнитные металлы въ своихъ соединенiяхъ немагнитны, что парамагнитные металлы могутъ давать магнитные сплавы

и соединенія, что аллотропическимъ модификаціямъ одного и того же элемента соотвѣтствуютъ различныя величины воспримчивостей и, наконецъ, связь, существующая между воспримчивостью и молекулярнымъ объемомъ соединеній, — все это даетъ возможность сказать, что способность намагничиваться присуща не атомамъ ферромагнитныхъ металловъ, какъ таковымъ, а скорѣе обусловливается распредѣленіемъ матеріи въ молекулѣ. Теорія магнетоновъ Вейса <sup>1)</sup> является попыткой объяснить магнитныя явленія при посредствѣ элементарныхъ молекулярныхъ магнитовъ, аналогичныхъ элементарнымъ количествамъ электричества — электронамъ.

*Цецилія Райсниттейнз.*

---

<sup>1)</sup> P. Weiss. Arch. Sc. phys. et. nat. [4] 37. 401 (1911).

## Замѣтка по случаю 300-лѣтія со времени открытія Кеплеромъ третьяго закона планетныхъ движеній.

Прив. доц. А. И. Багинскаго.

§ 1. Два первые Кеплерова закона (эллиптичность планетныхъ орбитъ и прямая пропорціональность между площадью, описываемою радіусомъ-векторомъ планеты, и временемъ) были имъ опубликованы въ 1609 году, въ книгѣ, озаглавленной такъ: *Astronomia nova aitiologhctos* <sup>1)</sup>, seu *Physica Coelestis tradita commentariis de motibus stellae Martis. Ex observationibus G. V. Tyehonis Brahe. Jussu et sumtibus Rudolphi II, Romanorum Imperatoris &c. &c. Plurium annorum pertinaci studio elaborata Pragae a S<sup>ac</sup> C<sup>ae</sup> M<sup>dis</sup> Mathematico Joanne Keplero. Cum ejusdem S<sup>ac</sup> M<sup>dis</sup> privilegio speciali. Anno aerae Dionysianae CDDCIX*. Сначала Кеплеромъ былъ открытъ такъ-называемый „законъ площадей“; въ это время Кеплеръ еще держался мнѣнія, что планеты движутся по окружностямъ, но только солнце находится не въ центрѣ этихъ окружностей. Геометрической выводъ закона площадей изъ положеній Птолемеевой астрономіи содержится въ 32-й главѣ „*Astronomia nova*“. Въ „*argumentum*“ этой главы законъ этотъ формулированъ въ слѣдующихъ приблизительно словахъ: *промежутки времени, потребные для прохожденія планетою равныхъ дугъ орбиты, пропорціональны удаленію планеты отъ солнца* <sup>2)</sup>. Своимъ образнымъ языкомъ Кеплеръ прибавляетъ: „навестрите уши, физики: вѣдь здѣсь предпринимается замыселъ насчетъ вторженія въ вашу область“. Эта фраза показываетъ, какъ ясно Кеплеръ понималъ, что открытій имъ законъ даетъ нить для физическаго („причиннаго“, *aitiologhctos*) объясненія планетныхъ движеній. Интересно также заглавіе 32-й главы, посвященной этому закону: „Сила, которая движетъ планеты по кругу, уменьшается съ удаленіемъ отъ источника“. Кеплеръ считалъ, что всякое движеніе, не поддерживаемое внѣшнею силою, должно заглухнуть, и что обращеніе планетъ воеругъ солнца не прекращается лишь потому, что солнце двигаетъ планеты воеругъ себя; для объясненія же такого воздѣйствія со стороны солнца онъ допускалъ, что солнце предоставляетъ собою огромный магнитъ; тотъ фактъ, что солнце не притягиваетъ планеты къ себѣ, а заставляетъ ихъ описывать орбиты, онъ сопоставлялъ съ тѣмъ, какъ магнитъ при извѣстныхъ условіяхъ лишь направляетъ желѣзную полоску параллельно своимъ „волоконамъ“, но не притягиваетъ ее къ себѣ <sup>3)</sup>. Найдя, что движеніе пла-

<sup>1)</sup> Это греческое слово означаетъ „изыскивающая причины“. Такимъ образомъ, Кеплеръ въ самомъ заглавіи своей книги выдвигаетъ на видъ ту мысль, что онъ смотритъ на поставленную себѣ задачу изслѣдованія планетныхъ движеній не съ кинетической лишь точки зрѣнія, но съ динамической (какъ сказали бы мы теперь).

<sup>2)</sup> Такая формулировка не совсѣмъ точна; она является безупречною лишь для афелія и перигелія (къ этимъ точкамъ собственно и относится данный Кеплеромъ выводъ).

<sup>3)</sup> Въ другихъ мѣстахъ (напр., въ концѣ 38 й главы) Кеплеръ изображаетъ силу, источникомъ которой является солнце, въ видѣ огромнаго вихря, увлекающаго всѣ планеты.

нетъ по орбитѣ неравноуѣрно, и что оно замедляется съ удаленіемъ планеты отъ солнца, Кеплеръ естественно умозаключилъ, что воздѣйствіе солнца на планету ослабѣваетъ съ разстояніемъ (Но, конечно, такое умозаключеніе въ *цѣломъ* было ошибочно, какъ построенное на неправильныхъ предпосылкахъ). Точную (не отличающуюся отъ современной) формулировку закона площадей Кеплеръ даетъ въ 40-й главѣ своего труда; и любопытно, что онъ приходитъ къ ней дедуктивнымъ путемъ отъ прежней, невѣрной формулировки. Само собой разумѣется, что изъ невѣрной послылки можно притти къ вѣрному заключенію только въ томъ случаѣ, если и вторая послылка будетъ ошибочна. Такимъ ошибочнымъ положеніемъ у Кеплера является слѣдующее: площадь сектора можно разсматривать какъ сумму всѣхъ радіусовъ-векторовъ, заключающихся внутри его <sup>1)</sup>.

§ 2. Обыкновенно ученый передаетъ тишенію добытые результаты внѣ той связи мыслей, какая на самомъ дѣлѣ привела его къ этимъ результатамъ. Онъ умалчиваетъ о своихъ ошибкахъ, о ложныхъ путяхъ, на которые ему случалось вступать, подобно путнику въ незнакомой мѣстности, о бесплодныхъ исканіяхъ, о своихъ увлеченіяхъ внезапно блеснувшей новой идеей, объ испытанныхъ очарованіяхъ и разочарованіяхъ; нерѣдко даже истинный первоисточникъ открытія бываетъ искусно замаскированъ и замѣненъ позднѣе придуманной *ad hoc* аргументаціей, лучше удовлетворяющей логическимъ требованіямъ, чѣмъ та неожиданная, иногда слабо мотивированная интуиція, которая часто ведетъ къ важнымъ открытіямъ.

Не такъ у Кеплера. Кеплеръ, можно сказать, вводитъ насъ въ лабораторію своего ума, не скрывая ни одного изъ ея закоулковъ. Онъ чистоосердечно посвящаетъ насъ во всѣ подробности своихъ успѣховъ и своихъ неудачъ не стѣняясь, дѣлится съ читателемъ своими эмоціями; онъ то торжествуетъ по случаю сдѣланныхъ завоеваній, то добродушно посмѣивается надъ собою по поводу заблужденій, которымъ онъ отдалъ дань. Отъ того-то чтеніе его *Astronomia nova* является столь поучительнымъ; и отъ того ибѣтъ, можетъ быть, въ исторіи физико-математическихъ наукъ другого имени, которое возбуждало бы въ насъ такое живое сочувствіе. Кеплеръ заставляетъ переживать съ собою весь генезисъ своихъ идей.

Упорныя стремленія Кеплера найти такую окружность, движеніе по которой какъ-разъ воспроизводило бы наблюденныя положенія планеты Марса, временами—казалось ему—увѣнчивались успѣхомъ. Но, въ концѣ-концовъ, расхожденіе между теоретическими и дѣйствительными положеніями планеты оказывались слишкомъ большими, чтобы ихъ можно было объяснить ошибками наблюденій. Тогда онъ рѣшается откинуть предпосылку, которая имѣла за собой авторитетъ всѣхъ раньше бывшихъ астрономовъ и философовъ: предпосылку о круговой фигурѣ планетныхъ путей <sup>2)</sup>. Онъ пробуетъ различныя овалы; при этомъ у него является надобность мѣрить площади этихъ оваловъ, и онъ ищетъ (гл. 47 я) такого  $\theta\epsilon\omicron\varsigma \alpha\lambda\omicron \mu\eta\chi\alpha\nu\eta\varsigma$  (*deus ex machina*), который научилъ бы

<sup>1)</sup> Въ главѣ 50-й Кеплеръ выражаетъ законъ площадей еще въ такой формѣ: *промежутки времени, употребляемые планетой для прохожденія дугъ, которыя изъ центра солнца представляются равными, пропорціональны квадратамъ разстояній*. Формулировка эта совершенно вѣрна (для малыхъ дугъ); но опять-таки это положеніе получено Кеплеромъ при помощи разсужденія, включающаго двѣ ошибки, которыя взаимно уничтожаютъ другъ друга.

<sup>2)</sup> Въ началѣ 40-й главы Кеплеръ говоритъ: „Моя первая ошибка заключалась въ предположеніи, будто путь планеты есть совершенная окружность; эта ошибка стала тѣмъ болѣе вредной похитительницей времени, что она внушалась авторитетомъ всѣхъ философовъ и наиболѣе согласовалась съ метафизической точкой зрѣнія“.

его выполнить подобную квадратуру. Дѣло было бы просто, если бы орбита была совершеннымъ эллипсомъ; и онъ начинаетъ испытывать эллиптическую гипотезу. Но результаты испытаній неблагоприятны. Тогда Кеплеръ, оставляя мысль объ эллипсѣ, снова начинаетъ мѣнять форму орбиты и ея расположеніе относительно солнца; упорно размышляя объ одномъ и томъ же, онъ доходитъ почти до безумія (см. конецъ 58-й гл.); но, наконецъ, внезапно блестящая въ его головѣ идея отрываетъ ему, что допущеніемъ эллиптической орбиты могутъ быть примирены всѣ кажущіяся несогласія; съ этого момента эллиптическая теорія планетъ установлена неизбежно.

§ 3. Съ 1595 года Кеплеръ усердно искалъ тѣ простыя математическія зависимости, которыя, по его предвзятому мнѣнію, должны были, въ духѣ Пифагорейскаго ученія, связывать число и величину планетныхъ путей и движенія планетъ по этимъ путямъ въ одно гармоническое цѣлое. Въ своемъ юношескомъ сочиненіи *Prodms dissertationam cosmographicarum, continens mysterium kosmographicum...* (1596) онъ пытается поставить въ связь размѣры планетныхъ орбитъ съ размѣрами шаровъ, извѣстнымъ образомъ описанныхъ и вписанныхъ по отношенію къ пяти правильнымъ многогранникамъ. Ту же пространственную зависимость излагаетъ онъ въ своемъ позднѣйшемъ сочиненіи *Harmonices mundi libri V*, вышедшемъ въ свѣтъ въ 1619 г. Онъ отводитъ здѣсь также много мѣста изысканію музыкальныхъ соотношеній между различными характеристиками планетныхъ движеній. Все это — внѣнаучныя соображенія. Но среди множества вычисленій, не имѣющихъ ни теоретической поделки, ни необходимаго эмпирическаго обоснованія, блестятъ въ 3-й главѣ V книги *Harmonices* <sup>1)</sup>, какъ яркая звѣзда среди тучъ, *третій законъ планетныхъ движеній*. Изложенію этого закона Кеплеръ предпосылаетъ изложеніе двухъ первыхъ законовъ, при чемъ формулируетъ ихъ и точнѣе, и съ болѣе сильнымъ подчеркиваніемъ, чѣмъ это было сдѣлано въ *Astronomia nova*. Я позволяю себѣ привести здѣсь переводъ соответствующаго отрывка *Harmonices*:

„... Чтобы перейти къ движеніямъ, между которыми установлена гармонія, я снова напоминаю читателю, что въ запискахъ о Марсѣ мною доказано на основанія чрезвычайно точныхъ наблюденій Браге, что равныя дневныя <sup>2)</sup> дуги на одной и той же орбитѣ проходятся не съ равною скоростью, но что эти различныя *длительности* [пребываніе планеты] *на равныхъ частяхъ орбиты сохраняютъ пропорціональность разстояніямъ этихъ частей отъ солнца*, источника движенія; и что, въ свою очередь, предполагая равные промежутки времени (напримѣръ, въ одинъ естественный день въ томъ и другомъ случаѣ), соответствующія имъ *истинныя дневныя дуги одной орбиты обратно пропорціональны разстояніямъ отъ солнца* <sup>3)</sup>. Въ то же время доказано мною, что *орбита планеты есть эллипсъ, и солнце, источникъ движенія, находится въ одномъ изъ фокусовъ этого эллипса; и дѣло происходитъ такъ, что планета, совершивъ четверть всего обхода отъ своего афелія,*

<sup>1)</sup> Эта глава имѣетъ такое заглавіе: „Главный пунктъ астрономическаго ученія, необходимый для пониманія небесныхъ гармоній“. Вся V книга озаглавлена: „О совершеннѣйшей гармоніи небесныхъ движеній и о происхожденіи изъ нихъ эксцентрицитетовъ и полу-діаметровъ и періодовъ обращенія“.

<sup>2)</sup> Слова „дневныя“ здѣсь, конечно, не должно быть понимаемо буквально. Кеплеръ хочетъ сказать: малыя дуги, соответствующія примѣрно промежутку времени въ 1 сутки.

<sup>3)</sup> Эта формулировка, подобно предыдущей, не вполне точна. Далѣе Кеплеръ самъ оговариваетъ тѣ условія, при которыхъ она является приемлемой.



бываетъ отдѣлена отъ солнца такимъ разстояніемъ, которое представляется какъ разъ арифметическое среднее изъ наибольшаго разстоянія въ афелии и наименьшаго въ перигелии. А изъ этихъ двухъ аксіомъ вытекаетъ, что среднее дневное перемѣщеніе планеты по орбитѣ такъ же велико, какъ и истинная дневная дуга этой орбиты въ тѣ моменты, когда планета бываетъ въ концы четверти орбиты, считая отъ афелия (хотя эта истинная четверть кажется меньше угловой четверти). Далѣе слѣдуетъ, что двѣ какія-нибудь истинныя дневныя дуги орбиты, равно отстоящія одна отъ афелия, другая отъ перигелия, вмѣстѣ равняются двумъ дневнымъ среднимъ <sup>1)</sup>... Вотъ что надобно напередъ узнать объ истинныхъ дневныхъ дугахъ орбиты и объ истинныхъ перемѣщеніяхъ, чтобы намъ уже отсюда понять кажущіяся движенія, предполагая глазъ въ солнцѣ.

Но что касается кажущихся дугъ <sup>2)</sup> съ точки зрѣнія солнца, то извѣстно уже изъ древней астрономіи, что изъ истинныхъ перемѣщеній, даже равныхъ между собой,—то, которое далѣе отстоитъ отъ центра вселенной (какъ находящееся въ афелии), представляется меньшимъ глядящему изъ указаннаго центра; то же, которое ближе, какъ находящееся въ перигелии,—большимъ. А такъ какъ, сверхъ того, истинныя дневныя дуги вблизи также оказываются большими, вслѣдствіе болѣе быстрого движенія, а въ удаленномъ афелии, вслѣдствіе медленности движенія,—меньшими, то отсюда я доказалъ въ книгѣ о Марсѣ, что отношеніе кажущихся дневныхъ дуг одной орбиты довольно точно равняется квадрату обратнаго отношенія изъ разстояній отъ солнца <sup>3)</sup>. Такъ что, если планета въ одинъ изъ своихъ дней, находясь въ афелии, отстояла отъ солнца на 10 частей (въ какой-нибудь мѣрѣ), а въ противоположный день, находясь въ перигелии, на 9 такихъ же частей, то несомнѣнно, что съ солнца ея кажущееся перемѣщеніе въ афелию будетъ относиться къ кажущемуся [перемѣщенію] въ перигелию, какъ 81 къ 100.

Но это справедливо при слѣдующихъ предосторожностяхъ: во-первыхъ, чтобы дуги орбиты не были велики, дабы онѣ не сообщались съ различными разстояніями, значительно отличающимися [другъ отъ друга], то-есть не причиняли замѣтной разности разстоянія своихъ концовъ отъ апсидъ; затѣмъ, чтобы эксцентрицитетъ не былъ чересчуръ великъ...

До сихъ поръ мы говорили о различныхъ промежуткахъ времени и [проходимыхъ] дугахъ для одной и той же планеты. Теперь же должна пойти рѣчь о движеніяхъ двухъ планетъ, сравниваемыхъ другъ съ другомъ... Итакъ здѣсь предстоитъ довершить и ввести сюда нѣкоторую часть моей „Космографической тайны“, оставленную нерѣшенной 22 года тому назадъ,—такъ какъ тогда дѣло еще не было ясно для меня. И вотъ, послѣ того какъ не-

1) Послѣднія два положенія доказываются такъ. Пусть  $a$  будетъ большая полуось орбиты,  $a+x$  и  $a-x$ —радіусы-векторы, соответствующіе дугамъ, равно отстоящимъ одна отъ афелия, другая отъ перигелия. Тогда длина этихъ дугъ, по Кеплеру, будетъ  $\frac{\kappa}{a+x}$  и  $\frac{\kappa}{a-x}$ ; въ суммѣ, при маломъ  $x$ , получается  $2 \frac{\kappa}{a} \left( \frac{\kappa}{a} = \text{среднему дневному перемѣщенію} \right)$ .

2) Подъ „кажущимися дугами“ Кеплеръ разумѣетъ угловыя перемѣщенія планеты.

3) Это положеніе легко выводится изъ теоремы площадей въ ея обычной формулировкѣ. Пусть  $\alpha$  и  $\beta$  будутъ углы, вѣющіе вершину въ солнцѣ, опирающіеся на дневныя перемѣщенія планеты; пусть  $a$  и  $b$  будутъ соответствующія значенія радіуса вектора. Площади секторовъ, описанныхъ въ эти два дня, можно принять равными  $\frac{1}{2} a^2 \alpha$  и  $\frac{1}{2} b^2 \beta$ ; изъ равенства же этихъ площадей вытекаетъ  $\alpha : \beta = b^2 : a^2$ .

