К. Гофманъ
профессоръ Мюнхенскаго университета.

РАДІЙ и ЕГО ЛУЧИ.

(Die radioactiven Stoffe nach dem gegenwärtigen Stande der wissenschaftlichen Erkenntnis).

переводъ съ нѣмецкаго, съ добавленіями, измѣненіями и введеніемъ
Ф. Н. Индриксона,
подъ редакціею
проф. И. И. Боргмана.

(Съ 22 рисунками).

съ приложеніемъ статьи
Е. С. Лондона
«О физіологическомъ значеніи радія».

Русское изданіе 2-е, измѣненное и значительно дополненное.

С.-ПЕТЕРБУРГЪ.
Типографія М. М. Стасюлевича, Вас. Остр., 5 лин., 28.
1903.

Книжный магазинъ К. Л. РИККЕРА, въ С.-Петербургѣ.

Невскій проспектъ № 14.

ПОСТУПИЛИ ВЪ ПРОДАЖУ СЛѢДУЮЩІЯ КНИГИ:

Войнаровскій, В. Д. Теорія явленій перемѣнныхъ токовъ въ однофазныхъ и многофазныхъ цѣпяхъ. Съ 102 рис. 226 стр. 1902 . . . . . 1 р. 60 к.

Дормидонтовъ, А. М. Производство нефтеводяного газа съ примѣненіями его къ двигательной силѣ и освѣщенію городовъ. 1903 . . . . . 1 р. 60 к.

Коллонтай, А. М. Жизнь финляндскихъ рабочихъ. Экономическое изслѣдованіе. 335 стр. 1903 . . . . . 2 р. 35 к.

Лефевръ, Ж. Сжиженіе газовъ и ихъ примѣненія Перев. съ франц. Съ 38 рис. 1901 . . . . . 1 р. —

Марковичъ, Г. П. Перемѣнный однофазный токъ. Динамо-машина перемѣннаго однофазнаго тока: какъ генераторъ, какъ синхронный двигатель. Синхронная передача электрической силы на разстояніе. Съ 105 рис. 278 стр. 1903 . . . . 3 р. 60 к.

Фурманъ, А. Высшая математика въ примѣненіи къ вопросамъ естествознанія. Переводъ съ нѣм. Б. Гущина, подъ редакц. профессора Н. А. Гезехуса. Съ 101 черт. 492 стр. 1903. . 3 р. 20 к.

Хвольсонъ, О. Д. проф. Курсъ физики. Томъ I: Введеніе. Механика. Нѣкоторые измѣрительные приборы и способы измѣренія. Ученіе о газахъ, жидкостяхъ и твердыхъ тѣлахъ. 2-ое изд. Съ 396 рис. 1900 . . . . . 5 р. —

Томъ II. Ученіе о звукѣ (акустика). Ученіе о лучистой энергіи 2-ое изд. Совершенно передѣланное и значительно дополненное 1903 . . . . . 5 р. —

Томъ III. Ученіе о теплотѣ. Съ 230 рис. 676 стр. 1899 . . 5 р. —

Хвольсонъ, О. Д. проф. Краткій курсъ физики для медиковъ, естественниковъ и техниковъ. 3 части 1900 по . . . . . 2 р. 50 к.

I. Введеніе. Механика. Нѣкоторые измѣрительные приборы и способы измѣренія. Ученіе о газахъ, жидкостяхъ и твердыхъ тѣлахъ. Съ 247 рис. 1900 . . . 2 р. 50 к.

II. Ученіе о звукѣ (акустика). Ученіе о лучистой энергіи. Съ 307 рис. 1900 . . . . . 2 р. 50 к.

III. Ученіе о теплотѣ. Съ 166 рис. 1900. . . . . 2 р. 50 к.

Книжный магазинъ К. Л. РИККЕРА, въ С.-Петербургѣ.

Невскій проспектъ № 14.

Дозволено цензурою, С.-Петербургъ, 26 апрѣля 1903 г.

Предисловіе переводчика къ II изданію.

I изданіе этой книги разошлось въ продолженіе 2 мѣсяцевъ. Желая дать возможность пользоваться книгою бо́льшему кругу читателей, я во II изданіи предпосылаю тексту введеніе, въ которомъ изложены основныя явленія электролиза и прохожденія тока чрезъ разрѣженныя газы. Число рисунковъ во II изданіи значительно увеличено въ сравненіи съ I изданіемъ. Кромѣ того сдѣланы еще добавленія по работамъ, появившимся въ послѣднее время (по май 1903 г.), вслѣдствіе чего пришлось нѣкоторыя мѣста подлинника совершенно измѣнить. Измѣненія и добавленія обозначены звѣздочками.

Профессоръ И. И. Боргманъ былъ такъ добръ, что проредактировалъ и II изданіе.

Докторъ Е. С. Лондонъ любезно далъ мнѣ свою статью «О физіологическомъ значеніи радія» для этой книги.

Приношу глубокую благодарность вышеназваннымъ лицамъ и всѣмъ, указавшимъ мнѣ на недостатки I-го изданія.

С.-Петербургъ.
Май 1903 г.

Ф. Индриксонъ.

ВВЕДЕНІЕ.

Лучи радія и другихъ веществъ, испускающихъ подобные лучи, узнаются по ихъ дѣйствіямъ на фотографическую пластинку или же по дѣйствію на наэлектризованное тѣло.

Фотографическая пластинка, подвергнутая дѣйствію лучей радія, послѣ проявленія чернѣетъ, наэлектризованное же тѣло теряетъ свой зарядъ. Такъ какъ опытъ съ фотографической пластинкой требуетъ продолжительнаго времени, то преимущественно для сужденія о силѣ «радіаціи», т.-е. о силѣ испускаемыхъ лучей, употребляется второй методъ; кромѣ того этотъ послѣдній дастъ количественные результаты.

При изученіи явленій приходится отыскивать связь между неизслѣдованными явленіями и уже изслѣдованными. Въ данномъ случаѣ эта связь считается установленной: во многихъ отношеніяхъ лучи радіоактивныхъ веществъ являются подобными катоднымъ лучамъ, закатоднымъ (Kanalstrahlen) и рентгеновскимъ. Въ свою очередь рентгеновскіе лучи вызываютъ въ воздухѣ явленія, весьма похожія на явленія, наблюдаемыя въ растворахъ солей при прохожденіи тока чрезъ нихъ

(электролизъ). Вслѣдствіе этого для полнаго пониманія явленій, вызываемыхъ лучами радія, необходимо ознакомиться съ электролизомъ и прохожденіемъ тока чрезъ разрѣженные газы.

а) *Прохожденіе тока чрезъ растворы кислотъ и солей.*

При прохожденіи электрическаго тока чрезъ растворы кислотъ и солей (электролиты) происходитъ разложеніе данныхъ веществъ; такъ, напримѣръ, если токъ проходитъ чрезъ растворъ сѣрной кислоты, то на анодѣ (мѣстѣ входа тока) выдѣляется кислородъ, а на катодѣ (мѣстѣ выхода тока) выдѣляется водородъ. Эти явленія были подробно изучены Фарадеемъ, который далъ для нихъ слѣдующіе законы:

1-й законъ электролиза. Количество вещества, разложеннаго дѣйствіемъ тока, пропорціонально количеству электричества, протекшаго во время электролиза чрезъ это вещество.

2-й законъ электролиза. При одномъ и томъ же количествѣ электричества, прошедшемъ чрезъ различные электролиты, вѣсовыя количества разложенныхъ электролитовъ пропорціональны химическимъ эквивалентамъ этихъ веществъ.

Пусть токъ проходитъ чрезъ три электролита, помѣщенные въ U-образныхъ трубкахъ: чрезъ разведенную соляную кислоту (HCl), растворъ сѣрной кислоты (H_2SO_4) и растворъ амміака (NH_3). На катодѣ во всѣхъ растворахъ будетъ выдѣляться водородъ (H), а на анодѣ въ первой трубкѣ хлоръ (Cl), во второй кислородъ (O) и въ третьей азотъ (N). Во всѣхъ трехъ трубкахъ количество выдѣлившагося водорода одно и то же. Количество разложившагося электролита, соотвѣтствующее единицѣ протекшаго чрезъ электролитъ электричества

(1 кулону) и выраженное въ вѣсовыхъ единицахъ, называется *электрохимическимъ эквивалентомъ* этого электролита. При прохожденіи 1 кулона электричества (токъ въ 1 амперъ въ теченіе 1 секунды) выдѣляется *всегда* 0,01036 мгр. водорода (по объему около 0,116 куб. см.), слѣдовательно, электрохимическій эквивалентъ водорода = 0,01036 мгр. Такъ какъ хлоръ (Cl) одновалентенъ съ водородомъ (H), то по закону Фарадея количество выдѣлившагося хлора должно относиться къ количеству выдѣлившагося водорода, какъ ихъ атомные вѣса т.-е. какъ 35,5 : 1. Слѣдовательно, на каждый 1 гр. выдѣлившагося водорода всегда придется 35,5 гр. хлора. Кромѣ того изъ химіи извѣстно, что какъ частица водорода, такъ и частица хлора состоятъ изъ 2 атомовъ, т.-е. H_2 и Cl_2, и такъ какъ при одной и той же температурѣ и при равныхъ давленіяхъ количество молекулъ въ равныхъ объемахъ одно и то же, то 2 гр. водорода занимаютъ такой же объемъ, какъ 71 гр. хлора. Такимъ образомъ въ трубкѣ съ соляной кислотой получатся равные объемы какъ хлора, такъ и водорода (рис. 1).

Во второй трубкѣ (съ сѣрной кислотой) объемъ выдѣлившагося кислорода будетъ вдвое менѣе объема выдѣлившагося водорода, такъ что каждый *граммъ-атомъ* (число граммовъ, равное атомному вѣсу) кислорода (16 гр.) будетъ соотвѣтствовать 2 граммъ-атомамъ водорода (2 гр.). Это объясняется двуатомностью кислорода, такъ какъ для образованія частицы воды необходимо, чтобы 1 атомъ кислорода соединился съ 2 атомами водорода (вода H_2O), слѣдовательно 1 граммъ-атомъ кислорода эквивалентенъ 2 граммъ-атомамъ водорода.

Точно такъ же и въ 3-ей трубкѣ объемъ выдѣлившагося

гося азота = $^1/_3$ объема водорода, какъ и слѣдуетъ по закону Фарадея, потому что азотъ трехэквивалентенъ (частица амміака NH_3). На каждый граммъ-атомъ азота (14 гр.) водорода приходится 3 граммъ-атома (3 гр.).

Если взять растворъ соли, то при прохожденіи тока чрезъ него соль разлагается, причемъ на катодѣ постоянно выдѣляется металлъ, а на анодѣ *кислотный радикалъ*, который, соединяясь съ водою, даетъ кислоту,

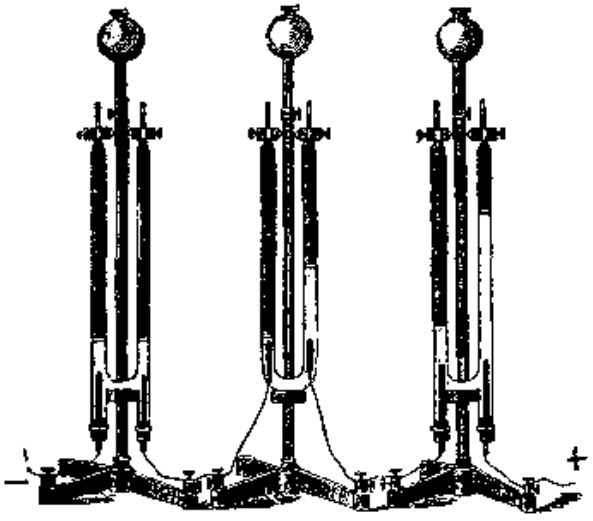


Рис. 1.

а кислородъ изъ воды отдѣляется. Такъ, напримѣръ, при пропусканіи тока чрезъ растворъ мѣднаго купороса ($CuSO_4$), въ случаѣ платиновыхъ электродовъ на катодѣ выдѣляется мѣдь (Cu), а кислотный радикалъ SO_4 на анодѣ дѣйствуетъ на воду ($SO_4 + H_2O = H_2SO_4 + O$): образуется сѣрная кислота и выдѣляется кислородъ. Если пропускать токъ въ теченіе нѣкотораго времени, то платиновый катодъ покрывается осадившеюся мѣдью; при перемѣнѣ направленія тока образовавшійся осадокъ мѣди исчезаетъ.

Атомный вѣсъ мѣди 63,6. Такъ какъ въ мѣдномъ купоросѣ ($CuSO_4$) атомъ мѣди (Cu) двувалентенъ, то, по закону Фарадея, 1 кулонъ выдѣляетъ $^1/_2$. 0,01036 . 63,6 мгр.=0,3294 мгр. мѣди на катодѣ. По выдѣленію мѣди въ такомъ приборѣ мы можемъ измѣрить количество протекшаго электричества (вольтаметръ). Мѣдь, появившаяся на катодѣ, выдѣляется изъ раствора; это можно показать на слѣдующемъ опытѣ: стеклянный сосудъ наполняютъ растворомъ мѣднаго купороса и помѣщаютъ горизонтально двѣ мѣдныхъ пластинки: одну наверху сосуда, другую внизу. Пропускаютъ токъ такъ, чтобы онъ проходилъ отъ нижней пластинки къ верхней: около верхней пластинки растворъ становится свѣтлѣе (катодъ—отлагается изъ раствора мѣдь), около же нижней пластинки растворъ становится темнѣе (анодъ — $SO_4 + Cu = Cu\ SO_4$): кислотный радикалъ соединяется съ мѣдью анодной пластинки, образуется мѣдный купоросъ, который и растворяется. Болѣе точный опытъ былъ сдѣланъ Hittorff'омъ: стеклянный сосудъ былъ раздѣленъ пористыми перегородками на 3 части, въ крайнія отдѣленія были погружены мѣдныя пластинки: всѣ три отдѣленія были заполнены 15% растворомъ мѣднаго купороса ($Cu\ SO_4$). Послѣ пропусканія тока оказалось, что въ среднемъ отдѣленіи растворъ не измѣнился, у катода онъ сдѣлался жиже, а у анода гуще. При изслѣдованіи [1]) растворовъ и мѣдныхъ электродовъ на ка-

[1]) При прохожденіи 1 кулона на катодѣ осаждалось 0,3294 мгр. мѣди (Cu), растворъ у катода терялъ 0,5953 мгр. мѣднаго купороса, на такое же количество мѣднаго купороса увеличился растворъ у анода, самъ же анодъ потерялъ 0,3294 мгр. мѣди.—0,5953 мгр. мѣднаго купороса ($CuSO_4$) содержатъ въ себѣ 0,2372 мгр. мѣди (Cu) и 0,3581 мгр. SO_4. На катодѣ мѣди выдѣлилось 0,3294 мгр., а растворъ у катода потерялъ мѣди 0,2372 мгр., слѣд. откуда-то на катодѣ появился *излишекъ* мѣди 0,3294 мгр.—0,02372

тодѣ оказался *излишекъ* мѣди, а на анодѣ *потеря* ея, причемъ *анодъ потерялъ столько мѣди, сколько пріобрѣлъ катодъ*. Слѣдовательно, *при прохожденіи тока чрезъ растворъ соли частицы металла движутся по направленію тока, а частицы радикала движутся въ противоположную сторону: въ электролитахъ электрическій токъ связанъ съ движеніемъ вещества.*

Такъ какъ переносъ электричества связанъ съ движеніемъ вещества, то необходимо предположить, что сами атомы имѣютъ зарядъ, причемъ атомы водорода и металловъ заряжены положительно, а атомы кислотныхъ радикаловъ отрицательно; каждый граммъ-эквивалентъ имѣетъ зарядъ 96540 кулоновъ (0,01036 мгр. водорода имѣетъ зарядъ = 1 кулонъ). По вычисленіямъ Planck'a, каждый граммъ-атомъ заключаетъ въ себѣ $0,617 \times 10^{24}$ атомовъ, слѣдовательно, масса 1 атома водорода $= 1,62 \times \times 10^{-24}$. Отсюда также можно вычислить зарядъ атома одновалентнаго вещества; его зарядъ $= 96540 : 0,617 \times \times 10^{24} = 15,63 \times 10^{-20}$ кулона. Если атомъ двувалентенъ, то его зарядъ вдвое больше и т. д.

Такимъ образомъ мы должны себѣ представить, что количество электричества, которымъ заряжено тѣло, состоитъ какъ бы изъ «электрическихъ» атомовъ. Зарядъ каждаго атома $= 15,63 \times 10^{-20}$ кулона; этотъ зарядъ называется *элементарнымъ зарядомъ*.

На основаніи сказаннаго можно сдѣлать такія предположенія: тѣло является ненаэлектризованнымъ тогда,

---

мгр. = 0,0922 мгр. Съ другой стороны на анодъ перешло 0,3581 мгр. SO_4, которые для образованія мѣднаго купороса отъ анода заимствовали 0,2372 мгр. мѣди (образовалось 0,5953 мгр. мѣднаго купороса), между тѣмъ анодъ *потерялъ* не 0.2372 мгр. мѣди, а 0,3294 мгр., т.-е. на 0,0922 мгр. болѣе— это количество какъ разъ и составляетъ излишекъ мѣди на катодѣ.

когда въ немъ положительные (заряженные положительно) и отрицательные (заряженные отрицательно) атомы находятся въ одинаковомъ числѣ; если въ тѣлѣ находится положительныхъ атомовъ больше, чѣмъ отрицательныхъ, то тѣло является наэлектризованнымъ положительно, если же больше отрицательныхъ атомовъ— то зарядъ тѣла отрицательный. Въ изоляторахъ положительные и отрицательные атомы весьма крѣпко соединены между собою: отдѣлить ихъ другъ отъ друга весьма трудно; въ проводникахъ же какъ положительные, такъ и отрицательные атомы могутъ свободно двигаться подъ вліяніемъ электрическаго поля какъ въ одну, такъ и въ другую сторону. На основаніи этого взгляда сопротивленіе проводниковъ есть не что иное, какъ треніе о среду при движеніи атомовъ, теплота, являющаяся при прохожденіи тока, есть теплота тренія.

Въ настоящее время весьма многія химическія реакціи различныхъ солей въ растворахъ объясняются присутствіемъ въ составѣ ихъ свободныхъ атомовъ. Эти свободные атомы являются въ одно и то же время «*носителями*» электричества, ихъ можно назвать іонами.

Атомъ мѣди (Cu) можетъ обладать или однимъ элементарнымъ зарядомъ или двумя. Въ соединеніи $CuSO_4$ (мѣдный купоросъ) атомъ мѣди (Cu) является двувалентнымъ и, слѣдовательно, обладаетъ 2 элементарными зарядами, а въ соединеніи CuCl (полухлористая мѣдь), атомъ мѣди (Cu) одновалентенъ и, слѣдовательно, обладаетъ однимъ элементарнымъ зарядомъ. Такимъ образомъ заряды атомовъ измѣнчивы, а слѣдовательно, нельзя приписывать атому опредѣленнаго заряда. Явленія электрической проводимости газовъ дали возможность устранить такія кажущіяся противорѣчія.

b) *Прохожденіе электрическаго тока чрезъ разрѣженные газы.*

Газы при обыкновенномъ давленіи и температурѣ представляютъ изъ себя изоляторы. Газъ можно сдѣлать проводникомъ, или нагрѣвъ его или же уменьшивъ его упругость.

Наиболѣе удобно наблюдать прохожденіе тока въ разрѣженномъ газѣ при помощи Гейсслеровой трубки, въ которой упругость воздуха измѣряется 2 мм.—1 мм. Если соединить такую трубку съ полюсами электрофорной машины или спирали Румкорфа, то трубка начинаетъ свѣтиться, причемъ свѣченіе у анода и катода рѣзко различаются другъ отъ друга. При большемъ еще разрѣженіи газа въ трубкахъ (упругость газа въ трубкѣ измѣряется тысячными долями мм.) характеръ свѣченія совершенно иной: характерное свѣченіе анода исчезаетъ, отъ катода же выбрасывается пучекъ лучей, который распространяется прямолинейно (трубки Крукса). Эти лучи называются *катодными лучами*. Тамъ, гдѣ катодные лучи встрѣчаютъ стекло, стекло флуоресцируетъ и нагрѣвается. Тѣло, поставленное на пути катодныхъ лучей, отбрасываетъ тѣнь на стѣнку трубки. Катодные лучи испытываютъ на себѣ дѣйствіе магнита: они отклоняются магнитомъ. Отклоненіе катодныхъ лучей можно показать слѣдующимъ образомъ: въ цилиндрической трубкѣ Крукса помѣщенъ экранъ изъ слюды *cf* (рис. 2), покрытый флуоресцирующей солью; на одномъ концѣ экрана помѣщенъ экранъ изъ алюминія *bd*, въ которомъ горизонтально сдѣлана щель. Проволока *N*. оканчивающаяся внутри трубки дискомъ *a*, служитъ катодомъ, противоположная ей проволока *P* анодомъ. При пропусканіи тока отъ электрофорной машины или спи-

рали Румкорфа катодные лучи, идущіе отъ диска *a*, падаютъ на экранъ, и часть ихъ, проходя чрезъ отверстіе *e* въ экранѣ *bd*, вызываетъ флуоресценцію экрана *ef*. Пунктирная линія *ef* показываетъ путь этого пучка лучей. Если приподнести къ трубкѣ магнитъ, то путь

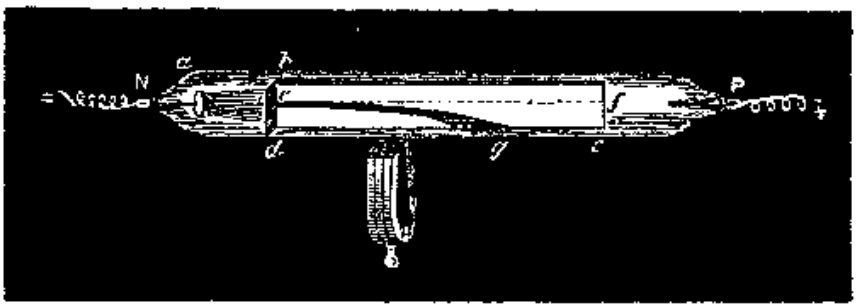


Рис. 2.

