

ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

Радиоактивныя явленія.

Статья Ф. Содди.

(Окончаніе *).

Радій даетъ вполне опредѣленныя указанія на тотъ періодъ радиоактивнаго превращенія, когда образуются β -лучи. Напомнимъ, что въ случаѣ урана α -лучи образуются при перехожд урана въ уранъ-Х, а β -лучи при послѣдующей дезинтеграціи урана-Х. Случай торія и радія болѣе сложны. Что касается перваго, то сомнительно, чтобы до сихъ поръ удалось вполне отдѣлить торій-Х отъ вещества, причиняющаго сообщенную активность. Послѣднее же излучаетъ одинаково какъ β -лучи, такъ и α -лучи и очень возможно, что всѣ β -лучи торія-Х происходятъ изъ этого источника. Эманация же, какъ извѣстно, излучаетъ только α -лучи такъ же, какъ и неотдѣлимая активность торія. Чѣмъ меньше эманационная способность препарата торія, т. е. чѣмъ большее количество эманации остается внутри препарата и обращается въ вещество сообщенной активности,—тѣмъ больше относительное количество β -лучей въ радіаціи торія. Такимъ образомъ, хотя это и не было доказано съ абсолютной достовѣрностью, всѣ факты склоняются къ тому, что и въ торіѣ, какъ въ уранѣ, β -лучи появляются въ послѣдній періодъ дезинтеграціи.

Радій даетъ по этому вопросу несравненно болѣе опредѣленныя указанія. Если ввести эманацию радія въ сосудъ, стѣнки котораго достаточно толсты, чтобы вполне поглотить α -лучи и достаточно тонки, чтобы пропускать β -лучи, то замѣчается, что сначала наружу не проникаютъ никакія излученія т. е. нѣтъ β -лучей (Curie, Comptes Rendus, 1902, 135 p. 857; Rutherford and Soddy, Phil. Mag. 1903, VI, 5 p. 456). Черезъ нѣкоторое, довольно короткое время снаружи сосуда появляются β -лучи и количество ихъ быстро увеличивается, достигая максимума черезъ три или четыре часа. Если затѣмъ быстро выдуть изъ сосуда эманацию, β -лучи въ наружномъ пространствѣ не мгновенно исчезаютъ, а начинаютъ медленно уменьшаться въ количествѣ, падая до половины начальной величины прибли-

зительно въ 30 минутъ. Такимъ образомъ выходитъ, что эманация радія испускаетъ только α -лучи. Лучи же β появляются только послѣ превращенія ея въ вещество сообщенной активности. Такъ какъ, далѣе, уменьшеніе интенсивности β -лучей идетъ правильно, падая въ 30 м. до половины начальной величины, то отсюда вытекаетъ, что β -лучи появляются при послѣдующемъ превращеніи вещества сообщенной активности. Это послѣднее изъ пока намъ извѣстныхъ радиоактивныхъ превращеній происходитъ весьма быстро и затуханіе β -лучей даетъ мѣру его скорости. Итакъ въ уранѣ и радіи, а по всей вѣроятности и въ торіи, β -лучи являются, какъ спутники послѣдняго экспериментально доказаннаго превращенія. Лучи γ являются спутниками β -лучей и обыкновенно сопровождаютъ ихъ (Рутерфордъ). Такимъ образомъ приходится смотрѣть на α -лучи, какъ на главный признакъ радиоактивности, на β же и γ -лучи—какъ на вторичные спутники радиоактивныхъ явленій. Напримеръ, полоній даетъ только α -лучи, откуда слѣдуетъ, что β и γ -лучи несущественны для проявленій радиоактивности. Въ громадномъ большинствѣ извѣстныхъ намъ пока случаевъ атомная дезинтеграція сопровождается выдѣленіемъ однихъ только α -лучей.