(Примѣчанія А. Бачинскаго).

прерывнымъ трудомъ весьма долгаго времени были изъ наблюдений Браге найдены вѣрные промежутки орбитъ, наконецъ-то, наконецъ-то, подлинная пропорція между періодами и размѣрами орбитъ

...хоть и поздно, замѣтила бездѣйственнаго,  
Замѣтила-таки и пришла, послѣ долгаго промежутка времени <sup>1)</sup>;

и если желательно такое указаніе времени,—она зародилась въ моемъ умѣ 8-го марта <sup>2)</sup> сего тысяча шестьсотъ восемнадцатаго года, но была неудачно подсчитана и потому отброшена, какъ ложная; но когда я 15-го мая возвратился къ ней, принявшись съ новымъ увлеченіемъ, она наконецъ побѣдила слѣпоту моего ума; это было столь великой наградой и моей семнадцатилѣтней работы надъ наблюденіями Браге, и направленнаго согласно съ нею размышленія, что я сперва готовъ былъ думать, будто силу и превосходящаго искомого среди данныхъ. Но въ высшей степени вѣрно и точно, что отношеніе между періодами обращенія какихъ-нибудь двухъ планетъ какъ-разъ равняется полудторной степени отношенія ихъ среднихъ разстояній, то есть [радіусовъ] орбитъ; однако, обращаю вниманіе на то, что среднее арифметическое обоихъ діаметровъ эллиптической орбиты немногимъ менѣе длиннѣйшаго діаметра. Итакъ, если кто изъ періода,—скажемъ,—земли, который равенъ одному году, и изъ періода Сатурна (тридцать лѣтъ) возьметъ кубическіе корни и, возведя эти корни въ квадратъ, составитъ отношеніе, тотъ имѣетъ въ получаемыхъ числахъ вѣрнѣйшее отношеніе среднихъ разстояній земли и Сатурна отъ солнца.

Ибо кубическій корень изъ 1 есть 1, его квадратъ—1; и кубическій корень изъ 30 [нѣсколько]—болѣе 3, его квадратъ [нѣсколько]—болѣе 9. И Сатурнъ, въ своемъ среднемъ отстояніи отъ солнца, бываетъ немногимъ дальше девятикратнаго средняго разстоянія земли отъ солнца<sup>3)</sup>.

Изложеніе третьяго закона и его открытія, проникнутое особю восторженностью, показываетъ, что Кеплеръ придавалъ этому закону выдающуюся роль среди своихъ достиженій. Надо, впрочемъ, отмѣтить, что тутъ игралъ роль не столько этотъ законъ самъ-по-себѣ, сколько пріурочиваемыя Кеплеромъ къ этому закону гармоническія соотношенія въ солнечной системѣ <sup>3)</sup>.

<sup>1)</sup> Кеплеръ цитируетъ латинскіе стихи:

...sega guidem respexit inertem,

Respexit tamen et longo post tempore venit.

При этомъ онъ съ нѣкоторымъ юморомъ изображаетъ дѣло такъ, какъ будто открытый имъ законъ былъ самостоятелно-живущей идеей, которая нашла его, Кеплера,—а не наоборотъ.

<sup>2)</sup> Эта дата, по вѣдному, указывается по григоріанскому календарю (который въ XVI—XVII вѣкахъ разнился отъ юліанскаго на 10 дней)

(Примѣчанія А. Бачинскаго).

<sup>3)</sup> Для оцѣнки самимъ Кеплеромъ этихъ найденныхъ имъ музыкальныхъ соотношеній характерно предисловіе Кеплера къ V книгѣ *Harmonices*. Вотъ это предисловіе:

„Что я предчувствовалъ двадцать два года тому назадъ, какъ только открылъ пять много-равниковъ между небесными кругами; въ чемъ я былъ твердо убѣжденъ раньше, чѣмъ увидѣлъ Птоломеевы „Гармоники“; что я обѣщалъ друзьямъ, объявивъ заглавіе этой пятой книги прежде, нежели я на самомъ дѣлѣ получилъ окончательный результатъ; о необходимости изысканія чего я твердилъ въ печатномъ сочиненіи шестнадцать лѣтъ тому назадъ; ради чего я лучшую часть жизни отдалъ на астрономическія изслѣдованія, обратился къ Тихо Браге, выбралъ мѣстожительствомъ Прагу,—то, наконецъ, благодаря Бога всеблагому, всевышнему (который вдохновилъ мой умъ, возбудилъ могучее желаніе), продолжившему и жизнь и душевныя силы, и доставлявшему другія средства чрезъ щедрость двухъ императоровъ и знатнѣйшихъ людей Верхней Австріи,—завершивъ сначала въ достаточной мѣрѣ кругъ астрономической дѣятельности, я, наконецъ-то, говорю, явилъ это на

О характерѣ этихъ соотношеній можно судить по заглавямъ отдѣльныхъ главъ, составляющихъ V книгу Harmonices; вотъ эти заглавія:

I. О пяти правильныхъ многогранникахъ.

II. О сродствѣ съ ними гармоническихъ отношеній.

III. Главный пунктъ астрономическаго ученія, необходимый для пониманія небесныхъ гармоній.

IV. Въ какихъ обстоятельствахъ, относящихся къ планетнымъ движеніямъ, выражены простыя гармоніи; и о томъ, что въ небесахъ находятся всѣ тѣ, которые являютъ въ пѣніи.

V. Ступени музыкальной гаммы и роды гармоній—мажоръ и миноръ—выражаются извѣстными движеніями.

VI. Отдѣльные музыкальные лады извѣстнымъ образомъ выражаются отдѣльными планетами.

VII. Могутъ существовать контрапункты или универсальныя гармоніи всѣхъ планетъ, и притомъ различныя, но вытекающія одна изъ другой.

VIII. Въ планетахъ выражены природы четырехъ голосовъ—дисканта, альты, тенора и баса.

IX. Доказательство, что для полученія этого гармоническаго расположенія эксцентриситеты планетъ должны были быть установлены тѣми самими, какой каждая изъ нихъ имѣеть, а не иными.

X. Эпиграфъ о солнцѣ, на основаніи весьма вѣснѣхъ соображеній.

§ 4. Извѣстно, что если къ тремъ Кеплеровымъ законамъ планетныхъ движеній присоединить три общія динамическія принципа: принципъ инерціи, принципъ независимаго дѣйствія силъ, принципъ дѣйствія и противодѣйствія, — то отсюда путемъ не особенно сложной дедукціи получается Ньютонъ

свѣтъ и открытъ въ исплѣтливѣйшей формѣ (выше того, на что когда либо могъ надеяться), что вся природа гармонія, сколь она ни разнообразна съ всеми своими частями, изложена въ III книгѣ, находится среди небесныхъ движеній, и притомъ не въ томъ видѣ, въ какомъ я раньше предполагалъ (эта сторона составляетъ для меня особенную радость), но въ совершенно иномъ, одновременно и замѣчательнѣйшемъ и совершеннѣйшемъ. Въ то промежуточное время, когда меня удерживало въ сомнѣніи чрезвычайное трудное воспроизведеніе движеній, подошло, въ особую приращенію моего страстнаго стремленія и какъ явче побужденіе къ намѣченной цѣли, чтеніе Гармоникъ Птолемея (каковія рукописи переслать мнѣ превосходный мущъ, рожденный для того, чтобы синтезировать философію и вообще всякому роду учености, Іоаннъ Георгій Гервардъ, канцлеръ Баваріи), въ сверхъ ожиданія и съ величайшимъ удивленіемъ нашелъ, что почти вся его третья книга посвящена, на тысячу пятьсотъ лѣтъ раньше, тому же исследованію небесной гармоніи. Конечно, въ ту эпоху многого еще недоставало астрономіи, и Птоломей могъ, приступая къ исследованію безъ усѣбъ, разочаровать другихъ, такъ какъ могло бы показаться, что онъ скоро раскритиковалъ, вмѣстѣ съ Цицероновымъ Сипціономъ, нѣкое сладостное Пифагорейское сподобленіе нежеди принесть пользу философіи; но меня какъ то несовершенство древней астрономіи, такъ и это самое, до черточка точное согласіе въ разсужденіяхъ двухъ лицъ, отдѣльныхъ промежуткомъ въ пятнадцать вѣковъ, въ высшей степени уверяли въ преслѣдованій цѣли. Въ чѣмъ много словъ? Сама природа вещей шла объявиться людямъ черезъ различныхъ, отдѣльныхъ промежуткомъ въ цѣлые вѣка, толмачей; переть Ножій былъ, чтобы и говорить съ евреями о томъ, какъ здѣсь въ умахъ двухъ людей, воплотившихся созерцанію природы {образовалось}, одно и то же представленіе о мірозданіи, хотя ни одинъ изъ нихъ не былъ вождемъ другому при вступленіи на этотъ путь. Послѣ того, какъ всемишадать всѣяцевъ тому назадъ появился первый свѣтъ, три мѣсяца тому назадъ наступила настоящій день, а за нѣсколько дней засяло само истинное солнце удивительнѣйшаго созерцанія, ничто уже не удерживаетъ меня: я хочу дать волю священному несогласію, я хочу всмѣяться надъ смертными, откровенно признавшись, что я похитилъ золотые сосуды агни-танъ, чтобы изъ нихъ построить скинію моему Богу, вдалекѣ отъ предѣловъ Египта. Если вы прощаете, я возрадуюсь, если гнѣваетесь, я перенесу; вотъ я бросаю жребій и пишу книгу, которую будутъ читать современники ли, потомки ли,—это безразлично для меня, пусть она дождется своего читателя въ теченіе ста лѣтъ, если самъ Богъ въ теченіи шести тысячь лѣтъ ждалъ наблюдателя“.

новъ законъ тяготѣнія между солнцемъ и планетами. Въ исторіи физики нерѣдко выдвигается вопросъ: насколько близокъ былъ Кеплеръ къ выполнению подобной дедукціи. Понятно, что для освѣщенія этого вопроса необходимо сначала опредѣлить, въ какой формѣ и въ какой мѣрѣ были ясны Кеплеру истинныя динамическія принципы. Матеріалъ для соответствующаго опредѣленія имѣется въ *Astronomia nova*, а также въ третьемъ большомъ астрономическомъ трудѣ Кеплера, носящемъ заглавіе *Epitome Astronomiæ Copernicanae* и вышедшемъ въ свѣтъ частями въ теченіе 1618—1621 годовъ<sup>1)</sup>. Во введеніи къ *Astronomia nova* Кеплеръ кратко и ясно излагаетъ свои основныя динамическія представленія въ слѣдующихъ словахъ:

„Истинное ученіе о тяжести основывается на слѣдующихъ аксіомахъ<sup>2)</sup>:

1. Всякая тѣлесная субстанція, поскольку она тѣлесна, бываетъ отъ природы приспособлена покоиться во всякомъ мѣстѣ, въ которомъ она будетъ помѣщена уединенно, внѣ круга дѣйствія сроднаго тѣла.

2. Тяжесть есть взаимное тѣлесное расположеніе къ соединенію между сродными тѣлами (къ каковому порядку вещей относится и магнитная способность), такъ что земля влечетъ камень гораздо болѣе, нежели камень стремится къ землѣ.

3. Тяжелыя тѣла (въ особенности если мы помѣстимъ землю въ центрѣ вселенной) не стремятся къ центру вселенной, какъ къ центру вселенной, но какъ къ центру круглаго сроднаго тѣла, то-есть земли. Итакъ, гдѣ бы ни помѣстилась или куда бы ни перенеслась земля своею живою способностью, всегда къ ней будутъ стремиться тяжелыя тѣла.

4. Если бы земля не была кругла, тяжелыя тѣла не стремились бы отовсюду прямо къ средоточію земли, но стремились бы съ различныхъ сторонъ къ различнымъ точкамъ.

5. Если бы въ какомъ-либо мѣстѣ вселенной были помѣщены другъ близъ друга два камня, внѣ круга дѣйствія третьяго сроднаго тѣла, то эти камни сошлись бы, наподобіе двухъ магнитныхъ тѣлъ, въ [нѣкоторомъ] промежуточномъ мѣстѣ, при чемъ каждый придвинулся бы къ другому на такое разстояніе, какъ велика по сравненію массивность другого.

6. Если бы луна и земля не удерживались живою или какою нибудь другою равнозначною силою, каждая на своей орбитѣ, то земля поднялась бы къ лунѣ на пятьдесятъ четвертую часть разстоянія [между ними], луна опустилась бы къ землѣ приблизительно на  $\frac{58}{54}$  разстоянія, и тутъ онѣ соединились бы (предполагая, что вещество обѣихъ имѣетъ одну и ту же плотность).

7. Если бы земля перестала притягивать къ себѣ свои воды, то всѣ морскія воды поднялись бы и перелились бы на тѣло луны<sup>3)</sup>...

Перейдемъ къ разбору содержанія отдѣльныхъ аксіомъ

1. Первая аксіома есть ни что иное, какъ законъ инерціи, однако, выраженный только, такъ сказать, наполовину. Кеплеру совершенно неизвѣстно, что тѣло „отъ природы“ можетъ не только покоиться, но и двигаться равно, мѣрно по прямой. (Поэтому дѣлаютъ ошибку тѣ авторы<sup>4)</sup>, которые приписы-

1) *Epitome*—извлеченіе. Изъ трехъ крупнѣйшихъ астрономическихъ сочиненій Кеплера *Epitome* является наиболѣе систематически изложеннымъ и наиболѣе удобочитаемымъ. Въ сущности это—очень хорошій курсъ астрономіи, который былъ бы интересенъ и для современнаго читателя.

2) Нумерація аксіомъ принадлежитъ автору настоящей статьи. У Кеплера этой нумераціи нѣтъ.

3) Далѣе идетъ объясненіе приливовъ притягательнымъ дѣйствіемъ луны.

4) Какъ, напр., Comte, *Cours de philosophie positive*, 3-me éd, t. I, p. 404.

вають Кеплеру открытіе закона инерціи въ полномъ видѣ). Напротивъ того, Кеплеръ полагаетъ, что „матерія, какъ таковая, не имѣетъ никакой способности переносить свое тѣло отъ мѣста къ мѣсту“<sup>1)</sup>.

Въ такомъ половинчатомъ видѣ Кеплеръ выдвигаетъ законъ инерціи весьма часто<sup>2)</sup>.

Значеніе этого тезиса у Кеплера, главнымъ образомъ,—коленическое, противъ Аристотелевой школы. По Аристотелю, всякое тѣло естественнымъ образомъ стремится занять свойственное ему мѣсто; такимъ мѣстомъ для тѣлъ „тяжелыхъ“ является центръ вселенной, а для тѣлъ „легкихъ“—ея периферія. Движенія, возникающія въ результатъ этого естественнаго стремленія, назывались *естественными*; всякое другое движеніе причислялось къ *насильственнымъ*. Всякое насильственное движеніе (напр., движеніе брошеннаго тѣла) необходимо затухаетъ; наоборотъ, движенія естественныя (какъ движеніе свободно падающаго тѣла) ускоряются. Интересно, что у Аристотеля въ одномъ мѣстѣ (Физика, кн. IV, гл. 11) встрѣчается представленіе о такомъ движеніи, какое мы называемъ „движеніемъ по инерціи“; но къ этому представленію Стагиритъ относится, какъ къ явной недѣльности. Рѣчь идетъ о невозможности пустоты; аргументація заключается въ слѣдующемъ: если бы существовала пустота, то было бы совершенно непонятно, почему должна была бы измѣняться скорость тѣла, движущагося въ пустотѣ. Тѣло должно было бы или вѣчно оставаться въ покоѣ, или вѣчно двигаться, пока его не остановило бы какое-либо препятствіе. А такъ какъ въ природѣ этого не происходитъ, то, стало быть, пустоты не существуетъ.

Кеплеръ борется съ представленіемъ о „естественномъ“ стремленіи тѣлъ двигаться къ центру вселенной (или къ периферіи ея); вотъ почему ему, прежде всего, необходимо установить аксіому о естественной склонности тѣлъ къ покою (самый терминъ *inertia* для означенія этой склонности введенъ, повидимому, имъ.)

2—7. Слѣдующія аксіомы Кеплера содержатъ вполне здравое ученіе о тяготѣніи<sup>3)</sup>. Въ особенности замѣчательно положеніе объ обратной пропорціональности между массами и движеніями двухъ взаимно-притягивающихся тѣлъ (можно сказать, что въ этомъ положеніи скрыто заключается Ньютонъ законъ дѣйствія и противодѣйствія). Кеплеръ иллюстрируетъ это положеніе примѣромъ двухъ камней, примѣромъ земли и луны (причемъ считаетъ отношеніе объемовъ земли и луны равнымъ 53 : 1 вмѣсто правильного 50 : 1). Могла бы поселить нѣкоторое недоумѣніе фраза 2 й аксіомы: „земля влечетъ камень гораздо болѣе, нежели камень стремится къ землѣ“; однако, здѣсь слово *болѣе* относится, конечно, не къ *силѣ дѣйствія*, а къ *результату дѣйствія силы*—къ движенію, точно такъ же, какъ это имѣло мѣсто въ упомянутыхъ только-что примѣрахъ.

Мы видимъ, что изъ динамическихъ принциповъ Кеплеръ владѣлъ первой половиной принципа инерціи и принципомъ дѣйствія и противодѣйствія. Вторая половина принципа инерціи ему была совершенно чужда; что касается принципа независимаго дѣйствія силы, то по отношенію къ нему Кеплеръ имѣлъ довольно сбивчивыя представленія<sup>4)</sup>. Ясно, что при такихъ условіяхъ не могло быть рѣчи даже о правильномъ динамическомъ истол-

1) Epitome, lib IV (Изданіе Frisch, т. 6, стр 342).

2) См., напр. Kepleri Opera, т. 3, р 315; т 6, pp. 174, 341, 342, 345—346, 374.

3) При наличности подобныхъ прецедентовъ, едва ли есть надобность привлекать легендарное яблоко къ объясненію того, почему Ньютонъ сталъ размышлять о тяготѣніи и его причинахъ.

4) См. Opera, т. 6, pp. 181, 345—346.