лучей искривляется и лучи идутъ внизъ по линіи *eg* (рис. 2). При приближеніи другого полюса магнита— отклоненіе лучей будетъ въ обратную сторону, т.-е. вверхъ. Отклоненіе лучей магнитомъ происходитъ такъ, какъ бы отклонялся подвижной проводникъ, по которому токъ шелъ бы отъ *f* къ *e*. Тѣло, на которое падаютъ катодные лучи, заряжается отрицательно. Приведенныя явленія заставляютъ принять, что катодные лучи представляютъ изъ себя потокъ движущихся частичекъ, заряженныхъ отрицательно.

Рис. 3.

Въ Круксовской трубкѣ особой формы можно наблюдать еще другіе лучи, такъ называемые «*закатодные*» (Kanalstrahlen). Трубка, служащая для этой цѣли, раздѣляется катодной пластинкой *K* на 2 части *AK* и *KB* (рис. 3). Въ пластинкѣ *B* сдѣланы отверстія. Если соединить проволоку *KB* съ катодомъ, а проволоку *A* съ

анодомъ, то въ части трубки *AK* наблюдаются катодные лучи, а въ другой части *KA* особые пучки лучей, ясно отличающіеся отъ катодныхъ. Это и есть *«закатодные»* лучи (Kanalstrahlen). Тѣло, помѣщенное на пути «закатодныхъ» лучей, заряжается *положительно*; магнитомъ эти лучи отклоняются, но отклоненіе ихъ происходитъ обратно отклоненію катодныхъ лучей. Эти обстоятельства заставляютъ принять, что «закатодные» лучи состоятъ изъ частицъ, заряженныхъ *положительно*.

При пропусканіи тока чрезъ круксову трубку въ окружающемъ трубку пространствѣ наблюдаются такъ называемые Рентгеновскіе лучи или X-лучи. Какъ извѣстно Рентгеновскіе лучи вызываютъ свѣченіе многихъ тѣлъ, дѣйствуютъ на фотографическую пластинку и проходятъ чрезъ непрозрачныя для другихъ лучей тѣла. Рентгеновскіе лучи не отклоняются магнитомъ, не отражаются, не преломляются и вообще не обнаруживаютъ явленій, свойственныхъ обыкновеннымъ лучамъ. Весьма важнымъ является свойство Рентгеновскихъ лучей дѣйствовать на заряженныя тѣла: они разсѣиваютъ электрическіе заряды. Если зарядить электроскопъ и на нѣкоторомъ разстояніи отъ него получать лучи Рентгена, то электроскопъ разряжается. Если трубку, посредствомъ которой получаются Рентгеновскіе лучи, закрыть свинцовымъ экраномъ, то электроскопъ не будетъ терять заряда (лучи Рентгена чрезъ свинецъ не проходятъ). Оказывается, что *Рентгеновскіе лучи дѣлаютъ воздухъ проводящимъ.*

Показать это можно на слѣдующемъ опытѣ: электроскопъ *E* (рис. 4) соединяется съ пластинкой *I* (конденсатора) и съ внутренней обладкой лейденской банки *F*; *II* пластинка, противоположная I, внѣшняя обкладка

лейденской банки F и футляръ электроскопа отведены въ землю. На нѣкоторомъ разстояніи помѣщена Рентгеновская трубка L и около нея алюминіевый ящикъ K. Въ алюминіевомъ ящикѣ сдѣланы 2 отверстія, чрезъ которыя выходятъ трубки R, оканчивающаяся

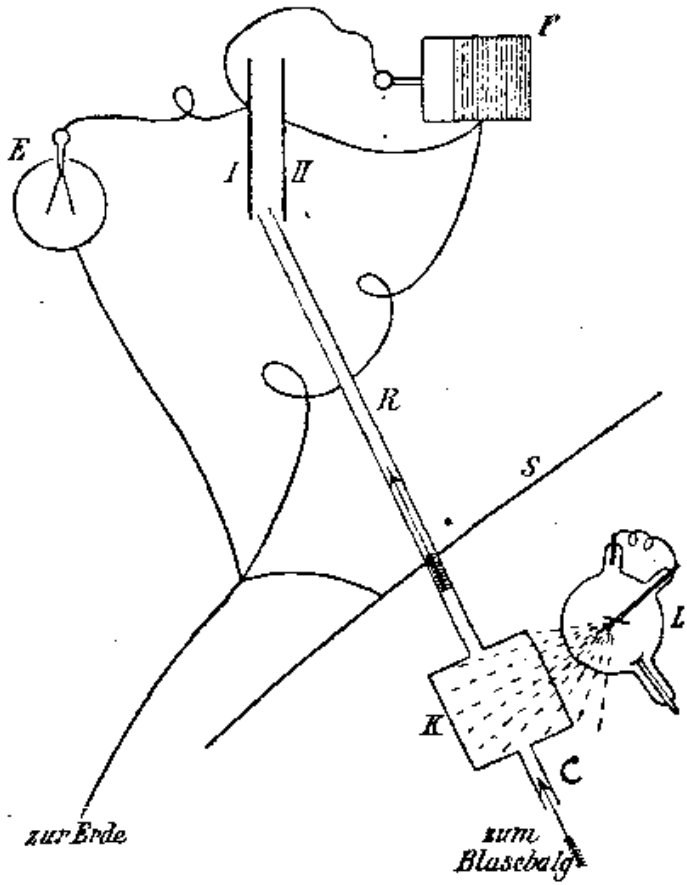


Рис. 4.

около пластинокъ I и II, и C, соединенная съ мѣхомъ. Трубка Рентгена и футляръ окружены свинцовой оболочкой S. Посредствомъ электрической машины сообщается зарядъ лейденской банкѣ до тѣхъ поръ, пока электроскопъ не покажетъ отклоненія. Если возбудить

Рентгеновскіе лучи, то они не окажутъ никакого дѣйствія на электроскопъ. Начнемъ посредствомъ мѣха продувать воздухъ; — оказывается, пластинка разряжается; какъ только прекратили продуваніе воздуха, пластинка перестаетъ разряжаться; при новомъ продуваніи воздуха, разряженіе пластинки продолжается.

Слѣдовательно, воздухъ не только сдѣлался проводникомъ подъ вліяніемъ Рентгеновскихъ лучей, но и *остался таковымъ даже послѣ прекращенія этого вліянія.*

Что воздухъ, подвергшійся вліянію X - лучей, обладаетъ особымъ строеніемъ, видно изъ того, что онъ способенъ образовать туманъ. Если въ закрытомъ сосудѣ воздухъ пересытить парами, то пары *не осаждаются въ чистомъ воздухѣ*; для того, чтобы пары осадились, необходимо, чтобы въ воздухѣ находились частички пыли: эти частички служатъ центрами, вокругъ которыхъ и образуются капельки. Въ воздухѣ, пересыщенномъ парами и свободномъ отъ пыли, можно образовать туманъ, подвергнувъ его дѣйствію X - лучей. По числу образовавшихся капелекъ возможно опредѣлить число частичекъ.

Изъ опытовъ надъ способностью воздуха, пронизаннаго Рентгеновскими лучами, разряжать наэлектризованныя тѣла J. J. Thomson нашелъ, что зарядъ каждой частички $=22\times10^{-20}$ кулона, число близкое элементарному заряду іона при электролизѣ ($15{,}6\times10^{-20}$ кул. см. выше). Итакъ, въ воздухѣ, пронизанномъ X - лучами, точно такъ же, какъ при электролизѣ въ растворахъ, существуютъ частички, заряженныя положительно и отрицательно. Эти частички называются іонами. Ненаэлектризованный воздухъ состоитъ изъ нейтральныхъ частицъ: каждая частица воздуха содержитъ въ себѣ по-

ложительный и отрицательный зарядъ въ одинаковомъ количествѣ. Какъ только воздухъ подвергся дѣйствію X - лучей, то эти заряды сейчасъ же раздѣляются: образуются іоны положительные и отрицательные, существующіе отдѣльно другъ отъ друга—воздухъ пріобрѣтаетъ новыя свойства: способенъ дѣйствовать на электроскопъ и образовывать туманъ, если былъ пересыщенъ парами. Такой воздухъ называется *іонизированнымъ*. Какъ понимать іонизацію воздуха? Воздухъ смѣсь двухъ газовъ, азота (N_2) и кислорода (O_2); можетъ быть каждая частица, напр. кислорода O_2, распадается на положительный атомъ O_+ и отрицательный O_-. Однако изслѣдованія показываютъ, что *одноатомные газы, напр. аргонъ, гелій и др., могутъ быть также іонизированы.* Поэтому мы должны заключить, что *каждый атомъ расщепляется на іоны положительный и отрицательный, и что іоны есть части атомовъ.*

Итакъ, наблюденія надъ газами, проводящими электричество, показываютъ, что *когда газъ становится проводникомъ, то онъ, какъ и электролитъ, состоитъ изъ раздѣленныхъ положительныхъ и отрицательныхъ іоновъ; іоны газа имѣютъ такой же элементарный электрическій зарядъ, какъ и іоны электролита. Іоны въ газахъ не есть атомы, а части атомовъ, такъ какъ одноатомные газы тоже могутъ быть іонизированы, и положительный іонъ ихъ также отличается отъ отрицательнаго* [1]).

---

[1]) Желающимъ подробнѣе ознакомиться съ тѣмъ, что изложено въ этомъ введеніи, рекомендуется:

1) А. П. Соколовъ. Современное состояніе нашихъ свѣдѣній объ электролизѣ (Журн. Русск. Физ.-Хим. Общ., т. 35. 1903. № 1).

2) P. Villard. Les rayons cathodiques (Editeurs G. Carré et C. Naud).

3) Stark. Die Elektrizität in Gasen. 1902 (Leipzig, A. Barth.).

I.

Основныя наблюденія Becquerel'я надъ активностью урана.

Замѣчательное открытіе Рентгеномъ X-лучей дало поводъ произвести цѣлый рядъ работъ, цѣль которыхъ заключалась въ полученіи лучей, проходящихъ чрезъ металлы, другимъ путемъ, чѣмъ получалъ Рентгенъ.

Первый G. Niewenglowski [1]), производя изслѣдованія надъ тѣлами, которыя послѣ предварительнаго освѣщенія продолжаютъ свѣтиться въ темнотѣ (фотолюминисценція), нашелъ, что сѣрнистый кальцій (CaS) испускаетъ кромѣ видимыхъ лучей еще и такіе лучи, которые проходятъ чрезъ непрозрачныя тѣла, какъ, напр., картонъ и металлы, и оказываютъ дѣйствіе на фотографическую пластинку. Troost [2]) нашелъ такую же способность у обманки Sidot (ZnS, вюрцитъ, кристаллы гексагональной системы). Becquerel [3]) производилъ опыты надъ различными сортами сѣрнистаго кальція, фосфоресцирующими отъ синезеленаго до синяго цвѣта, и

---

[1]) Comptes rendus. t. 122, p. 384. 1896.
[2]) Comptes rendus, t. 122, p. 564. 1896.
[3]) Comptes rendus, t. 122, p. 559. 1896.

нашелъ, что эти препараты, даже запаянные въ стеклянныхъ трубкахъ, дѣйствуютъ на фотографическую пластинку не только непосредственно, но и чрезъ пластинку алюминія въ 2 мм. толщины. Подобныя наблюденія были произведены и болѣе подробно изслѣдованы W. Arnold'омъ. [1]).

G. le Bon [2]) изъ цѣлаго ряда фотографическихъ снимковъ заключилъ, что солнечный свѣтъ вызываетъ во всѣхъ тѣлахъ радіацію невидимыхъ для глаза лучей (черный свѣтъ), которые дѣйствуютъ на фотографическую пластинку. Къ противоположному заключенію пришли братья Lumière, Becquerel и d'Arsonval [3]), причемъ послѣдній окончательно разъяснилъ, что «черный свѣтъ» есть родъ фосфоресценціи, и что флуоресцирующія тѣла въ состояніи испускать лучи, которые, подобно рентгеновскимъ, проходятъ чрезъ непрозрачныя тѣла.

Болѣе подробныя изслѣдованія Becquerel'я [4]) показали, что отличающіяся флуоресценціей и потому весьма извѣстныя въ физикѣ урановыя соли, какъ, напр., двойная сѣрная соль урана и калія, дѣйствуютъ на фотографическую пластинку сквозь алюминіевую жесть. Радіація урановыхъ солей не зависитъ отъ предварительнаго освѣщенія, такъ какъ способность урановыхъ солей испускать лучи, проходящіе чрезъ непрозрачныя тѣла, не уменьшается, хотя бы онѣ оставались въ теченіе мѣсяцевъ въ темнотѣ.

Эти результаты опытовъ Becquerel'я были вскорѣ

---

[1]) Wiedemann's Annalen, t. 61, p. 316. 1897.

[2]) Comptes rendus, t. 122, p. 188. 1896.

[3]) Comptes rendus, t. 122, p. 500. 1896.

[4]) Comptes rendus, t. 122, p. 420, 501, 559, 689, 762 и 1086. 1895.

подтверждены P. Spies'омъ [1]), I Elster'омъ и Geitel'емъ [2]), а также Miethe [3]).

Дальнѣйшіе опыты Becquerel'я показали, что „лучи урана», въ противоположность «лучамъ» фосфоресцирующихъ веществъ, испускаются не только различными *соединеніями* урана, но и *самимъ этимъ металломъ*. Далѣе было открыто, что вещества, добытыя изъ всѣхъ урановыхъ минераловъ [4]), а также образцы закиси—окиси урана обладаютъ «*радіоактивностью*», какъ и большинство урановыхъ минераловъ [5]).

Урановые лучи оказались во многомъ сходными съ рентгеновскими: они также проникаютъ чрезъ металлы, черную бумагу, дерево, каучукъ и т. д. и обладаютъ способностью разсѣивать электрическіе заряды. Becquerel [6]) бралъ два мѣдныхъ изолированныхъ шарика, находящихся другъ отъ друга на нѣкоторомъ разстояніи, и соединялъ одинъ изъ нихъ съ источникомъ электричества, а другой съ электроскопомъ: замѣчалось постепенное уравниваніе электрическаго состоянія обоихъ шариковъ, когда къ нимъ приближался шарикъ изъ урана или когда такой шарикъ ставился на мѣсто одного изъ мѣдныхъ шаровъ. Разрядъ происходилъ чрезъ воздухъ или какую-нибудь другую газообразную среду, но разряда не было, когда шарики помѣщались въ пустотѣ. Отсюда слѣдуетъ, что подъ дѣйствіемъ урановыхъ лучей проводимость воздуха замѣтно повышается, т. е. воздухъ іонизируется, какъ и при дѣйствіи лучей Рентгена.

---

[1]) Verh. der physik. Ges. Berlin, 15, p. 102. 1896.

[2]) 10 Jahresber. Naturw. Braunschweig. 1897.

[3]) Intern. photogr. Monatsschrift f. Mediz. 4. p. 63. 1897.

[4]) K. Hofmann u. F. Strauss, Ber. deutsch. chem. Ges., 33, p. 3126. 1900.

[5]) W. Crookes, Proceedings roy. soc. London. 66, p. 406—423. 1900.

[6]) Comptes rendus, t. 124, p. 800. 1897.

Всѣ отдѣльные лучи, въ совокупности составляющіе солнечный свѣтъ, отъ ультракрасныхъ до ультрафіолетовыхъ, обладаютъ способностью преломляться и могутъ быть поляризованы турмалинами или николями. Урановые же лучи, какъ и рентгеновскіе [1]) не преломляются и не поляризуются. Отличіе урановыхъ лучей отъ рентгеновскихъ заключается въ томъ, что рентгеновскіе лучи не отклоняются магнитомъ, урановые же лучи отклоняются.

* Одна часть лучей урана, такъ называемые «*β-лучи*», проникаютъ чрезъ металлы и другія препятствія, дѣйствуютъ на фотографическую пластинку, но очень слабо разсѣиваютъ электрическіе заряды: они слишкомъ мало поглощаются воздухомъ, чтобы могли его іонизировать. Напротивъ, другая часть лучей, «*α-лучи*», легко поглощается различными веществами. Отъ нихъ зависитъ главная часть явленія іонизаціи урановыми препаратами, а слѣдовательно и дѣйствія на заряженныя тѣла, но они очень слабо дѣйствуютъ на фотографическую пластинку *

Вопросъ о происхожденіи урановыхъ лучей до сихъ поръ еще не рѣшенъ. Излучаемая радіоактивными веществами энергія по величинѣ очень незначительна: 1 гр. окиси урана излучаетъ въ теченіе 1 года энергію = 0,032 кал. [2]). Явленіе радіаціи этихъ лучей не зависитъ отъ предварительнаго освѣщенія, также и температура, по наблюденіямъ Rutherford'a [3]) и Becquerel'я [4]), не играетъ при этомъ никакой роли. Даже

[1]) E. Rutherford, Phil. Mag. 47, p. 109. 1899.
[2]) Wiedem. Ann. Beib. 24, p. 1338, 1900.
[3]) Phil. Magaz. 47, p. 109. 1899.
[4]) Comptes rend. 130, p. 1584 и 131, p. 137.

при точкѣ кипѣнія жидкаго воздуха (—193°C) радіація урана остается тою же, какъ и при обыкновенной температурѣ. Катодные лучи [1]) также не оказываютъ дѣйствія на радіацію урановыхъ препаратовъ. Однако возможно на время лишить уранъ его активности.

Becquerel [2]) нашелъ, что при прибавленіи сѣрной кислоты къ раствору смѣси урановой и баріевой соли, выдѣляющійся сѣрнокислый барій, $BaSO_4$, отнималъ часть активности урановой соли. Послѣ повторенія подобнаго процесса 18 разъ получалась почти неактивная урановая соль; однако черезъ 18 мѣсяцевъ способность радіаціи въ ней сама собою возстановилась. W. Crookes [3]) разложилъ азотно-урановую соль черезъ экстрагированіе эѳиромъ на сильно активное нерастворимое вещество и почти неактивную растворимую часть. По его предположенію, не самъ уранъ, но постороннее, пока неизвѣстное, вещество является причиною его активности; эта активная составная часть названа «уранъ-X». F. Soddy [4]), вмѣстѣ съ Rutherford'омъ, нашелъ, что приготовленный по методѣ Crookes'а «уранъ-X» испускаетъ только «β-лучи» основного матеріала, между тѣмъ какъ оставшійся уранъ вполнѣ сохраняетъ способность давать «α-лучи», такъ что онъ не недѣятеленъ. Такимъ образомъ соли урана могутъ быть разложены на два компонента (составляющихъ), одинъ изъ которыхъ излучаетъ «α-лучи», а другой «β-лучи».

* По мнѣнію Rutherford'а [5]) α-лучи присущи ра-

---

[1]) J. Elster und H. Geitel. Wied. Ann. Beibl. 23, p. 443. 1899.
[2]) Compt. rend. 133, p. 977—980. 1901.
[3]) Proc. Royal. Soc. London. 66, p. 406. 1900.
[4]) Proc. Chem. Soc. 18, p. 121.
[5]) Phil. Mag. (6) 5, p. 441. 1903.

діоактивнымъ веществамъ, а β-лучи являются, какъ результатъ измѣненій, происходящихъ въ радіоактивномъ веществѣ *.

II.

Радіоактивный висмутъ (полоній).

Послѣ того какъ Becquerel открылъ въ металлѣ уранѣ и его соединеніяхъ свойство радіоактивности, тотчасъ явилась мысль искать въ той же урановой смоляной рудѣ еще другія активныя вещества. Прежде всего удалось гг. Curie [1]) отдѣлить изъ той части руды, которая осаждается сѣроводородомъ изъ кислаго раствора этой руды, вещество, похожее по своимъ химическимъ реакціямъ на висмутъ, но оказавшееся сильно активнымъ: почти въ 400 разъ активнѣе урана. Вслѣдствіе такой сильной активности изслѣдователи предположили, что въ полученномъ веществѣ находится новый элементъ, который и назвали «полоніемъ». Активность этихъ препаратовъ можно было значительно увеличить раствореніемъ сѣрнистыхъ соединеній въ разведенной азотной кислотѣ: получаемые при этомъ осадки болѣе активны, чѣмъ легко растворимыя части этихъ сѣрнистыхъ соединеній. При сухомъ нагрѣваніи сѣрни-

---

[1]) Compt. rend. 127, p. 175 1898.

стаго соединенія до 700° С. возгоняется черное сильно активное вещество.

Спектральное изслѣдованіе препаратовъ полонія, произведенное Demarçay, Runge, Exner'омъ и другими, не дало никакихъ данныхъ, указывающихъ на присутствіе новаго элемента. Кромѣ того активность металла, полученнаго электролитическимъ путемъ, а также активность окисей, сѣрнистыхъ соединеній и хлорокисей, значительно уменьшалась при храненіи въ сухомъ воздухѣ; поэтому Giesel [1]) предположилъ, что полоній не что иное, какъ обыкновенный висмутъ съ индуктированною активностью. Дѣйствительно, самыя различныя вещества, въ особенности же висмутъ, однимъ соприкосновеніемъ съ активными веществами, заключающимися въ урановыхъ минералахъ, могутъ сдѣлаться вторично активными [2]). * Супруги Curie [3]) согласны съ тѣмъ, что свойства полонія весьма сходны со свойствами висмута, но, по ихъ мнѣнію, это зависитъ отъ того, что въ препаратѣ находится еще очень мало полонія. Недавно г. Curie [4]) получила полоній, активность котораго въ 30.000 разъ больше активности урана. При изслѣдованіи спектроскономъ Demarçay не замѣтилъ все-таки никакихъ новыхъ линій, линіи же висмута были выражены ясно, откуда онъ заключаетъ, что и этотъ препаратъ содержитъ еще весьма много висмута *.

Изслѣдованія W. Marckwald'a [5]) показали, что

---

[1]) Ahrens' Sammlung chem. Vorträge 7, p. 1. 1902. См. также Elster u. Geitel, Verh. deutsch. physik. Ges. 2 p. 5. 1900.

[2]) См. ниже, главу VI этой книги.

[3]) Compt. rend. 134, p. 85. 1902.

[4]) Physik Zeitschr. 4, стр. 234. 1903.