Вышеизложенныя положенія ведутъ къ весьма существеннымъ слѣдствіямъ и вопросамъ. Если электрически нейтральный атомъ торія или радія претерпѣваетъ цѣлый рядъ превращеній, отдѣляя отъ себя каждый разъ положительно заряженную частицу, то согласуется ли все это съ закономъ электрическаго равновѣсія? Въдъ всѣмъ принято, что появленіе нѣкотораго положительнаго заряда необходимо сопровождается появленіемъ равнаго ему отрицательнаго. Такимъ образомъ слѣдовало бы ожидать, что, когда атомъ радія выбрасываетъ положительно заряженную частицу, то оставшійся атомъ эманации долженъ былъ бы имѣть отрицательный зарядъ. Можно ожидать, что этотъ атомъ подобно газовой ионамъ, отдастъ легко свой зарядъ, напримеръ, стѣнкамъ сосуда, въ которомъ онъ находится, и снова станетъ нейтральнымъ. Когда, въ свою очередь, атомъ эманации претерпѣваетъ превращеніе, выбрасывая притомъ положительно заряженную частицу, то получающійся атомъ

* См. Э-во, 1903 г., № 24, стр. 337.

вещества сообщенной активности въ моментъ своего появленія также долженъ быть заряженъ отрицательно. Въ послѣднемъ случаѣ мы имѣемъ доказательство, что дѣйствительно получающійся атомъ заряженъ, такъ какъ онъ движется въ электрическомъ полѣ и можетъ осѣсть на одномъ изъ электродовъ. Къ несчастію, знакъ заряда не подходитъ: онъ положительный, а не отрицательный, такъ какъ вещество сообщенной активности осѣдаетъ на отрицательномъ полюсѣ. Поэтому мы имѣемъ, какъ будто бы доказательство, что при дезинтеграціи атомовъ эманации торія и радія появляются двѣ положительно заряженныя части, а отрицательный зарядъ вовсе не получается.

Еще подобный же случай, но еще болѣе туманный, представляетъ эманация актинія. При своемъ появленіи атомъ эманации актинія имѣетъ вѣроятно положительный зарядъ, сообщающій ему странныя свойства, не наблюдаемыя у радія и торія. Дебьернъ (*Comptes Rendus*, 1903, 136, pp. 446 и 767) показалъ, что эманация актинія движется въ электрическомъ полѣ по направленію къ отрицательному полюсу, а Гизель (*Ver. der. D. Chem. Ges.*, 1903, 36, p. 343) нашелъ, что эманация его «эманировавшаго вещества», тождественнаго, повидимому, съ актиніемъ Дебьерна, обладаетъ тѣмъ же свойствомъ. Опытъ Гизеля состоялъ въ томъ, что онъ помѣщалъ активное вещество въ открытый съ одной стороны металлическій цилиндръ въ разстояніи 5—10 см. отъ экрана, покрытаго обманкой Сидо и заряжаемаго отрицательно при помощи электрической машины. Частицы эманации притягиваются въ этомъ случаѣ къ экрану, движутся къ нему по прямой линіи и производятъ на немъ флуоресцирующее пятно, соответствующее отверстію цилиндра. Отъ этого изображенія распространяется «вторичная эманация» и заставляетъ флуоресцировать окружающія части экрана. Токъ воздуха не оказываетъ вліянія на изображеніе, но сдуваетъ «вторичную эманацию». Итакъ, въ электрическомъ полѣ эманация движется къ отрицательному электроду по прямымъ линіямъ, подобно лучамъ, и Гизель предлагаетъ поэтому назвать это явленіе «Е-лучами». Отдавъ свой зарядъ, эманация больше не подчиняется дѣйствию электрическаго поля и поэтому то, что Гизель назвалъ «вторичной эманацией», и есть эманация, лишенная своего заряда, но еще не дезинтегрированная. Вѣроятная причина того, что это явленіе не было наблюдаемо въ эманации радія, лежитъ вѣроятно въ 10000—100000 большей продолжительности существованія частицъ эманации радія по сравненію съ частицами эманации актинія, вслѣдствіе чего послѣднія имѣютъ гораздо меньше времени для отдачи своего заряда. Точное значеніе этихъ фактовъ въ разбираемомъ вопросѣ не можетъ быть определено, пока не будетъ изслѣдованъ характеръ излученій, сопровождающихъ превращеніе эманации актинія. До сихъ поръ, собственно говоря,