кованіи закона площадей; не говоря уже объ истолкованіи двухъ остальныхъ законовъ планетныхъ движеній, болѣе трудномъ <sup>1)</sup>. Тѣмъ не менѣе Кеплеръ интуитивнымъ путемъ подходилъ очень близко даже къ количественной законѣрности тяготѣнія. Стараясь въ *Epitome* объяснить механически дѣйствіе солнца на планеты, онъ пользуется, какъ моделями и вспомогательными средствами, то закономъ рычага, то магнитными взаимодействіями. то, наконецъ, сравниваетъ исходящую изъ солнца силу, дѣйствующую на планеты, съ исходящими изъ него же лучами свѣта и тепла; отсюда онъ приходитъ къ вопросу: если освѣщеніе убываетъ пропорціонально квадрату разстоянія, то не будетъ ли обратно пропорціональна квадрату разстоянія также и движущая сила. Однако, отвѣчаетъ на этотъ вопросъ отрицательно <sup>2)</sup>.

Можно высказать, какъ вѣроятную догадку, что если бы Кеплеръ прочелъ Галилеевы *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno à due nuove scienze attenenti alla Mecanica e ai movimenti locali* (гдѣ съ полною ясностью развиты тѣ самыя динамическіе принципы, знанія которыхъ недоставало Кеплеру), то онъ, помощью своего генія и своего изслѣдовательскаго упорства, сумѣлъ бы дойти до количественной формулировки закона тяготѣнія. Но смерть застигла Кеплера въ 1630 году, а *Discorsi* вышла въ свѣтъ въ 1638.

*А. Баиинскій.*

---

<sup>1)</sup> Поэтому не совсемъ правы авторы комментарія къ французскому переводу Ньютоновыхъ *Principia*, когда они съ отъикомъ укоризны говорятъ о Кеплерѣ: „il n'a pas tiré de ce principe (принципъ тяготѣнія) ce qu'on auroit dû croire qu'un aussi grand homme que lui en auroit tiré“. [*Principes math. de la Phil. Nat.*, II, Exposition abrégée du Système du Monde, p. 5 (1759)].

<sup>2)</sup> *Opera*, t. 6, p. 349.

## ИЗЪ ТЕКУЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЫ:

### Природа сѣверныхъ сіяній.

(*J. Stark. Über die Natur der Nordlichtstrahlen. „Die Naturwissenschaften“ 6 p. 145, März 1918.*)

Сѣверныя сіянія располагаются вокругъ магнитныхъ полюсовъ земли и тѣснымъ образомъ связаны съ солнечной дѣятельностью (солнечныя пятна). Эти факты позволяютъ заключить съ значительной вѣроятностью, что своеобразное свѣченіе вызывается потокомъ электрически заряженныхъ частицъ, посылаемыхъ солнцемъ и бомбардирующихъ верхніе слои атмосферы. Возможны два предположенія о природѣ этихъ частицъ — либо это электроны, либо положительно-заряженные іоны. Первая гипотеза проводится, главнымъ образомъ, *Birkeland*'омъ<sup>1)</sup>, вторая выдвинута въ послѣднее время *Vegard*'омъ<sup>2)</sup>. *Stark* рѣшаетъ весьма убѣдительно этотъ споръ въ пользу второй гипотезы.

Для многихъ элементовъ приходится различать, какъ это установлено *Stark*'омъ и его учениками „искровой“ и „дуговой“ спектръ, при чемъ различіе наблюдается какъ въ положеніи и числѣ линий, такъ и въ соотношеніи интенсивностей отдѣльныхъ линий. „Искровые“ спектры могутъ быть получены при прохожденіи быстрыхъ катодныхъ и каналовыхъ лучей сквозь данный газъ, „дуговые“ спектры характерны только для канальныхъ (положительныхъ) лучей. Изъ опредѣленной высоты сѣверныхъ сіяній можно заключить, что они возникаютъ въ тѣхъ слояхъ атмосферы, гдѣ главной составной частью является азотъ, какъ это и подтверждается спектральнымъ анализомъ сѣверныхъ сіяній. Однако, на ряду съ извѣстными линиями азота, въ спектрѣ сѣверныхъ сіяній были найдены рядъ новыхъ линий, въ томъ числѣ яркая желто-зеленая линия, приписываемая до сихъ поръ неизвѣстному на землѣ элементу „геокоронію“. До самаго послѣдняго времени не удавалось получить „дугового“ спектра азота, и только *Stark* со своими учениками *Hermann*'омъ и *Haratke* методомъ канальныхъ лучей въ атмосферѣ азота, наконецъ рѣшилъ эту задачу. Большинство вновь найденныхъ линий точно совпало съ характерными линиями сѣверныхъ сіяній, въ томъ числѣ и съ знаменитой „геокороніевой“ линіей. Совпаденіе наблюдается не только въ положеніи линий, но и въ распредѣленіи интенсивностей. Такимъ образомъ, загадка спектра сѣверныхъ сіяній разъясняется, при чемъ возбудителями такого рода спектра могутъ быть только *положительные іоны*, посылаемые солнцемъ.

Многими изслѣдователями указывалось, что довольно часто въ спектрѣ сѣверныхъ сіяній наблюдалась линія около голубой линіи водорода 486 м $\mu$ ,

1) Ср. обзоръ академика А. Н. Крылова, „Успѣхи Физическихъ Наукъ“, выд. 1.

2) *L. Vegard's. Jahrbuch d. Rad. u. Elektronik, 11, 1917.*

при чемъ эта линія иногда совпадаетъ съ водородной, иногда сдвинута. Stark приписываетъ появленіе этой линіи свѣченію самого іона, въ данномъ случаѣ водороднаго; смѣщеніе линіи служитъ яснымъ указаніемъ (по принципу Doppler'a) на большую скорость этого іона. Къ сожалѣнію, спектрограммы свѣрныхъ сіяній настолько слабы, что точнаго опредѣленія положенія линій, а слѣдовательно, и скоростей—произвести пока невозможно. Измѣненіе яркости свѣрныхъ сіяній, повидимому, нужно приписать развой природѣ и разнымъ скоростямъ возбуждающихъ положительныхъ іоновъ.

С. Вавиловъ.

### Новый методъ опредѣленія температуры свѣтящагося пламени.

(*Hermann Senftleben u. Elisabeth Benedict. Eine Methode zur Temperaturbestimmung leuchtender Flammen. Phys. Ztsch. 19 p. 180, 1918.*)

Способъ, разработанный авторами, состоитъ въ слѣдующемъ. Въ свѣтящееся пламя (Бунзеновская горѣлка, свѣча *Hefner*'а и пр) вводится тонкая платиновая проволока, черезъ которую пропускается токъ. Осажденіе накаленныхъ частицъ угля, вызывающихъ свѣченіе пламени, на проволоку будетъ, очевидно, происходить до тѣхъ поръ, пока температура послѣдней ниже температуры пламени. Подбирая силу тока, накаливающей проволоку, можно найти такую температуру, при которой осажденіе сажи какъ разъ прекращается; въ этотъ моментъ температуры пламени и проволоки равны. На основаніи законовъ излученія и извѣстной отражательной способности платины, температура проволоки опредѣлялась пирометромъ *Holborn*'а *Lumtner*'а. Въ полученныхъ результатахъ необходимо вводить поправку на излученіе слоя свѣтящагося газа, находящагося между проволокой и пирометромъ, а также на поглощеніе его. Величина этой поправки, находимой пирометрически, очень мала (не болѣе 1%). Найденная такимъ способомъ температура свѣчи *Hefner*'а 1690° прекрасно согласуется съ цифрами, найденными другими методами. Результаты измѣренія въ сравнительно широкихъ предѣлахъ не зависятъ отъ толщины проволоки, вводимой въ пламя.

С. Вавиловъ.

### Прерыватель для сильныхъ токовъ.

(*W. Kasperowicz. Galvanischer Unterbrecher. Phys. Ztsch. XIX p. 187, 1918.*)

Прерыватель, предлагаемый авторомъ, въ простѣйшемъ видѣ имѣетъ форму U-образной трубки, колѣна которой соединены узкимъ каналомъ. Трубка наполняется ртутью, и въ колѣна вводятся электроды. При достаточной силѣ тока и соответствующихъ діаметрѣ и длинѣ соединительнаго канала, ртуть въ послѣднемъ обращается въ парообразное состояніе, возникаетъ дуга, и токъ либо прерывается совершенно, либо слабѣетъ. Послѣ прерыванія пары ртути быстро конденсируются, и явленіе повторяется снова. Благодаря



своему ничтожному сопротивленію, прерыватель особенно пригоденъ для сильныхъ токовъ. Частота прерываній зависитъ, очевидно, отъ діаметра и длины канала, формы трубки, системы охлажденія и прочихъ обстоятельствъ. Сообщение носитъ характеръ предварительнаго, и детали отсутствуютъ.

С. Вавиловъ.

### Электропроводность тонкихъ металлическихъ пленокъ.

(*W. F. G. Swann. The electrical resistance of thin metallic films, and a theory of the mechanism of conduction in such films. Phil. Mag.* 28, p. 467, 1914).

(*R. W. King. The electrical conductivity of sputtered films, Phys. Review,* 10, p. 291, 1917).

Удельное омическое сопротивленіе металловъ рѣзко возрастаетъ при уменьшеніи толщины проводящаго слоя ниже нѣкотораго предѣла (долей микрона). Съ другой стороны, температурный коэффициентъ сопротивленія тончайшихъ пленокъ отрицателенъ и чрезвычайно значителенъ по абсолютной величинѣ. Эти аномаліи, установленныя рядомъ изслѣдователей<sup>1)</sup>, съ трудомъ укладываются въ рамки существующихъ электронныхъ теорій проводимости. Сэръ Дж. Дж. Томсонъ указалъ<sup>2)</sup>, что средняя длина свободного пути электрона  $\lambda$ , пропорціональная проводимости, становится функцией толщины проводящаго слоя  $t$  въ томъ случаѣ, когда размѣры послѣдняго соизмѣримы съ длиной свободного пути и, слѣдовательно, приобретаютъ значимость особыя поверхностныя условія. Для  $t > 2\lambda$

$$\lambda' = \lambda \left( 1 - \frac{\lambda}{4t} \right) \quad (1)$$

гдѣ  $\lambda'$ —длина свободного пути въ тонкомъ проводникѣ и  $\lambda$ —нормальная длина свободного пути при соответствующей температурѣ. Для  $t < \lambda$ :

$$\lambda' = t \left\{ \frac{3}{4} + \frac{1}{2} \log \frac{\lambda}{t} \right\}. \quad (2)$$

Если бы теорія Томсона вполне исчерпывала явленіе, то, найдя критическую толщину металла, при которой начинается рѣзкое возрастаніе сопротивленія, можно было бы судить о величинѣ  $\lambda$ . Наблюденія показываютъ, однако, что проводимость падаетъ въ сотни разъ быстрее, чѣмъ слѣдовало бы по теоріи Томсона. Кромѣ того, отрицательное значеніе температурнаго коэффициента указанной теоріей совершенно не учитывается.

Въ новыхъ работахъ Swann'a и King'a дается довольно убѣдительное толкованіе описанныхъ аномалій.

<sup>1)</sup> I. Stone, Phys. Rev. 6, 1, 1898; Vincent, Ann. de Chim. et de Phys. (7), 19 494, 1900. Longden, Phys. Rev., 11, 40, 1900. Patterson, Phil. Mag. 4, 1902. K. Baedeker Die elek. Erscheinungen in metall. Leitern, p. 16, 1911.

<sup>2)</sup> J. J. Thomson. Cambr. Phil. Proc. 11, 120, 1901.

при чемъ эта линія иногда совпадаетъ съ водородной линію, приписываетъ появленіе этой линіи свѣченію чашѣ водороднаго; смѣщеніе линіи служитъ доказательствомъ (Doppler'a) на большую скорость этого свѣверныхъ сіяній настолько слабы, что и скорости—производности свѣверныхъ сіяній, повидимому нымъ скоростямъ возбуждающихъ

— 235 —

ыленіемъ катода а наносились ва енные промежут- пазами, могла черезъ блоки и съ неподвижной ку подъ катодомъ ыхъ толщинъ и ваго индуктора; ивались. *Swann* пропорціональна ываетъ, судя по ленокъ *Swann*'а е сопротивленія ь потенциометра гурахъ жидкаго ь таблицѣ (1). ія съ толщиной

Новый методъ о

(*Hermann zur Temperatur*)

Свѣтъ при свѣтленіи тонкой пленки на

*metric films, and a Phil. Mag., 28, p. Phys. Review,*

различескихъ плен-

*C. Villard.*

но, прерывають особенно пригоденъ для ваній зависить, очевидно, отъ диаметра и ны охлажденія и прочихъ обстоятельствъ. предельнаго, и детали отсутствуютъ.

		сопротивленію		Х время
1	50 сек.	1060.10 <sup>6</sup>	1130 10 <sup>5</sup>	7500.10 <sup>4</sup>
2	80	1104.10 <sup>4</sup>	3632 10 <sup>3</sup>	3315 10 <sup>3</sup>
3	110	1094.10 <sup>3</sup>	1180.10 <sup>3</sup>	1204.10 <sup>3</sup>
4	130	1651.10 <sup>3</sup>	1147.10 <sup>3</sup>	1144 10 <sup>3</sup>
5	190	1684.10	1663.10	2676.10
6	220	3378	3391	3426
7	250	3044	3074	3093

пленки круто поворачиваетъ при определенной толщинѣ. 2) Эта „критическая“ толщина остается приблизительно постоянной во всемъ интервалѣ температуръ, что явно противорѣчитъ теоріи *Томсона*. 3) Температурный коэффициентъ наиболее тонкихъ пленокъ отрицателенъ и весьма великъ по значенію. 4) Для сравнительно толстыхъ пленокъ т. коэффициентъ положителенъ и очень

1) Въ работахъ *Swann*'а и *King*'а, къ сожалѣнію, отсутствуютъ данныя объ измѣненіи сопротивленія пленокъ въ зависимости отъ приложеннаго напряженія, т.-е. предѣлахъ приложимости закона *Ома*.

малъ. 5) *T*. коэффициентъ пленокъ средней толщины мѣняетъ знакъ въ данномъ температурномъ интервалѣ. 6) Для наиболѣ тонкихъ пленокъ сопротивление обратно пропорціонально абсолютной температурѣ, т.-е.

$$R \cdot \Theta = \text{Const.}$$

какъ это видно изъ таблицы (2), гдѣ сопоставлены значенія *R* ·  $\Theta$  для пленки № 2<sup>1)</sup>.

Т а б л и ц а 2.

$\Theta$	$\Theta \cdot R$
93°	1,04 · 10 <sup>9</sup>
287°	1,04 · 10 <sup>9</sup>
373°	1,24 · 10 <sup>9</sup>

Для объясненія такого своеобразія проводимости *Swann* предполагаетъ, что пленка, полученная распыленіемъ катода, обладаетъ зернистымъ строеніемъ (что и подтверждается непосредственными микроскопическими наблюденіями)<sup>2)</sup>; и строить электронную теорію проводимости этого дискретнаго проводника. Выраженія, полученныя *Swann*’омъ, не поддаются количественной проверкѣ и допускають только качественное сужденіе о ходѣ кривыхъ проводимости въ зависимости отъ толщины и температуры. Сущность теоріи *Swann*’а сводится къ слѣдующему. Въ тонкой пленкѣ зернистаго строения возможны проводимости двоякаго рода: 1) часть молекулярныхъ комплексовъ-зеренъ можетъ находиться въ непосредственномъ металлическомъ соприкосновеніи, т.-е. ширина промежутковъ между зернами не превышаетъ радіуса молекулярной сферы дѣйствія. Такія зерна могутъ образовать весьма тонкія слоевыя проводники огромнаго сопротивленія, подчиняющіеся обычнымъ законамъ металлической проводимости (справедливость закона *Ома*, температурный коэффициентъ и пр.); 2) другая группа зеренъ можетъ раздѣляться промежутками, большими радіуса молекулярной сферы дѣйствія, однако, такими, чтобы молекулярныя силы одной поверхности стнати нейтрализовались силами соседней. Эти промежутки должны быть порядка 100 мμ. Великій достаточно большой молекулярный комплексъ испускаеть электроны (термоіонный источникъ *Ричардсона*), и промежутки, раздѣляющіе зерна тонкой пленки, при валеженіи поля могутъ стать проводниками. Сила тока, проходящаго въ единицы поверхности опредѣляется извѣстной формулой *Ричардсона*

$$i = A \Theta \frac{1}{2} e^{\frac{B}{\Theta}}$$

гдѣ *A*—постоянная, зависящая отъ числа свободныхъ электроновъ въ единицу объема металла, и *B* пропорціональна работѣ, необходимой для преодоленія электрономъ поверхностныхъ молекулярныхъ силъ, для платины *A* = 3,7 · 10<sup>13</sup>, *B* = 5,92 · 10<sup>4</sup>. Легко видѣть, что *A* не можетъ зависеть отъ ширины промежутка, наоборотъ, *B* можетъ уменьшаться при достаточной малости промежутка, когда молекулярныя силы соседнихъ поверхностей до извѣстной степени взаимно ослабляются. Для постоянныхъ *B*, т.-е. сравнительно широкихъ

<sup>1)</sup> Цифры, относящіяся къ пленкѣ № 1, *Swann* считаетъ недостоверными.

<sup>2)</sup> M. Houlléviqne. C. R. 148. 1320, 1909, C. R., 150 p. 1237; King. loc. cit.

промежутковъ, термо-ионная проводимость неизмѣримо мала, и только для промежутковъ, удовлетворяющихъ указаннымъ условіямъ, она можетъ достигать значительной величины. Сопротивленіе такихъ промежутковъ должно, очевидно, варьировать въ зависимости отъ приложеннаго напряжения и обладать отрицательнымъ температурнымъ коэффициентомъ. Зерна съ подобными промежутками могутъ слагаться въ цѣпочки и образуютъ проводники второго рода. Комбинаціей двухъ типовъ проводниковъ въ тонкой пленкѣ *Swann* и объясняютъ всѣ аномаліи проводимости. Въ наиболѣе тонкихъ пленкахъ доминируютъ проводникъ второго типа, въ сравнительно толстыхъ пленкахъ проводимость, главнымъ образомъ, „металлическая“ и, наконецъ, въ пленкахъ среднихъ толщинъ проводимость осуществляется тѣмъ и другимъ способомъ.