[5]) Ber. deutsch. chem Ges. 35, p. 2285. 1902.

хлоръ — окись висмута, приготовленная имъ изъ нерастворимыхъ въ сѣрной кислотѣ остатковъ Іохимстальской урановой смоляной руды, не уменьшила своей активности даже по прошествіи нѣсколькихъ мѣсяцевъ. При погруженіи полированной палочки висмута въ солянокислый растворъ этого вещества, тотчасъ же получался на ней тонкій черный налетъ, который при испытаніи электроскопомъ оказался необыкновенно сильно активнымъ. Если продолжить соприкосновеніе висмутовой палочки съ растворомъ нѣсколько дней, то все активное вещество осаждается на ней, такъ что оставшаяся въ растворѣ соль дѣлается почти неактивной.

Изъ тонны (1000 килогр.) урановой смоляной руды можно получить активнаго вещества всего около 1 гр.; вещество это представляетъ изъ себя не чистый металлъ, но въ его составѣ наблюдается присутствіе хлора. При нагрѣваніи небольшая часть этого вещества улетучивается, вѣроятно, въ формѣ хлорнаго соединенія; остальное сплавляется въ бѣлое блестящее металлическое зернышко, которое легко растворяется въ азотной кислотѣ и даетъ характерныя реакціи висмута. Обстоятельное изслѣдованіе этого металла еще не закончено.

Радіація полоніево-висмутовыхъ препаратовъ существенно отличается отъ радіаціи урана. Наблюденія надъ радіаціей полонія дали противорѣчивые результаты: въ то время, какъ Gisel [1]) нашелъ у полонія α и β лучи, Becquerel, супруги Curie, а также

[1]) Wied. Ann. 69, p. 834. 1899.

Rutherford [1]) и Grier нашли у полонія только такіе лучи, которые подобно «α—лучамъ» урана легко поглощаются металлами, даже бумагою, и обладаютъ, слѣдовательно, весьма незначительною способностью проникать сквозь тѣла, вслѣдствіе чего они очень сильно іонизируютъ воздухъ и легко дѣйствуютъ на электроскопъ. Что лучи полонія очень сильно поглощаются воздухомъ, видно изъ опытовъ Crookes'a [2]): почернѣніе фотографическихъ пластинокъ при 144-часовой экспозиціи и при 4 мм. разстоянія отъ полонія было 0, при 2 мм. 0,11 и при 1 мм. 1,51.

* Изслѣдованія Marcwald'a [3]) показали, что лучи полонія почти не дѣйствуютъ на электроскопъ, если полоній завернутъ въ шелковую бумагу. Кромѣ вышеописанныхъ свойствъ лучи полонія вызываютъ сильное свѣченіе (фосфоресценцію) окиси цинка ZnO, экрана изъ платиносинеродистаго барія въ томъ случаѣ, если онъ не покрытъ лакомъ, причемъ полоній необходимо приближать къ экрану со стороны, покрытой солью (чрезъ бумагу лучи полонія не проходятъ). Алмазъ подъ вліяніемъ лучей полонія сильно фосфоресцируетъ. Marcwald имѣлъ возможность лучами полонія опредѣлить въ одной ювелирной вещи 3 поддѣльныхъ камня, оказавшихся изъ горнаго хрусталя и поэтому вовсе не свѣтившихся. Стекло фосфоресцируетъ, но его фосфоресценція отличается рѣзко отъ фосфоресценціи алмаза. Также фосфоресцируютъ, хотя очень мало, сафиръ, рубинъ и смарагдъ. *

---

[1]) Physik. Zeitschr. 3. № 17, p. 386. 1902.
[2]) Chem. News 85. p. 109.
[3]) Physikal. Zeitschr. 4. № 1, b. 1902.

III.

Радіоактивный свинецъ.

При аналитическомъ изслѣдованіи урановой смоляной руды Elster и Geitel [1]) нашли, что сульфатъ, осажденный сѣрной кислотой изъ азотнокислаго раствора, весьма активенъ. Они сочли этотъ осадокъ за сѣрнокислый свинецъ съ примѣсью содержащаго радій сѣрнокислаго барія.

K. Hofmann и E. Strauss [2]) выдѣлили изъ урановыхъ минераловъ препараты свинца, остававшіеся активными даже послѣ старательно повторенной очистки сѣроводородомъ и осажденія сѣрною кислотою. Это активное вещество было названо *«радіоактивнымъ свинцомъ»*. Въ препаратахъ съ усиленною активностью кромѣ обыкновеннаго свинца находятся еще неизвѣстныя примѣси, изъ которыхъ одна похожа на рутеній, но все-таки нельзя признать эту примѣсь состоящей изъ рутенія. Дѣйствующая часть препаратовъ радіоактивнаго свинца имѣетъ тѣ же главныя химическія свойства, какъ и обыкновенный неактивный свинецъ, но существуетъ и много различій въ свойствахъ сѣрнокислой, сѣрнистокислой и хромовокислой солей [3]). Дальнѣйшему накопленію активнаго вещества [4]) чрезъ удаленіе неактивнаго свинца особенно помогаетъ самостоятельно

---

[1]) Wied. Ann. 69. 1899.

[2]) Ber. deutsch. Chem Ges. 33, p. 3126. 1900.

[3]) Ber. deutsch. chem. Ges. 34, p. 3035. 1901.

[4]) Ber. deutsch. chem. Ges. 35, p. 1453. 1902.

происходящее разложеніе сѣрноватистонатріевыхъ двойныхъ солей въ водномъ растворѣ. Осаждающееся при этомъ сначала сѣрнистое соединеніе дѣйствуетъ гораздо сильнѣе, чѣмъ слѣдующіе осадки; такимъ образомъ получаются препараты, которые дѣйствуютъ на электроскопъ и на фотографическую пластинку такъ сильно, какъ и наиболѣе активныя части, получаемыя изъ двойной бромистой соли радія и барія послѣ фракціонированной кристаллизаціи, сдѣланной одинъ разъ (простое радіоактивное вещество De-Haën'a). Сѣрнокислая соль, полученная изъ сѣрнистокислой соли выпариваніемъ сѣрной и азотной кислотой и слабымъ накаливаніемъ, фосфоресцируетъ и дѣйствуетъ вслѣдствіе этого даже черезъ толстое стекло на фотографическую пластинку, между тѣмъ какъ лучи чернаго сѣрнистаго соединенія могутъ проникать только чрезъ тонкое стекло, хотя способны проникать чрезъ толстую алюминіевую жесть, каучукъ, эбонитъ, непрозрачную для свѣта бумагу и т. д. Сѣрное соединеніе испускаетъ такимъ образомъ, какъ указываетъ Giesel, видимые фосфоресцирующіе лучи, которые постоянно возбуждаются беккерелевыми лучами. Эти препараты радіоактивнаго свинца [1]) содержатъ первично активную составную часть, потому что ихъ дѣйствіе послѣ временнаго ослабленія (вслѣдствіе физическихъ или химическихъ вліяній) можетъ быть снова возстановлено, если ихъ сохранять въ теченіе продолжительнаго времени въ закрытыхъ сосудахъ. Подобно препаратамъ радія [2]) осадки радіоактивнаго свинца сейчасъ послѣ ихъ отдѣленія изъ воднаго рас-

---

[1]) Ber. deutsch. chem. Ges 35, p. 1455. 1902.
[2]) Skl. Curie, Compt. rend. 129, p. 760 ff. 1899.

твора дѣйствуютъ гораздо слабѣе, чѣмъ послѣ долгаго пребыванія въ твердомъ состояніи и въ сухомъ мѣстѣ. Чрезъ настаиваніе на водѣ, лучше всего при нагрѣваніи, а также вслѣдствіе пребыванія въ сыромъ воздухѣ, активность препаратовъ временно ослабѣваетъ.

Если подвергнуть сѣрнокислую соль радіоактивнаго свинца, не достигшую еще послѣ ослабленія своей максимальной силы, дѣйствію катодныхъ лучей [1]), то активность ея въ нѣсколько минутъ значительно повышается.

Можетъ быть и удастся найти связь еще загадочной причины радіоактивности съ извѣстными физическими процессами при дальнѣйшей разработкѣ этихъ опытовъ, начатыхъ Hofmann'омъ, Korn'омъ и Strauss'омъ.

Здѣсь слѣдуетъ обратить вниманіе и на прежнія указанія Arnold'a [2]), который нашелъ, что если подвергнуть дѣйствію свѣтовыхъ, катодныхъ и рентгеновскихъ лучей сѣрнистокислый цинкъ, приготовленный мокрымъ путемъ, сѣрнистокислый кальцій съ сѣрнистокислой мѣдью, сѣрный барій, вольфрамовокислый кальцій съ такою же мѣдью, плавиковый шпатъ, то эти вещества пріобрѣтаютъ способность дѣйствовать на фотографическую пластинку черезъ бумагу, стекло и желатинъ. «Точно такъ же углеводородъ ретенъ ($C_{18}H_{18}$) излучаетъ такъ называемые беккерелевы лучи» [3]).

На радіоактивный свинецъ похоже по отношенію къ сѣроводороду и сѣрной кислотѣ одно сильно активное вещество, найденное F. Giesel'емъ [4]) въ маточ-

---

[1]) Ber. deutsch. chem. Ges. 34, p. 407, 3970. 1901 и 35 p. 1456. 1902.

[2]) и [3]) Wied. Ann. 61, p. 324. 1897.

[4]) Ber. deutsch. chem. Ges. 34, p. 3775. 1901.

ныхъ растворахъ радія; пока его получено только около 1 мгр., но оно оказалось по спектроскопическимъ изслѣдованіямъ Demarçay совершенно свободнымъ отъ радія.

Хотя изысканія относительно радіоактивнаго свинца далеко еще не закончены, но все-таки можно съ увѣренностью сказать, что существуетъ нѣкоторое радіоактивное вещество, весьма близкое свинцу по своимъ аналитическимъ свойствамъ.

IV.

Радій.

Вскорѣ послѣ того какъ супруги Curies нашли полоній, имъ [1]) удалось выдѣлить изъ того же основного матеріала (урановой смоляной руды) очень сильно активные препараты барія. Они предположили существованіе въ этихъ препаратахъ новаго элемента, вызывающаго активность и въ химическомъ отношеніи очень сходнаго съ обыкновеннымъ баріемъ; этотъ новый элементъ они назвали «*радіемъ*». Посредствомъ нѣсколько разъ повторенной фракціонированной кристаллизаціи хлористаго соединенія изъ солянокислаго раствора самимъ изслѣдователямъ, а также и Giesel'ю, удалось до того повысить активность первыхъ, слѣдовательно, наиболѣе трудно растворимыхъ, осадковъ, что они дѣй-

---

[1]) Compt. rend. 127, p. 1225 1898.

ствовали на электроскопъ во много тысячъ разъ сильнѣе, чѣмъ уранъ.

Такіе препараты сначала безцвѣтны, затѣмъ, находясь подъ жидкостью, они окрашиваются чрезъ нѣсколько часовъ въ желтый или розовый цвѣтъ, а послѣ растворенія въ чистой водѣ дѣлаются опять безцвѣтными. Полной силы радіоактивности они достигаютъ только тогда, когда послѣ выдѣленія изъ раствора остаются нѣсколько дней или недѣль въ твердомъ состояніи. Въ безводномъ состояніи какъ хлористый радій, такъ и бромистый свѣтятся, т.-е. испускаемые ими лучи вызываютъ въ нихъ замѣтную фосфоресценцію.

По мѣрѣ того какъ посредствомъ кристаллизаціи усиливается активность получаемаго вещества, измѣняется и молекулярный вѣсъ его. Въ то время какъ неконцентрированный осажденный изъ урановой смоляной руды баріевый радій обладаетъ, какъ и хлористый, нормальнымъ эквивалентомъ около 69,0, г-жа Skl. Curie [1]) для препарата, обладающаго послѣ повторной кристаллизаціи активностью 5700 (уранъ = 1), нашла эквивалентный вѣсъ = 72,9. Послѣ весьма продолжительныхъ кристаллизацій г-жѣ Curie удалось осадить изъ большого количества основного матеріала 1 дцгр. чистаго хлористаго радія и опредѣлить для него эквивалентъ 112.5 Такъ какъ химическія свойства радія очень сходны со свойствами барія, то можно считать радій, какъ и барій, двуатомнымъ. Отсюда атомный вѣсъ радія около 225. Такимъ образомъ въ періодической системѣ радій занимаетъ мѣсто въ группѣ ще-

---

[1]) Compt. rend. 129, p. 760. 1899.

лочно-земельныхъ металловъ, образуя въ ней высшій членъ; онъ находится въ ряду торія и урана.

* Наблюденія C. Runge и J. Precht'a [1]) дали атомный вѣсъ радія 257,8 Принявъ этотъ атомный вѣсъ, придется радій помѣстить 2 рядами ниже, чѣмъ при атомномъ вѣсѣ 225, въ группѣ Mg, Ca, Sr, Ba. Такимъ образомъ число незанятыхъ мѣстъ въ періодической системѣ возрастаетъ*.

Спектроаналитическія изслѣдованія, сдѣланныя Demarçay [2]), Runge [3]), Exner'омъ и другими, указали съ полной достовѣрностью на существованіе цѣлаго ряда прежде ненаблюдавшихся новыхъ спектральныхъ линій. Какъ недавно нашелъ Giesel (Ber. deutsch. chem. Ges. 35, p. 3608, 1902), радій даетъ характерную чисто карминокрасную окраску пламени и блестящій спектръ съ 2 широкими интенсивными линіями въ оранжево-красной части спектра. *Въ приложенной къ этой книгѣ табл. I (рис. 1) изображенъ снимокъ спектра Demarçay. На рисункѣ видны три характерныя линіи радія, для которыхъ λ: 3814,7; 4340,8 и 4683,2. *Лучи радія лучше всего проникаютъ чрезъ слѣдующія твердыя тѣла: чрезъ бумагу, алюминій, стекло, кадмій, цинкъ, желѣзо, олово, мѣдь, свинецъ, палладій и платину [4])-.

* О способности лучей радія проходить чрезъ различныя тѣла можетъ дать представленіе фотографическій снимокъ, изображенный на рис. 2, табл. I. Фотографическая пластинка была помѣщена въ свѣтонепро-

---

[1]) Phys. Zeitschr. 4, стр. 285. 1903. и Phil. Mag. (6) 5, стр. 476.

[2]) Compt. rend. 129, p. 717. 1899.

[3]) Wied. Ann. 2. p. 742. 1900.

[4]) Quinke, также St. Meyer und E. von Schweidler, Sitzungsber. Wiener. Akad. 109. Abt. II, p. 92. 1900.

ницаемый конвертъ. На конвертѣ были положены: 1) деревянный ящичекъ, обтянутый кожей; въ немъ приборчикъ изъ стали въ видѣ буквы Р (калибромѣръ), 2) свинцовая проволока, согнутая спиралью, 3) кусочекъ алюминія и 4) небольшая пробка. Въ разстояніи 12 сант. надъ конвертомъ былъ помѣщенъ ящичекъ изъ каучука, содержащій бромистый радій. (Изображеніе такого ящичка (капсули) можно видѣть на табл. I рис. 3, гдѣ изображена капсуля съ 5 мгр. бромистаго радія и стеклянная трубочка съ такимъ же количествомъ въ натуральную величину. Въ трубкѣ, а также въ срединѣ капсули, видны зерна бромистаго радія. Радій, заключенный въ капсулѣ, прикрытъ пластинкой слюды). Снимки произведены 50 мгр. бромистаго радія. Фотографическая пластинка была подвергнута дѣйствію лучей радія въ продолженіе 1 часа, затѣмъ проявлена обыкновеннымъ способомъ. Такимъ же образомъ былъ сдѣланъ снимокъ маленькаго кожанаго кошелька, въ которомъ находились ключикъ и монета (табл. I рис. 4).

Лучи, испускаемые радіемъ, невидимы для глаза. Въ темнотѣ хлористый радій, активность котораго = 1000 (уранъ = 1), сильно свѣтится; свѣченіе это зависитъ отъ того, что лучи радія вызываютъ въ соляхъ, сопровождающихъ его, фосфоресценцію. Бромистый радій, активность котораго гораздо больше, свѣтится менѣе. Прилагаемый рисунокъ (табл. I рис. 5) представляетъ изъ себя снимокъ этого свѣченія: стеклянная трубка съ 5 мгр. бромистаго радія была помѣщена въ темную комнату и сфотографирована. Экспозиція была 18 часовъ.

Лучи радія частью отклоняются магнитомъ, частью не отклоняются. Отклоненіе лучей радія можно получить

слѣдующимъ образомъ: 50 мгр. бромистаго радія [1]), заключенные въ капсулѣ изъ каучука и покрытые тонкой пластинкой слюды, были помѣщены въ свинцовый ящичекъ, открытый сверху; стѣнки этого ящика были толщиною 3 — 4 мм. Этотъ свинцовый ящикъ ставился на фотографическую пластинку, $6^1/_2 \times 18$ см., заключенную въ свѣтонепроницаемый конвертъ. Пластинка помѣщалась внизу наконечниковъ большого электромагнита, такъ что радій приходился между полюсами электромагнита. На табл. I рис. 6 между полюсами электромагнита виденъ свинцовый ящичекъ (*H*), который лежитъ на свѣтонепроницаемомъ конвертѣ (*K*). Въ конвертѣ фотографическая пластинка. Для поддержки пластинки служитъ подставка *У*. Наверху наконечниковъ электромагнита помѣщена такая же пластинка въ свѣтонепроницаемомъ конвертѣ (*M*); чувствительный слой пластинки обращенъ къ радію. Фиг. 1 табл. II представляетъ изъ себя нижнюю пластинку; на ней видно, что лучи радія проникли даже черезъ свинецъ толщиною 3 — 4 мм. и дали изображеніе свинцоваго ящика. Фиг. 2 табл. II представляетъ изъ себя верхнюю пластинку; электромагнитъ не былъ намагниченъ. По бокамъ фиг. 2 темныя мѣста — тѣнь наконечниковъ электромагнита. Фиг. 3 и фиг. 4 табл. II представляютъ нижнюю и верхнюю пластинки, когда было возбуждено магнитное поле, т.-е. когда чрезъ электромагнитъ пропускался токъ. На фиг. 3 мѣсто сѣвернаго полюса

[1]) Препаратъ былъ полученъ отъ Buchler'a (Chininfabrik, Braunschweig). Цѣна бромистаго радія значительна: 1 мгр. его стоитъ 8 мар., т.-е. около 4 руб.; такимъ образомъ 1 фунтъ стоитъ около 1600000 руб. Такая стоимость объясняется трудностью выдѣленія радія изъ урановой руды: надо обработать 1 тонну (60 пудовъ) руды, чтобы получить около 1 гр. (¼ золотника) радія.

обозначено буквою N, южнаго—S. Лучи β отклонены направо, если смотрѣть по направленію отъ N къ S. На верхней пластинкѣ (фиг. 4) замѣтно слабое дѣйствіе лучей, которые не отклоняются, и снимокъ похожъ на фиг. 2. Разстояніе между верхней и нижней пластинкой было 8 сант., экспозиція 35 минутъ. Сила магнитнаго поля 4500 единицъ. Рис. 7 табл. I представляетъ изъ себя тоже снимокъ въ магнитномъ полѣ, но ящикъ съ радіемъ былъ поставленъ на край пластинки, лучи обогнули пластинку и дали снизу изображеніе въ видѣ длиннаго прямоугольника верхней части подставки Y, на которой лежала пластинка.

При иныхъ условіяхъ получены снимки табл. III рис. 1 — 4; именно: магнитное поле было весьма сильное (12600 единицъ), радій *не былъ прикрытъ слюдой*, пластинки *не заключались* въ свѣтонепроницамые конверты (приборъ былъ защищенъ отъ дневного свѣта). Бромистаго радія было взято 10 мгр., и экспозиція продолжалась 20 минутъ. Снимки получились похожими на снимки табл. II (условія снимковъ рис. 1—4 табл. III соотвѣтствуютъ фиг. 1—4 табл. II). Разница замѣчается на снимкѣ рис. 3 табл. III, здѣсь видно, что получились лучи, отклоненные въ обѣ стороны; отклоненіе однихъ лучей на этомъ снимкѣ произошло такъ же, какъ и на фиг. 3 табл. II, причемъ они оказали *сильное* дѣйствіе на фотографическую пластинку, наоборотъ, другіе лучи, отклоненные въ противоположную сторону, дали *слабое* изображеніе.

Rutherford [1]) раздѣляетъ лучи, испускаемые радіемъ, на 3 группы:

---

[1]) Physik. Zeitschr. 4. № 8, стр 235. 1903.

1) α-лучи, которые поглощаются даже тонкимъ слоемъ твердыхъ тѣлъ (они могли быть получены на рис. 3 табл. III, такъ какъ радій не былъ покрытъ при этомъ опытѣ пластинкой слюды). Лучи эти отклоняются въ сильномъ магнитномъ полѣ и слабо дѣйствуютъ на фотографическую пластинку. Ихъ можно считать подобными закатоднымъ лучамъ, Kanalstrahlen, которые, какъ показалъ Wien, состоятъ изъ частицъ, заряженныхъ положительно.

2) «β-*лучи*», которые состоятъ изъ отрицательно-заряженныхъ частичекъ, движущихся съ весьма значительною скоростью. Они отклоняются магнитомъ такъ же, какъ катодные лучи, и весьма сильно дѣйствуютъ на фотографическую пластинку, и наконецъ.

3) γ-«*лучи*», которые не отклоняются магнитомъ и обладаютъ громадною способностью проникать чрезъ тѣла.

Чтобы уменьшить на половину интенсивность различныхъ лучей, надо пропустить ихъ черезъ алюминіевыя пластинки, толщиною: 0,0005 см. для α-лучей, 0,05 см. для β-лучей и 8 см. для γ — лучей. Изъ этихъ данныхъ видна способность различныхъ лучей радія проникать чрезъ тѣла.