навѣрное неизвѣстно, выбрасываются ли при описанныхъ процессахъ α , т. е. положительно заряженныя частицы. Далѣе, существованіе положительнаго заряда въ эманации актинія наводитъ на мысль, что продукты атомной дезинтеграціи въ моментъ своего возникновенія обладаютъ зарядомъ. Въ наиболѣе хорошо изслѣдованныхъ случаяхъ — дезинтеграція эманации въ вещество сообщенной активности — зарядъ атома послѣдняго, какъ разъ противоположенъ тому, какой долженъ былъ бы быть по теоріи электрической нейтрализации. Это несоотвѣтствіе въ настоящее время еще не можетъ быть объяснено. Возможно, что лишній положительный зарядъ происходитъ не изъ самого распадающагося атома, но доставляется снаружи ионизированнымъ газомъ. Съ другой стороны, не слѣдуетъ забывать, что теорія одновременнаго появленія электричествъ противоположныхъ знаковъ можетъ быть и неприложимой къ случаю распадающагося химическаго атома. При переходѣ атома радія, который двувалентенъ подобно барію, въ атомъ эманации, которая предполагается невалентной подобно аргону, происходитъ измененіе химической валентности. Но извѣстно, что зарядъ несомый атомами пропорционаленъ ихъ химической валентности. Если принять зарядъ одновалентнаго атома водорода за единицу, то зарядъ двувалентнаго атома желѣза будетъ—2 и трехвалентнаго атома желѣза—3. Можно ли думать, что при происхожденіи, напр., невалентнаго атома изъ двувалентнаго превращеніе можетъ сопровождаться появленіемъ одного рода электричествъ въ избыткѣ, такъ что продукты распада нейтральнаго атома оказались бы не противоположно, а однозначно заряженными? При настоящемъ положеніи нашихъ знаній можно только не имѣть никакого предвзятаго мнѣнія по этому вопросу, чѣмъ болѣе, что вопросъ можетъ быть довольно легко изслѣдованъ экспериментально.

Химическія дѣйствія лучей радія. Излученія радія настолько болѣе мощны, чѣмъ излученія урана или торія, что они ясно даютъ много эффектовъ, слишкомъ слабо выраженныхъ у послѣднихъ. Такъ напримѣръ эти излученія производятъ различныя химическія дѣйствія. Наиболѣе важными изъ числа до сихъ поръ отмѣченныхъ химическихъ дѣйствій являются: превращеніе кислорода въ озонъ (Демарсе), желтаго фосфора въ красное аллотропическое состояніе (Беккерель), разложеніе воды на водородъ и кислородъ (Гизель) и наконецъ, окрашиваніе стекла въ фіолетовый или коричневый цвѣтъ (Кюри). При превращеніи кислорода въ озонъ и при разложеніи воды происходитъ значительное поглощеніе энергіи и это, собственно, впервые навело на мысль, что радій излучаетъ громадное количество энергіи. Одинъ граммъ чистаго бромистаго радія, будучи растворенъ въ водѣ, могъ бы выдѣлать около 10 куб. см. смѣси водорода и кислорода въ день, что соответствовало бы излученію 20 гр. калорій

теплоты въ день. Это выдѣленіе продолжается съ постоянной скоростью день за днемъ, мѣсяць за мѣсяцемъ. Превращеніе кислорода въ озонъ подѣ дѣйствіемъ лучей радія объясняютъ множество окислительныхъ процессовъ, происходящихъ въ присутствіи радія или его эманации и кислорода. Такъ, напримѣръ, ртуть превращается въ желтую окись, а углеродъ содержащія вещества выдѣляютъ углекислый газъ, подвергаясь дѣйствію эманации въ воздухѣ (Рамзэй и Содди, Proc. Roy. Soc. 1903, 72 p. 204). Къ разряду тѣхъ же химическихъ дѣйствій слѣдуетъ причислить и дѣйствіе лучей радія на фотографическую пластинку. Разныя флуоресцирующія вещества въ родѣ платиноціанистаго барія и цинковой обманки при длительномъ дѣйствіи на нихъ радіевыхъ лучей претерпѣваютъ глубокія химическія измѣненія и становятся болѣе или менѣе нечувствительными. Съ другой стороны выдѣлится, одно изъ наиболѣе долго сохраняющихъ флуоресценцію веществъ, совершенно не измѣняется даже при долгомъ дѣйствіи лучей.