*R. Wood* <sup>1)</sup> нашелъ, что тонкія металлическія пленки, разрѣзанныя поперекъ алмазомъ, сохраняютъ все же значительную проводимость, и предположилъ существованіе „электронной атмосферы“, объясняющей въ данномъ случаѣ механизмъ проводимости. Ближайшія изслѣдованія показали, что проводимость объясняется металлическими цѣпочками, перебитыми отъ одного края щели до другого; при отсутствіи такихъ цѣпочекъ промежутковъ дѣлается проводящимъ только при ширинѣ  $< 500$  мк. Разрѣзанныя пленки *Wood*'а являются полнымъ аналогомъ пленокъ *Swann*'а, обладаютъ большимъ отрицательнымъ т. коэффициентомъ и пр. Во всякомъ случаѣ, вопросъ о проводимости пленокъ зернистаго строенія, повидимому, тѣсно связанъ съ вопросомъ проводимости тонкихъ газообразныхъ пленокъ.

Теорія *Swann*'а—чисто качественного характера; во всякомъ случаѣ, для объясненія соотношенія (3) необходимо предположить, что  $B$  въ формулѣ (4) зависитъ не только отъ ширины промежутка между зернами, но и отъ температуры. Возможно, что эта зависимость объясняется сжатіемъ промежутковъ при температурномъ расширеніи зеренъ.

*King* въ своей работѣ исходитъ также изъ предположенія гранулярности строенія тонкихъ пленокъ, считалъ, однако, что проводимость объясняется исключительно металлическими цѣпочками зеренъ, соединяющими одинъ край пленки съ другимъ. Пусть  $N$  будетъ число зеренъ на единицу площади,  $n$  изъ нихъ соединены въ цѣпочки и опредѣляютъ проводимость  $c$ . Можно предположить, что

$$n = c \cdot f(N),$$

при чемъ  $f(N)$  слегка уменьшается по величинѣ съ возрастаніемъ  $n$ . Для области небольшихъ измѣненій  $N$  *King* приходитъ къ такому простому выраженію:

$$\log c = (\rho + 1) \log N + \text{Const} \quad (5)$$

гдѣ  $\rho$  — постоянная. Въ отличіе отъ *Swann*'а, *King* оперировалъ только съ одной пленкой, на которую послѣдовательно наслаивались новыя количества металла. Выводные провода отъ пленки были впаяны въ катодную трубку, и сопротивление могло быть измѣрено въ любой моментъ распыленія. Чтобы удовлетворить условіямъ теоріи (небольшія измѣненія  $N$ ), интервалы распыленія брались очень малыми: 1 и 2 секунды. Точность измѣреній времени распыленія гарантировалась автоматическимъ выключающимъ индукторомъ. Работа производилась съ платиной, золотомъ и серебромъ. Результаты выолнѣ

<sup>1)</sup> R. Wood, Phil. Mag. [6], 24 p. 316, 1912.

<sup>2)</sup> Brown, Phys. Rev. Oct. 1913, C. Englund, Phil. Mag. 27 p. 457, 1914.

подтвердили соотношение (3), т.-е.  $\log$  времени распыления въ достаточно широкихъ предѣлахъ линейно связанъ съ  $\log c$ . Толщину своихъ пленокъ *King* оцениваетъ изъ оптическихъ данныхъ въ 1—6  $\mu$ ; температурное вліяніе имъ не изучалось.

Теорія *King*'а только дополняетъ теорію *Swann*'а, устанавливая важную функциональную зависимость; она не объясняетъ, однако, отрицательнаго значенія температурнаго коэффициента и не позволяетъ заключить, какъ это дѣлаетъ авторъ, о часто металлическомъ характерѣ проводимости тонкихъ пленокъ. Уравненіе (5) указываетъ только на то, что  $c$  есть некоторая статистическая функция  $N$ , при чемъ статистическими элементами могутъ служить какъ металлическія цѣпочки *King*'а, такъ и „промежутки“ *Swann*'а, иначе говоря, справедливость уравненія (5) только подтверждаетъ зернистость строенія пленки.

Конденсація молекулъ металла въ молекулярные комплексы происходитъ, по предположенію *King*'а, въ пространствѣ между катодомъ и стеклянной пластинкой. Возможно, однако, что именно поверхность пластинки является опредѣляющимъ фактомъ въ образованіи зеренъ.

*С. Вавиловъ.*

## О шунтовомъ методѣ измѣренія силы пріема.

(*Van der Pool. Philos. Mag. Septembre 1917.*)

При измѣреніи очень слабыхъ токовъ въ антеннѣ приходится пользоваться телефономъ, шунтированнымъ переменнымъ сопротивленіемъ, при чемъ за мѣру силы тока принимается введенный *Hogan*'омъ „факторъ слышимости“ („audibility factor“)  $\frac{R+S}{S}$ , гдѣ  $R$ —сопротивленіе телефона, а  $S$ —сопротивленіе шунта, при которомъ сигналы исчезаютъ. *Hogan* (*Electrician* LXXI p. 720, 1913) принималъ, что это величина приблизительно пропорціональна квадрату силы тока  $J$  въ антеннѣ.

*Love* (*Philosophical Transactions* vol. CCXVA p. 105, 1915), разсматривая наблюденія надъ силой тока въ антеннѣ при телеграфированіи на далекое разстояніе, произведенныя *Hogan*'омъ и *Austin*'омъ, нашелъ, что они хорошо согласуются съ теоретическими выводами *Macdonald*'а и *Love*, если предположить, что  $\frac{R+S}{S}$  пропорціонально силѣ тока  $J$  для малыхъ значеній его, и  $J^2$  для большихъ значеній.

Въ поставленной въ заголовкѣ статьѣ *van der Pool* сообщаетъ результаты его изслѣдованія этого вопроса лабораторнымъ путемъ.

Онъ бралъ два контура: въ контурѣ I, представляющемъ антенну, возбуждались колебанія, въ контурѣ II, слабо связанномъ съ I, включался шунтированный телефонъ. Опредѣлялась величина  $\frac{R+S}{S}$  при различномъ разстояніи контура I отъ II, чѣмъ достигался тотъ же эффектъ, какъ если бы измѣнялась сила тока въ антеннѣ I. Величина силы тока не измѣрялась, а вычислялась по формулѣ *Maxwell Rosa*. Результаты подтвердили предположеніе *Love*: для значеній  $\frac{R+S}{S}$  отъ 4 до 160  $\frac{R+S}{S}$  пропорціонально  $J^2$ .

для значений от 1,2 до 4  $\frac{R+S}{S}$  пропорционально  $J$ . Эти выводы представляют значительный интерес для измерения силы притока, так как обычно принимается пропорциональность квадрату силы тока.

Герасимов.

### Существует ли субъ-электрон?

(Millikan. Die Existenz eines Subelektrons? Ann. d. Phys. 1916, 50 p. 729).

В настоящее время методов для определения отношения заряда к массе  $\frac{e}{m}$  и раздельно  $e$  и  $m$  можно привести до двадцати. Одни из них (напр., электролиз, отклонение  $+$  и  $-$  лучей в электрическом и магнитном полях) — прямые, другие (напр., эффект Zeemann, дисперсия) нужно отнести к косвенным. Следует заметить, что метод дисперсии, с помощью которого дано много определений, вообще говоря, допускает несколько ринений, и, напр., измерения Logia дают для дисперсионной константы  $a = \frac{Ne^2\lambda_0^2}{\pi mc^2}$  величину, в 200 раз меньшую вычисленной теоретически.

Ehrenhaft, Millikan, Иоффе пользуются специально разработанным методом для определения элементарного электрического заряда в мелких металлических или других каплях, падающих в электрическом поле и отщепляющих от себя свободные электроны под влиянием падающей на них энергии (аппаратура см., напр., A. Ioffe. Beobachtungen über den photoel. Elementareffekt. Sitzungsber. der Bayer. Akademie 1913). Но, тогда как Millikan и Иоффе получили для Elementarquantum величину, ранее установленную (са  $4 \cdot 10^{-10}$  cgsk), Ehrenhaft в результате подробного исследования (Über die Quanten der Elektrizität. Der Nachweis von Elektrizitätsmengen, welche kleiner sind als das Elektron. Wien 1914) приходит к гораздо меньшей (в 20—30 раз) величине заряда  $e = 1,4—2,8 \cdot 10^{-11}$  cgsk, который он называет субъ-электроном. В поставленной в заголовке статье Millikan подвергает резкой критике выводы Ehrenhaft'a. Он утверждает, что во всех случаях, где опыты не вызывают никаких сомнений: 1) ионы несут заряд, равный или точно кратный Elementarquantum  $4 \cdot 10^{-10}$  cgsk, 2) статические заряды, сохраняющиеся и отщепляющиеся от изоляторов или проводников, подчиняются тому же правилу, 3) прямое отрывание отрицат. электрона от „частицы“ или „капли“ по методу Millikan—Ehrenhaft—Иоффе вызывает изменение в заряде, равное заряду иона при электролизе. Отклонения Elementarquantum'a от нормальной величины, которые и привели Ehrenhaft'a к утверждению существования субъ-электрона, Millikan объясняет ложными допущениями относительно плотности и сферической формы его частиц. В настоящее время, по его мнению, нет никаких доказательств существования субъ-электрона.

Во всяком случае, этот вопрос требует дальнейших исследований и установления *точной* константы для  $e$ , особенно в связи с последними работами в области теоретической физики (хотя бы для вопроса о зависимости массы электрона от скорости. См., напр., Кастиринь, — о несостоятельности принципа относительности Эйнштейна. Изв. Росс. Академии наук 1918 № 2—3).

В. В. Ильин

## Защита радіотелеграфныхъ приемниковъ отъ атмосферныхъ разрядовъ.

(Austin. Ein mit Kristallkontakt arbeitender Störungsverhinderer für den Empfang in der drahtlosen Telegraphie. Jahrb. d. drahtl. Tel. und Tel. 5 1914 p. 481).

Поставленную въ заготовкѣ работу слѣдуетъ отмѣтить въ связи съ примѣненіемъ въ практикѣ беспроводнаго телеграфа включенія двухъ вентильныхъ лампъ для ослабленія дѣйствія атмосферныхъ разрядовъ на приемъ. Работа интересна и въ другомъ отношеніи, какъ дающая матеріалъ для изслѣдованія явленій въ контактныхъ детекторахъ, явленій, не удающихся въ рамки термоэлектрической теоріи (см., напр., формы характерныхъ кривыхъ Erskine—Murray Handbook of Wireless Telegraphy p 129). Еще Braun обнаружилъ, что сопротивление  $R$  кристаллическаго детектора уменьшается съ возрастаніемъ приложеннаго вольтажа. Кромѣ того,  $R$  зависитъ отъ направленія электродвижущей силы. Если взять контактъ кремній—сталь, то при 0,028 Volt отъ кремнія къ стали  $R_1 = 2600 \Omega$ , для обратнаго направленія  $R_2 = 2400 \Omega$ ; если же взять 2,5 Volt, то  $R_1 = 420 \Omega$ , а уже  $R_2 = 100 \Omega$ . Austin пользуется большимъ измѣненіемъ  $R$  съ увеличеніемъ  $E$  въ кристаллическомъ детекторѣ для защиты отъ атмосферныхъ разрядовъ (Störungsverhinderer). Оказывается, что при включеніи въ приемную радиостанцію такого Störungsverhinderer'a отклоненія гальванометра получаются 0,5; 7; 24; тогда какъ безъ него соответственно—0,5; 22; 240.

В. В. Шмигъ.

## Электропроводность діэлектриковъ.

(А. Ф. Юффе. Электропроводность кварца. Извѣстія Петроградскаго Политехникума 1915+XXIV).

Работа Юффе представляетъ большой интересъ для выясненія механизма электропроводности въ діэлектрикахъ. Явленіе электрическаго тока въ кварцѣ, оказывается, легко объясняется при предположеніи, что въ кварцѣ имѣются свободные іоны (вѣроятно,  $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), число которыхъ опредѣляется динамическимъ равновѣсіемъ процессовъ диссоціаціи и ассоціаціи. Опытъ даетъ для слабыхъ силъ тока, такъ какъ сильный токъ вполнѣмѣняетъ свойства кварца, пропорціональность силы тока приложенной разности потенциаловъ, т. е. законъ Ома. Юффе изслѣдуетъ также возникновеніе въ кварцѣ электродвижущей силы поляризаціи. Эта сила можетъ достигать десятковъ, сотенъ и даже тысячъ вольтъ (что заставило, между прочимъ, Warburg'a отказаться отъ гипотезы поляризаціи, такъ какъ нормальная электродвижущая сила поляризаціи порядка 3 Volt). Оказывается затѣмъ, что въ кварцѣ поляризаціи не сосредоточена въ слоѣ, непосредственно прилегающемъ къ электродамъ, а распространяется вглубь. Въ лабораторіи Юффе закончено новое изслѣдованіе по тому же вопросу, при чемъ изслѣдуемымъ веществомъ явилось кристаллическая каменная соли. Нужно сказать, что теперь въ связи съ развитіемъ динамической концепціи строенія атома и молекулы желательна болѣе полная детализація процессовъ металлической, діэлектрической и электролитической проводимости.

ности. Здѣсь умѣстно замѣтить, что для электромагнитныхъ волнъ самое представление о діэлектрикѣ или проводникѣ до извѣстной степени условно: все зависитъ отъ частоты колебаній. Вещество будетъ діэлектрикомъ, если въ

выраженіи для скорости  $U = \frac{1}{\sqrt{ku}} \cdot \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{2} \left[ 1 + \sqrt{1 + \left( \frac{4\pi\gamma}{k\omega} \right)^2} \right]}}$   $\omega$  (частота ко-

лебаній) будетъ настолько велика, что членомъ  $\left( \frac{4\pi\gamma}{\omega} \right)$  можно пренебречь.

Б. В. Ильинъ.

### Теорія магнетона.

(*Gans. Statistische Theorie des Dia-, Para-und Metamagnetismus. Ann. d. Ph. 1916, 49, s. 147 u Gans Über Paramagnetismus. Ann. der Ph. 1916, 50, s. 163*).

Какъ указываетъ Gans, теорія магнетизма претерпѣваетъ своеобразный кризисъ. Съ одной стороны, Einstein и de Haas показали, что магнетизмъ желѣза имѣетъ основаніе не въ элементарныхъ магнитикахъ, а въ амперовыхъ молекулярныхъ токахъ. Съ другой же стороны, по работамъ Кюоо электронная теорія магнетизма встрѣчаетъ затрудненія въ явленіяхъ парамагнетизма и ферромагнетизма. Gans, стараясь устранить эти противорѣчія, исходитъ изъ представленія о магнетонѣ, какъ неизмѣнномъ, построенномъ изъ электроновъ, т.-е. отрицательно заряженномъ тѣлцѣ. Такая электронная система находится внутри положительно заряженного шара постоянной плотности, такъ что центръ тяжести магнетона совпадаетъ съ центромъ шара. Gans, прежде всего, показываетъ, что такое электрически заряженное тѣло при вращеніи около своей оси не излучаетъ. Если магнетонъ не обладаетъ опредѣленной осью, то тѣло въ магнитномъ полѣ діамагнитно; въ обратномъ случаѣ — парамагнитно. Чистаго парамагнетизма вообще не существуетъ, такъ какъ вслѣдствіе термическаго движенія всегда на парамагнитное возбужденіе налагается діамагнитное, которое при высокихъ температурахъ можетъ превалировать (явленіе метамагнетизма Weber u. Overbeek). Но при обычныхъ температурахъ налагающіеся діамагнетизмомъ можно пренебречь. Теорія магнетона въ настоящее время, благодаря работамъ Gans'a и Weiss'a достигла значительнаго развитія. Величина магнетона опредѣлена въ  $16.5 \times 10^{-22}$ .

Б. В. Ильинъ.

### Электродвижущая сила, возникающая при вращеніи проводниковъ.

(*Tolman and Stewart. The Elektromotive Force Produced by the Acceleration of Metals. Phys. Rev 8, 1916. p. 97 u тѣ же авторы The Mass of the Electric Carrier in Copper, Silver and Aluminium. Phys. Rev. 9, 1917, p. 164*).

Электропроводность металловъ вызывается по первой теоріи проводимости J. J. Thomson'a существованіемъ электроннаго газа. Ясно, что при вращеніи металлическаго диска (незаряженнаго), свободные электроны металла



стремятся подъ влияніемъ центробѣжной силы къ периферіи, которая и должна заряжаться отрицательно.

Tolman и Stewart для измѣренія этого эффекта пользуются проволоочнымъ вольцомъ длиною въ 47 см., концы котораго съ помощью живого контакта присоединяются къ гальванометру типа d'Arsonval'я. При вращеніи кольца гальванометръ даетъ отклоненія, равныя вычисленнымъ теоретически. Простыя соображенія даютъ формулу  $Q = \frac{mvl}{eR}$ , гдѣ  $R$ —сопротивленіе кольца,  $l$ —его длина,  $v$ —скорость,  $Q$ —количество электричества, прошедшаго чрезъ гальванометръ. Такимъ образомъ, имѣемъ новый методъ для опредѣленія  $\frac{e}{m}$  (отношеніе заряда къ массѣ). Получаются величины ранѣ установленнаго порядка.

Еще въ 1882 г. Коулли съ успѣхомъ примѣнилъ такой же методъ центрофугированія для электролитовъ (растворъ іодистаго кадмія). Какъ извѣстно, Лебедевъ въ своемъ незаконченномъ магнитометрическомъ изслѣдованіи вращающихся тѣлъ пользуется той же идеей центробѣжныхъ сдвиговъ.

*В. В. Ивинъ.*

## О связи твердости и физическихъ константъ элементовъ.

П. Лазаревъ. (Извѣстія Академіи Наукъ 1918).

Въ трехъ работахъ авторъ разбираетъ связь твердости и другихъ физическихъ константъ. Прежде всего устанавливается связь атомной концентраціи и твердости, при чемъ эта послѣдняя опредѣляется какъ сила, которую нужно приложить къ молекулѣ, чтобы имѣть возможность уравновѣсить силы молекулярныхъ притяженій и передвинуть такимъ образомъ частицу въ сосѣднее мѣсто. Вышеуказанное соотношеніе показываетъ, что твердость  $H$  пропорциональна концентраціи атомовъ элемента  $N$ . При этомъ предполагается, что законъ дѣйствія молекулярныхъ силъ для всѣхъ элементовъ одинаковъ. Сила, удерживающая атомы у поверхности, должна быть пропорциональна той силѣ, которая удерживаетъ атомъ и внутри тѣла, и подъ влияніемъ которой атомъ получаетъ собственныя колебанія опредѣленнаго періода. Называя  $N$  число колебаній и  $A$ —атомной вѣсъ, можно показать, что  $N = \sqrt{\frac{H}{A}}$  и это соотношеніе, какъ видно изъ приведенныхъ въ работѣ таблицъ, отлично подтверждается на опытѣ, при чемъ  $N$  заимствовано изъ данныхъ Nernst'a.