На снимкахъ табл. III рис. 1—4 можно видѣть дѣйствія лучей каждой группы на фотографическую пластинку. Пластинки, давшія изображенія рис. 1 (нижняя пластинка) и рис. 2 (верхняя пластинка), были подвержены дѣйствію лучей β и γ. На рисункѣ 3 (нижняя пластинка) видно дѣйствіе лучей α и β — каждой группы отдѣльно. Если смотрѣть на этотъ рисунокъ по направленію отъ *N* къ *S* (буквы на рисункѣ), то съ лѣвой стороны рисунка дѣйствіе α-лучей (весьма слабое), съ

правой стороны — β-лучей. На рис. 4 (верхняя пластинка) видно дѣйствіе γ-лучей, которые не отклоняются въ магнитномъ полѣ. *

«α-лучи» іонизируютъ воздухъ и производятъ «*эманацію*», молекулярный вѣсъ которой былъ опредѣленъ Rutherford'омъ [1]) и H. T. Brooks'омъ изъ опытовъ надъ диффузіей и найденъ лежащимъ между 40 и 100. Объ этомъ будетъ обстоятельно изложено ниже въ связи съ явленіями индукціи.

Супругамъ Curies [2]) удалось показать существованіе переноса отрицательнаго электричества β—лучами радія, такъ что сходство съ катодными лучами является дѣйствительно поразительнымъ.

* γ-лучи по своей способности проходить чрезъ различныя тѣла и не испытывать дѣйствія магнита весьма сходны съ лучами Рентгена. *

Если предположить, что отрицательное электричество β-лучей связано съ мельчайшими матеріальными частичками, то можно вычислить, подобно тому, какъ это сдѣлано J. J. Thomson'омъ для катодныхъ лучей, что въ 10 лѣтъ съ поверхности въ 1 кв. сант. выдѣлится всего 3 мгр. эквивалента отрицательнаго заряда. Эти заряды проникаютъ подобно катоднымъ лучамъ сквозь металлы и діэлектрики.

* P. Curie и A. Labord [3]) нашли, что 1 гр. хлористаго барія, содержащаго въ себѣ около $^1/_6$ части хлористаго радія, имѣютъ температуру на $1^0,5$ выше, чѣмъ такое же количество чистаго хлористаго барія. Такимъ

---

[1]) Transact. of the royal. soc. of Canada (2). 7. p. 21 и Chem. News. 85. p. 196.

[2]) Compt. rend. 130. p. 647. 1900.

[3]) Compt. rend. 136. p. 673. 1903.

образомъ 1 гр. радія выдѣляетъ 100 малыхъ калорій въ 1 часъ, а 1 граммъ-атомъ (257,8 гр.) радія выдѣлялъ бы въ 1 часъ 25780 калорій. *

Въ виду этихъ значительныхъ чиселъ большое значеніе получаетъ вопросъ объ источникѣ, откуда берется эта энергія, но объ этомъ будетъ сказано въ одной изъ дальнѣйшихъ главъ [1]). Зависимость радіаціи радія отъ температуры не могла быть замѣчена ни F. Himstedt'омъ [2]), ни St. Meyer'омъ, ни R. von Schweeidler'омъ даже при температурѣ кипѣнія жидкаго воздуха.

Лучи радія похожи на рентгеновскіе лучи въ томъ отношеніи, что они не видны для человѣческаго глаза, но нѣкоторыя вещества могутъ заставить ихъ превратиться въ видимый свѣтъ, F. Giesel и F. Himstedt [3]) наблюдали, что радій, заключенный въ свѣтонепроницаемую бумагу, производитъ дѣйствіе на отдохнувшій глазъ. При приближеніи радія къ глазу чувствовалось, что какъ будто глазъ заполненъ свѣтомъ. Правда глазъ очень быстро становится мало чувствительнымъ для этихъ впечатлѣній. Повидимому, эти впечатлѣнія происходили вслѣдствіе фосфоресценціи стекловиднаго вещества, вызванной лучами радія.

Безводная хлористая или бромистая двойная соль радія и барія сильно свѣтится вслѣдствіе фосфоресценціи, возбужденной въ молекулахъ радіаціей.

Becquerel [4]) замѣтилъ, что вблизи препаратовъ радія свѣтятся всѣ тѣ фосфоресцирующія вещества, которыя свѣтятся отъ ультрафіолетовыхъ и рентгеновскихъ

---

[1]) Глава VIII этой книги.
[2]) Widem. Ann. 4. p. 534. 1901.
[3]) Widem. Ann. 4. p. 534. 1901.
[4]) Compt. rend. 129. p. 912. 1899.

лучей. По яркости свѣченія можно ихъ расположить въ слѣдующій рядъ: гексагональная обманка (обманка Sidot'a, вюрцитъ или сѣрнистый цинкъ ZnS) = 13,36; платиносинеродистый барій = 1,99; алмазъ = 1,14; каліева сѣрноурановая соль = 1,00; плавиковый шпатъ CaF_2 = 0,30.

Изъ этихъ веществъ преимущественно экранъ изъ платиносинеродистаго барія употребляется для обнаруживанія сильныхъ лучей радія такимъ же образомъ, какъ онъ употребляется и для рентгеновскихъ лучей.

Химическія дѣйствія лучей радія прежде всего обнаруживаются въ появленіи желтоватаго или красноватаго окрашиванія, которое понемногу принимаетъ выкристаллизованное изъ раствора бромистое или хлористое соединеніе, содержащее барій. Свободный отъ барія хлористый радій, по опытамъ Skl. Curie [1]), не окрашивается; однако по Giesel'ю [2]) чистый бромистый радій непрерывно выдѣляетъ бромъ. Склянки [3]), въ которыхъ помѣщаются сильные радіоактивные препараты, окрашиваются въ красноватый цвѣтъ [4]), затѣмъ въ фіолетовый и, наконецъ, въ черный. Желтая платиносинеродистобаріева соль [5]) дѣлается подъ вліяніемъ лучей радія коричневой и затѣмъ болѣе не флуоресцируетъ, но пріобрѣтаетъ это свойство опять черезъ выкристаллизованіе. Бѣлый фосфоръ переходитъ въ красный; изъ смѣси растворовъ сулемы и щавелевой ки-

---

[1]) Compt. rend. 135 p. 161. 1902.
[2]) Ber. deutsch. chem. Ges. 35. p. 3608. 1902.
[3]) P. Curie и Skl. Curie, Compt. rend. 129. p. 823. 1899.
[4]) H. Becquerel. Compt. rend. 133. p. 709. 1901.
[5]) P. Curie и Skl. Curie, Compt. rend. 129. p. 823. 1899.

слоты (чувствителенъ и къ дневному свѣту) выдѣляется каломель [1]).

Произрастаніе горчичнаго сѣмени и сѣмянъ крессъ-салата уничтожается продолжительнымъ освѣщеніемъ препаратами радія. Зеленое красящее вещество растеній, хлорофилъ, разрушается. На кожѣ послѣ продолжительнаго дѣйствія лучей радія появляются воспаленія, какъ бы отъ обжога. Послѣ того, какъ Becquerel проносилъ въ карманѣ сюртука въ продолженіе 6 часовъ очень активную соль радія (нѣсколько дециграммовъ), запаянную въ стеклянной трубкѣ, завернутой въ бумагу и затѣмъ въ картонъ, то появилось сильное воспаленіе кожи спустя 10 дней, послѣ того какъ радій былъ вынутъ. Образовавшіеся такимъ образомъ раны зарубцовались только черезъ 49 дней.

* Изслѣдованія Danysz'a [2]) показали, что при дѣйствіи радія на тѣло кролика кожа разрушалась, но нижележащія ткани страдали мало. Морскія свинки лысѣютъ, и кожа у нихъ разрушается; у кроликовъ же появляется усиленный ростъ шерсти.

При помѣщеніи трубочки съ хлористымъ радіемъ подъ кожу животныхъ, у нихъ наблюдался параличъ. Развитіе микробовъ подъ дѣйствіемъ лучей радія останавливается, но гибнутъ только нѣкоторыя породы ихъ. О другихъ физіологическихъ дѣйствіяхъ лучей радія говорится въ концѣ этой книги [3]). *

Супруги Curies [4]), а также Giesel, наблюдали, что интенсивные лучи радія превращаютъ кислородъ воз-

---

[1]) H. Becquerel. Comp. rend. 133. p. 709. 1901.

[2]) Compt. rend. 136. p 461. 1903 (№ 7).

[3]) См. статью Е. С. Лондона.

[4]) Compt. rend. 129. p. 823. 1899.

духа отчасти въ озонъ. Такъ какъ въ этомъ случаѣ лучи радія оказываютъ такое же дѣйствіе, какъ и электрическія колебанія (тихій разрядъ) въ онизаторѣ Berthelot, то можно было думать, что лучи радія окажутъ вліяніе и на когереръ безпроволочнаго телеграфа, чувствительный для электрическихъ волнъ. Однако Himstedt [1]) не нашелъ никакого замѣтнаго дѣйствія; сопротивленіе же селена (который также при освѣщеніи обыкновеннымъ свѣтомъ измѣняетъ свое сопротивленіе), отъ дѣйствія радія уменьшается (на 1%). Такъ какъ лучи радія повышаютъ вслѣдствіе іонизаціи проводимость газовъ, то слѣдующій опытъ A. de Hemptinne'a [2]) легко объяснить: если стеклянныя трубки съ разрѣженнымъ газомъ подвергать вліянію электрическихъ колебаній, то подъ дѣйствіемъ ихъ газъ въ этихъ трубкахъ начинаетъ свѣтиться, если упругость газа внутри трубки не болѣе 10 мм. При большей упругости газа, начиная съ нѣкоторой величины, свѣченіе болѣе не появляется. Но свѣченіе можно возбудить, если къ трубкѣ приблизить препаратъ радія.

Наблюденіе Elster'a и Geitel'я [3]), состоящее въ томъ, что разрядъ въ видѣ пучка или искры между положительно заряженнымъ металлическимъ шарикомъ и отрицательно заряженной пластинкой переходитъ въ тихій разрядъ при приближеніи препарата радія, объясняется такъ же, какъ и ускореніе искровыхъ разрядовъ между двумя шариками, іонизаціей газа и увеличеніемъ поэтому его проводимости подъ дѣйствіемъ радіевыхъ лучей.

---

[1]) Wied. Ann. 4. p. 534. 1901.

[2]) Zeitschr. phys. Chemie. 26. p. 165.

[3]) Wied. Ann. 69. p. 673. 1899.

* Іонизацію воздуха лучами радія легко демострировать на слѣдующемъ опытѣ (рис. 5): къ полюсамъ катушки Румкорфа *A* (длина искры 1—1½ см., токъ въ первичной обмоткѣ отъ 2 аккумуляторовъ) присоединенъ разрядникъ *C*, одинъ конецъ котораго представляетъ изъ себя остріе, другой шарикъ. Параллельно разряднику включенъ небольшой конденсаторъ. Остріе соединено съ отрицательнымъ полюсомъ катушки, шарикъ же съ положительнымъ. Если сблизить между

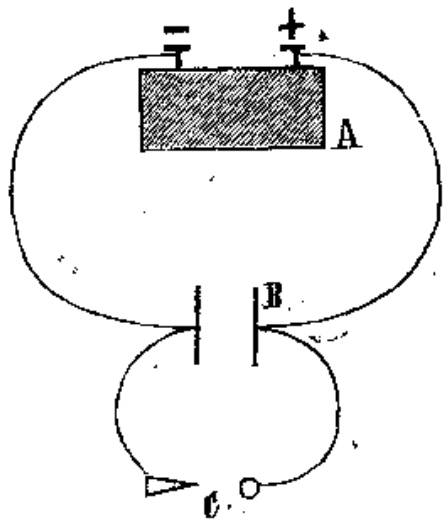


Рис. 5.

собою концы разрядника, то получается короткая свѣтлая искра (*искра № 1*), при раздвиженіи концовъ разрядника эта искра переходитъ въ малосвѣтящуюся, но тоже непрерывную искру (*искра № 2*); при дальнѣйшемъ раздвиженіи получается искра свѣтлая, состоящая изъ цѣлаго ряда искръ (*искра № 3*). Если получить между концами разрядника искру № 1 и освѣтить ее лучами радія, то она переходитъ въ искру № 2; искра же № 2 при освѣщеніи радіемъ переходитъ въ искру

№ 3 и, наконецъ, освѣщая радіемъ искру № 3, мы можемъ совершенно ее прекратить.

Если теперь остріе разрядника соединить съ положительнымъ полюсомъ катушки Румкорфа и раздвинуть концы разрядника такъ, чтобы изъ острія показалась свѣтящаяся кисть, то при освѣщеніи радіемъ кисть исчезаетъ, и соединительныя проволоки перестаютъ свѣтиться. Объяснить всѣ эти явленія возможно тѣмъ, что подъ вліяніемъ лучей радія воздухъ становится болѣе проводящимъ, и поэтому градіентъ потенціала понижается. *

Электрическая проводимость разбавленныхъ растворовъ хлористой двойной соли барія и радія была измѣрена F. Henning'омъ [1]). Какъ при препаратахъ съ активностью 240 (уранъ = 1), такъ и при тѣхъ, активность которыхъ = 1000, не получалось никакой разницы отъ найденныхъ для обыкновеннаго хлористаго барія величинъ. Правда даже въ двойныхъ солях барія и радія съ активностью = 1000 содержаніе новаго элемента еще весьма незначительно. Поразительно однако совпаденіе проводимостей въ томъ отношеніи, что радіоактивность, дѣйствующая на электрическіе заряды, сильно разсѣивающая ихъ и переносящая β-лучами отрицательное электричество, не оказываетъ никакого вліянія на переносъ тока въ растворѣ.

---

[1]) Wied. Ann. 7. p. 562. 1902.

V.

Радіоактивный торій.

C. G. Schmidt [1]) впервые наблюдалъ, что соединенія торія обладаютъ радіоактивностью. Онъ показалъ дѣйствіе этихъ веществъ на фотографическую пластинку и ихъ способность разсѣивать заряды. Позднѣе Debierne [2]) нашелъ въ урановой смоляной рудѣ очень сильно активное вещество, которое, казалось, состоитъ главнымъ образомъ изъ титана, но при дальнѣйшемъ изслѣдованіи [3]) оказалось окисью торія (торіева земля). Debierne предположилъ, что въ этомъ веществѣ находится новый элементъ, потому что активность была въ 5000 разъ больше активности урана, обыкновенныя же соединенія торія по своей активности близки къ урану. Названіе для новаго предполагаемаго элемента «*актиній*» было выбрано неудачно, такъ какъ нѣсколько раньше этимъ словомъ была обозначена мнимая новая примѣсь свѣточувствительнаго сѣрнистаго цинка.

Для отдѣленія актинія Debierne далъ 4 способа: 1) осажденіе посредствомъ дитіоново-кислаго натра ($Na_2S_2O_6$) изъ слабаго кислотнаго раствора, 2) обработка гидрата окисей плавиковой кислотой и фтористымъ каліемъ, 3) осажденіе нитрата (соли азотной кислоты) посредствомъ перекиси водорода изъ ней-

[1]) Wied. Ann. 65, p. 141, p. 1898.
[2]) Compt. rend. 129. 593. 1899.
[3]) Compt. rend. 130. p. 906. 1900.

тральнаго раствора, 4) образованіе осадка сѣрнистымъ баріемъ или сѣрнокислымъ свинцомъ въ жидкости, причемъ осаждается активное вещество.

Лучи актинія возбуждаютъ флуоресценцію, напримѣръ, платиносинеродистобаріева экрана, разсѣиваютъ заряды, дѣйствуютъ на фотографическую пластинку и отклоняются магнитомъ.

Но такъ какъ ни характернаго спектра, ни химическихъ характеристикъ не оказалось для актинія, то его новизна въ качествѣ элемента еще сомнительна. Существованіе весьма сильнаго радіоактивнаго вещества, похожаго на торій, въ урановой смоляной рудѣ могли установить Hofmann и Zerban. Они получили небольшое количество бѣлой окиси, которая оказалась дѣйствующей на электроскопъ, а также на фотографическую пластинку даже чрезъ листъ алюминія въ $^1/_2$ мм. толщины. Хотя послѣ четырехмѣсячнаго пребыванія въ запаянной трубкѣ эти соединенія актинія не потеряли своей силы, но нельзя было назвать актиній (торій изъ урановой смоляной руды) первичноактивнымъ веществомъ, такъ какъ это время наблюденія слишкомъ коротко. Однако, основываясь на наблюденіяхъ, можно сказать, что ничтожнѣйшее количество торія въ урановой смоляной рудѣ получаетъ отъ радіоактивныхъ составныхъ частей ея довольно сильную «индуктированную» [1]) активность.

Чтобы получить бо́льшія количества актинія, K. Hofmann a F. Zerbann [2]) пользовались минералами, родственными урановой смоляной рудѣ, но содержащими

---

[1]) Объ индуктированной активности см. слѣдующую главу.

[2]) Ber. deutsch. chem. Ges. 35. p. 531. 1902.

гораздо болѣе торія, каковы: бреггеритъ и клевеитъ; изъ нихъ были получены извѣстными аналитическими пріемами очень активныя соединенія торія, дѣйствіе которыхъ можно было еще значительно усилить, напримѣръ, посредствомъ фракціонированнаго осажденія концентрированнымъ растворомъ сѣрнокаліевой соли (K_2SO_4), двухромокаліевой солью ($K_2Cr_2O_7$), перекисью водорода и дитіоновокислымъ натромъ, причемъ легко осаждающіяся части оказывались весьма сильно активными; напротивъ, при обработкѣ углекислымъ аммоніемъ [$(NH_4)_2CO^3$] активная часть оставалась въ легко растворимыхъ фракціяхъ.

Когда эти препараты сохранялись въ сухомъ видѣ, то ихъ активность значительно уменьшалась, такъ что чрезъ годовой срокъ оставшаяся активность равнялась приблизительно активности закиси—окиси урана. Это уменьшеніе активности дало поводъ предполагать, что чистыя торіевыя соединенія сами по себѣ неактивны, и ихъ измѣняющаяся активность (по бо́льшей части весьма незначительная) зависитъ отъ постороннихъ радіоактивныхъ веществъ, сопровождающихъ ихъ. Къ такимъ индуктирующимъ веществамъ прежде всего надо причислить уранъ, такъ какъ онъ встрѣчается въ большомъ количествѣ во всѣхъ дающихъ сильно активный торій минералахъ (урановая смоляная руда, бреггеритъ, клевеитъ) и вообще часто сопровождаетъ торій. Такъ, напримѣръ, различные виды самарскита и эшинита, затѣмъ торитъ, орангитъ, ксенотимъ, эхнитъ и монацитъ изъ Сѣверной Каролины содержатъ уранъ, количество котораго уменьшается приблизительно въ указанномъ здѣсь порядкѣ. Окись торія, выдѣленная изъ этихъ минераловъ, обладаетъ радіоактивностью, сила

которой приблизительно пропорціональна содержанію урана. Бразильскій же монацитовый песокъ, норвежскій гадолинитъ, ортитъ и иттротитанитъ не содержатъ въ себѣ [1]) урана и даютъ окись торія, не дѣйствующую ни на электроскопъ, ни на фотографическую пластинку. Если же смѣшать такую неактивную растворимую окись торія съ 10-ю—50-кратнымъ количествомъ азотно-урановой соли (очищенной старательно отъ всякихъ примѣсей и отъ осаждаемыхъ щавелевой кислотой рѣдкихъ земель) и потомъ дать ей побыть нѣсколько дней въ твердомъ или жидкомъ состояніи, то первоначально неактивная окись торія дѣлается активной и сохраняетъ активность долгое время даже послѣ отдѣленія урана щавелевой кислотой и послѣ прокаливанія выдѣленной щавелевой соли. Какъ изъ этого, такъ и изъ того факта, что не содержащіе урана минералы даютъ неактивные торіевы препараты, можно заключить, что активность торія, главнымъ образомъ, индуктированная. Существуетъ-ли при этомъ первично-активный элементъ сопровождающій торій и, слѣдовательно, химически похожій на него, останется сомнительнымъ до тѣхъ поръ, пока не будетъ найдена разница между «*актиніемъ*» и обыкновеннымъ торіемъ.

E. Rutherford и F. Soddy [2]) предполагаютъ, что радіоактивность торіевыхъ препаратовъ происходитъ отъ присутствія небольшого количества нѣкоторой составной части «торія—X» съ большой активностью, но нѣкоторые изъ ихъ результатовъ противорѣчатъ этому предположенію. Упомянутые изслѣдователи нашли, что

---

[1]) См. Hofmann и Zerbann, Ber. deutsch. chem. Ges. 35. p. 533 и 1457. 1902.

[2]) Proceedings chem. Soc. 18, p. 2—5.

растворы, изъ которыхъ посредствомъ амміака былъ осажденъ весь торій, обладали значительной радіоактивностью. Это привело къ полученію веществъ, которыя, хотя и не содержали торія, но обладали радіоактивностью и радіаціей, не отличающимися по силѣ отъ активности торія, но иногда въ 100 и даже 1.000 разъ были болѣе активны, чѣмъ послѣдній.

Эти вещества, осаждаемыя фосфорнокислымъ натріемъ (который осаждаетъ радій, полоній, радіоактивный свинецъ, уранъ и вообще почти всѣ окиси металловъ), могли вызывать активность препаратовъ торія Rutherford'a, а такъ какъ они по своему свойству (не осаждаются амміакомъ) совершенно отличаются отъ окисей торія, то нельзя поэтому принять существованіе подобнаго торію первичноактивнаго вещества.

Осажденный изъ торія Ch. Baskerville'емъ [1]), вѣроятно, новый элементъ «каролиній» радіоактивенъ, но нужно предварительно выждать, окажется ли дѣйствіе его постояннымъ, чтобы рѣшить, не имѣемъ ли мы въ данномъ случаѣ простой индукціи основного минерала ураномъ. Опыты Brauner'a [2]), указывающіе на сложную природу торія, не относятся къ разсматриваемому здѣсь вопросу о радіоактивности.

Относительно дѣйствія активныхъ соединеній торія Rutherford [3]) пришелъ къ весьма замѣчательнымъ результатамъ: покрывая окись торія бумагой, онъ нашелъ, что проводимость воздуха менѣе быстро уменьшалась, если былъ взятъ *толстый* слой окиси торія, чѣмъ если этотъ слой былъ *тонокъ*. Изъ этого онъ

---

[1]) Journ. amer. chem. Soc. 23, p. 761.

[2]) Proceed. chem. soc. 17, p. 67.