Энергія радиоактивнаго превращенія. На основаніи опытовъ надъ потребной для образованія одного іона энергіи и на основаніи измѣренія числа выбрасываемыхъ ураномъ іоновъ Рутерфордъ и Макъ-Кленгъ (Trans. Roy. Soc. 1901, 196 p. 55) опредѣлили, что граммъ окиси урана долженъ излучать ежегодно не менѣе 0,03 калорій энергіи. Это количество могло бы возвысить температуру одного грамма воды на 1° въ теченіе 30 лѣтъ. Опредѣленіе массы и скорости частицъ, составляющихъ α -лучи радія позволило Рутерфорду найти кинетическую энергію каждой частицы. Она, конечно, измѣряется величиной $\frac{1}{2}mv^2$, гдѣ m —масса частицы и v —ее скорость. Д. Д. Томсонъ показалъ, что въ 1 куб. см. водороднаго газа находится $3,9 \cdot 10^{19}$ молекулъ $= 7,8 \cdot 10^{19}$ атомовъ. Такимъ образомъ одинъ граммъ водорода содержитъ $11200,78 \cdot 10^{19} = 87 \cdot 10^{23}$ атомовъ, а масса водороднаго атома равна $1,15 \cdot 10^{-24}$ гр. Масса α -частицы въ 1,6 раза болѣе массы водороднаго атома $= 1,91 \cdot 10^{-24}$ гр., $v = 2,5 \cdot 10^9$ см./сек. и $\frac{1}{2}mv^2 = 6 \cdot 10^{-6}$ эрговъ. Итакъ, энергія α частицы лежитъ между одной стотысячной и одной миллионной эрга.

Энергія, излучаемая радіевыми препаратами, недавно была непосредственно измѣрена Кюри и Лабордомъ (Comptes. Rendus, 1903, 136, p. 673) по двумъ методамъ. Въ первомъ опытѣ опредѣленное количество радіеваго препарата было положено въ обыкновенный ледяной калориметръ Бунзена и количество выдѣленнаго въ извѣстное время тепла измѣрено по вѣсу стаявшаго льда. Въ другомъ опытѣ радій былъ помѣщенъ внутри куска металла и опредѣлялось повышеніе температуры металла по сравненію съ температурой окружающаго воздуха. Послѣ этого радій былъ замѣненъ проволоочной катушкой, черезъ которую пропускался токъ. Послѣдній подбирался такъ, чтобы металлическое тѣло приняло такую же температуру, какъ при радіи. Изъ электри-

ческихъ данныхъ можно было опредѣлить количество теплоты, выдѣляемой въ единицу времени спиралькой, а слѣдовательно и бывшимъ прежде на ея мѣстѣ радіемъ. Какъ результатъ своихъ измѣреній Кюри и Лабордъ сообщаютъ, что одинъ граммъ радія излучаетъ въ часъ 100 гр. калорій, т. е. можетъ поднять въ теченіе одного часа температуру одного грамма воды отъ нуля до точки кипѣнія. Въ теченіе 40 часовъ изъ радія выдѣляется достаточно энергіи для разложенія равнаго ему по вѣсу количества воды на ея составныя части, кислородъ и водородъ. Но для этой реакціи,—превращенія воды въ водородъ и кислородъ и наоборотъ,—требуется болѣе энергіи, чѣмъ на любой изъ остальныхъ извѣстныхъ намъ процессовъ. Слѣдовательно, въ теченіе двухъ дней радій выдѣляетъ болѣе количество энергіи, чѣмъ любая иная вещества, равная ему по вѣсу, при любыхъ химическихъ процессахъ. Но количество радія, претерпѣвающее превращеніе въ теченіе двухъ сутокъ, совершенно не можетъ быть даже замѣчено обычными средствами. Согласно съ дезинтеграціонной теоріей слѣдуетъ ожидать, что излученіе тепла пропорціонально количеству выбрасываемыхъ α -лучей, такъ какъ послѣднее служитъ мѣриломъ распада вещества. Это заключеніе было экспериментально провѣрено Рутерфордомъ и Барнесомъ (Nature, October 29, 1903). Они измѣрили излученіе тепла отъ опредѣленнаго вѣса твердаго бромистаго радія, сохранявшагося въ теченіе нѣсколькихъ недѣль въ сухомъ видѣ. Затѣмъ при помощи нагрѣванія они выгоняли изъ радія эманацию и сгущали ее при помощи жидкаго воздуха въ стеклянной трубкѣ, которую затѣмъ запаивали. Они нашли, что, вслѣдствіе такой обработки, количество тепла, выдѣляемаго радіемъ, значительно уменьшилось и продолжало дальше уменьшаться въ теченіе нѣсколькихъ часовъ соотвѣтственно ослабленію наведенной активности до минимума въ 30% начальной. Затѣмъ количество выдѣляемаго тепла начало медленно увеличиваться. Съ другой стороны, запаивая въ трубкѣ эманация излучала много теплоты и притомъ въ такомъ количествѣ, что во всякій моментъ сумма теплоты, испускаемой эманацией и оставшимся радіемъ, какъ разъ равнялась той теплотѣ, которая обычно выдѣляется радіемъ. Черезъ нѣсколько часовъ послѣ отдѣленія теплота, даваемая эманацией и порожденною ею сообщенною активностью, равнялась 70% той, которая начально излучалась радіемъ. Начиная съ этой точки, тепловой эффектъ началъ медленно уменьшаться съ такою же скоростью, съ какою происходило ослабленіе активности эманации. Около 6% эманации не могло быть выдѣлено изъ радія, несмотря на нагрѣваніе. Изъ этого опыта слѣдуетъ, что тепловой эффектъ пропорціоналенъ во всякій моментъ количеству α -радиаций и подчиняется тѣмъ же законамъ измѣненія, какъ и послѣднія послѣ отдѣленія эманации. Не слѣдуетъ забывать и о