Далѣе совершенно просто выводится, что  $H$  должно быть пропорционально  $E$  модулю упругости растяженія. Соотношеніе это подтверждено опытными данными.

Наконецъ, установлена теоретически пропорціональность  $H$  къ скрытой теплотѣ плавленія  $Q$ , и это соотношеніе выполняется для многихъ элементовъ. Исключеніе составляетъ  $Fe$  и  $Ni$  и  $Pt$ ,  $Pd$ .

Въ третьей работѣ авторъ приводитъ эмпирическое соотношеніе количества атомовъ въ единицѣ объема  $N$  и предѣла упругости  $G$ , при чемъ въ ряду элементовъ ясно видно, что съ возрастаніемъ  $N$  растутъ и  $G$ . Нѣкоторыя изъ этихъ соотношеній были эмпирически указаны Benedicks'омъ.

Эпиграфомъ къ этимъ работамъ можно взять слова Faraday, обладавшаго даромъ глубокой физической интуиціи: „I believe with many other lovers of natural knowledge, that the various forms under which the forces of matter are made manifest have one common origin; or, in other words, are so directly related and mutually dependent that they are convertible, as it were, one into another, and possess equivalents of power in their action“ (Life and Letters of Faraday by Dr Bence Jones 1870 p. 199).

Б. В. Ильинъ.

### Теорія свѣтовыхъ ощущеній.

(P. Lasareff—Action des substances vasodilatatrices sur la sensibilité de l'oeil au cours de la vision périphérique и P. Lasareff—théorie des sensations lumineuses pendant la vision centrale avec des éclairages de la rétine de courte durée, Archives des Sciences physiques 1918 I).

Работы Лазарева по вопросамъ возбужденія, начатыя еще съ 1904 года, ставятъ себѣ вполне определенную цѣль—приложить физико-химическіе методы изслѣдованія къ проблемамъ физиологическимъ.

Несомнѣнно, что, по мѣрѣ развитія, все такъ называемыя точныя науки должны перейти къ установленію количественныхъ соотношеній и законовъ. Въ области біологіи, физиологіи уже сейчасъ накопился значительный фактический матеріалъ, который позволяетъ начать эту необходимую работу выявленія количественныхъ связей. И только извѣстная и исторически вполне понятная инерція высшаго образованія, не дающаго естественникамъ и медикамъ необходимаго навыка въ обращеніи съ физико-математической аппаратурой, не только дѣлаетъ ихъ беспомощными въ приложеніи физико-химическихъ методовъ, но часто даже оставляетъ ихъ въ полной неизвѣстности о существованіи таковыхъ.

Поставленныя въ заголовкѣ статьи представляютъ дальнѣйшее развитіе тѣхъ идей, которыя были даны въ докторской диссертациі автора „высвѣтленіе красокъ и пигментовъ въ видимомъ спектрѣ“ и его „изслѣдованій по іонной теоріи возбужденія“. Послѣ этихъ работъ, богатыхъ фактическимъ и теоретическимъ матеріаломъ, картина возбужденія зрительнаго ощущенія, —этой первичной стадіи зрительнаго акта, —представляется вполне определенно состоящей изъ комбинированія фотохимической реакціи и процесса удаленія продуктовъ разложенія.

Дальнѣйшая задача—дать теорію распространенія нервного процесса—представляется въ настоящее время нерѣшенной, такъ какъ большія скорости дѣлаютъ сомнительнымъ объясненіе этого явленія диффузіей. Правда, работы Сребницкаго, Минца (еще не опубликована), выполненныя въ лабораторіи Лазарева и работа Meinekke въ лабораторіи Luther'a, указываютъ на возможность необычнаго возрастанія скоростей при катализѣ и уменьшеніи диаметра тѣхъ сосудовъ, въ которыхъ происходитъ реакція.

Въ первой изъ поставленныхъ въ заголовкѣ статей рассматривается вліяніе амилнитрита на чувствительность глаза. Въ уравненіи зрительнаго акта

$$\frac{dc_1'}{dt} = a_1 k I C - a_2 C_1'$$

второй членъ правой части характеризуетъ процессъ удаленія продуктовъ разложенія, и  $\alpha_2$  должно мѣняться отъ условій кровенаполненія. Коэффициентъ  $\alpha_2$  входитъ въ уравненіе, связывающее интенсивность освѣщенія  $I$  со временемъ  $t$  для порога раздраженія.

$$I = \frac{B}{C\alpha_1 k \left(1 - \frac{B}{2c}\right) \cdot t} + \frac{B\alpha_2}{2C\alpha_1 k \left(1 - \frac{B}{2c}\right)}$$

При постоянствѣ  $t$  коэффициентъ  $\alpha_2$  линейно связанъ съ  $I$ . По увеличенію  $I$  мы можемъ судить объ увеличеніи  $\alpha_2$ .

Произведенныя измѣренія дѣйствительно дали это увеличеніе.

Вторая статья, поставленная въ заголовкѣ, касается отклоненій отъ закона, установленнаго Лазаревымъ и приведеннаго въ первой статьѣ,

$$I \cdot t = a + bt$$

Наблюденія Broca et Sulzer'a показали, что при освѣщеніи глаза ощущеніе яркости сначала растетъ съ увеличеніемъ  $t$ , а затѣмъ падаетъ. Лазаревъ дѣлаетъ гипотезу, что при разложеніи пигмента сѣтчатки получаютъ вещества, вызывающія образованіе раздражающихъ нервныхъ окончаній субстанцій  $B$ , въ свою очередь вещества  $B$  переходятъ въ вещества  $D$ , не вызывающія раздражанія. Оказывается, что интегральъ составленнаго въ этомъ предположеніи дифференціального уравненія

$$I = A(e^{-\omega t} - e^{-\omega_1 t})$$

и выражаетъ вполне удовлетворительно результаты экспериментальнаго изслѣдованія.

Интересно отмѣтить, что такая же связь между раздраженіемъ и временемъ порога раздраженія обнаружена V. Henri при воздѣйствіи ультрафіолетовыми лучами на маленькое животное изъ вида ракообразныхъ Cyclops.

Б. В. Ильинъ.

## Осмотическое давленіе и колебаніе плотности въ концентрированныхъ эмульсіяхъ.

(Jean Perrin et René Constantin, *Comptes Rendus t. 158, p. 1341, 1914*).

Вышестѣяныя работы касаются зависимости осмотическаго давленія эмульсій отъ концентраціи гранулъ. Perrin проводитъ аналогію между неразбавленной эмульсіей и жидкостью, молекулы которой соответственно увеличены. Эта аналогія позволяетъ ему примѣнить уравненіе Van-der-Waals'a. Въ вертикальномъ слоѣ эмульсіи осмотическое давленіе

$$P = P_0 + \Pi \frac{w}{s},$$

гдѣ  $P_0$  — давленіе для высоты  $H=0$ . Съ другой стороны, по уравненію Van-der-Waals'a:

$$P = \frac{RT}{V} + \frac{bRT - a}{V^2},$$

гдѣ  $R$  — газовая постоянная,  $T$  — абс. температура,  $V$  — объемъ эмульсии, содержащей  $N$  гранулъ. Два уравненія вмѣстѣ дають:

$$P = P_0 + H \frac{\omega}{s} = \frac{RT}{N} \cdot n + \frac{bRT - a}{N^2} \cdot n^2,$$

гдѣ  $n$  — число гранулъ въ единицѣ объема для даннаго уровня  $H$ . Этимъ соотношеніемъ дается зависимость  $P$  отъ  $n$  (концентраціи).

Если же составить два подобныхъ уравненія для чиселъ  $n$  и  $n_0$  и вычесть ихъ другъ изъ друга, то получимъ:

$$\frac{\omega}{s} \frac{H}{n - n_0} = \frac{RT}{N} + \frac{bRT - a}{N^2} (n + n_0).$$

Откладывая по оси  $X$  —  $(n + n_0)$ , по оси  $Y$  —  $\frac{H}{n - n_0}$ , получимъ прямую,

ордината которой въ началѣ координатъ дастъ  $N$ . Такимъ образомъ, мы имѣемъ новый методъ для полученія константы Avogadro. Полученное значеніи равно  $60.10^{22}$ . Разъ зависимость осмотического давленія отъ концентраціи  $\frac{dP}{dn}$  (Perrin называетъ это осмотическимъ сжатіемъ эмульсии — la compressibilité osmotique de l'emulsion) установлена, то можно провѣрить правильность соотношенія, даннаго Smoluchowski для колебаній плотности.

$$\delta = \frac{n - n_0}{n_0} = \frac{1}{\sqrt{-\pi \frac{N \eta v_0}{2RT} \frac{dP}{dv_0}}} \quad (\text{I}),$$

гдѣ  $v_0$  — удѣльный объемъ,  $P$  — осмотическое давленіе,  $N$  — число Avogadro. Соотношеніе для  $\delta$  можетъ быть дано еще въ другомъ видѣ:

$$\delta = \frac{n - n_0}{n_0} = \frac{2n_0^{n_0} \cdot l^{-n_0}}{n_0!} \sqrt{\frac{\beta}{\beta_0}} \quad (\text{II}),$$

гдѣ  $\beta$  — наблюдаемый коэффициентъ сжатія, а  $\beta_0$  — коэффициентъ сжатія въ предположеніи приложимости уравненія Clapeyron'a (случай идеальнаго газа). Зависимость эта была экспериментально провѣрена для коллоидальныхъ растворовъ Svedberg'омъ (Zeitschr. f. phys. Chem 73, 547, 1910), для эмульсій — Ильинимъ (Zeitschr. f. phys. Chem. LXXXIII B., 5 Heft). Но какъ растворы, такъ и эмульсии брались слабо концентрированные и  $\frac{\beta}{\beta_0}$  оказалось равнымъ

единицѣ. René Constantin беретъ значительно большія концентраціи (до  $\frac{1}{15}$ )

и вслѣдствіе этого уравненіе Clapeyron'a уже дѣлается непримѣнимымъ. Значенія же для  $\delta$ , вычисляемыя по формулѣ (I), дають полное согласіе съ экспериментомъ.

Возможность прилагать къ эмульсіямъ не только уравненія Boyle-Marigotte-Gay-Lussac (Clapeyron), но и уравненіе Van-der-Waals'a, дающее значительно болѣе детализованную модель молекулярныхъ явленій, заставляетъ притти къ нѣкоторымъ интереснымъ умозаключеніямъ.

Несомнѣнно, что явленіе Броуновскаго движенія, условія *движенія гранулъ въ эмульсіяхъ реально не соотвѣтствуютъ молекулярно-кинетической модели*. Возможность примѣнить къ эмульсіямъ (къ растворамъ) кинетическую теорію газовъ (жидкости) основывается единственно на статистическомъ характерѣ явленія. Мнѣ кажется, что это обстоятельство и слѣдуетъ подчеркнуть и не только по отношенію къ эмульсіямъ, но и по отношенію къ „*га замъ*“. Очень часто молекулярно-кинетической модели придаютъ гораздо болѣе реальное значеніе, чѣмъ это соотвѣтствуетъ дѣйствительности. Необходимо всегда помнить, что *реально* кинетическая теорія газовъ — *только модель, рабочая гипотеза*, и то, что законы кинетической теоріи экспериментально подтверждаются, ничего не доказываетъ. Вѣдь на Броуновскомъ движеніи, которое *явно* не соотвѣтствуетъ молекулярно-кинетической модели, подтверждается не только уравненіе Clapeyron'a, но даже уравненіе Van-der-Waals'a? И ясно, — почему. Если между величинами  $x, y, z, \dots$  существуетъ соотношеніе:

$$f(x, y, z, \dots) = 0 \text{ (I),}$$

то это еще не значитъ, что  $x, y, z, \dots$  — реальныя координаты явленія  $X, y, z, \dots$  могутъ быть производными функциями реальныхъ координатъ  $u, v, t, \dots$

$$x = \mu(u, v, t, \dots)$$

$$y = \psi(u, v, t, \dots) \text{ (II)}$$

$$z = \chi(u, v, t, \dots)$$

Если существуетъ соотношеніе (II) и соотношеніе

$$f[\mu(u, v, t, \dots), \psi(u, v, t, \dots), \chi(u, v, t, \dots)] = 0 \text{ (III)}$$

то имѣетъ мѣсто и уравненіе I.

Б. В. Ильинъ.

## Законы возбужденія ультра-фіолетовыми лучами.

(Викторъ Анри, *Архивъ физич. наукъ* № 1 и 2, 1918).

Поставленная въ заголовкѣ статья является краткой монографіей, конспектирующей цѣлый рядъ работъ автора и его учениковъ. Эта монографія лишній разъ показываетъ, сколько цѣнныхъ и часто неожиданныхъ результатовъ дало за послѣдніе годы примѣненіе физико-химическихъ методовъ къ изученію проблемъ біологіи и фізіологіи. Во-первыхъ, слѣдуетъ отмѣтить, что окончательно стерлись границы между физикой и химіей. Если раньше можно было раздѣлять явленія на физическія и химическія, при чемъ первыя опредѣлялись какъ таковыя, при которыхъ составъ вещества не мѣняется, то теперь такія явленія, какъ радиоактивность, фотохимическія реакціи, фотоэффектъ, явленія капиллярности и цѣлый рядъ процессовъ такъ называемой физической химіи подрываютъ четкость и категоричность этихъ

опредѣлений. Границы нѣтъ. Вышеотмѣченныя области настолько расширились, для нихъ накопился такой богатый фактическій и теоретическій матеріалъ, важный какъ для физики, такъ и по своимъ приложениямъ, что стало необходимымъ удѣлить имъ значительное мѣсто пропорціонально ихъ современному значенію. Можно утверждать, что физика и химія перестали быть тѣмъ, чѣмъ онѣ были десять—пятнадцать лѣтъ тому назадъ. Во-вторыхъ, науки естественнаго цикла перешли къ измѣреніямъ количественнымъ и накопили столь широкій запасъ фактовъ, что стало возможнымъ во многихъ случаяхъ охватить эти области знанія математическими соотношеніями, позволяющими установить количественную связь между различными элементами жизненнаго процесса.

Разсмотрѣнныя въ статьѣ В. Анри работы какъ разъ и касаются приложенія физико-химическихъ методовъ къ вопросамъ біологическимъ. Авторъ поставилъ свою цѣль обследовать *возбужденіе* опредѣленной части спектра, именно—ультра-фіолетовой. Ультра-фіолетовые лучи были выбраны потому, что какъ разъ авторомъ была найдена связь коэффициента поглощенія ультра-фіолетоваго свѣта съ различными группами атомовъ. Это давало возможность при изученіи явленій раздраженія установить, на какія группы дѣйствуютъ раздражающіе лучи. Объектомъ для раздраженія были выбраны маленькія (0,5—1 mm) ракообразныя животныя *Cyclops*.

Прежде всего, былъ обнаруженъ вполне опредѣленный *порогъ раздраженія*, затѣмъ установлена зависимость этого порога отъ интенсивности раздражающей энергіи. Оказывается, что энергія, соответствующая порогу, проходитъ черезъ *минимум*. Оптимумъ продолжительности раздраженія оказался равнымъ одной секундѣ. Для продолжительностей больше секунды зависимость вполне соответствуетъ закону Лазарева:

$$SO = \frac{B}{\alpha_1 k \left(1 - \frac{B}{2}\right)} + \frac{B\alpha_2}{2\alpha_1 k \left(1 - \frac{B}{2}\right)} t.$$

Для малыхъ временъ освѣщенія, соответствующихъ порогу, является необходимымъ ввести новыя факторы.

Если принять за мѣру раздраженія быстроту реакціи животнаго на это раздраженіе, то оказывается, что раздраженіе *Cyclops* ультра-фіолетовыми лучами подчиняется психо-физическому закону Гешнера съ тѣми ограниченіями, которыя необходимо принять для явленій раздраженія глаза, нервовъ и мускуловъ. Исслѣдованіе раздраженія при прерывистыхъ освѣщеніяхъ показало, что при освѣщеніяхъ, раздѣленныхъ значительнымъ интерваломъ, прерывистыя освѣщенія дѣйствуютъ сильнѣе непрерывныхъ. Авторъ дѣлаетъ гипотезу о фотохимической индукціи и ставитъ ее въ связь съ тѣми изслѣдованіями надъ дѣйствіемъ ультра-фіолетоваго спектра на органическіе коллоиды въ присутствіи электролитовъ, которыя были начаты авторомъ въ Парижѣ и продолжаются въ Москвѣ.

Изученіе вліянія температуры (6° — 27°) дало тотъ несомнѣнный результатъ, что раздражимость животнаго съ измѣненіемъ температуры не мѣняется.

Наконецъ, авторъ обнаруживаетъ чрезвычайно важное обстоятельство—вполнѣ опредѣленный параллелизмъ между кривой раздраженія и кривой поглощенія въ области длинъ волнъ отъ 2550 до 3000, зависимость, установленную Лазаревымъ (фотохимическій законъ) для выдѣтанія красокъ.

Б. В. Ильинъ.

### Свойства адсорпции.

(*David Reichstein Die Eigenschaften des Adsorptions volumens Zürich u. Leipzig 1916*).

Въ настоящей книгѣ авторъ даетъ на 116 страницахъ очеркъ свойствъ объема тѣла, въ которомъ происходитъ адсорпція.

Изложение начинается изученіемъ отношеній деполаризаторовъ и ученія о переносѣ тока черезъ границу твердой и жидкой фазы.

Здѣсь авторъ излагаетъ и свои взгляды, не всегда, впрочемъ, согласные съ мнѣніемъ другихъ изслѣдователей и съ современными воззрѣніями физики. Въ главѣ IV изложено важный, съ точки зрѣнія явленій адсорпции, принципъ вытѣсненія, предложенный авторомъ въ основаніе ряда приложений.

Глава V посвящена изученію уравненій теоріи вытѣсненія. Наконецъ, въ главѣ VI описаны воззрѣнія на происхожденіе разности потенциаловъ на границѣ двухъ фазъ.