[3]) Philos. Magaz. 49. p. 1—14.

заключилъ, что окись торія вмѣстѣ съ лучами, увеличивающими проводимость воздуха, испускаетъ еще вещество, которое со своей стороны тоже радіоактивно и легко проникаетъ сквозь бумагу, между тѣмъ какъ лучи сильно поглощаются бумагой. Эта *«эманація»* сама по себѣ электрически нейтральна, а потому электрическое поле не вліяетъ на нее; она уносится потокомъ воздуха, проникаетъ сквозь вату и картонъ, а также чрезъ тонкіе листочки алюминія, золота и серебра, но не проникаетъ чрезъ слюдяную пластинку въ 0,006 см. толщины. Воздухъ, въ которомъ находится эманація, іонизируется и удерживаетъ даже послѣ удаленія азотноторіевой соли проводимость въ продолженіе 10 минутъ. Всѣ тѣла, на которыя попадаетъ эманація, наиболѣе интенсивно покрываются ею, какъ радіоактивнымъ слоемъ, тогда, когда они заряжены отрицательно. Отрицательный электрическій зарядъ какъ бы облегчаетъ накопленіе эманируемыхъ радіоактивныхъ частицъ. Эти послѣднія, вѣроятно, лишь послѣ перехода изъ твердаго тѣла въ газообразную среду принимаютъ положительный зарядъ. Если вблизи находится отрицательно заряженная проволока [1]), напримѣръ, изъ платины, то эманація собирается на ея поверхности. Эманація не можетъ быть удалена ни накаливаніемъ проволоки, ни погруженіемъ ея въ горячую или холодную воду или въ азотную кислоту. Напротивъ, соляная и сѣрная кислота отнимаютъ это активное *ничто* и изъ растворовъ ихъ при выпариваніи получается активное вещество. Интенсивность дѣйствія такихъ заряженныхъ эманаціей веществъ уменьшается съ теченіемъ времени въ гео-

---

[1]) См. F. Henning, Wied. Ann. 7, p. 562. 1902.

метрической прогрессіи и понижается въ продолженіе 11 часовъ до половины первоначальной величины. Правда, въ веществахъ, сдѣлавшихся радіоактивными, нельзя замѣтить прибыли въ вѣсѣ, но это не является основаніемъ отрицать вещественную природу эманаціи: необходимо принять во вниманіе, что для частицъ катодныхъ лучей (электроновъ) отношеніе электростатически дѣйствующаго отрицательнаго заряда (ε) къ массѣ (μ) $\frac{\varepsilon}{\mu} = 1{,}7 \times 10^8$, а отсюда слѣдуетъ, что масса электрона $\mu = \frac{1}{2000}$ массы атома водорода (см. VIII главу). Вещества же такой ничтожной массы могутъ оказать значительныя дѣйствія, раньше чѣмъ ихъ количество можетъ быть опредѣлено взвѣшиваніемъ.

Количество испускаемой «эманаціи» не зависитъ отъ природы окружающаго газа, но увеличивается очень замѣтно отъ присутствія влаги [1]) или отъ нагрѣванія. При продолжительномъ сильномъ прокаливаніи способность къ испусканію эманаціи лишь временно исчезаетъ. Дѣйствительно, если прокаленную окись торія, растворить и вновь выдѣлить изъ раствора, то нельзя замѣтить никакой разницы въ силѣ эманаціи между ней и обыкновенной окисью торія. Временное уничтоженіе испусканія эманаціи прокаливаніемъ не имѣетъ, впрочемъ, никакого вліянія на прямолинейно распространяющуюся радіацію. Относительно вещественной природы эманаціи торія Rutherford [2]) и Soddy высказали предположеніе, что это особенное нѣчто близко подходитъ къ членамъ ряда аргона, такъ какъ эманація не поглощается ни

---

[1]) См. также. E. Dorn, Abhandlg. der Naturforsch. Ges. Halle. 1900.

[2]) Proceedings Chem. Soc. 18. p. 2—5.

хромовымъ свинцомъ, ни магніемъ, ни цинковой пылью, ни чернымъ губчатымъ палладіемъ при накаливаніи ихъ докрасна, платиной же и черной губчатой платиной не поглощается даже при накаливаніи добѣла; радіоактивность этихъ веществъ не измѣнялась при этихъ опытахъ.

W. Crookes'у [1]) удалось показать, что высылаемая изъ радіоактивнаго торія или радіевобаріевой соли эманація (онъ называетъ ее электронами, къ чему мы вернемся ниже) тормозится или задерживается на своемъ пути молекулами среды, подобно вещественнымъ тѣламъ; въ этомъ отношеніи «эманація» отличается существенно отъ радіаціи. Для доказательства этого Cro-

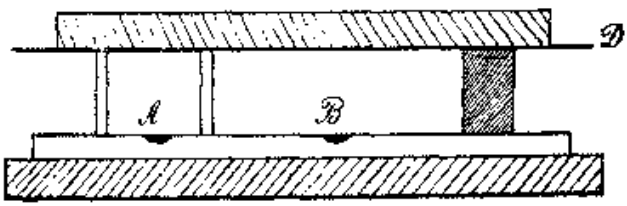


Рис. 6.

okes помѣщалъ 2 чашки *A* и *B* (рис. 6) съ одинаковымъ количествомъ препаратовъ торія или радія на стеклянной пластинкѣ. *A* была окружена открытой сверху и снизу свинцовой трубкой высотою въ 28 мм. и діаметромъ въ 25 мм., *B* была свободна. Надъ обѣими чашками находилась фотографическая пленка *D*, прижатая сверху стеклянной пластинкой. Послѣ 48-часовой экспозиціи въ темнотѣ, пленка послѣ проявленія оказалась надъ *A* сильно почернѣвшей, а надъ *B* осталась почти неизмѣненной (при употребленіи радія надъ *B* почернѣла въ 2 раза меньше, чѣмъ надъ *A*). Отсюда

[1]) Chem. News 85, p. 109.

слѣдуетъ, что частицы эманаціи, если ихъ не окружить трубкой, распространяются въ воздухѣ какъ частицы пахучаго вещества. Препараты полонія не дали никакой разницы между *A* и *B*, слѣдовательно, препараты полонія не даютъ эманаціи.

По опытамъ Dorn'a [1]), «эманація» увеличивается при увеличеніи влажности; черезъ стекло она не проникаетъ. Воздухъ подъ атмосфернымъ давленіемъ представляетъ замѣтное препятствіе ея распространенію. Если надъ радіоактивнымъ веществомъ на различной высотѣ помѣстить 2 свинцовыя пластинки съ параллельными щелями и надъ верхней въ нѣкоторомъ разстояніи фотографическую пластинку, то въ пустотѣ получается изображеніе щели, а въ воздухѣ, при атмосферномъ давленіи, только равномѣрное почернѣніе.

Судя по этимъ и по подобнымъ опытамъ, эманація распространяется не прямолинейно, какъ лучи, но она проникаетъ въ окружающее пространство посредствомъ диффузіи, подобно матеріальнымъ частицамъ. При этомъ она дѣлаетъ временно радіоактивными не только газы, но вообще всѣ вещества, съ которыми она приходитъ въ соприкосновеніе

VI.

Индуктированная активность.

Подъ этимъ названіемъ подразумѣваютъ удивительное и чрезвычайно важное для пониманія радіоактив-

---

[1]) Abh der Naturf. Ges. Halle. 1900.

ности явленіе, заключающееся въ томъ, что большое число неактивныхъ веществъ получаютъ чрезъ соприкосновеніе или освѣщеніе лучами активныхъ субстанцій способность нѣкоторое время дѣйствовать на электроскопъ или фотографическую пластинку.

Супруги Curies [1]) помѣщали на горизонтальной пластинкѣ препараты радія и надъ ними, въ разстояніи нѣсколькихъ миллиметровъ, пластинки изъ разныхъ матеріаловъ; пластинки становились чрезъ нѣсколько часовъ почти въ 50 разъ активнѣе урана. Эта индуктированная активность сохранялась нѣсколько дней, была по величинѣ своей для всѣхъ изслѣдованныхъ веществъ (цинка, алюминія, латуни, свинца, платины, висмута, никеля; бумаги, углекислаго барія и сѣрнистокислаго висмута) одинакова и не могла быть удалена обмываніемъ этихъ веществъ.

Еще нагляднѣе слѣдующій опытъ, сдѣланный P. Curie [2]) и A. Debierne'омъ.

Въ большомъ совершенно закрытомъ сосудѣ находится маленькій стаканъ съ узкимъ отверстіемъ, содержащій активное вещество (радій); вокругъ этого стакана разставлены пластинки изъ свинца, мѣди, алюминія, стекла, эбонита и параффина. Чрезъ нѣсколько дней всѣ онѣ дѣлаются сильно активными (дѣйствуютъ на электроскопъ), даже если защищены отъ прямого лучеиспусканія толстой свинцовой перегородкой. Пріобрѣтенная активность исчезаетъ въ открытомъ воздухѣ приблизительно чрезъ 24 часа. Если склянка, содержащая активное вещество плотно закрыта, то упомянутыя тѣла

[1]) Compt. rend. 129. p. 714. 1899.
[2]) Compt. rend. 132, p. 548. 1901.

не пріобрѣтаютъ никакой активности. Активность передается такъ, какъ переносится какое-либо вещество (напр., пахучее), посредствомъ воздуха отъ одной точки къ другой, и наведеніе (индукція) активности тѣмъ сильнѣе, чѣмъ меньше разстояніе между радіоактивнымъ тѣломъ и тѣмъ, въ которомъ она индуктируется. Лучи полонія не возбуждаютъ активности.

На основаніи этихъ данныхъ невольно приходишь къ заключенію, что какъ будто изъ индуктирующаго тѣла исходитъ летучее радіактивное вещество, осаждающееся на различныхъ тѣлахъ. Эманація, получающаяся отъ окиси торія и открытая Rutherford'омъ, существуетъ также въ препаратахъ радія [1]) и, вѣроятно, во всѣхъ первичноактивныхъ веществахъ.

Многія вещества можно получить очень активными, если дать имъ побыть продолжительное время въ растворѣ первичноактивной соли, а потомъ отдѣлить ихъ какимъ-нибудь физическимъ или химическимъ путемъ. Такимъ образомъ можно получить радіоактивную воду [2]) посредствомъ перегонки ея изъ раствора бромистаго радія, или же въ закрытомъ пространствѣ помѣстить чашечку съ дистиллированной водой рядомъ съ растворомъ соли радія. Индуктированная вода теряетъ свою активность въ нѣсколько дней и тѣмъ быстрѣе, чѣмъ больше ея поверхность.

Активная сѣрная соль барія [3]) осаждается изъ раствора хлористаго барія, смѣшаннаго съ азотнокислымъ ураномъ или хлористымъ актиніемъ (радіоактивный то-

---

[1]) См. также E. Dorn, Verh. naturforsch. Ges. Halle. 1900.

[2]) P. Curie и A. Debierne, Compt. rend. 133, p. 276. 1901.

[3]) F. Giesel, Ber. deutsch. chem. Ges. 33, p. 1665. 1900 и A. Debierne. Compt. rend. 131, p. 333. 1900.

рій), разбавленною сѣрною кислотою, причемъ активность первичнаго вещества (урана или торія), оставшагося въ растворѣ, уменьшается. Послѣ 18 разъ повтореннаго осажденія былъ полученъ, какъ показалъ Becquerel [1]), почти совершенно неактивный уранъ, который однако послѣ двухгодового храненія въ сухомъ состояніи опять сдѣлался активнымъ. Изъ этого можно заключить, что первичноактивные элементы, какъ, напримѣръ, въ данномъ случаѣ уранъ, развиваютъ активность и потомъ передаютъ ее, какъ нѣчто вещественное, другимъ атомамъ или въ видѣ эманаціи, или въ видѣ какого-то индуктированнаго дѣйствующаго начала.

Индуктированныя или вторичноактивныя вещества, какъ, напримѣръ, искусственно радіоактивный барій A. Debierne'a, обладаютъ въ общихъ чертахъ тѣми же свойствами радіаціи, какъ и возбуждающія первичноактивныя вещества. Индуктированная радіація состоитъ, подобно непосредственной, изъ лучей α и β. Способность вызывать люминисценцію, фосфоресценцію, іонизировать воздухъ, дѣйствовать на фотографическую пластинку свойственна также и индуктированной активности. Но эта послѣдняя, въ противоположность первичной, уменьшается, и въ случаѣ различныхъ источниковъ различно быстро; такъ, напримѣръ, по Dorn'y [2]), эманація радія остается гораздо долѣе дѣйствующей, чѣмъ эманація торія.

Кромѣ барія можно активировать указаннымъ выше способомъ [3]) кальцій, стронцій, свинецъ, рѣдкія земли

---

[1]) Compt. rend. 133, p. 977—980. 1901.

[2]) Verh. naturforsch. Ges. Halle. 1900.

[3]) K. Hofmann и F. Zerbann, Ber. deutsch. chem. Ges. 35, p. 531 и 1456. 1902.

и въ особенности окись торія; но нельзя однако предполагать, что во всѣхъ случаяхъ осадокъ изъ радіоактивнаго раствора получается активнымъ. Такъ, напримѣръ, изъ смѣси 1 гр. азотнокислаго серебра съ 30 гр. азотнокислаго урана, находящихся въ водномъ растворѣ, осаждается чрезъ 10 дней послѣ прибавленія разбавленной соляной кислоты совершенно неактивное хлорное серебро, между тѣмъ какъ барій, свинецъ и окись торія при совершенно аналогичныхъ условіяхъ опыта даютъ при добавленіи сѣрной или щавелевой кислоты радіоактивные осадки. Хлорное серебро, осажденное изъ чистаго хлористаго радія [1]) посредствомъ азотнокислаго серебра, свѣтится долгое время.

Ртуть, осажденная разбавленной соляной кислотой (въ видѣ хлористаго соединенія) или сѣрнистымъ водородомъ (въ видѣ сѣрнистаго соединенія) изъ раствора азотнокислой ртути и азотнокислой закиси ртути, смѣшаннаго съ 30-кратнымъ вѣсовымъ количествомъ азотнокислаго урана, получается неактивною.

Судя по этому, не всѣ вещества одарены одинаковой способностью при своемъ осажденіи изъ раствора принимать существующую въ немъ активность, между тѣмъ какъ по опытамъ супруговъ Curies и Debierne'a разнообразнѣйшія тѣла пріобрѣтаютъ индуктированную активность, если находятся вблизи препаратовъ радія.

Это кажущееся противорѣчіе легко объясняется тѣмъ, что въ первомъ случаѣ состояніе осаждаемаго вещества подвергается кореннымъ измѣненіямъ вслѣдствіе химической реакціи, вызывающей осажденіе, причемъ активность, бывшая, можетъ быть, на веществѣ, исчезаетъ

---

[1]) Skl. Curie, Compt. rend. 135. p. 161.

при этомъ. Но именно въ томъ, что нѣкоторые элементы, несмотря на такіе химическіе процессы, осаждаются въ видѣ активныхъ соединеній, другіе же нѣтъ, можно видѣть *особенность* активности, подобную сродству.

VII.

Радіоактивность въ воздухѣ.

По опытамъ Linss'a [1]), а также J. Elster'a и Geitel'я [2]) изолированный проводникъ теряетъ въ соприкосновеніи съ воздухомъ постепенно свой зарядъ. «Можно заключить, что это разсѣяніе электричества происходитъ не только вслѣдствіе проводимости подставокъ, поддерживающихъ изслѣдуемый проводникъ, но что происходитъ и непосредственная потеря электричества въ воздухъ. Она одинаково велика на маловозвышенныхъ мѣстахъ для положительныхъ и отрицательныхъ зарядовъ, но существенно зависитъ отъ состоянія атмосферы. Чѣмъ болѣе въ атмосферѣ пыли, дыма или тумана, тѣмъ менѣе вообще разсѣяніе электричества: наибольшія величины разсѣянія были наблюдаемы при полной чистотѣ воздуха, особенно въ промежуткахъ между шквалами съ градомъ и дождемъ съ N и NW въ мартѣ и апрѣлѣ, когда при совершенно синемъ небѣ горизонтъ былъ ненормально ясенъ. То обстоятельство, что раз-

---

[1]) Meteorol. Zeitschr. 4, p. 352. 1887.

[2]) Wied. Ann. 4. Folge 2, p. 425. 1900. Здѣсь приводится дословно часть сообщенія Elster'a и Geitel'я.

сѣяніе электричества не только не увеличивается вслѣдствіе присутствія въ воздухѣ твердыхъ частицъ, но даже существенно уменьшается, указываетъ, что такія частицы пыли играютъ при разрядѣ только побочную роль. Поэтому главная часть потери электричества происходитъ путемъ настоящаго тока чрезъ воздухъ. Что потеря электричества не можетъ быть объяснена переходомъ заряда на частицы газа слѣдуетъ какъ изъ электрическихъ свойствъ газовъ вообще, такъ и изъ того факта, что разсѣяніе заряда въ замкнутомъ пространствѣ чрезвычайно мало въ сравненіи съ разсѣяніемъ въ безгранично свободномъ пространствѣ. Въ воздухѣ должны поэтому существовать въ незначительномъ числѣ частицы другой природы, чѣмъ пыль, которыя, перенося заряды электричества, сами переносятся при этомъ по направленію къ электродамъ и, приставъ къ послѣднимъ, становятся недѣятельными». Это приводитъ къ предположенію, что естественный воздухъ уже самъ по себѣ содержитъ положительно и отрицательно заряженныя частицы, и такимъ образомъ *іонизированъ*.

Названные изслѣдователи (Elster и Geitel) доказали цѣлымъ рядомъ очень интересныхъ опытовъ правильность этой гипотезы и установили зависимость іонизаціи отъ временныхъ и мѣстныхъ условій. Наблюденное Ebert'омъ [1]) увеличеніе проводимости воздуха при поднятіи въ свободной атмосферѣ могло привести къ предположенію, что причиной іонизаціи воздуха являлись ультрафіолетовые лучи, содержащіеся въ солнечномъ свѣтѣ; но опыты съ ограниченными воздушными

---

[1]) Wied. Ann. 5, p. 781. 1901.

массами показали, что и этотъ процессъ не зависитъ ни отъ какого внѣшняго извѣстнаго источника; оказалось, что проводимость большихъ массъ воздуха увеличивается сама по себѣ. Такъ какъ радіоактивныя вещества оказываютъ такое же дѣйствіе, то можно было ихъ присутствіе въ воздухѣ считать за причину іонизаціи, Но было бы въ высшей степени странно предполагать, что такія твердыя тѣла, какъ уранъ, радій и другія, о которыхъ говорилось въ предыдущихъ главахъ, находятся въ воздухѣ.

* Дальнѣйшія изслѣдованія Elster'a и Geitel'я показали, что воздухъ въ погребахъ и подвалахъ гораздо болѣе іонизированъ, чѣмъ наружный воздухъ. Еще болѣе іонизированъ воздухъ, взятый прямо изъ почвы [1]). Опытъ былъ произведенъ такимъ образомъ: дѣлалось отверстіе въ почвѣ и въ это отверстіе вставлялась желѣзная трубка на $1^1/_2$ метра вглубь. Воздухъ вытягивался насосомъ подъ стеклянный колпакъ, и здѣсь испытывалось разсѣяніе электричества; оказалось, что воздухъ былъ сильно іонизированъ. Изслѣдователи приписываютъ сильную іонизацію воздуха, взятаго изъ почвы, вліянію радіоактивныхъ веществъ, находящихся въ землѣ. Воздухъ надъ землею іонизируется почвеннымъ воздухомъ *.

Неизвѣстная радіоактивная субстанція должна, слѣдовательно, находиться въ формѣ газа повсюду въ атмосферѣ и вызывать явленія, которыя наблюдали Elster и Geitel. Такъ какъ, согласно опытамъ Rutherford'a, эманація радіоактивныхъ веществъ особенно легко осѣдаетъ на отрицательно наэлектрованныхъ тѣлахъ, то

---

[1]) Physik Ztschr. 3. № 24. стр. 574. 1902.

надо ожидать, что и активная часть воздуха можетъ быть собрана подобнымъ же образомъ Для этой цѣли проволока, длиною въ 20 метр., или же цилиндръ изъ мѣдной проволочной сѣти заряжались отрицательно посредствомъ индуктора и лейденской банки до 5.000—10.000 вольтъ и выставлялись въ такомъ видѣ въ продолженіе 3 часовъ прямо на воздухъ. Послѣ этого проволока или проволочный цилиндръ дѣйствовали на электроскопъ такъ же, какъ и урановая смоляная руда съ поверхностью въ нѣсколько кв. сант. Тѣмъ же способомъ можно было «активировать» бумагу, шерсть, холщевыя нитки и листья растеній.

Возбужденная такимъ образомъ активность оставалась въ продолженіе нѣсколькихъ часовъ постоянной и не могла быть уничтожена простымъ нагрѣваніемъ, но уничтожалась треніемъ куска кожи, пропитанной амміакомъ, причемъ какъ кожа, такъ и ея пепелъ дѣлались активными. Активная субстанція—здѣсь можетъ быть рѣчь только о веществѣ—можетъ быть получена изъ воздуха тѣмъ легче, чѣмъ лучше онъ проводитъ, притомъ одинаково хорошо какъ изъ воздуха горныхъ вершинъ, такъ и изъ воздуха хорошо закрытыхъ пространствъ. Въ послѣднихъ активность проволоки достигала такой силы, что кожа пропитанная амміакомъ, послѣ тренія о проволоку дѣйствовала на фотографическую пластинку чрезъ листочекъ аллюминія и вызывала свѣченіе экрана изъ платиносинеродистаго барія. Судя по этому, можно заключить, что радіоактивная субстанція находится вездѣ въ воздухѣ, или что она образуется на проводникѣ, когда положительные іоны воздуха съ отрицательными электронами заряженнаго проводника

образуютъ непрочное соединеніе, которое, распадаясь, вызываетъ радіацію Беккерелевыхъ лучей.