другомъ крайне важномъ обстоятельстве. Количество эманации, какое можно получить изъ радія, представляетъ изъ себя совершенно невидимый глазомъ пузырекъ газа, т. е. есть величина практически безконечно-малая; и всетаки 70% всего теплового эффекта обязаны своимъ существованіемъ не самому радію а этому невидимому газу. Это совершенно неопровержимый аргументъ въ пользу того положенія, что излучаемая радіемъ энергія должна быть отнесена на счетъ внутриатомной энергіи, а не на счетъ какихъ-то гипотетическихъ внѣшнихъ источниковъ, на которые радій является единственнымъ реагентомъ.

Можно пойти и дальше. Весьма вѣроятно, что наибольшее количество радіевой энергіи выдѣляется въ видѣ кинетической энергіи выбрасываемыхъ α -частицекъ. Дѣйствительно, если атомъ радія распадается на одну α -частицу и на одинъ атомъ эманации, то по извѣстному механическому принципу послѣ распаденія моментъ α -частицы будетъ равенъ и противоположенъ моменту атома эманации. Вслѣдствіе этого скорости обѣихъ частицъ будутъ обратнопропорциональны ихъ массамъ. На основаніи наблюдений надъ скоростью диффузии эманации, о которыхъ будетъ сказано дальше, можно думать, что атомъ эманации по меньшей мѣрѣ въ 50 разъ тяжелѣе α -частицы, а слѣдовательно скорость послѣдней должна быть въ 50 разъ больше. Но кинетическая энергія пропорциональна квадрату скорости, такъ что кинетическая энергія α -частицы должна быть по крайней мѣрѣ въ 50 разъ больше кинетической энергіи остатка радіеваго атома. Если при распаденіи выбрасывается не одна, а нѣсколько α -частицъ, то, по всей вѣроятности, еще меньшее количество кинетической энергіи осталось бы на долю атома эманации, такъ какъ двѣ α -частицы, вылетаая въ противоположныя стороны нейтрализовали бы свои точки и оставили бы атомъ эманации почти въ покоѣ. Такимъ образомъ, согласно съ дезинтеграціонной теоріей весь, за исключеніемъ нѣсколькихъ процентовъ, тепловой эффектъ радія долженъ быть обязанъ своимъ существованіемъ бомбардированію вещества самого радія и стѣнокъ сосуда, въ которомъ онъ помѣщается выбрасываемыми α -частицами.

Если раздѣлимъ энергію, выдѣляемую радіемъ въ единицу времени на энергію отдѣльной α -частицы, то въ результатѣ получимъ количество α -частицъ, выбрасываемыхъ радіемъ въ единицу времени.

100 гр. калорій = $4,2 \cdot 10^9$ эрговъ.

Кинетическая энергія одной α -частицы = $6 \cdot 10^{-6}$ эрга.