Въ книгѣ въ значительной мѣрѣ использованы изслѣдованія автора, правда, не пользующіяся общимъ признаніемъ, но представляющія нѣкоторый интересъ для изслѣдователей явленій адсорпции, для которыхъ книга и можетъ представлять значеніе.

И. Лазаревъ.

### Объ оптическихъ свойствахъ коллоидныхъ пленокъ.

(*Lord Rayleigh. On the Colours diffusely reflected from some Colloidion Films spread on Metal Surfaces. Philos. Magazine. Vol. 34 p. 433—1917*).

Какъ извѣстно, тонкая пленка коллоидная на металлическомъ зеркалѣ, не даетъ нѣтъ тонкихъ пластинокъ, такъ какъ благодаря полному отраженію свѣта отъ зеркала въ концѣ концовъ весь падающій свѣтъ попадаетъ въ глазъ. Очень легко осуществить съ пленкой желатина, выхорощенной на серебряномъ зеркалѣ. Кажущимся исключеніемъ представляется пленка коллоидія на металлическомъ зеркалѣ, описанная Wood'омъ и показывающая блестящіе цвѣта въ отраженномъ свѣтѣ. Эти цвѣта зависятъ, какъ указалъ Wood отъ дифракціи свѣта на неровностяхъ и оптическихъ неоднородностяхъ коллоидія, которое можно открыть, наблюдая пленку, подъ микроскопомъ при большомъ увеличеніи. Rayleigh даетъ обстоятельно изслѣдованія этихъ цвѣтовъ и даетъ электромагнитную теорію явленія, приближающуюся къ теоріи синевы неба, данной имъ же.

И. Лазаревъ.

### V. Voss. Отношеніе интенсивностей линий D натрия. V. Voss. The ratio of the intensities of the D lines of Sodium.

(*The Physical Review, Vol. XI, January 1918, p. 21*).

Извѣстно, что отношеніе интенсивностей линий D зависятъ отъ измѣненія интенсивности натроваго пламени. Впервые такіа указанія имѣются у Couy, показавшаго, что  $\frac{D_2}{D_1}$  измѣняется отъ 1,3 для яркаго пламени до 2 для слабого пламени.

Наблюдения *Wood'a* показали, что для чрезвычайно слабого пламени это отношение достигает величины 3 или даже 3,5. Это отношение было получено сравнением фотографий при различных временах экспозиций, в предположении, что зачернение фотографической пластинки прямо пропорционально времени экспозиции.

Это расхождение величин заставило автора промѣрить отношение  $\frac{D_2}{D_1}$  болѣе тщательно. Для этой цѣли онъ воспользовался тремя методами

1) Фотографическій методъ съ примѣненіемъ особаго секторнаго диска, позволявшаго дѣлать поле зрѣнія на 7 поперечныхъ полосокъ.

2) Визуальный методъ, гдѣ интенсивности сравнивались при помощи поляризаціоннаго метода.

3) Визуальный методъ, гдѣ пользовались экранами, имѣвшими опредѣленный коэффициентъ абсорбціи.

I. Секторный дискъ былъ устроенъ такимъ образомъ, что времена экспозицій для послѣдующихъ полосокъ относились какъ 5 : 4. Щель спектрографа раздвигалась такъ, что обѣ линіи  $D_2$  и  $D_1$  соприкасались, и изображение на фотографической пластинкѣ получалось въ видѣ прямоугольника. Затѣмъ пластинка разрѣзалась поперекъ, и обѣ половины ея сравнивались по затемнѣнію. Такимъ способомъ было найдено, что  $\frac{D_2}{D_1} = 1,25$  для яркаго пламени и  $\frac{D_2}{D_1} = 3$  для слабого пламени.

Уменьшеніе отношенія  $\frac{D_2}{D_1}$  съ увеличеніемъ интенсивности пламени можетъ быть объяснено болѣею абсорбціей свѣта, соответствующаго линіи  $D_2$ . Щель спектроскопа освѣщалась слабымъ натровымъ пламенемъ и открывалась до тѣхъ поръ, пока линіи  $D_2$  и  $D_1$  не соприкасались. Стекланный шаръ, откачанный и содержащій небольшое количество натрія, помѣщался между пламенемъ и щелью. Шаръ нагревался, натрій испарился. Величина отношенія для слабого пламени тотчасъ же падала до величины, найденной для интенсивнаго пламени.

II. Въ поляризаціонномъ методѣ онъ воспользовался способомъ *Wood'a* <sup>1)</sup> для раздѣленія линій  $D_2$  и  $D_1$ , не уменьшая интенсивностей ихъ, при помощи кварцевой пластинки въ 32 mm. толщины. Сравненіе интенсивностей въ данномъ случаѣ довольно трудно, но все же можно утверждать, что и здѣсь наиболѣе точной величиной для отношенія  $\frac{D_2}{D_1}$  получаемъ 2.

III. При третьемъ методѣ *Voss* пользовался экранами, изъ которыхъ одинъ пропускалъ 33 $\frac{1}{2}$ % , другой 40% и третій 50% падающаго свѣта. Три узкія полоски изъ этихъ экрановъ помѣщались въ кассетѣ спектрографа, щель котораго освѣщалась натровымъ пламенемъ. Половина изображения въ видѣ прямоугольника, получавшагося отъ соприкосновенія линій  $D_2$  и  $D_1$ , могла быть покрываема передвиженіемъ кассеты тѣмъ или другимъ экранами. При этомъ легко можно было обнаружить разницу въ отношеніи, когда  $D_2$  покрывалось экраномъ въ 40%, отъ той, когда она покрывалась экраномъ въ 50%. Такимъ образомъ, можно считать, что отношеніе  $\frac{D_2}{D_1} = 2$  съ точностью до 10%. Авторъ замѣчаетъ, что этотъ методъ является наиболѣе заслуживаю-



щямъ довърія изъ всѣхъ трехъ. Здѣсь получается расхожденіе между I и II методами. Въ первомъ для слабого пламени имѣемъ отношеніе  $= 3$ , а во второмъ  $= 2$ .

Чтобы выяснитъ это несоотвѣтствіе, Госсъ построилъ „искусственную щель“, а именно, въ картонѣ прорѣзалъ отверстіе въ видѣ прямоугольника, покрылъ его экраномъ, пропускающимъ желтый свѣтъ, соответствующій линіи  $D$ . Половину „щели“ прикрылъ экраномъ, поглощающимъ 50% падающаго свѣта (какъ въ третьемъ методѣ). Помѣстивъ щель между натровымъ пламенемъ и фотографической камерой. После ряда экспозицій получился чрезвычайно любопытный результатъ: отношеніе времени экспозицій для обѣихъ половинокъ было найдено равными 3 : 1, т. е. какъ разъ такое, какъ получалось при слабомъ пламени для линій  $D_2$  и  $D_1$ .

Но если свѣтитъ „щель“ вольфрамовой лампой, для отношенія получаемъ 2 : 1.

Ясно, что такая разниа не можетъ быть объяснена измѣненіемъ  $K$  въ Schwarzschild'овомъ законѣ ( $S = Jt^k$ , гдѣ  $S$ —плотность изображенія,  $J$ —сила свѣта,  $t$ —время экспозиціи, а  $K$ —величина, зависящая отъ сорта пластинки и длины волны свѣта), ибо область измѣненія длины волны въ данномъ случаѣ очень мала.

Стало бытъ, здѣсь мы имѣемъ дѣло съ очень любопытнымъ поведеніемъ фотографической пластинки по отношенію къ бѣлому и монохроматическому свѣту.

Изъ всѣхъ трехъ методовъ, учитывая для перваго послѣднее обстоятельство, можно утверждать, что максимальная величина отношенія интенсивностей линій  $D$  натрія  $\frac{D_2}{D_1} = 2$  съ точностью до 10%.

Т. Молодой.

## Т. Dessauer. Полученіе рентгеновскихъ лучей весьма большой жесткости.

(*Verh. d. deutsch. Phys. Ges.*, 16/17, 1917).

До настоящаго времени наиболѣе жесткіе рентгеновы лучи получали Dessauer и Winawer (*Phys. Zeitschr.* 15, 1914) и Rutherford, Barnes и Richardson (*Phil. Mag.* (6), 30, 1915). Коэффициентъ поглощенія этихъ лучей въ алюминіи равнялся  $\mu_{Al} = 0,39^1$ ; лучи такой жесткости были получены при напряженіяхъ около 170.000 Volt. Для полученія еще болѣе жесткихъ рентгеновыхъ лучей необходимо было построить трансформаторъ или индукторій, дающій болѣе высокое напряженіе. Эта задача выполнена Dessauer'омъ. Главнымъ препятствіемъ къ повышенію напряженія трансформатора служить опасность пробитія изоляціи между вторичной и первичной обмоткой; особенно велика опасность пробитія въ томъ случаѣ, если одинъ конецъ вторичной обмотки заземленъ. Для того, чтобы избѣжать пробитія изоляціи, часто прибѣгали къ соединенію первичной обмотки съ средней вторичной, благодаря

<sup>1)</sup> Wood, *Phil. Mag.* 27, 524, 1914.

<sup>2)</sup> Коэффициентъ поглощенія определяется формулой  $J = J_0 e^{-\mu \cdot d}$ , гдѣ  $J_0$ —интенсивность рентгеновыхъ лучей до прохожденія алюминиевой пластинки толщиной  $d$ ,  $J$ —интенсивность послѣ прохожденія этой пластинки.

чему разность напряжений уменьшалась вдвое и опасность прибивания ограничивалась концами катушки. Чтобы еще больше уменьшить опасность пробития изоляции и тем самым достигнуть наиболее высоких напряжений, Dessauer применяет следующую схему. Вторичная обмотка разделена на две части, и середина ее соединена с землей. Передача энергии от первичной обмотки к вторичной достигается при посредстве двух промежуточных трансформаторов  $H_1$  и  $H_2$ , которые не повышают напряжения, т. е. имеют равное число оборотов в первичной и вторичной обмотках. Середины обмоток главных трансформаторов  $T_1$  и  $T_2$ , соединенных со вторичными обмотками промежуточных трансформаторов  $H_1$  и  $H_2$ , присоединяются к серединам  $d$  и  $e$  вторичных обмоток высокого напряжения. Таким образом, опасная разность напряжений между вторичной и первичной обмоткой сводится только к четвертой части полного напряжения вторичной обмотки, и устройство достаточно надежной изоляции значительно облегчается. Диаграмма на правой половине чертежа поясняет схему и указывает напряжения между различными точками трансформатора, предполагая полное напряжение во вторичной обмотке 100.000 Volt.

Подобная установка позволила Dessauerу достигнуть напряжений больше 300.000 Volt и получить при помощи рентгеновской трубки с раскаленным катодом лучи значительно большей жесткости, чем это удавалось прежними исследователями. Результаты этих исследований сопоставлены в следующей таблице, где, кроме коэффициента поглощения, указана еще частота и длина волны рентгеновских лучей (связь между  $\mu$  и  $\lambda$  принимается следующая:  $\mu = k\lambda^{5/2}$ , где для алюминия  $lg k = 21,5$ ).

Напряжение в кило-воль- тахъ.	Коэффициентъ поглощенія въ алюм. $\mu_{Al}$ .	Длина волны $\lambda \cdot 10^9$ .	Частота: $\nu \cdot 10^{-19}$ .
103	0,51	1,92	1,56
132	0,424	1,77	1,69
179	0,393	1,72	1,74
220	0,325	1,6	1,87
267	0,27	1,5	2,00
283	0,258	1,46	2,05
308	0,239	1,42	2,11

Укажемъ для сравненія, что для  $\gamma$  лучей радія В коэффициентъ поглощенія  $\mu_{Al} = 0,51$ , а для жесткихъ лучей радія с —  $\mu_{Al} = 0,115$ ; такимъ образомъ при помощи рентгеновскихъ трубокъ удается получить лучи такой же жесткости, какъ и  $\gamma$  лучи радія, хотя крайній предѣлъ жесткости  $\gamma$  лучей еще не достигнуть при помощи рентгеновской трубки. Интересно, что прежніе исследователи пришли къ заключенію, что повышеніе напряжения больше

145.000 Volt не даетъ увеличенія жесткости рентгеновскихъ лучей. Dessauer съ очевидностью показалъ, что это утверждение не вѣрно. Исслѣдованіе Dessauer'a позволяетъ надѣяться, что рентгеновская трубка сможетъ замѣнить радій въ тѣхъ случаяхъ, гдѣ оны примѣняется въ медицинѣ для лѣчебныхъ цѣлей.

С. Ржевскій.

### Примѣненіе фото-электрическаго элемента, какъ пріемнаго приспособленія для беспроволочной телеграфіи.

(Die Verwendung der lichtelectrischen Zellen als Empfangsinstrument für drahtlose Telegraphie. Verh. d. D. Phys. Ges. 16, 668, 1914).

Интенсивность радіотелеграфныхъ сигналовъ является для практической радіотелеграфіи весьма важной, но довольно трудно измѣримой величиной. Трудности лежатъ какъ въ слабости пріемнаго тока, такъ и въ непостоянствѣ кристаллическихъ детекторовъ, служащихъ въ настоящее время основнымп инструментами для пріема въ радіотелеграфіи, и, слѣдовательно, въ невозможности сравнивать результаты измѣреній, сдѣланныхъ въ различное время и при различныхъ условіяхъ. Н. Behnken воспользовался для измѣренія интенсивности пріема тѣмъ обстоятельствомъ, что электрическія колебанія оказываютъ вліяніе на величину фото-электрическаго эффекта, при чемъ оказалось, что измѣненіе величины эффекта пропорціоально эффективной силѣ тока въ антеннѣ и, кромѣ того, при прочихъ равныхъ условіяхъ, является весьма постояннымъ.

Фото-электрическая кѣлочка, примѣненная Behnken'омъ имѣетъ свѣтосъвѣтительный электродъ, сдѣланный изъ калия, другой электродъ изъ платины и присоединяется калиевымъ электродомъ къ самоиндукціи ( $S_1$ ), связанной съ удлинительной самоиндукціей ( $S_2$ ) антенны и вѣвшой по возможности большее число оборотовъ для того, чтобы повысить потенциалъ, налагаемый на кѣлочку подѣ вліаніемъ колебаній. Для измѣренія служитъ электрометръ Zutz-Edelmann'a ( $E$ ). Чтобы приготовить приборъ къ пріему радио-сигналовъ, кѣлочка освѣщается лампой Нерста ( $L$ ), благодаря чему возникаетъ вѣвоторый фото-эффектъ, и электрометръ даетъ отклоненіе; это отклоненіе компенсируется вѣвоторымъ добавочнымъ напряженіемъ, налагаемымъ при помощи аккумулятора (Акк.) съ потенциометромъ ( $R$ ), и, такимъ образомъ, электрометръ снова устанавливается на нуль; при этихъ условіяхъ соединеніе лѣвтка электрометра съ землей при помощи ключа ( $K$ ) не должно вызывать отклоненія. При наличіи колебаній въ антеннѣ, потенциалъ, приложенный къ кѣлочкѣ, будетъ подвергаться періодическимъ измѣненіямъ и вызоветъ отклоненіе электрометра, которое будетъ пропорціоально величинѣ амплитуды напряженій, возникающихъ въ катушкѣ  $S_2$ , т. е. пропорціоально величинѣ силы тока въ антеннѣ. Подобная установка дала въ опытахъ Behnken'a отклоненіе электрометра въ 4—5 дѣлений шкалы при работѣ радиостанціи Эйфелевой башни (разстояніе Парижъ—Берлинъ ок. 900 кт.), что по чувствительности вполне сравнима съ пріемомъ на детекторъ.

С. Ржевскій.

## Резонансное излучение паровъ натрія.

(K. W. Wood and Fred Mohler *Resonance Radiation of Iodine Vapor excited by one of the D-lines*).

(*Physical Review*, XI, p. 70 (II), 1918 г.).

Въ 1905 г. Вудъ показалъ, что если освѣтить натровымъ пламенемъ шаръ, заключающій въ себѣ пары чистаго натрія, то эти послѣдніе начинаютъ излучать желтый свѣтъ. Вудъ назвалъ это излученіе резонанснымъ. По своему спектральному составу резонансное излученіе оказалось тождественнымъ съ возбуждающимъ, т.-е. его спектръ состоялъ изъ двухъ линій— $D_1$  и  $D_2$ . Возникаетъ вопросъ, какова будетъ картина, если освѣщать пары натрія только одной спектральной линіей  $D_1$  или  $D_2$ ; будетъ ли спектръ резонанса состоять также изъ одной линіи или же изъ двухъ. Отвѣтъ на этотъ вопросъ позволяетъ глубже заглянуть въ самый механизмъ излученія. Именно, онъ позволяетъ рѣшить, связаны ли между собой центры, дающіе линіи  $D_1$  и  $D_2$ , или они другъ отъ друга независимы.

Рефериремая работа представляетъ собой вторую попытку въ этомъ направленіи. Первая попытка<sup>1)</sup> не дала опредѣленныхъ результатовъ. Для раздѣленія  $D$  линій авторы применили особый поляризаціонный методъ, раньше описанный Вудомъ<sup>2)</sup>. Большинство опытовъ производилось съ линіей  $D_2$ , т.к. она приблизительно вдвое ярче линіи  $D_1$ . Въ результатѣ оказалось, что спектръ резонанса состоитъ изъ обихъ линій  $D_1$  и  $D_2$  при двухъ условіяхъ: 1) когда въ шарѣ, заключающемъ въ себѣ пары натрія, имѣются слѣды водорода и 2) при достаточно высокихъ температурахъ (270—350°). Авторы утверждаютъ, что именно при этихъ условіяхъ становится возможнымъ переносъ энергіи отъ центровъ, дающихъ линію  $D_2$  къ центрамъ, дающимъ  $D_1$ , при чемъ переносъ этотъ, по ихъ мнѣнію, совершается путемъ молекулярныхъ столкновеній. Аналогичный переносъ энергіи наблюдается при резонансѣ въ парахъ іода. При подмѣшиваніи гелія къ парамъ чистаго іода мѣняется самый характеръ спектра: блѣднѣетъ спектръ, состоящій изъ системы дублетовъ, и ярко выступаетъ дотолѣ едва замѣтный полосатый спектръ. Здѣсь происходитъ переносъ энергіи отъ системъ, дающихъ дублеты, къ системамъ, дающимъ полосатый спектръ.

Э. Шпольскій.