По Rutherford'у и Brooks'у [1]) активность, пріобрѣтенная изъ воздуха посредствомъ отрицательно заряженной проволоки, обладаетъ гораздо бо́льшей способностью возбуждать радіацію, проникающую чрезъ разныя тѣла, чѣмъ возбужденная радіаціей радіевыхъ или торіевыхъ соединеній, и даетъ различное измѣненіе поглощенія съ толщиной. Вслѣдствіе этого радіоактивная субстанція, находящаяся въ воздухѣ, или же образовавшаяся на отрицательномъ проводникѣ изъ положительныхъ іоновъ воздуха, не идентична съ эманаціей торіевыхъ и радіевыхъ препаратовъ.

Большое научное значеніе открытія, сдѣланнаго Elster'омъ и Geitel'емъ, состоитъ прежде всего въ томъ, что оно даетъ возможность добыть радіоактивно дѣйствующее вещество изъ доступныхъ для всѣхъ источниковъ, между тѣмъ какъ до сихъ поръ основнымъ матеріаломъ для сильно активныхъ элементовъ были рѣдкіе и дорогіе урановые минералы съ ихъ крошечнымъ считающимся тысячными долями процента содержаніемъ активнаго вещества.

Продолжая опыты Elster'a и Geitel'я, A. Sella [2]) примѣнилъ дѣйствіе стекающаго изъ острій на металлы электричества для того, чтобы получить радіоактивность. Онъ пользовался при этомъ цинковой или алюминіевой спиралью, внутри которой находился металлически проводящій цилиндръ. На этомъ цилиндрѣ противъ оборотовъ спирали были расположены острія.

---

[1]) Philosoph. Mag. (6). 4, p. 1—23. 1902.

[2]) Rend. Acad. Lincei 11. fasc. 2. 1902.

Если спираль и цилиндръ соединялись съ полюсами электрической машины, то чрезъ нѣсколько времени спираль давала тѣ же явленія, какія наблюдали Elster и Geitel на отрицательно наэлектризованныхъ тѣлахъ, подвергнутыхъ дѣйствію воздуха.

Замѣчательно то обстоятельство, что при опытѣ Sella знакъ электризаціи не оказывалъ никакого вліянія: спираль дѣлалась активной безразлично, была ли она заряжена положительно или отрицательно.

VIII.

Общій выводъ и заключеніе.

Изъ содержанія предыдущихъ главъ слѣдуетъ, что для пониманія различныхъ дѣйствій радіоактивныхъ веществъ кромѣ радіаціи надо принять еще, что радіоактивныя тѣла испускаютъ изъ себя матеріальныя частицы. Выдѣленіе такихъ частичекъ изъ вещества названо Rutherford'омъ [1]) «эманаціей»; при своемъ выходѣ изъ активной субстанціи частички эманаціи, вѣроятно, еще электрически нейтральны и получаютъ положительные заряды только постепенно при соприкосновеніи съ окружающими газами, чрезъ что получаютъ вмѣстѣ съ тѣмъ способность отлагаться въ большихъ количествахъ на различныхъ веществахъ, отрицательно заряженныхъ, и дѣлать послѣднія активными.

[1]) Philos. Mag. (5). 49, p. 161. Journ. Chem. Soc. Lond. 81, p. 321. Proceedings Chem. Soc. 18, p. 120.

Эманація существенно повышается при сильномъ нагрѣваніи, напримѣръ, въ соединеніяхъ радія она увеличивается при нагрѣваніи въ 10.000 разъ, но вслѣдствіе усиленнаго такимъ путемъ испусканія эманація потомъ уменьшается до едва замѣтной величины. Лишь послѣ продолжительнаго пребыванія препаратовъ при обыкновенной температурѣ, или послѣ новаго растворенія и осажденія [1]) вещества эманація достигаетъ своей первоначальной величины. Судя по этому, частицы эманаціи являются продуктомъ радіоактивныхъ веществъ. Изъ опытовъ надъ диффузіей Rutherford вывелъ величину частицъ эманаціи: для радія онъ нашелъ молекулярный вѣсъ ихъ отъ 40 до 100 [2]). Прямое опредѣленіе потери вѣса, которую претерпѣваетъ излучающее активное вещество, и прибыли вѣса, которую должно получать активируемое тѣло, до сихъ поръ не привело ни къ какимъ результатамъ. Количество излучаемаго вещества можетъ быть такимъ образомъ весьма незначительно. Однако S. и P. Curie нашли, что пустота въ пространствѣ, гдѣ находятся радіоактивныя вещества, мало-по-малу дѣлается хуже, причемъ развивается газъ, который возбуждаетъ фосфоресценцію стекла, и стекло при долгомъ дѣйствіи этого газа чернѣетъ, становится радіоактивнымъ и дѣйствуетъ на фотографическую пластинку.

* Недавно Heydweiller [3]) нашелъ, что 5 гр. радіоактивнаго вещества de Haën'a, находящіеся въ запаянной трубкѣ, теряютъ въ своемъ вѣсѣ около 0,02 мгр.

---

[1]) Rutherford и Soddy, Proceed. Chem. Soc. 18, p. 2 ff.

[2]) Chem. News 85, p. 196.

[3]) Physik. Zeitschr. 4. № 2, p. 81. 1902.

въ теченіе 24 часовъ. Rutherford [1]) предполагаетъ, что эта потеря можетъ происходить или отъ уменьшенія въ вѣсѣ самого радія, или же отъ уменьшенія вѣса трубки подъ вліяніемъ химическихъ процессовъ, происходящихъ въ стеклѣ трубки отъ лучей радія. Эти химическія измѣненія стекла трубки, выражающіяся въ ея почернѣніи, могутъ достигать внѣшней поверхности трубки и вызывать уменьшеніе ея вѣса.

Весьма замѣчательнымъ является опытъ R. Geigel'я [2]), состоящій въ томъ, что къ одному плечу вѣсовъ привѣшивался свинцовый шарикъ вѣсомъ 6,5 гр. Вѣсы приводились въ равновѣсіе. Если помѣстить въ часовомъ стеклышкѣ 1 гр. радіоактивнаго вещества de Haën'a подъ привѣшаннымъ свинцовымъ шарикомъ, то замѣчается *убыль вѣса шарика* на 0,035 мгр. Изслѣдователь предполагаетъ, что уменьшеніе вѣса шарика вызывается «прохожденіемъ чрезъ радіоактивное вещество *лучей тяжести*», и такимъ образомъ происходитъ «какъ бы поглощеніе энергіи тяжести». Дальнѣйшіе опыты, вѣроятно, покажутъ, съ чѣмъ мы здѣсь имѣемъ дѣло» [3]). *

Относительно химической природы эманаціи Rutherford [4]) находитъ родственность радіоактивнаго веще-

---

[1]) Physik. Zeitschr. 4. № 8. p. 240. 1903.

[2]) Wied. Ann. (4)10. p. 429. 1903. Замѣчанія относительно работы Geigel'я: Forsch, Cucera Phys. Zeitschr. 4. № 11, стр. 318 и 319; 1903; Kaufmann Wied. Ann. (4). 10 стр. 894. 1903. Отвѣтъ Geigel'я Phys. Zeitschr. 4. № 12, стр. 353. 1903.

[3]) Явленіе, наблюденное Geigel'емъ, можетъ быть, какъ мнѣ кажется, объяснено дѣйствіями восходящаго потока воздуха, получающагося вслѣдствіе того, что, какъ показали опыты Curie, радіоактивное вещество имѣетъ болѣе высокую температуру, чѣмъ окружающая среда.

Прим. редакт.

[4]) Proceedings Chem. Soc. 18. p. 2—5.

ства съ членами ряда аргона. Спектрально-аналитическіе опыты остались безрезультатными. Вопросъ о томъ, исходитъ ли изъ всѣхъ активныхъ веществъ одна и та же эманація, или природа ея зависитъ отъ ея происхожденія, пока не можетъ быть рѣшенъ, такъ какъ еще нѣтъ достаточныхъ химическихъ характеристикъ этихъ веществъ. Повидимому эманація радія остается болѣе продолжительное время дѣятельной, чѣмъ эманація торія.

* Наблюдая убываніе индуктированной активности при различныхъ температурахъ, Curie [1]) нашелъ, что убываніе ея не зависитъ отъ той температуры, при которой тѣло находится: тѣла теряли пріобрѣтенную ими активность при температурахъ + 450° и — 180° совершенно такъ же, какъ и при обыкновенной температурѣ. Отсюда Curie выводитъ заключеніе, что нельзя считать эманацію за нѣчто вещественное, такъ какъ трудно допустить, чтобы въ такомъ промежуткѣ температуръ (отъ + 450° до — 180°) не происходило бы никакихъ химическихъ измѣненій этого вещества. Наблюденія же Rutherford'a [2]) показываютъ, что должно эманацію считать за особое вещество, такъ какъ при медленномъ продуваніи воздуха, кислорода или водорода, насыщеннаго эманаціей, чрезъ спиральную трубку, погруженную въ жидкій воздухъ, вытекающій газъ былъ *совершенно лишенъ активности*. Если вынуть спираль изъ жидкаго воздуха, то, продувая чрезъ нее газъ, можно замѣтить, что эманація появляется при опредѣленной температурѣ. Этотъ опытъ возможно

---

[1]) Compt. rend. 136, стр. 223. 1903 и Phys. Zeitschr. 4. № 11, стр. 314. 1903.

[2]) Proc. chem. Soc. p. 219. 1902 и Philos. Mag. (6). 5, стр. 483. 1903.

объяснить, только считая эманацію газообразнымъ веществомъ, которое и могло сгуститься въ трубкѣ при такой низкой температурѣ, какъ температура жидкаго воздуха. *

Высылаемые совмѣстно съ эманаціей лучи можно назвать, по имени открывшаго ихъ, общимъ названіемъ «лучей Беккереля». Они распадаются, какъ уже было упомянуто, на лучи α, β и γ.

Лучи β обладаютъ большою способностью проходить черезъ тѣла и могутъ быть сравнены ближе всего съ катодными лучами. Наблюденія Curie, указавшія, что излученіе радія сопровождается переносомъ отрицательнаго электричества, подтверждаютъ этотъ взглядъ: точно такъ же найденное Hofmann'омъ, Korn'омъ и Strauss'омъ [1]) усиленіе активности нѣкоторыхъ соединеній свинца вслѣдствіе дѣйствія катодныхъ лучей указываетъ на то, что эти послѣдніе стоятъ въ тѣсной связи съ лучами радіоактивныхъ веществъ.

Лучи α сходны съ закатодными (Kanalstrahlen) лучами и возбуждаютъ въ металлахъ вторичную активность, подобно лучамъ Sagnac'a (возбуждаемымъ рентгеновскими лучами). Предположеніе, что α — лучи возбуждаются лучами β [2]), противорѣчитъ даннымъ о свойствахъ полонія, такъ какъ, въ противоположность Giesel'ю, Rutherford и Grier [3]) вовсе не нашли у полонія β-лучей, хотя α-лучи получаются большой интенсивности.

Поэтому Rutherford и Grier говорятъ, что β-лучи

---

[1]) Ber. deutsch. chem. Ges. 34. p. 407 и 35. p. 1456. 1902. Точно такъ же см. W. Arnold, Wied. Ann. 61. p. 316.

[2]) C. Pegram, Science 14. p. 53. 1901.

[3]) Phys. Zeitschr., 3. № 17. p. 385. 1902.

(какъ упомянуто выше) *имѣютъ большое сходство* съ катодными, такъ что всѣ предположенія о послѣднихъ можно перенести на первые.

По установившемуся въ новѣйшее время взгляду [1]), катодные лучи состоятъ изъ потока весьма быстро двигающихся частичекъ, заряженныхъ отрицательно. Такія частички называются *электронами* [2]) или по J. J. Thomson'у [3]) *корпускулами*.

* Изъ опытовъ съ катодными лучами можно найти скорость, съ какою движется электронъ, а также отношеніе заряда, находящагося на немъ, къ массѣ $\left(\frac{\varepsilon}{\mu}\right)$. Какъ извѣстно, катодные лучи, встрѣчая на своемъ пути металлическую пластинку, нагрѣваютъ ее; это нагрѣваніе является результатомъ ударовъ движущихся электроновъ о пластинку. Обозначимъ чрезъ v скорость движенія электрона, чрезъ μ—его массу, а чрезъ ε зарядъ электрона. Пусть въ продолженіе нѣкотораго времени въ пластинку ударяетъ N электроновъ, и вслѣдствіе этого пластинка получаетъ теплоту Q; зарядъ, находящійся на N частицахъ, обозначимъ чрезъ E. Живая сила каждаго электрона $= \frac{1}{2}\mu v^2$, отъ удара N частицъ выдѣляется теплота

$$(1)\ Q = N.\ \frac{1}{2}\mu v^2$$

(Q выражено въ C. G. S. единицахъ).

---

[1]) См., напр., . C. Schmidt, Das Problem der Urmaterie. Chem. Zeitschr. 1, p. 177. 1902.

[2]) См. W. Kaufmann, Vortrag über die Elektronentheorie. Naturforscher-Versammlung Hamburg. 1901.

[3]) Philos. Mag. 48, p. 547—567. 1899.

Съ другой стороны, зарядъ на N частицахъ

$$(2)\ E = N.\ \varepsilon.$$

Изъ (1) и (2) находимъ

$$(3)\ \frac{\mu}{\varepsilon} v^2 = \frac{2Q}{E}$$

Величину $\frac{\mu}{\varepsilon} v^2$ можно вычислить различными способами, напр., можно ее опредѣлить изъ отклоненія катодныхъ лучей въ электрическомъ полѣ; кромѣ того, изъ отклоненія катодныхъ лучей въ магнитномъ полѣ можно опредѣлить величину $\frac{\mu}{\varepsilon} v$. Зная же величины $\frac{\mu}{\varepsilon} v^2$ и $\frac{\mu}{\varepsilon} v$ можно найти v и $\frac{\varepsilon}{\mu}$ [1]).

Скорость v, съ которою движутся электроны, весьма велика. Она пропорціональна корню квадратному изъ разности потенціаловъ и при 10.000 вольтахъ достигаетъ $0,\ 61 \times 10^{10} \frac{\text{сант.}}{\text{сек.}} = 61.000 \frac{\text{килом.}}{\text{сек.}}$, т.-е. приблизительно $= \frac{1}{5}$ скорости свѣта.

Отношеніе $\frac{\varepsilon}{\mu}$ не зависитъ ни отъ газа, находящагося въ трубкѣ, ни отъ матерьяла, изъ котораго сдѣланъ катодъ. Величина этого отношенія $\frac{\varepsilon}{\mu} = 1,\ 87\ .\ 10^8 \frac{\text{кулонъ}}{\text{грамм.}}$ Принимая зарядъ электрона ε равнымъ заряду граммъ—молекулы водорода при электролизѣ, опредѣлимъ μ — массу электрона. Зарядъ граммъ — атома водорода $= 96.540 \frac{\text{кулон.}}{\text{грамм.}}$, отсюда μ = отъ $\frac{1}{2000}$ до $\frac{1}{1000}$ массы атома водорода.

Электронъ *не есть* химическій атомъ, а онъ является какъ бы *носителемъ отрицательнаго заряда*. Каждый же

---

[1]) J. J. Thomson, Phil. Mag. (5). 44, p. 293. 1897.

химическій атомъ, по словамъ J. J. Thomson'a [1]), представляетъ изъ себя собраніе большого числа «корпускулъ» (электроновъ) [2]), причемъ всѣ онѣ образуютъ электрически нейтральный атомъ. Если отъ атома отдѣлится отрицательный электронъ, то «остатокъ атома» является заряженнымъ положительно; такимъ образомъ положительно заряженный атомъ получается изъ атома тогда, когда часть массы атома утеряна. Положительно заряженный атомъ обладаетъ массою почти равной массѣ химическаго атома того газа, изъ котораго онъ образовался. Такіе положительно заряженные атомы являются въ «Kanalstrahlen» Goldstein'a [3]). «Kanalstrahlen» можно получить въ круксовой трубкѣ; они представляютъ изъ себя пучокъ лучей, выходящихъ изъ катода съ отверстіями, и направляются въ сторону противоположную катоднымъ лучамъ (см. Введеніе).

Пучокъ такихъ лучей, по изслѣдованіямъ Wien'a [4]), оказался состоящимъ изъ частицъ заряженныхъ положительно. Лучи эти отклонялись магнитомъ, но въ 10.000 разъ меньше катодныхъ лучей и притомъ въ сторону, противоположную отклоненію катодныхъ лучей. Вычисленія дали скорость этихъ положительныхъ іоновъ, равную $\frac{1}{300}$ скорости свѣта, и массу, близко подходящую къ массѣ атома газа, который находился въ трубкѣ.

Такимъ образомъ іонизація газа состоитъ въ томъ, что не только молекула даннаго газа распадается на атомы, но самъ атомъ въ свою очередь распадается

---

[1]) Phil Mag. 48, p. 547. 1899.

[2]) См. G. C. Schmidt, Das Problem der Urmaterie. Chem. Zeitschr. 1. p. 177. 1902.

[3]) Wied. Ann. 64, p. 38. 1898.

[4]) Wied. Ann. 65, p. 440. 1898.

на положительно заряженный атомъ и на отрицательный электронъ. Послѣдній является *«носителемъ отрицательнаго заряда»* и его (электромагнитная) масса μ = отъ $\frac{1}{2000}$ до $\frac{1}{1000}$ массы атома водорода [1]). Дѣйствительно, для объясненія іонизаціи газа мы должны допустить, что происходитъ не только расщепленіе частицы газа на атомы, но и расщепленіе атомовъ на положительный и отрицательный іоны, такъ какъ явленія прохожденія тока въ гейслеровскихъ трубкахъ, въ случаѣ одноатомныхъ газовъ (напр., аргона и гелія) одни и тѣ же, какъ и въ случаѣ двухатомныхъ газовъ [2]). Если положительные іоны примутъ нужное по ихъ эквивалентности количество отрицательныхъ электроновъ, они, т.-е. іоны, снова дѣлаются атомами элемента [3]). *

Энергію, нужную для отдѣленія *газіона*, можно принять равной $1{,}9 \times 10^{-10}$ эрговъ [4]); эта энергія гораздо больше той, которая нужна для полученія молекулъ водорода и кислорода при электролизѣ, и, повидимому, она для всѣхъ газовъ приблизительно одинакова. Эта энергія выражаетъ работу, которую нужно затратить для отдѣленія электроновъ отъ атомовъ.

Іонизація газа можетъ быть вызвана энергіей удара отрицательныхъ электроновъ (катодные лучи), рентгеновскими, ультрафіолетовыми лучами и лучами радіоактивныхъ веществъ, т.-е. лучами Беккереля. Лучи Беккереля состоятъ изъ α-лучей, β-лучей и γ-лучей [5]).

---

[1]) A. Stanley Mackenzie, Journ. Franklin Inst. 153. p. 451. 1902.

[2]) R. J. Strutt, Phil. Mag. (5). 49. p. 293. 1900.

[3]) Подробнѣе изложено у W. Kaufmann'a Physik Zeitschr. 1. p. 22. 1899.

[4]) Rutherford, Wied. Ann. Beibl. 24 p. 1338. 1900.

[5]) Becquerel Compt. rend. 136. p. 431. 1903.

* О различіи между ними уже было нѣсколько разъ упомянуто. Пользуясь лучами Becquerel'я, можно получить такъ же, какъ и рентгеновскими, образованіе тумана изъ воздуха, пересыщеннаго парами воды. J. J. Thomson [1]) недавно опредѣлилъ изъ такого опыта зарядъ электрона. *

Наблюдаемая при различныхъ радіоактивныхъ веществахъ эманація состоитъ, можетъ быть, изъ іоновъ элемента, остающихся сначала по выходѣ электроновъ положительными, но могущихъ потомъ терять свой зарядъ неизвѣстнымъ для насъ путемъ. Явленія индуктированной активности тоже легко могли бы быть объяснены существованіемъ такихъ частицъ.

Источникъ, изъ котораго радіоактивные элементы заимствуютъ свою энергію, еще неизвѣстенъ. Предварительное освѣщеніе не играетъ по Becquerel'ю никакой роли для радіаціи урана. Вліяніе температуры тоже, какъ кажется, несущественно: дѣйствительно, радіація какъ препаратовъ радія, такъ и урановыхъ солей не ослабѣваетъ даже при температурѣ кипѣнія жидкаго воздуха.

Энергія, получаемая солями радія, по мнѣнію Rutherford'а, довольно значительна: онъ предполагаетъ, что 1 граммъ соли радія съ активностью = 100.000 (окись урана = 1) получаетъ въ 1 годъ энергію = 3.000 калорій [2]).

* Недавно P. Curie и A. Laborde [3]) нашли, что 1 гр. хлористаго барія, въ которомъ было примѣшано $^1/_6$ гр. хлористаго радія, имѣетъ *температуру на 1.°5*

---

[1]) Phil. Magaz. (6). 5, p. 346. 1903.

[2]) Wied. Ann. Beibl. 24. p. 1340. 1900.

[3]) Compt. rend. 136. p. 673. 1903.

выше, чѣмъ такое же количество *чистаго* хлористаго барія. Такимъ образомъ, 1 гр. радія выдѣляетъ въ 1 часъ 100 малыхъ калорій теплоты. * По предположенію Curie радіоактивныя вещества поглощаютъ нѣкоторые лучи, которые способны проникать сквозь всѣ остальныя тѣла безъ замѣтнаго поглощенія и, слѣдовательно, ни при какихъ другихъ условіяхъ замѣчены быть не могутъ, затѣмъ они превращаютъ энергію этихъ лучей въ энергію лучей Беккереля. Elster и Geitel [1]) утверждаютъ напротивъ, что радіація активныхъ веществъ такъ же интенсивна на глубинѣ 800 метр. подъ землею, какъ и надъ нею. Вслѣдствіе этого они предполагаютъ, что лучи, существованіе которыхъ предположили супруги Curie, не могутъ проникать на такую глубину. Надо, однако, принять во вниманіе, что супруги Curie именно приписываютъ этимъ лучамъ качество проникать всѣ нерадіоактивныя тѣла безъ замѣтнаго поглощенія. Elster и Geitel видятъ источникъ энергіи въ самихъ атомахъ радіоактивныхъ веществъ и думаютъ, что атомъ радіоактивнаго элемента переходитъ на подобіе молекулы нестойкаго соединенія въ устойчивое состояніе, отдавая при этомъ энергію. Активное вещество должно было бы такимъ образомъ перейти постепенно въ неактивное, мѣняя при этомъ свойства, присущія элементу. Rutherford и Soddy [2]) полагаютъ, что активныя соединенія торія непрерывно производятъ какой-то торій—X, соединенія радія производятъ радій—X [3]), и что уранъ производитъ непрерывно уранъ—X, а можетъ быть даже еще

[1]) Wied. Ann. Beibl. 23 p. 443. 1899.
[2]) Proceedings Chem. Soc. 18, p. 121.
[3]) Philos. Mag. (6). 5, p. 445. 1903.