Отсюда, число α -частицъ, излучаемыхъ 1 гр. радія въ одинъ часъ = $7 \cdot 10^{14}$.

Число частицъ, излучаемыхъ въ 1 сек. = $2 \cdot 10^{11}$.

Въ уранѣ и торіи число излучаемыхъ частицъ, вѣроятно, въ миллионъ разъ меньше, т. е. = $2 \cdot 10^5$.

Чтобы опредѣлить число ежесекундно распадающихся атомовъ, необходимо еще знать, сколько

α -частицъ излучается при распаденіи одного атома. Но въ случаяхъ радія и торія извѣстно по крайней мѣрѣ пять ступеней распаденія, причѣмъ каждое изъ нихъ происходитъ съ выдѣленіемъ по меньшей мѣрѣ одной α -частицы. Поэтому пять есть наименьшее число выбрасываемыхъ въ этихъ случаяхъ α -частицъ. Съ другой стороны, если начальный атомъ нацѣло распадается на α -частицы, то ихъ не можетъ быть больше 150 при равенствѣ начальной и конечной массъ.

Такимъ образомъ только въ этихъ широкихъ предѣлахъ мы можемъ опредѣлить число ежесекундно распадающихся атомовъ. Для радія мы имѣемъ $2 \cdot 10^{11}$ излучаемыхъ въ секунду α -частицъ. Это число должно быть раздѣлено на 5 и 150 и тогда мы получимъ максимумъ и минимумъ для числа атомовъ.

Наибольшее возможное число = $4 \cdot 10^{10}$ атомовъ на одинъ гр. въ секунду.

Наименьшее возможное число = $1,33 \cdot 10^9$ атомовъ на одинъ гр. въ сек.

Внутренняя энергія радіеваго атома. Въ одномъ граммѣ радія находится въ 225 разъ меньше атомовъ, чѣмъ въ одномъ граммѣ водорода, т. е. $3,9 \cdot 10^{21}$ атомовъ. Раздѣляя это число на число атомовъ, претерпѣвающихъ измѣненіе въ теченіе одной секунды, и умножая на тепловой эффектъ одного грамма радія въ секунду, получимъ полное количество энергіи, выдѣляемое при разложеніи одного грамма радія. Результатъ лежитъ между $2,8 \cdot 10^9$ и $8,4 \cdot 10^{10}$. Энергія, выдѣляемая при образованіи одного грамма воды изъ кислорода, равна $4 \cdot 10^3$ эрговъ. Мы видимъ такимъ образомъ, что при распаденіи радіевыхъ атомовъ выдѣляется по меньшей мѣрѣ въ миллионъ разъ больше энергіи, чѣмъ при самой энергичной изъ извѣстныхъ намъ химическихъ реакцій. Является вопросъ, составляетъ ли эта колоссальная энергія особое свойство радія или она присуща въ одинаковой мѣрѣ всѣмъ тяжелымъ элементамъ. Нормальный характеръ радія, какъ химическаго элемента, его полное сходство съ другими элементами его ряда, — напр., съ баріемъ и стронціемъ, — ведетъ къ заключенію, что по всей вѣроятности внутриатомная энергія остальныхъ тяжелыхъ элементовъ приблизительно того же порядка, какъ и въ радіи, но только отсутствіе внѣшнихъ проявленій этой потенциальной энергіи мѣшаетъ намъ узнать о ея существованіи. Въ случаѣ урана и торія приходится принимать внутреннюю энергію одного порядка съ радіевой, а незначительная ихъ радиоактивность должна быть приписана исключительно медленному протеканію процесса распаденія атомовъ.

Всѣ высказанныя соображенія ведутъ насъ къ необходимому заключенію, что внутри атома находится въ зависимости отъ его структуры громадный запасъ потенциальной энергіи, который въ большинствѣ случаевъ остается скрытымъ. Въ наиболѣе тяжелыхъ элементахъ процессъ произвольнаго распаденія даетъ намъ возмож-

ность узнать о существовании внутриатомной энергии и даже количественно оценить ее:

Вѣроятная продолжительность существования радио-элементовъ. Если раздѣлить число претерпѣвающихъ въ сек. превращеніе атомовъ радія на число атомовъ въ 1 гр., то частное будетъ представлять изъ себя относительное количество претерпѣвающаго измѣненіе вещества, т. е. радиоактивную постоянную λ . Она получается для радія между 10^{-11} и $3 \cdot 10^{-13}$. Для торія λ должна быть въ миллионъ разъ меньше, т. е. между 10^{-17} и $3 \cdot 10^{-18}$. Для урана въ виду только одной извѣстной ступени разложенья, приходится взять нѣсколько болѣе широкіе предѣлы: между $5 \cdot 10^{-17}$ и $3 \cdot 10^{-18}$. Эти результаты даютъ приблизительное представление о продолжительности существованія «постоянныхъ» радиоактивныхъ элементовъ, которую, конечно, совершенно невозможно было опредѣлить непосредственно. Мы видимъ такимъ образомъ, что въ теченіе одного года не можетъ претерпѣть превращенія болѣе одной тысячемиллионной доли данного количества торія, т. е. потребовалось бы не менѣе 700.000.000 лѣтъ, чтобы половина даннаго количества торія распалась. Въ случаѣ радія дѣло идетъ быстрѣе: въ одинъ годъ распадаются отъ $\frac{1}{3000}$ до $\frac{1}{100000}$ всего количества атомовъ, такъ что потребовалось бы отъ 2000 до 70000 лѣтъ для распаденья половины первоначальнаго количества радія.

На слѣдующей таблицѣ помѣщены радиоактивные постоянныя наиболѣе важныхъ видовъ активной матеріи:

	λ
Эманация торія.	$1,16 \cdot 10^{-2}$
Торій-X	$2 \cdot 10^{-2}$
Эманация радія)	
Уранъ-X.	$4 \cdot 10^{-7}$
	Вычисл. велич.
Радій {	отъ 10^{-11}
	до $3 \cdot 10^{-13}$
Уранъ {	отъ $5 \cdot 10^{-17}$
	до $3 \cdot 10^{-18}$
Торій {	отъ 10^{-17}
	до $3 \cdot 10^{-18}$

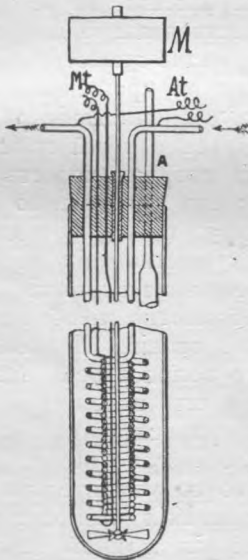
Послѣ всѣхъ высказанныхъ соображеній можетъ возникнуть вопросъ большой важности. Энергія радиоактивнаго превращенія огромна по сравненію со всѣми другими извѣстными намъ процессами, но не неисчерпаема. Если мы разсматриваемъ радій, излучающій свою внутреннюю энергію съ интенсивностью 100 гр.-калорій въ часъ, то сейчасъ же возникаетъ мысль, что энергіи хватитъ на не слишкомъ большой промежутокъ времени. Только что изложенныя соображенія показали, что онъ не можетъ существовать болѣе нѣсколькихъ сотъ тысячъ лѣтъ, если излученіе идетъ съ постоянной интенсивностью. Но геологическія изслѣдованія убѣж-

даютъ насъ, что земная кора существуетъ гораздо дольше этого времени, такъ что выходитъ, что или находимый нами въ смоляной рудѣ радій не существовалъ совсѣмъ въ отдаленныя геологическія эпохи и потомъ только откуда-то появился, или же въ прежнее время измѣненія въ немъ происходили медленнѣе, чѣмъ теперь. Можно думать, что второе рѣшеніе проще и болѣе вѣроятно, но множество извѣстныхъ намъ теперь фактовъ наводитъ на мысль, что первое положеніе болѣе согласно съ духомъ науки. Дезинтеграціонная теорія требуетъ признанія всякой радиоактивности за непрерывное разрушеніе, распаденье особыхъ первоначальныхъ видовъ матеріи. Является ли радиоактивность «постоянной» или «временной»—это только вопросъ степени. Не болѣе представляетъ трудности разсматривать радій, какъ продуктъ распаденья какого-нибудь новаго, болѣе тяжелаго вещества въ смоляной рудѣ, чѣмъ эманацию, какъ продуктъ распаденья радія. Пока не будетъ указано экспериментальныхъ опроверженій, эта теорія наилучше согласуется съ фактами и нашими теоретическими воззрѣніями. Затрудненіе же здѣсь въ концѣ концовъ то же, какъ и во всѣхъ космическихъ гипотезахъ. Если какой либо процессъ измѣненія идетъ непрерывно въ одномъ и томъ же направленіи, то необходимо предположить и существованіе одновременнаго обратнаго процесса, иначе существованіе міра должно быть ограничено въ прошедшемъ. Но если можно объяснить существованіе радія указаннымъ образомъ, то уранъ и торій даютъ болѣе выгоды. Для нихъ возрастъ можетъ быть настолько повышенъ, что онъ совершенно совпадаетъ съ требованіями другихъ наукъ и добавочное предположеніе о существованіи въ мірѣ обратнаго процесса, переводящаго легкія тѣла въ болѣе тяжелыя, не абсолютно необходимо при теперешнемъ уровнѣ знаній. Дальнѣйшее обсужденіе здѣсь этого вопроса бесполезно, такъ какъ въ случаѣ радія есть надежда на скорое разрѣшеніе его экспериментальнымъ путемъ.