## Къ вопросу о наибольшей частотѣ рентгеновскихъ и гамма-лучей.

(E. Rutherford. *Penetrating Power of the X Radiation from a Coolidge Tube*. *Phil. Mag.* (6), 34, p. 153, 1917 г.).

Работа представляетъ собой продолженіе изслѣдованія, сдѣланнаго авторомъ вмѣстѣ съ Барнесомъ и Ричардсономъ въ 1915 году. Въ этой первоначальной работѣ Резерфордъ пришелъ къ тому заключенію, что существуетъ некоторая максимальная частота, а стало быть и жесткость, которой

<sup>1)</sup> R. W. Wood and Dunoyer. *Phil. Mag.* (6), 27, 1918, 1914.

<sup>2)</sup> Wood. *Phil. Mag.* (6), 27, 524, 1918.

<sup>3)</sup> Rutherford, Barnes and Richardson. *Phil. Mag.* (6), 30, p. 339 (1915).

достигаютъ лучи, испускаемые трубкой Кулиджа при 145.000 вольтъ, эта частота сохраняется неизмѣнной при увеличеніи voltaжа, по крайней мѣрѣ до 175.000 вольтъ. Въ реферированной статьѣ Резерфордъ описываетъ болѣе детальныя опыты, захватившіе къ тому же и болѣе большой интервалъ напряженій. Изслѣдовалось поглощеніе въ свинцѣ и алюминіи. Опыты со свинцомъ привели къ слѣдующимъ результатамъ:

1) Величина коэффициента поглощенія  $\mu$  сохраняетъ болѣе или менѣе постоянное значеніе между 79.000 и 144.000  $V$ . для „остаточнаго излученія“ (т.-е. для излученія, которое получается послѣ того, какъ болѣе мягкія составныя части изъ сложнаго комплекса лучей, даваемыхъ рентгеновской трубкой, отфильтровываются соответствующимъ экраномъ). Въ частности, между 105.000 и 144.000  $\mu$  — строго-постоянно.

2) Между 105.000 и 144.000 вольтъ поглощеніе совершается по экспоненціальному закону

$$J = J_0 e^{-\mu d}.$$

3) При дальнѣйшемъ возрастаніи напряженія величина  $\mu$  быстро уменьшается.

Эти результаты легко объясняются присутствіемъ характеристической полосы абсорбціи въ свинцѣ <sup>1)</sup>, которая располагается между  $\lambda = 0,149 \text{ \AA}$  и  $\lambda = 0,098 \text{ \AA}$ . Подсчитывая по уравненію  $E = h\nu$  <sup>2)</sup> ( $E$  — энергія, въ данномъ случаѣ равная  $eV$ , гдѣ  $e$  — зарядъ электрона,  $V$  — voltaжъ), какія напряженія соответствуютъ этимъ длинамъ волнъ, получимъ 83.000 и 125.000 вольтъ. Такимъ образомъ, именно въ этой области — отъ 83.000 до 125.000  $v$ . — мы и должны ожидать постоянства коэффициента поглощенія. Небольшое расхожденіе съ результатомъ, полученнымъ опытнымъ путемъ, совершенно не существенно и, можетъ быть, легко объяснено побочными вліяніями.

Вычисляя по уравненію  $eV = h\nu$  наименьшія длины волнъ, даваемыхъ рентгеновской трубкой при различныхъ разностяхъ потенциаловъ, получимъ, напримѣръ, слѣдующія значенія:

Напряженіе въ voltaжахъ.	Длина волны въ $\text{cm}$ . Ангелъема.	$\frac{\mu}{\rho}$ въ $Al$	$\frac{\mu}{\rho}$ въ $Pb$
183.000	0,068	0,085	1,05
196.000	0,063	—	0,75
$\gamma$ — лучи радiа $C$	} ?	0,026	0,042

Для сравненія приведены коэффициенты поглощенія  $\gamma$ -лучей радiа  $C$  въ алюминіи и свинцѣ. Намъ неизвѣстенъ законъ, которому подчиняется въ этой области измѣненіе  $\frac{\mu}{\rho}$  съ частотой. Однако, приблизительная оцѣнка

<sup>1)</sup> Hull and Rice. Phys. Review, 8, p. 326 (1916). De Broglie. Comptes Rendus 162. p. 596 (1916).

<sup>2)</sup> Hull and Rice. loc. cit.

Эти уравнения и замѣняютъ уравнения Gulberg'a и Mohn'a путемъ интеграціи основныхъ уравненій. Экспер получилъ траекторію воздушныхъ массъ, при чемъ оказалось, что должно наступить колебательное движеніе даже при прямолинейныхъ изобарахъ; случай станціонарнаго потока является невѣроятнымъ.

Въ соотвѣтствіи съ этимъ находятся результаты наблюденій Dines'a <sup>1)</sup> надъ внутренней структурой вѣтра при помощи Sang-anemometr'a, приспособеннаго для регистраціи. Пользуясь своимъ самописцемъ во время поднятій змѣевъ, Dines показалъ, кромѣ того, убываніе бурнаго характера вѣтра съ высотой: такъ, если частоту порывовъ вѣтра отъ 0 до 500 англійскихъ футовъ принять за 100, то на высотѣ 1000—2000 она падаетъ до 44%, на 2000—3500 до 30%.

Въ 6-й же книгѣ Hann излагаетъ взгляды англійскихъ метеорологовъ Shaw, Dines'a, Cave'a и другихъ на измѣненіе разности давленія между областями высокаго и низкаго давленія съ высотой, приведшее къ установленію наиболѣе дѣятельнаго слоя атмосферы, такъ называемой „Субстратосферы“, обусловливающей, по ихъ мнѣнію, главнѣйшимъ образомъ смѣну барическихъ системъ и характеръ погоды у земной поверхности.

Обозначимъ, гдѣ-нибудь, но на одномъ и томъ же уровнѣ въ областяхъ maximum'a и minimum'a низкое давленіе черезъ  $p$ , высокое черезъ  $p + \Delta p$  и будемъ искать измѣненіе разности давленія съ возрастаніемъ высоты (Shaw—Journal Scottish Met. Soc. vol. XVI)

тогда: 
$$dp = -\rho dh; \quad d(p + \Delta p) = -(\rho + \Delta \rho)dh,$$

гдѣ  $\rho$  вѣсь единицы объема воздуха;

отсюда 
$$d(\Delta p) = -d\rho dh,$$

но 
$$\rho = \frac{1}{v} = \frac{P}{R \cdot T}$$

и 
$$d\rho = \frac{p}{R \cdot T} \left( \frac{dp}{P} - \frac{dt}{T} \right)$$

при чемъ  $dp$  и  $dt$  въ данномъ случаѣ представляютъ измѣненія  $p$  и  $t$  между областями maximum'a и minimum'a, т.е. берутся по горизонтальному направленію.

Окончательно имѣемъ:

$$\frac{d(\Delta p)}{dh} = \frac{p}{R \cdot T} \left( \frac{dt}{T} - \frac{dp}{P} \right) = 0.0341 \frac{P}{T} \left( \frac{dt}{T} - \frac{dp}{P} \right).$$

Это уравненіе даетъ измѣненіе разности давленій между вертикалями къ обѣимъ областямъ на единицу измѣненія высоты.

Выраженію въ скобкахъ въ послѣдней формулѣ Shaw придаетъ особое

<sup>1)</sup> Dines—Report of Wind Structure. Aeronautics 1911 London.

значение для динамики атмосферы: изменение этой разности с высотой происходит действительно замечательным образом.

В нижних и средних частях тропосферы области максимум'овъ обычно теплѣе областей минимум'овъ; такимъ образомъ,  $dp$  и  $dt$  имѣютъ одинаковые знаки, и все выражение  $\frac{dt}{T}$  и  $\frac{dp}{P}$  имѣетъ положительный знакъ. выше 9 klm. это соотношение какъ показалъ Teisserenc de Bort, изменяется: антициклоны становятся холоднѣе, и все выражение, перейдя черезъ нуль гдѣ-нибудь на высотѣ до 9 klm., становится отрицательнымъ и начинаетъ быстро возрастать по абсолютной величинѣ; однако, надъ областями минимум'овъ стратосфера начинается сь болѣе низкаго уровня, чѣмъ надъ максимум'ами вследствие чего градиентъ надъ циклонами, перешедшими уже въ стратосферу, становится чрезвычайно малымъ и даже мѣняетъ свой знакъ, въ то время, какъ на той же высотѣ надъ антициклонами имѣется еще тропосфера и температура продолжаетъ убывать. Это ведетъ къ тому, что  $dt$  быстро выравнивается, и изслѣдуемое выражение снова замедляетъ свой ростъ.

Такимъ образомъ, въ большей части тропосферы эффектъ вертикальнаго измененія  $\frac{d(\Delta p)}{dh}$  малъ, исключая нижніе слои областей высокаго давленія сь холодомъ у земной поверхности, и постепенно обращается въ нуль; сь высотой приблизительно около 9 klm и до 11 происходитъ наибольшій его ростъ, который затѣмъ снова замедляется.

Съ такой схемой совпадаютъ наблюденія Saver'a и Ferrel'a, нашедшихъ максимумъ силы вѣтра какъ разъ у начала стратосферы, при чемъ въ болѣе высокихъ слояхъ наступаетъ быстрое ея убываніе; это же подтверждается изслѣдованіями Köppen'a и Wedemeyer'a.

Въ связи съ изложеннымъ, уместно указать на вытекающее отсюда коренное измѣненіе во взглядахъ на причины метеорологическихъ процессовъ: въ то время какъ въ недавнее время всѣ атмосферныя возмущенія сводились къ различію температуръ у земной поверхности, теперь ихъ зарожденіе переносится на высоту 9—11 klm, и первенствующая роль приписывается конвекціоннымъ токамъ воздуха различнаго происхожденія, что Shaw формулируетъ слѣдующимъ образомъ: „динамика атмосферы обуславливается субстратосферой; физика относится къ болѣе низкимъ слоямъ“.

Въ главахъ VI книги, касающихся общей циркуляціи атмосферы, Нанп, давая обзоръ новѣйшихъ наблюденій въ тропическихъ областяхъ, приходитъ къ выводу, что въ настоящее время достаточно хорошо освѣдомлены о горизонтальныхъ и вертикальныхъ теченіяхъ между тропиками, при чемъ, однако, условія оказались сложнѣе, чѣмъ думали раньше; послѣднее хорошо видно, напримѣръ, изъ распредѣленія вѣтровъ надъ Явою, согласно наблюденіямъ van Bemmelen'a<sup>1)</sup>.

Съ октября по ноябрь — SE до 5½ klm. (пассатъ).

выше NE до 17 klm. (антипассатъ).

Съ декабря по февраль — W до 5 klm. (мусонъ)

выше SE до 9 klm. (пассатъ)

выше NE до 17 klm. (антипассатъ)

выше SE до 22 klm. („верхній пассатъ“ по van Bemmelen'у).

<sup>1)</sup> Van Bemmelen — Die Erforschung des tropischen Luftozeans in Niederl. Ostindien Luftfahrt und Wissenschaft. Heft 5 Berlin 1913.

Съ марта по апрѣль — NW и SW до 6 klm. (мусонъ) •  
 выше SE до 10 klm. (пассать)  
 выше NE (антипассать).

Съ мая по сентябрь — SE до 3 klm. (пассать)  
 выше NE до 16 klm. (антипассать)

выше „верхній пассать“ съ мощнымъ промежу-  
 точнымъ слоемъ западныхъ вѣтровъ, найденнымъ также Bergson'омъ въ эква-  
 торіальной Африкѣ.

Для вѣтропическихъ областей интересны таблицы Ferriera — паденія  
 давленія въ mm. между экваторомъ и полюсомъ на различныхъ широтахъ:

Высота въ klm.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	19	20
10°N—30°N ...	6	5	4	2	0.5	-1	-2	-3	-4	-4	-5	-5	-5.7	-5	-5	-4	-2	-2
30°N—50°N ...	-5	-6	-8	-8	-8	-8	-9	-9	-9.3	-9	-9	-8	-6	-6	-4	-3	0	0

Такимъ образомъ, существующее паденіе давленія, которому слѣдуетъ  
 пассать, на поверхности имѣетъ наибольшую величину, затѣмъ уменьшается  
 и на высотѣ 4-хъ klm. переходитъ въ паденіе, направленное къ полюсу;  
 послѣднее достигаетъ maximum'a на высотѣ 12 klm. и, можетъ быть, снова  
 мѣняетъ знакъ на высотѣ 20 klm.; паденіе давленія между субтропическимъ  
 антициклономъ и высокими широтами, т. е паденіе для западнаго вѣтра вы-  
 сокихъ широтъ, растетъ до 8 klm., остается почти постояннымъ до 11 klm.,  
 затѣмъ убываетъ и исчезаетъ совершенно на высотѣ 20 klm. Эта высота  
 является тѣмъ уровнемъ, на которомъ прекращается дѣломъ общая цирку-  
 ляція между полюсомъ и экваторомъ.

Что касается наблюденій въ арктическихъ странахъ, то они не под-  
 тверждаютъ существованіе западнаго вѣтра въ высокихъ слояхъ, что является  
 противорѣчіемъ обычной схемѣ общей циркуляціи въ областяхъ большого  
 полярнаго вихря. Напримѣръ, изъ пилотныхъ наблюденій швейцарской экспе-  
 диція 1912/13 г.г. подъ начальствомъ de Quervain слѣдуетъ, что въ высо-  
 кихъ слояхъ господствуетъ южный вѣтеръ, включеніе котораго въ наши  
 прежнія представленія не легко и, по мнѣнію Hann'a, должно быть сведено  
 въ данномъ случаѣ къ дѣйствию minimum'a надъ Девисовымъ проливомъ и  
 maximum'a надъ Гренландіей; аэрологическія изслѣдованія на Шницбергенѣ,  
 предпринятія Bergesell'emъ при помощи пилотовъ и змѣвъ, дали слѣдующее  
 распределеніе вѣтровъ:

Высота въ klm. ....	2	5	8
Среднее направленіе...	N 9°E	N 10°W	S 63°W
Средняя сила m./sec. ...	1.70	0.85	1.34

Такимъ образомъ, ожидаемаго господства западныхъ вѣтровъ не найдено.



Въ V книгѣ „О возмущеніяхъ въ атмосферѣ“, Маппомъ приведены какъ новѣйшія общія идеи, о возникновеніи и развитіи барическихъ системъ, высказанныя за это время Ekholm'омъ, Körren'омъ, Meinertsdus'омъ, Срезневскимъ, Hellmann'омъ Ficker'омъ и другими, такъ и большее количество данныхъ и таблицъ касающихся разнообразныхъ вопросовъ: распредѣленія вѣтровъ въ различныхъ частяхъ циклоновъ и его скоростей, скорости движенія maximum'овъ и minimum'овъ, осадковъ въ депрессіяхъ, путей циклоновъ и т. п.

Мы отмѣтимъ лишь приведенныя экспериментальныя работы W. Schmidt'a надъ втеканіемъ холодныхъ массъ воздуха въ болѣе теплый, имѣющія цѣлью объяснить происхожденіе и свойства шкваловъ. Работы эти представляютъ интересъ еще и потому, что относятся къ пока небольшой, но многообъясняющей области эксперимента въ метеорологіи и геофизикѣ.

Производя свои изслѣдованія, W. Schmidt нашелъ, что холодныя массы движутся подъ теплыми не клинообразно, какъ предполагали раньше, но прониканіе ихъ происходитъ въ формѣ гребня, появляющагося уже при разности температуръ въ 7°; форма гребня измѣняется съ измѣненіемъ температуры; находившійся передъ волной шквала воздухъ поднимается вверхъ, чѣмъ объясняется мощная облачность и осадки шквала; maximum'ныя скорости получаютъ на нѣкоторомъ разстояніи позади гребня.

Скорость движенія холодныхъ массъ зависитъ отъ ихъ мощности и разности температуръ. Высота гребня, при одинаковой разности температуръ, пропорціональна квадрату скорости, какъ это слѣдуетъ изъ закона Helmholtz'a.

Поэтому:

$$h = cv^2$$

или

$$v = c'\sqrt{h}$$

Schmidt нашелъ изъ опытовъ постоянное  $c'$ :

для $dt = 2^\circ$	$7^\circ$	$14^\circ$
$c' = 0.74$	1.5	2.36

гдѣ  $v$ —въ km./часъ,  $h$ —въ metr'ахъ.

Въ природѣ обыкновенно наблюдается  $v$ , а  $h$  неизвѣстно; однако, се можно вычислить по измѣненію давленія при прохожденіи шквала и по разности температуръ. Schmidt нашелъ слѣдующее соотношеніе:

$$h = \frac{db}{dt} \cdot T \cdot z,$$

гдѣ  $T$ —средняя абсолютная температура столба воздуха,  $z$ —барическая ступень. Ficker нашелъ полное совпаденіе съ наблюденіями, приложивъ эту формулу къ швалу 11-го мая 1911 г. въ Баваріи (наблюденная скорость—55 km./часъ; вычисленная—54).

Переходя ко второй области интенсивнаго развитія метеорологіи—изслѣдованіямъ высокихъ слоевъ,—остановимся на нѣкоторыхъ изъ собранныхъ въ „Курсѣ“ данныхъ: Въ пятой главѣ I книги „О температурныхъ условіяхъ верхнихъ слоевъ атмосферы“ Süring приводитъ таблицы среднихъ темпера-

поверхности“ приведены интересные таблицы из книги Emden'a <sup>1)</sup>, касающіяся значенія для земной поверхности теплого излученія самой атмосферы, из которых обнаруживается, что для широтъ отъ 0° до 30° годовое излученіе атмосферы на земную поверхность немногимъ меньше годового прихода тепла непосредственно отъ солнца на границѣ атмосферы; для болѣе высокихъ широтъ первое начинаетъ, преобладать, — такъ, напримѣръ, въ январѣ Средняя Европа получаетъ отъ излученія атмосферы въ 2—3 раза больше тепла, чѣмъ отъ солнца. На то же обстоятельство указываютъ изслѣдованія Angstrom'a, установившаго, что диффузное излученіе неба къ землѣ всегда больше, чѣмъ излученіе земли къ небу.