какое-то другое вещество, совершенно не похожее на уранъ. Geoffroy Martin [1]) смотритъ на радіоактивные элементы какъ на такіе, которые подвергаются разложенію уже при обыкновенной температурѣ.

* Н. Н. Векетовъ [2]) держится того мнѣнія, что *недѣлимые химически атомы* образовались скопленіемъ болѣе *тонкой матеріи* (или эфира или электроновъ), находящейся въ ультра-динамическомъ состояніи, т.-е. такой, частицы которой обладаютъ въ сравненіи съ атомами громаднымъ запасомъ живой силы (энергіи). При соединеніи въ атомы остается большій или меньшій запасъ (остаточный) энергіи въ самомъ соединеніи. Скопленіе матеріи для образованія элементовъ происходитъ по опредѣленному закону (періодическій законъ Менделѣева). Необходимо допустить *предѣлъ скопленія* матеріи въ атомы или предѣлъ *прочности* такихъ скопленій. Приближаясь къ такому предѣлу, атомы должны терять свою устойчивость, и чѣмъ больше атомный вѣсъ элемента, тѣмъ прочность его будетъ меньше. Это особенно должно сказаться въ группахъ энергическихъ элементовъ съ большими сравнительно атомными объемами, напр., въ группахъ щелочныхъ и щелочно-земельныхъ металловъ, къ которымъ принадлежитъ и радій. *Атомъ радія представляетъ предѣлъ прочнаго равновѣсія*, т.-е. представляетъ случай равновѣсія неустойчиваго. *

Такими гипотезами пока трудно убѣдить химиковъ, такъ какъ постоянство элементовъ у нихъ считается хорошо обоснованнымъ экспериментально фактомъ.

---

[1]) Chem. News. 85, p. 205.

[2]) Журн. Русск. Физ.-хим. Общ. т. 35, часть I, стр. 189, 1903.

Что новые радіоактивные элементы представляютъ принципіальное исключеніе изъ всѣхъ элементовъ, это пока только предположеніе, нуждающееся еще въ доказательствѣ.

Пока лучше всего принять предположеніе супруговъ Curie, что дѣйствіе активныхъ веществъ зависитъ отъ нѣкотораго вида энергіи, поступающей извнѣ къ атомамъ этихъ веществъ.

Каковъ бы ни былъ отвѣтъ, который дадутъ на этотъ вопросъ будущія изслѣдованія, уже теперь можно сказать, что открытіе радіоактивныхъ веществъ есть шагъ въ совершенно новыя области физики и химіи.

ПРИЛОЖЕНІЕ.

О физіологическомъ значеніи радія [1]).

Способность матеріальныхъ потоковъ радія измѣнять физическія свойства и химическое состояніе неживыхъ объектовъ природы должна была естественнымъ образомъ навести изслѣдователей на мысль, что потоки эти не остаются безъ вліянія и на живую матерію. И въ самомъ дѣлѣ, вѣдь что такое живая матерія, какъ не субстратъ особой игры физико-химическихъ явленій, движимыхъ только особой, намъ еще неизвѣстной, біологической силой? Опытъ вполнѣ подтвердилъ апріорное заключеніе.

Передъ нами препаратъ бромистаго радія, къ которому примѣшаны бромистыя соединенія другихъ щелочно-земельныхъ металловъ. Препаратъ этотъ въ обычныхъ условіяхъ воспринимается нашимъ глазомъ въ видѣ крупинокъ желто-бураго табачнаго цвѣта. Конечно,

[1]) Лекція, читанная д-ромъ Е. С. Лондономъ въ залѣ Тенишева 27-го и 28-го апрѣля 1905 г. Въ основу этой лекціи легли собственныя изслѣдованія автора.

съ закрытыми глазами и къ тому-же еще крѣпко завязанными черной лентой видѣть этотъ порошокъ невозможно. Оказывается, однако, что если мы приблизимъ данный препаратъ, заключенный въ коробочку подъ слюдяной крышкой, къ перевязанному черной матеріей глазу человѣка, то онъ получаетъ свѣтовое ощущеніе. Ему кажется, будто передъ нимъ открылось озаренное синеватымъ свѣтомъ поле. Слабый отблескъ получается и въ другомъ глазу. Нормальный глазъ, какъ показали спеціальныя наблюденія, начинаетъ ощущать первые проблески свѣта, когда коробочка съ 30 мгр. бромистаго радія приближается къ нему на разстояніе 12 сантиметровъ. Можно коробочку съ радіемъ заключить въ металлическій футлярчикъ, и результатъ отъ этого существенно не мѣняется.

Спрашивается: на какую часть зрительнаго аппарата дѣйствуютъ лучи радія?

Для выясненія этого вопроса пришлось прибѣгнуть къ наблюденіямъ надъ такими людьми, у которыхъ одинъ глазъ здоровъ и можетъ, слѣдовательно, служить для контроля, а другой страдаетъ заболѣваніемъ того или другого составного отдѣла. Можно было думать, что озареніе глаза обусловливается флуоресцированіемъ въ лучахъ радія хрусталика [1]). Но оказалось, что глазъ, въ которомъ хрусталикъ отсутствуетъ или помутнѣлъ, получаетъ часто болѣе сильное свѣтовое ощущеніе, чѣмъ глазъ нормальный.

Слѣдовательно, источникомъ свѣтового впечатлѣнія никоимъ образомъ нельзя считать флуоресцированіе хрусталика.

---

[1]) F. Himstedt. u. W. A Nagel. Ber. der Naturforsch. Ges. Freiburg i. Br. 11. 139—152.

Наблюденія показали, что воспринимающимъ фономъ служитъ здѣсь сѣтчатка. Матеріальные потоки радія пронизываютъ вѣки, роговицу, хрусталикъ, стекловидное тѣло и, достигши сѣтчатки, приводятъ ее въ особое состояніе, которое воспринимается психическимъ центромъ мозга въ видѣ ощущенія свѣтлаго поля. Это не то впечатлѣніе, которое мы получаемъ отъ свѣтящагося предмета, напр., отъ солнца, лампы и т. п. Это совсѣмъ нѣчто особенное, а именно: чувство свѣченія сѣтчатки. Въ лучахъ радія при абсолютной темнотѣ человѣкъ видитъ въ сущности свою собственную сѣтчатку, точнѣе, свѣченіе своей сѣтчатки, или, еще точнѣе, свое освѣщенное поле зрѣнія. Что это дѣйствительно такъ, доказывается между прочимъ слѣдующими наблюденіями: 1) если у человѣка путемъ операціи удалена сѣтчатка, какъ это имѣетъ мѣсто при вырѣзываніи или выскабливаніи глаза, то на соотвѣтствующей сторонѣ отсутствуетъ свѣтовое ощущеніе при приближеніи коробочки съ радіемъ; напротивъ ощущеніе снѣта, правда слабое, получается въ другомъ, сохранившемся глазу. Тотъ-же результатъ наблюдается, если сѣтчатка, хотя и сохранилась, но вполнѣ атрофировалась. 2) Если сѣтчатка глаза рѣзко измѣнена лишь въ одной своей половинѣ, то отъ приближенія коробочки съ радіемъ человѣкъ получаетъ впечатлѣніе свѣтящагося полукруга. Подобные больные говорятъ, что они отъ приближенія радія видятъ какъ бы полулуніе. Другія типичныя заболѣванія сѣтчатки даютъ болѣе или менѣе также характерныя свѣтовыя впечатлѣнія.

Въ виду способности радія проникать черезъ всѣ непрозрачные предметы, нечего удивляться, если чело-

вѣкъ получаетъ свѣтовое впечатлѣніе и при приближеніи коробочки съ радіемъ къ его лбу или виску, или темени и даже затылку. Лучи пронизываютъ кожу и кости лба, кожу и кости виска и т. д. и, достигши сѣтчатки, вызываютъ ея свѣченіе.

При помощи лучей радія можно дать человѣку возможность почувствовать возбужденіе его психическаго зрительнаго центра, расположеннаго въ заднихъ доляхъ мозга, въ такъ назыв. gyrus angularis; для этого стоитъ лишь поднести коробочку съ радіемъ къ соотвѣтственному мѣсту черепа. Этотъ опытъ удается, по преимуществу, у тѣхъ людей, у которыхъ въ соотвѣтственномъ мѣстѣ голова обнажена отъ волосъ и кости достаточно тонки. Ничѣмъ другимъ этого достигнуть нельзя.

Мы видѣли, что сѣтчатка человѣческаго глаза воспріимчива къ всепронизывающимъ лучамъ радія. Невольно навязывается вопросъ: нельзя ли при ихъ помощи видѣть въ абсолютно темной комнатѣ съ закрытыми и завязанными свѣтонепроницаемой матеріей глазами стоящіе предъ нами предметы?

Мы видимъ находящіеся передъ нами освѣщенные предметы потому, что падающіе на ихъ поверхность свѣтовые лучи отражаются отъ послѣдней, попадаютъ въ нашъ глазъ, преломляются имъ и даютъ изображеніе на нашей сѣтчаткѣ. Если бы лучи радія, подобно свѣтовымъ лучамъ, отражались отъ поверхности предметовъ и преломлялись срединами нашего глаза, то стоило бы въ абсолютно темной комнатѣ направить ихъ на стоящій передъ нами предметъ, и мы бы сразу его увидѣли,

даже съ завязанными глазами. Но все дѣло въ томъ, что лучи радія не отражаются поверхностями тѣлъ, не преломляются прозрачными средами. Они неизмѣнно и неуклонно сохраняютъ свое строго прямолинейное направленіе, отъ котораго отклонить ихъ способенъ лишь магнитъ.

Итакъ, на поставленный выше вопросъ слѣдуетъ отвѣтить отрицательно.

Но если радій непосредственно не даетъ возможности видѣть самые предметы, то зато онъ даетъ возможность видѣть ихъ косвеннымъ образомъ, особенно ихъ изображенія, силуэты.

Глазъ нашъ, какъ извѣстно, въ большемъ переднемъ своемъ отдѣлѣ состоитъ изъ свѣтопроницаемыхъ прозрачныхъ средъ (роговицы, хрусталика, стекловиднаго тѣла), а въ меньшемъ заднемъ отдѣлѣ содержитъ свѣто-, а также цвѣточувствительную оболочку, именуемую сѣтчаткой глаза. Пусть человѣкъ ничего никогда не видѣлъ, но разъ природа не лишила его еще окончательно способности отличать свѣтъ отъ тьмы, то у него можно создать цѣлый міръ зрительныхъ представленій.

Вотъ три основныхъ принципа трактуемаго здѣсь способа зрѣнія:

I. Нормальный глазъ схватываетъ образъ предмета, находящагося въ предѣлахъ его поля зрѣнія, сразу, такъ какъ изображеніе предмета въ этомъ случаѣ отпечатлѣвается на сѣтчаткѣ цѣликомъ. Точно такимъ-же образомъ мы съ помощью осязанія можемъ сразу опредѣлить и назвать предметъ, разъ онъ цѣликомъ умѣщается въ нашей рукѣ, напр., когда дѣло идетъ о карманныхъ часахъ, ключикѣ, портмонэ и т. п. Но представимъ себѣ, что глазъ покрытъ непрозрачнымъ кол-

пакомъ съ очень небольшимъ отверстіемъ. Чрезъ это отверстіе, находящееся на извѣстномъ разстояніи отъ глаза, послѣдній можетъ видѣть лишь небольшой участокъ стоящаго предъ нимъ предмета. Значитъ ли это, однако, что глазъ совершенно лишенъ возможности схватить весь предметъ? Ясно, что нѣтъ. Обводя глазами предметъ со всѣхъ сторонъ, человѣкъ получаетъ о немъ, такъ сказать, суммированное, синтетическое зрительное представленіе. Если въ первый разъ ему приходится долго, такъ сказать, щупать глазами очертанія предмета, то съ каждымъ слѣдующимъ разомъ этотъ процессъ совершается съ возрастающей скоростью.

II. Все это, впрочемъ, просто, если дѣло идетъ о человѣкѣ, у котораго зрѣніе ограничилось только пространственно. Но обстоятельства значительно осложняются, когда приходимъ въ соприкосновеніе съ людьми, у которыхъ зрѣніе ограничено не только пространственно. Сюда относятся, напр., воспитанники домовъ призрѣнія слѣпыхъ. У большинства изъ нихъ зрѣніе измѣнено и качественно, т.-е. понижена способность глаза различать, разграничивать разсматриваемые объекты. Эти несчастные находятся въ отношеніи обычной обстановки въ такомъ же положеніи, въ какомъ мы, нормальные люди, находимся въ отношеніи безконечно далекихъ или безконечно мелкихъ объектовъ. Вѣдь днемъ звѣзды посылаютъ нашему глазу свѣтовые лучи, но мы все-таки ихъ не видимъ: не различаемъ ихъ на небесномъ сводѣ. Ночью мы ихъ различаемъ и различаемъ исключительно въ силу контраста съ потемнѣвшимъ фономъ неба. Точно также пылинки, взвѣшенныя въ спокойномъ комнатномъ воздухѣ, посылаютъ нашему глазу свѣтъ, но этихъ пылинокъ

мы не видимъ, ибо не различаемъ ихъ или, иначе говоря, не выдѣляемъ ихъ нашимъ зрѣніемъ посреди однообразно прозрачнаго воздуха. Но стоитъ намъ въ этой же комнатѣ закрыть двери и окна и пропустить чрезъ щель въ ставняхъ узкую полосу свѣта, какъ мы тотчасъ начнемъ ясно различать мелькаціе свѣтящихся пылинокъ въ освѣщенномъ слоѣ воздуха. Опять-таки, слѣдовательно, не измѣнивши въ обстановкѣ ничего кромѣ условій освѣщенія, мы получили уже возможность различать то, чего мы раньше различать не умѣли. Укажу еще болѣе разительный примѣръ. Видя предметъ, мы, въ сущности говоря, видимъ и всѣ молекулы, образующія его поверхность; но вся бѣда въ томъ, что мы ихъ не различаемъ порознь, а потому и говоримъ, что не видимъ ихъ. Однако, въ самое послѣднее время Зидентопфомъ и Сигмунти изобрѣтенъ приборъ, позволяющій различать такія ничтожно малыя частички золота въ рубинѣ, которыя своей величиной далеко уступаютъ молекуламъ бѣлка или углеводовъ. Достаточно сказать, что названный приборъ позволяетъ намъ видѣть, точнѣе различать, свѣтоощущать частички золота съ діаметромъ въ четыре десятимилліонныхъ доли миллиметра. Это значитъ другими словами, что если бы мы могли эти свѣтоощущаемыя нами частички золота расположить въ одинъ рядъ на краю ногтя нашего мизинца, принимая этотъ край равнымъ одному сантиметру, то ихъ умѣстилось бы 25 милліоновъ штукъ. Вотъ величина, которая въ послѣднее время сдѣлана доступной нашему зрительному воспріятію. И все это исключительно въ силу свѣтовыхъ условій, создаваемыхъ названнымъ приборомъ. Вы смотрите на рубинъ въ обыкновенный микроскопъ, увеличивающій въ 3—4 ты-

сячи разъ, а различаете мельчайшія подробности, благодаря особымъ свѣтовымъ условіямъ, такъ какъ будто бы микроскопъ давалъ увеличеніе въ 120 тысячъ разъ. Другими словами, контрастностью освѣщенія различительная способность нашего глаза увеличивается приблизительно въ 30 тысячъ разъ. Вся суть здѣсь въ томъ, что микроскопическое изслѣдованіе, производится въ совершенно темной комнатѣ, и рубинъ подъ микроскопомъ освѣщается сбоку концентрированнымъ лучомъ свѣта.

Изъ всего сказаннаго явствуетъ, что, желая увеличить различительную способность глаза свѣтопріимчиваго слѣпца, мы должны прежде всего помѣстить его въ темную комнату, чтобы никакой посторонній свѣтъ не падалъ на его глазъ. Затѣмъ освѣтить радіемъ экранъ и вызвать на послѣднемъ образованіе тѣневыхъ фигуръ. А этого можно достигнуть либо помѣщеніемъ металлическихъ объектовъ позади экрана, либо черныхъ бумажныхъ фигуръ на экранѣ. Оба эти пріема имѣютъ свои спеціальныя педагогическія показанія. Самыя послѣднія наблюденія показали, что цѣлесообразнѣе покрывать освѣщенный радіемъ экранъ черною свѣтонепроницаемою бумагою, въ которой вырѣзаны фигуры. При абсолютной общей темнотѣ, слѣдовательно, свѣтятся лишь требуемыя изображенія.

III. Флуоресценцію радія мы воспринимаемъ лучше периферическимъ зрѣніемъ, чѣмъ центральнымъ, что, при страданіяхъ глаза имѣетъ, конечно, большое значеніе.

Но это еще не все. Можно—и это ужъ совсѣмъ не трудно—давать свѣтовоспріимчивымъ слѣпцамъ зрительныя представленія, рисуя, такъ сказать, радіемъ на темной сторонѣ экрана. Это даетъ возможность учить ихъ не только чтенію, но и письму по зрячему—выра-

жаясь ихъ спеціальнымъ терминомъ. Мало того, можно ихъ учить такимъ способомъ и началамъ живописи, по крайней мѣрѣ одноцвѣтной. Данный пріемъ также далъ уже полезные практическіе результаты.

Таковы отношенія радія къ области нашего зрѣнія.

Въ зрительномъ аппаратѣ, какъ мы видѣли, воспріимчивость къ лучамъ радія обнаруживаютъ нервные элементы. Спрашивается: не реагируютъ-ли на эти лучи съ извѣстнаго разстоянія и другіе отдѣлы нервной системы?

Опыты на позвоночныхъ животныхъ заставляютъ отвѣтить на этотъ вопросъ положительно.

Наиболѣе подходящимъ объектомъ для опытовъ этого рода оказались бѣлыя мыши. Если посадить нѣсколько бѣлыхъ мышей въ банку, накрытую крышкой— обыкновенно берется сѣтчатая металлическая крышка— и положить на послѣднюю коробочку съ радіемъ, то уже въ скоромъ времени замѣчается у радіируемыхъ животныхъ покраснѣніе ушей. Ничѣмъ инымъ, какъ параличемъ вѣтвей такъ называемаго симпатическаго нерва этого покраснѣнія нельзя объяснить. Съ теченіемъ времени уши краснѣютъ все сильнѣе и сильнѣе. Получается, въ концѣ концовъ, точь-въ-точь такая-же картина, какъ будто бы животнымъ кто-нибудь перерѣзалъ симпатическіе нервы въ шейной ихъ части. На вторыя, третьи сутки, хотя бы радій былъ къ этому времени уже устраненъ, появляются ясные симптомы мозгового заболѣванія. Животныя какъ-бы погружаются въ свой внутренній міръ, равнодушно отвернувшись отъ всего окружающаго. Они закрываютъ глаза,

отказываются отъ пищи, дѣлаются вялыми и неподвижными. Затѣмъ начинаютъ выступать параличныя явленія со стороны конечностей, особенно заднихъ. Въ концѣ концовъ, они совершенно лишаются способности передвигаться, впадаютъ въ безсознательное состояніе и погибаютъ при явленіяхъ паралича дыханія. Если бы эти мыши умѣли мыслить по нашему — а по своему онѣ, навѣрное, мыслятъ, — то имъ осталось бы лишь одно, а именно, выразить полное недоумѣніе по поводу неожиданно приключившагося съ ними: ничего кругомъ незамѣтно особеннаго; въ банкѣ тепло, уютно, пищи вдоволь; откуда же вдругъ такая напасть? правда, на крышкѣ лежитъ какая-то коробочка, а въ ней желтенькій порошочекъ, спрятанный за слюдяной пластинкой, но вѣдь быть не можетъ, чтобы эти желтенькія крупинки съ такого разстоянія причиняли болѣзнь и смерть; это было бы выше разумѣнія.

А все-таки это такъ. Эти желтыя крупиночки однимъ лишь своимъ присутствіемъ съ почтеннаго удаленія уже отняли жизнь у двадцати мышей, и всякій разъ съ неослабной силой. Откуда же берется эта смертоносная сила? Простой разсчетъ показалъ, что въ одинъ годъ данный препаратъ радія можетъ отнять жизнь у 2—3 тысячъ мышей, нисколько притомъ, повидимому, не расходуясь и вызывая еще при этомъ всякія другія физическія и химическія явленія въ окружающей обстановкѣ.

Чувствительны, однако, къ лучамъ радія не только нервные элементы. При вскрытіи радіированныхъ мышей легко въ этомъ убѣдиться во-очію. Внутренняя поверхность кожи, бѣлоснѣжная у нормальныхъ мышей, представляется у послѣднихъ рѣзко покраснѣвшей.

Шерсть вылѣзаетъ при малѣйшемъ дотрагиваніи. Подъ микроскопомъ видно разрушеніе и омертвѣніе клѣтокъ гиподермальнаго слоя съ начинающимся воспалительнымъ состояніемъ. И если бы мыши не погибли такъ скоро, то кожа ихъ подверглась бы впослѣдствіи на большомъ протяженіи рѣзкому разрушенію, которое уже само по себѣ повлекло бы за собою смерть. Если не считать сильнаго налитія кровью оболочекъ мозга, то изъ внутреннихъ органовъ наиболѣе сильно измѣненною представляется селезенка. Почему селезенка такъ чувствительна къ лучамъ радія — сказать пока трудно.