Вычисляя среднее давленіе для всей поверхности, Нанп, пользуясь величинами его, приведенными къ уровню моря и нормальной силѣ тяжести, получаетъ величину 758 mm., при чемъ, однако, она не соответствуетъ дѣйствительной массѣ воздуха, находящейся надъ земной поверхностью; принимая во вниманіе среднее возвышеніе твердой оболочки надъ уровнемъ моря, получаютъ слѣдующія величины:

	Среднее возвышеніе.	Среднее давленіе.	Истинное давленіе.
Сѣверное полушаріе	296 mm.	759,7 mm.	733,3 mm.
Южное полушаріе	183,5 mm.	756,8 mm.	740,4 mm.

Такимъ образомъ, надъ южнымъ полушаріемъ слой воздуха почти на 7 mm. ртутнаго столба мощнѣе; среднее давленіе надъ всей земной поверхностью принимается равнымъ 737 mm.

Въ первой половинѣ 4-й главы третьей книги приводятся изслѣдованія скорости паденія дождевыхъ капель Leonard и Schmidt дали экспериментальныя величины скорости паденія въ предѣлахъ ихъ радіуса отъ  $r = 0,001$  см. для котораго  $v = 0,10$  см./сек. до  $r = 0,175$  см. когда  $v = 0,74$  см./сек.; при дальнѣйшемъ увеличеніи радіуса капли, какъ извѣстно, при паденіи претерпѣваетъ деформаци, и скорость ея паденія уменьшается, при чемъ максимальной скорости 8 см./сек. капли достигаетъ при радіусѣ равномъ 0,225 см.; отсюда слѣдуетъ, между прочимъ, что восходящій токъ въ атмосферѣ скоростью въ 8 см./сек. можетъ удержатъ отъ паденія самыя большія капли.

Stokes далъ формулу паденія водяного шарика въ воздухѣ средней плоскости:

$$v = 1.26r^2 10^6, \text{ гдѣ } v \text{ и } r \text{ выражены въ см.,}$$

которая была провѣрена экспериментально въ предѣлахъ отъ  $r = 0,001$  см. до  $r = 0,00016$ . Впоследствии эта формула была улучшена Cunningham'омъ и Mc. Kennan'омъ <sup>2)</sup>, при чемъ было принято во вниманіе скользяніе капли. Mc. Kennan далъ формулу для очень малыхъ значеній  $r$ , гдѣ скользяніе играетъ первенствующую роль:

$$v = c\sqrt{r\delta:d}$$

гдѣ  $c = \text{Constans}$ ,  $\delta$  — удѣльный вѣсъ тѣла,  $d$  — плотность воздуха.

Принимая для земной поверхности  $C = 1344$  см.;  $\delta = 0,86$  (для льда),

<sup>1)</sup> Emden—Ueber Strahlungsgleichgewicht und atmosphärische Strahlung München 1913 г.

<sup>2)</sup> Proc. R. Soc. 83, A. 1910. 357 и Phys. Zeitschr. XIII. 106. 1912.

получимъ приближительно для водяныхъ капель  $v = 1344 \sqrt{r}$ ; для градовыхъ зеренъ  $v = 1246 \sqrt{r}$ ; для большихъ высотъ вводится множитель  $\sqrt{\frac{B}{b}}$ .

Наконецъ, приводится экспериментальная формула Schmidt'a, имѣющая значеніе для всякихъ  $r$  и для его малыхъ значеній, переходящая въ формулу Stokes'a:

$$v = 1 : (0.00787 : r^2 + 0.159 : \sqrt{r}).$$

Мы закончимъ свой обзоръ краткимъ изложеніемъ третьей главы третьей книги „Облака, ихъ формы и возникновеніе“, написанной Süring'омъ.

Въ началѣ главы Süringъ дѣлаетъ замѣчаніе о классификаціи облаковъ Howard'a и объясняетъ ея долговѣчность чрезвычайно удачнымъ выборомъ различій классовъ по вѣшнему виду, въ которые вносльдствіи оказалось возможнымъ вложить физическое и генетическое значеніе.

Напримѣръ, формы Cumulus, выдѣленные Howard'омъ по ихъ темному и плотному покрову, классифицированы въ настоящее время также въ отдѣльный классъ „облаковъ восходящихъ токовъ“. Слоистыя облака въ ихъ генетическомъ значеніи образуютъ классъ „облаковъ горизонтальныхъ токовъ“ и т. д.

Указывая на обнаружившееся въ послѣднее время стремленіе къ болѣе детальной классификаціи облаковъ, Süringъ приводитъ наиболѣе установленныя названія добавочныхъ формъ: 1) „Волнистыя облака“ (Undulatus) различныхъ типовъ, появляющіяся передъ депрессіями и своимъ радіантомъ указывающія направленіе къ ея центру; 2) „Облака нисходящихъ токовъ“ (Ci Cu. ACu, AS—lenticularis, или margarodes (облака фена, отрицательныя Ci Cu по Süring'у); 3) „Облачныя шапки“ и Falsi Cirri; 4) „Динамическія Cumuli“ (ACu—castellati), характеризуемая какъ Cumuli, не связанная съ непосредственно отъ земли поднимающимися восходящими токами; 5) Mammato-Cumuli (Festoon Cloud, pocket cloud). Изъ способовъ опредѣленія высоты облаковъ Süringъ считаетъ фотограмметрический настолько болѣе точнымъ, что прежнія опредѣленія имѣютъ, по его мнѣнію, скорѣе историческое значеніе.

Что касается современныхъ теорій образованія облаковъ, то наибольшія трудности встрѣчаются при объясненіи возникновенія Cirrus'овъ. Süringъ указываетъ, что наиболѣе ясно образованіе волоконъ Cirrus и Cirro-Stratus надъ ограниченными областями низкаго давленія, напримѣръ, надъ грозовыми облаками; въ этомъ случаѣ Cirri представляютъ собою пути оттекающихъ въ верхнихъ слояхъ отъ центра воздушныхъ массъ; оттоканіе можетъ, повидимому, въ нѣкоторыхъ случаяхъ происходить на меньшихъ высотахъ, что приводитъ къ образованію Falsi-Cirri.

Однако, Cirri не всегда являются продуктами близкой или далекой депрессіи, образовываясь иногда при ясномъ небѣ, на глазахъ наблюдателя, они представляютъ самостоятельныя облачныя образованія и притомъ чрезвычайно частыя. При объясненіи такихъ типовъ слѣдуетъ имѣть въ виду, что новѣйшія поднятія показали, что въ высокихъ слояхъ почти постоянно имѣется тонкій слой ледяныхъ иль, незамѣтныхъ для земного наблюдателя и лишь незначительно мѣняющихъ видимую окраску небеснаго свода. Такимъ образомъ, матеріалъ для образованія Cirrus всегда имѣется; непосредственнымъ поводомъ къ образованію можетъ послужить перемѣшиваніе на границахъ различно движущихся массъ воздуха, что приведетъ къ образованію Cis или „полосъ паденія“, т. е. Cirrus типовъ „нитей“, „конскаго гравья“, „полосъ“

и т. п. Shaw указывает, что Cигги типа ACu, въ видѣ волнь, могутъ образовываться вслѣдствіе пониженія давленія въ субстратосферѣ.

Прив.-доц. С. Бастамовъ.

Рождествено.  
Августъ 1918 г.

### Вычисленіе и измѣреніе самоиндукціи и емкости.

(W. H. Nottage. *The calculation and measurement of inductance and capacity London 1917*).

Огромный теоретическій и опытный матеріалъ по расчету и измѣренію самоиндукціи и емкостей, накопившійся за многіе годы въ физическихъ и техническихъ журналахъ и весьма разнородный по качеству, давно нуждается въ критической обработкѣ и систематической сводкѣ. Книга Nottage'a въ значительной мѣрѣ удовлетворяетъ этой нуждѣ, являясь довольно полнымъ сборникомъ формулъ и схемъ, предложенныхъ до послѣдняго времени (1916 г.).

Къ сожалѣнію, авторъ ограничился только сопоставленіемъ окончательныхъ результатовъ, не давая выводовъ и, что особенно непрятно, не всегда указывая степень точности формулъ. Отсутствуетъ также и критическое сравненіе методовъ измѣреній. Въ этомъ отношеніи книга значительно уступаетъ соответствующимъ сводкамъ въ книгахъ Fleming'a и Eccles'a. Необходимые для практическаго пользованія формулами таблицы и графика не всегда приведены; вмѣсто этого слѣдуютъ ссылки на соответствующую журнальную литературу. Это обстоятельство въ значительной мѣрѣ лишаетъ книгу практической самостоятельности.

Довольно много страницъ посвящено чисто радиотелеграфнымъ измѣреніямъ и расчетамъ; имеется, напр., рядъ замѣчательныхъ формулъ для расчета емкости радиотелеграфныхъ сѣтей, предложенныхъ въ послѣднее время Howe. Въ послѣдней главѣ книги описываются различные эталоны и приборы, необходимые для точныхъ измѣреній: альтераторъ Duddell'a, "монохроматоръ" переменнаго тока Fleming'a и Duke'a, гальванометры, электрометры, телефоны и т. д.

Есть нѣкоторые досадные пропуски, отсутствуетъ, напримѣръ, одна изъ наиболее общихъ и точныхъ формулъ для расчета самоиндукціи концентрической катушки Rayleigh'a.

Во всякомъ случаѣ, однако, книга заолняетъ существенный пробѣлъ въ рядѣ необходимыхъ справочниковъ каждой физической и электро-технической лабораторіи.

С. Вавиловъ.

## Сборникъ по спектроскопiи.

[*G. D. Living and Sir I. Dewar. Collected papers on Spectroscopy—1915 (556 стр.)*].

Въ настоящемъ томѣ собраны изслѣдованiя знаменитыхъ англiйскихъ спектроскопистовъ, выполненныя ими въ теченiе почти 40 лѣтъ и помѣщенныя въ *Philosoph. Magazine Proceed. of the Royal Society, Proceed. of the Cambridge Philosoph. Society, Proceed of the Royal Institution, Philosoph. Transactions of the Royal Society*.

Для лицъ, занимающихся спектроскопiей, изданiе трудовъ Living'a и Dewar'a представляетъ весьма важное значенiе. Внѣшность изданiя не оставляетъ желать ничего лучшаго.

П. Лазаревъ.

## Абрагамъ. Теорiя электричества.

(*M. Abraham. Theorie der Elektrizität. Zweiter Band. Elektromagnetische Theorie der Strahlung. Dritte Auflage, 1914. (Teubner)*).

Третье изданiе второго тома классическаго курса Abraham'a сильно расширено и измѣнено по сравненiю со вторымъ. Часть этихъ измѣненiй была уже предугазана той передѣлкой, какой подверглось четвертое изданiе первого тома, вышедшее въ 1912 году. Такъ, напр., теорiя телеграфiи безъ проводовъ была перенесена въ первый томъ и теперь во второмъ томѣ, естественно, отсутствуетъ. На измѣненiя въ главѣ объ электродинамикѣ движущихся тѣлъ указывала передѣлка этой главы въ первомъ томѣ. Но кромѣ такихъ и другихъ мелкихъ измѣненiй и дополненiй, естественныхъ для всякаго новаго изданiя (новыя опытные данныя, ссылки на новѣйшую литературу и т. п.), мы находимъ въ третьемъ изданiи большое число гораздо болѣе важныхъ измѣненiй и дополненiй. Эти измѣненiя были вызваны быстрымъ развитiемъ электродинамики движущихся тѣлъ въ послѣднiе годы, въ которомъ на ряду съ Einstein'омъ, Minkowski и другими выдающимися физиками большое участие принялъ и авторъ, а также и новыми крупными успѣхами электронной теорiи. Они выразились въ цѣломъ рядѣ новыхъ параграфовъ, включенныхъ въ книгу, и въ подчасъ коренной переработкѣ другихъ параграфовъ и даже главъ. Въ виду чрезвычайной важности вопросовъ, которые подверглись новой обработкѣ и рассмотрѣнiю, какъ, напр., магнетонная теорiя и обобщенный принципъ относительности, представляется, конечно, желательнымъ кратко указать на главныя измѣненiя. Наиболѣе важныя изъ нихъ слѣдующiя.

Въ главѣ о динамикѣ электроновъ заслуживаетъ особое вниманiе § 23, въ которомъ излагается ученiе объ импульсѣ потока энергiи и объ инерцiи ея, которое авторъ обосновываетъ независимо отъ принципа относительности.

Далѣ слѣдуетъ отмѣтить, что изложенная во второмъ изданіи строгая теорія шарообразнаго электрона по R. Hertz'у и A. Sommerfeld'у теперь опущена. Большой интересъ представляютъ §§ 25, 26 и 27, въ которыхъ подробно изложены теоретическія основанія ученія о магнетонахъ, при чемъ особое вниманіе обращено на излученіе такихъ вращающихся системъ электроновъ. Выведенныя въ этихъ параграфахъ соотношенія и послужили затѣмъ основаніемъ для изложенной въ § 31 магнетонной теоріи намагничиванія діаманитныхъ тѣлъ, а также и теорій парамагнитныхъ тѣлъ Langevin'a и ферромагнитныхъ тѣлъ Weiss'a.

Большой переработкѣ подверглась глава объ электродинамикѣ движущихся тѣлъ. Здѣсь при изложеніи взаимоотношенія основныхъ уравненій электродинамики для движущихся тѣлъ, данныхъ E. Cohn'омъ, H. Lorentz'омъ и H. Minkowski авторъ воспользовался результатами своихъ работъ по этому вопросу, помѣщенныхъ въ Rendiconti del circolo matematico del Palermo.

Наконецъ, особый интересъ представляетъ § 51, посвященный изложенію теоріи чрезвычайно важнаго вопроса о „вѣсѣ“ энергіи, находящагося въ тѣсной связи съ вопросомъ о сущности тяготѣнія. Въ этомъ параграфѣ авторъ даетъ краткое понятіе объ обобщенныхъ теоріяхъ относительности—теоріяхъ основныхъ электродинамическихъ уравненій для тѣлъ, движущихся въ полѣ силы тяжести. Abrahamъ рассматриваетъ здѣсь какъ теорію тяготѣнія Einstein'a и автора, отказывающихся отъ постулата постоянства скорости свѣта, такъ и теорію G. Mie и G. Nordström'a, стремящихся сохранить этотъ постулатъ и, такимъ образомъ, оставаться на почвѣ первоначальнаго принципа относительности Einstein'a.

Таковы главныя измѣненія, внесенныя Abraham'омъ въ свою книгу и придающіи ей безусловно новый большой интересъ.

*Н. Панафлексі.*

## PERSONALIA.

**Полученіе учебныхъ степеней.** Въ Московскомъ Университетѣ получилъ степень магистра физики В. И. Романовъ.

**Назначеніе:** Назначены членами коллегіи научно-техническаго отдѣла В. С. Н. Х. профессоръ физики А. А. Эйхенвальдъ и профессоръ минералогіи Д. Н. Артемьевъ. Избраны: профессоромъ физики Саратовскаго Университета магистръ физики С. А. Богуславскій, профессоромъ физики въ Политехникумъ въ Иваново-Вознесенскѣ К. Н. Шапошниковъ, доцентомъ физики Костромскаго Университета Е. Е. Спротинъ. Назначенъ президентомъ Государственнаго Рентгенологическаго Института въ Петроградѣ профессоръ А. Ф. Иоффе.

**Умерли:** Въ Наугеймѣ заслуженный профессоръ метеорологіи Моск. Университета Э. Е. Лейбъ и профессоръ Петроградскаго Техническаго Института Н. А. Гезехусъ.

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. Лаазревъ. Исслѣдаванія по ѳонной 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.

6) Успѣхи Физическихъ Наукъ, вып. 1-й, 1918 г., ц. 6 р.

7) Успѣхи Физическихъ Наукъ, вып. 2-й, 1918 г., ц. 6 р.

# О Г Л А В Л Е Н И Е.

## Выпускъ третій и четвертый.

	Стр.
1) Якоби. О жизни Декарта и его методъ направлять умъ правильно и изыскивать въ наукахъ истину. . . . .	165
2) Прив. доц. А. В. Раковский. Исследования Бриджмена въ области высокихъ давленій. Часть III. . . . .	182
3) Ц. Райхмиттеингъ. О вліяніи химической природы вещества на магнитныя свойства тѣлъ. . . . .	205
4) Прив. доц. А. I. Бачинскій. Замѣтка по случаю 300-лѣтія со времени открытія Кеплеромъ третьяго закона планетныхъ движеній. . . . .	224
5) ИЗЪ ТЕКУЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЫ.	
а) Природа сѣверныхъ сіяній. . . . .	233
б) Новый методъ опредѣленія температуры свѣтшагося пламени. . . . .	234
в) Прерыватель для сильныхъ токовъ. . . . .	234
г) Электропроводность тонкихъ металлическихъ пленокъ. . . . .	235
д) О шунтовомъ методѣ измѣренія силы пріема. . . . .	239
е) Существуетъ ли субъ-электронъ? . . . . .	240
ж) Защита радиотелеграфныхъ приемниковъ отъ атмосферныхъ разрядовъ. . . . .	241
з) Электропроводность діэлектриковъ. . . . .	241
и) Теорія магнетона. . . . .	242
к) Электродвижущая сила, возникающая при вращеніи проводниковъ. . . . .	242
л) О связи твердости и физическихъ константъ элементовъ. . . . .	243
м) Теорія свѣтовыхъ ощущеній. . . . .	244
н) Осметическое давленіе и колебаніе плотности въ концентрированныхъ эмульсіяхъ. . . . .	245
п) Законы возбужденія ультра-фіолетовыми лучами. . . . .	247
о) Свойства адсорпціи. . . . .	249
р) Оптическія свойства коллоидныхъ пленокъ. . . . .	249
с) Отношеніе интенсивностей линий D натрія. . . . .	249
г) Полученіе рентгеновскихъ лучей весьма большой жесткости. . . . .	251
д) Примѣненіе $\phi$ то электрическаго элемента, какъ приемнаго приспособленія для безпроводочной телеграфія. . . . .	253
е) Резонансное излученіе паровъ натрія. . . . .	254
ж) Къ вопросу о наибольшей частотѣ рентгеновскихъ и гамма лучей. . . . .	254
6) ОТЗЫВЫ О КНИГАХЪ.	
а) Курсъ метеорологіи Нанп'а. . . . .	256
б) Вычисленіе и измѣреніе самоиндукціи и емкости. . . . .	266
в) Сборникъ по спектроскопіи Dewar'а. . . . .	267
г) Курсъ Абрагама—теорія электричества. . . . .	267
7) PERSONALIA . . . . .	263

Цѣна 10 руб.