Подобно бѣлымъ мышамъ поражаются лучами радія и болѣе крупныя животныя: морскія свинки, кролики и др. Пострадали отъ нихъ уже и люди, къ счастью, впрочемъ, пока безъ рѣзкаго ущерба для жизни, хотя не безъ непріятныхъ послѣдствій для здоровья. Пострадали, само собою разумѣется, экспериментаторы— одни случайно, а другіе по собственному желанію, ради опыта. И вотъ оказалось, что съ извѣстнаго разстоянія радій производитъ, такъ сказать, холодные ожоги. Отличаются эти холодные ожоги отъ настоящихъ горячихъ ожоговъ тѣмъ, во-первыхъ, что во время дѣйствія лучей радія человѣкъ не чувствуетъ жара, да и вообще ничего при этомъ не чувствуетъ особеннаго, а во-вторыхъ, тѣмъ, что послѣдствія ожоговъ трудно залѣчиваются. Смотря по продолжительности дѣйствія, по разстоянію и т. п. получается либо ожогъ первой степени (т.-е. покраснѣніе кожи), либо второй (волдырь), либо третьей (струпъ), либо четвертой (изъязвленіе). Интересно, что первые симптомы ожоговъ появляются лишь спустя болѣе или менѣе продолжительное время послѣ момента радіаціи; чѣмъ сильнѣе была радіація,

тѣмъ раньше они выступаютъ, и тѣмъ грустнѣе послѣдствія. Мы имѣемъ здѣсь такой же скрытый періодъ болѣзни, какъ при страданіяхъ заразнаго характера. (см. рис. 5 на табл. III).

Не ускользаютъ отъ дѣйствія лучей радія и низшія животныя формы, а также растенія. Тараканы, гусеницы, личинки, головастики, растительныя сѣмена, листья — всѣ одинаково подвержены неотразимому вліянію послѣднихъ. Нельзя здѣсь кстати не отмѣтить слѣдующаго интереснаго факта. Если личинки лягушекъ пробыли короткое время въ лучахъ радія, то изъ нихъ выходятъ уродливыя формы головастиковъ. Эти уроды такъ-же недолговѣчны, какъ и уроды, такъ сказать, натуральные [1]).

На особое мѣсто слѣдуетъ поставить бактеріи, — не потому особое, чтобы онѣ какъ-нибудь иначе относились къ лучамъ радія, — а потому, что бактеріи насъ интересуютъ съ практической стороны. Если еще можно спорить противъ того, что такъ назыв. неболѣзнетворныя бактеріи намъ полезны, то уже никакого спора не можетъ быть на счетъ того, что такъ назыв. болѣзнетворныя бактеріи причиняютъ намъ вредъ. Медицина не перестаетъ выискивать средства борьбы съ ними. Медицина нашла и карболку, и сулему, и формалинъ и всякія другія дезинфецирующія вещества, но ни одно изъ нихъ не даетъ медикамъ полнаго удовлетворенія: нѣтъ средства, которое способно было бы проникать всюду, куда проникаютъ ничтожно малыя бактеріи. Въ матеріальныхъ потокахъ радія медицина очевидно нашла то, къ чему она такъ тщетно доселѣ стремилась; ибо нѣтъ объекта, который бы не

[1]) Georges Bohn, Compt. rend. 136 p. 1012 1903.

могъ быть насквозь пронизанъ смертоносными лучами радія.

Къ сожалѣнію, этотъ серьезный практическій вопросъ можетъ пока считаться рѣшеннымъ лишь теоретически, ибо нѣтъ еще того количества радія, которое могло бы вывести теорію на путь широкой практики.

Въ лучахъ радія найдено новое средство борьбы съ бактеріями и, судя по новѣйшимъ изслѣдованіямъ, найдено въ нихъ также средство противъ такихъ жестокихъ болѣзней, какъ волчанка, кожный ракъ и др.

Всѣмъ этимъ далеко не исчерпывается польза отъ радія. Послѣдній служитъ центромъ цѣлаго ученія о радіоактивности и эманаціи. А эманація, оказывается, довольно широко распространена въ природѣ. Особенно богатъ ею воздухъ, выступающій изъ-подъ земли и распространяющій ее въ надземной атмосферѣ. Эманація, по изслѣдованіямъ, дѣйствуетъ такъ же гибельно, какъ и лучи радія. И вотъ невольно зарождается цѣлый рядъ вопросовъ. Не кроется-ли въ эманаціи важный доселѣ намъ неизвѣстный біологопатологическій факторъ? Это дѣло будущихъ изслѣдованій.

ОГЛАВЛЕНІЕ.

		стран.
Введеніе	a) Прохожденіе тока чрезъ растворы кислотъ и солей	2
	b) Прохожденіе тока чрезъ разрѣженные газы	8
Глава I.	Основныя наблюденія Becquerel'я надъ активностью урана	14
Глава II.	Радіоактивный висмутъ (полоній)	19
Глава III.	Радіоактивный свинецъ	23
Глава IV.	Радій	26
Глава V.	Радіоактивный торій	40
Глава VI.	Индуктированная активность	48
Глава VII.	Радіоактивность въ воздухѣ	53
Глава VIII.	Общій выводъ и заключеніе	58
Приложеніе:	Статья Е. С. Лондона «О физіологическомъ значеніи радія»	71

ТАБЛИЦА I.

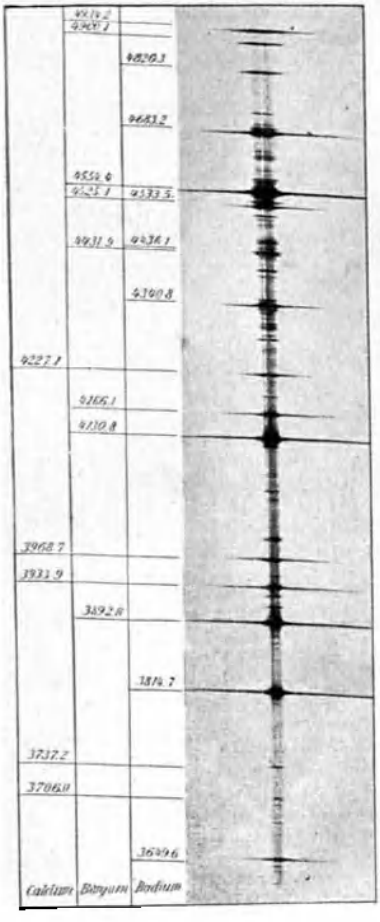


Рис. 1.

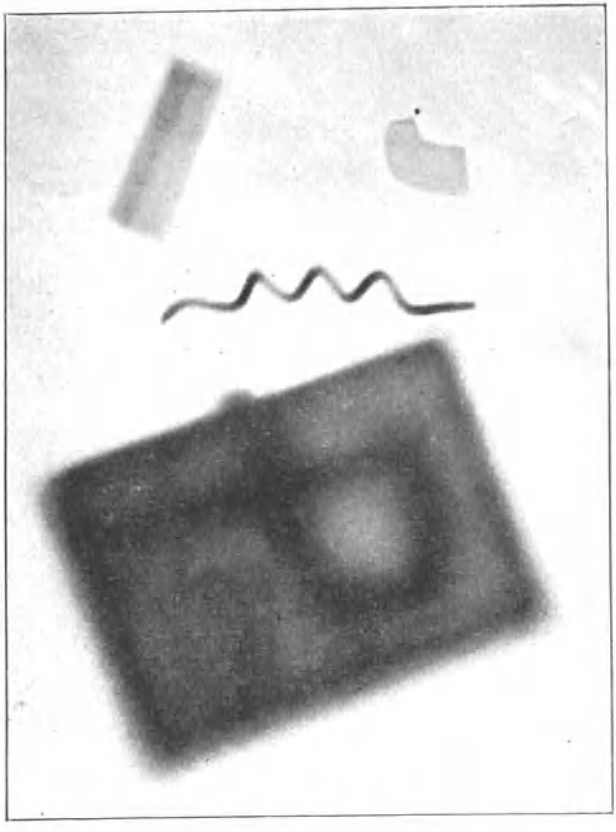


Рис. 2.

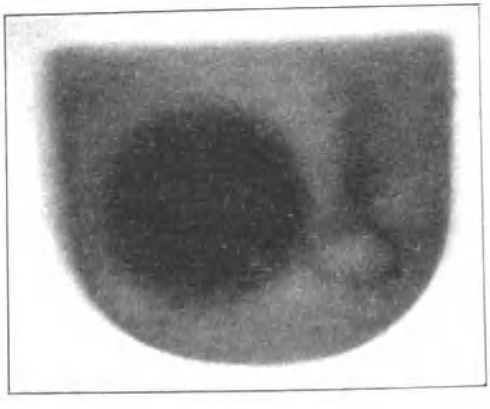


Рис. 4.

ТАБЛИЦА I.

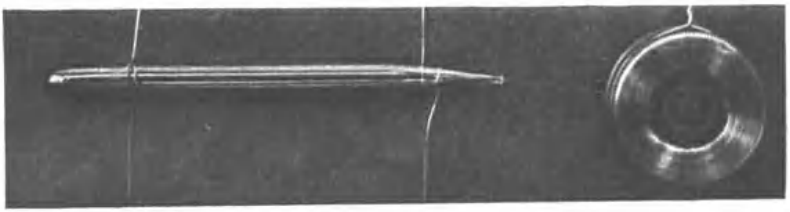


Рис. 3.

Рис. 5.

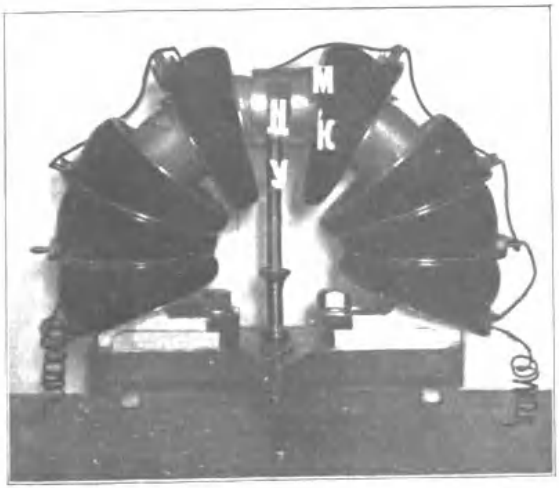


Рис. 6.

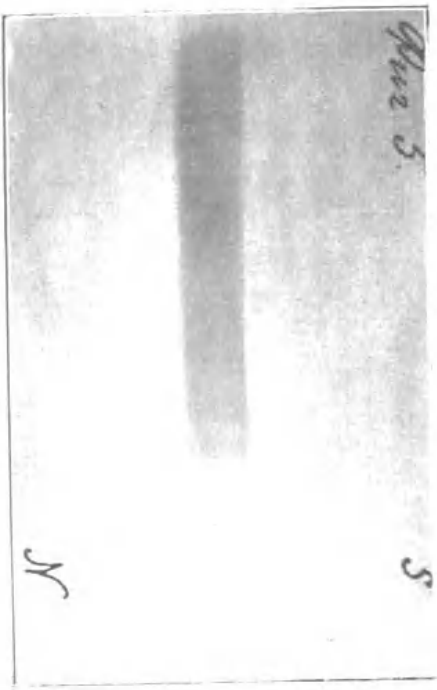
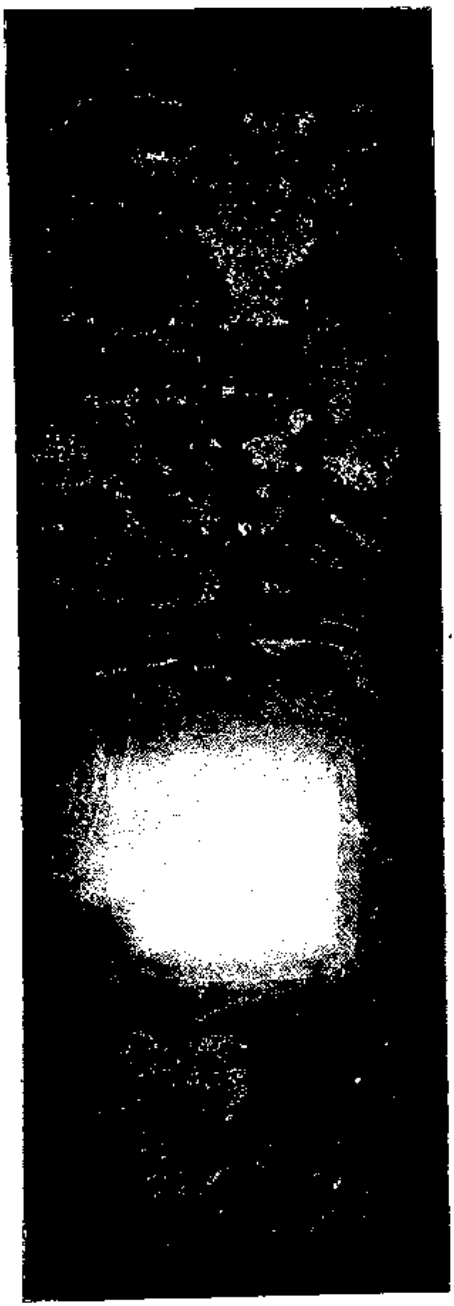
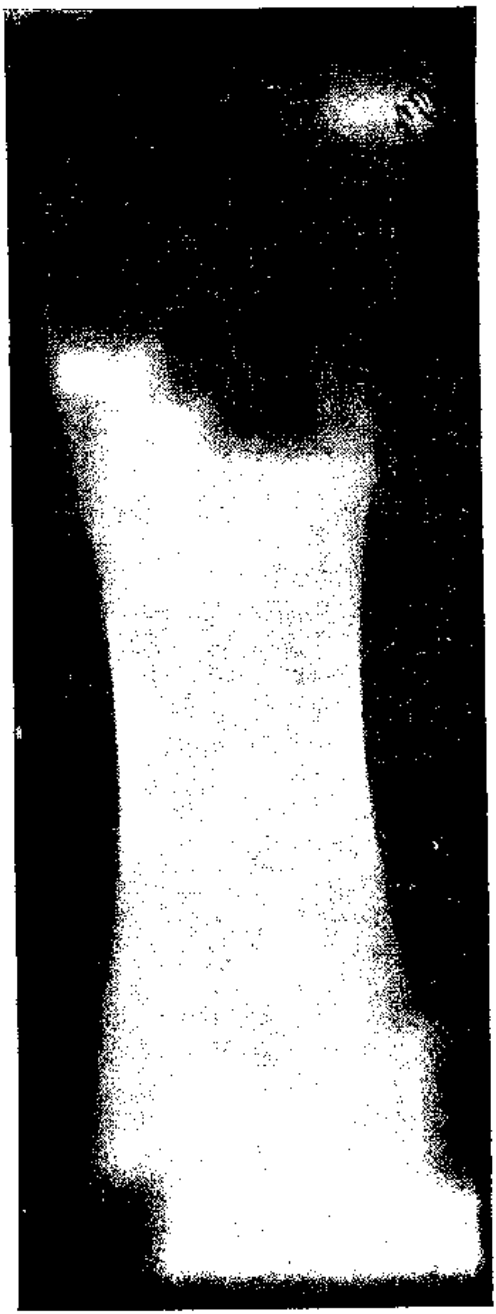


Рис. 7.

ТАБЛИЦА II.



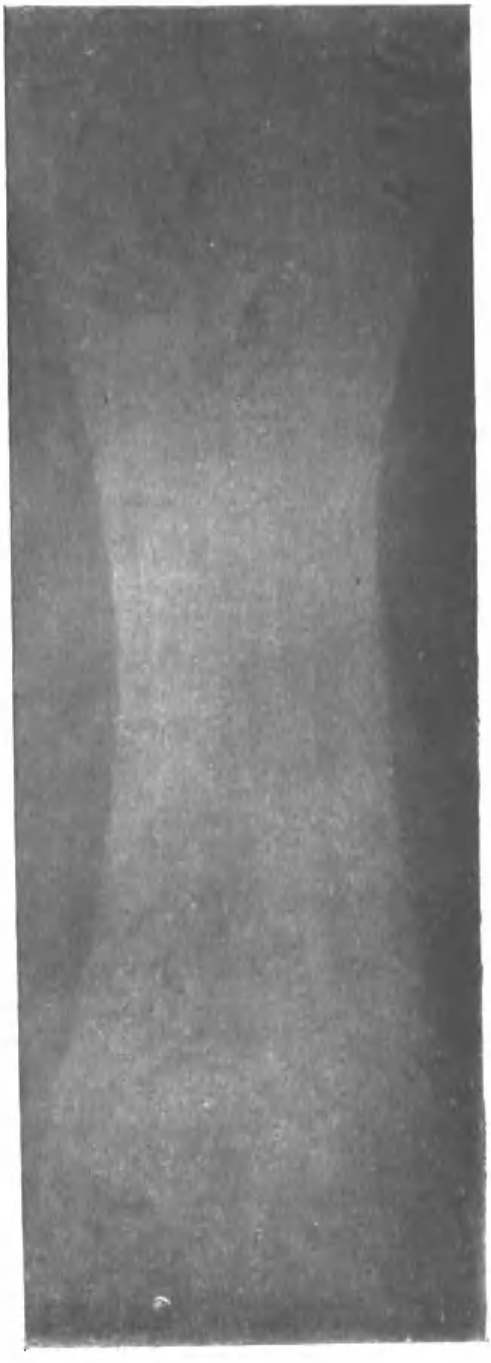
Фиг. 1.



Фиг. 2.

ТАБЛИЦА II.

Фиг. 3.



Фиг. 4.

ТАБЛИЦА III.

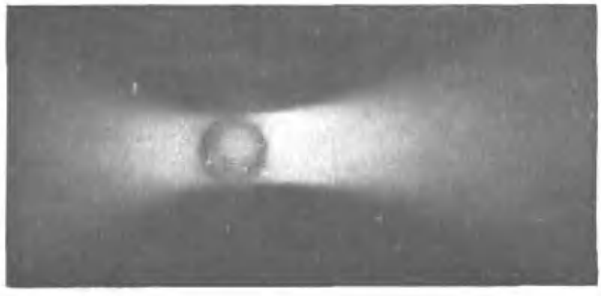


Рис. 1.

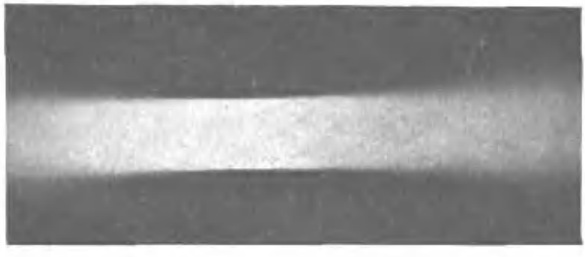


Рис. 2.

Рис. 3.

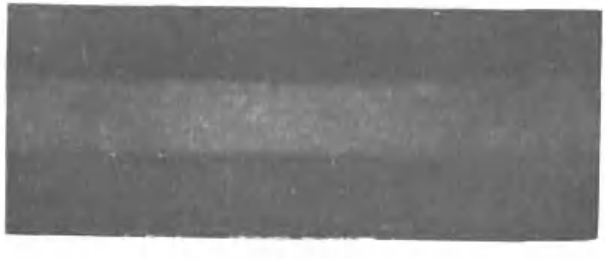


Рис. 4.

ТАБЛИЦА III.

Рис. 5.

Снимокъ руки съ язвами отъ дѣйствія лучей радія.

Коробочка съ бромистымъ радіемъ лежала въ продолженіе 2 часовъ на рукѣ. Чрезъ 3 дня на этомъ мѣстѣ выступило покраснѣніе, а затѣмъ вскочилъ волдырь; волдырь лопнулъ, и образовалась язва, находящая на тыльной сторонѣ локтя (на правой сторонѣ рисунка наверху).

Такъ какъ во время опыта рука была согнута въ локтѣ, то лучи радія, прошедшія чрезъ заднюю и боковыя стѣнки коробочки, вызвали совершенно неожиданно образованіе 2 другихъ язвъ (на лѣвой сторонѣ рисунка 2 язвы сверху и на правой сторонѣ одна внизу).

Книжный магазинъ К. Л. РИККЕРА, въ С.-Петербургѣ.

Невскій проспектъ № 14.

Делоне, Н. Б. проф. Курсъ теоретической механики для техниковъ и инженеровъ. Съ 163 рис. 416 стр. 1902 . . . . . 3 р. 50 к.

Делоне, Н. Б. проф. Начальное руководство къ самостоятельному изученію высшей математики и механики. Съ 321 рис. 486 стр. 1900 . . . . . 4 р. 20 к.

Делоне, Н. Б. проф. Лекціи по практической механикѣ, читанныя въ Варшавскомъ Политехническомъ Институтѣ Императора Николая II. Съ 214 рис. 177 стр. 1901. . . . . 2 р. —

Jaumann, E. Dr. Общепонятныя чтенія объ электричествѣ и свѣтѣ, перев. съ нѣм. инж.-техн. Л. А. Боровича. Съ 188 рис. 349 стр. 1903 . . . . . 2 р. 60 к.

Мессеръ, Я. Звѣздный атласъ для небесныхъ наблюденій. 8-ое изданіе. Двѣ общія карты сѣвернаго и южнаго неба и 26 спеціальныхъ картъ звѣздъ, видимыхъ простымъ глазомъ до 35 градуса южнаго склоненія, съ обозначеніемъ перемѣнныхъ и двойныхъ звѣздъ, звѣздныхъ кучъ и туманныхъ пятенъ. 1901 . . . . . 5 р. —

Мусскеліусъ, В. Р. Введеніе въ основы строенія сплавовъ. Съ 18 рис. 109 стр. часть I. 1903 . . . . . 2 р. 50 к.

Павловъ, С. Вулканы и землетрясенія. 424 стр. 1903 . . . . 1 р. 50 к.

Эйхенвальдъ, А. Катодные лучи. Съ 90 рис. 1201. . . . . — 40 к.

Эйхенвальдъ, А. Вольтова дуга. Популярная лекція, 1902. . . — 30 к.

Яковлевскій, А. и М. Дешевой. Учебникъ технической физики для ремесленныхъ училищъ. Съ 670 черт. 544 стр. 1901 . 2 р. 75 к.

Якубовичъ, И. Н. Причина всемірнаго тяготѣнія. Гипотеза о приближеніи земли къ солнцу. 2-ое изд. 1902. . . . . — 30 к.

Ярковскій, И. О. Плотность свѣтового эфира и оказываемое имъ сопротивленію движенію. 1901 . . . . . — 25 к.

Книжный магазинъ К. Л. РИККЕРА, въ С.-Петербургѣ.

Невскій проспектъ № 14.