Все, что было сказано выше, по всей вѣроятности, достаточно убѣдительно показало возможность объясненія радиоактивныхъ явленій при помощи теоріи атомной дезинтеграціи. Однако, слѣдуетъ еще разсмотрѣть другую сторону этой теоріи, сторону, которая была бы въ послѣднее время подробно изслѣдована экспериментальнымъ путемъ. Радиоактивность является въ данный моментъ свойствомъ нѣсколькихъ атомовъ изъ присутствующей массы. Извѣстная часть представляемая величиною λ , обуславливаетъ активность въ теченіе каждой секунды, остальная же, гораздо болѣе большая масса $1-\lambda$, строго говоря, остается неактивной. Вся эта масса является такимъ образомъ самой обыкновенной матеріей; которая должна обладать обычными физическими и химическими свойствами и только весьма ничтожная доля которой подвергается распаденью и является радиоактивной. На эту

двойственность въ свойствахъ радиоактивныхъ элементовъ было указано для случая радія, который одновременно обладаетъ всѣми свойствами тяжелаго металла группы щелочно-земельныхъ металловъ и кромѣ того радиоактивными свойствами. То же самое слѣдовало бы сказать и о всѣхъ извѣстныхъ намъ переходныхъ формахъ радиоактивныхъ веществъ и въ этомъ отношеніи наилучше изслѣдованными являются эманация радія и торія вслѣдствіе ихъ газообразнаго состоянія и возможности обратить ихъ въ жидкость. Въ этихъ и подобныхъ случаяхъ изслѣдуемымъ объектомъ является газообразное состояние, а радиоактивность только средствомъ изслѣдованія. Если изслѣдовать летучесть или упругость какого-либо газа прямымъ путемъ, то придется остановиться, когда будетъ достигнутъ минимумъ въ 0,01 мм. ртутнаго столба. Въ случаѣ эманации мы можемъ точно изслѣдовать вліяніе температуры на упругость количества газа въ миллионъ разъ меньшихъ и благодаря этому результаты получаютъ весьма значительный интересъ даже съ самой общей физической точки зрѣнія.

Приборъ, служившій для этихъ изслѣдованій (Рутерфордъ и Содди, *Phil. Mag.* 1903. VI, 5 p. 561) изображенъ на фиг. 1. Эманация увлека-

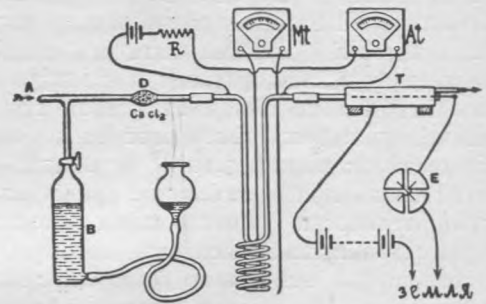


Фиг. 1.

лась токомъ подходящаго газа въ двойную мѣдную спираль, погруженную въ сосудъ съ непрерывно перемѣшиваемою жидкостью, дающей подходящую температуру. Примѣненной жидкостью былъ этиленъ, который кипитъ при -103° С. и замерзаетъ при -169° С. Сосудъ со спиралью окружался другимъ сосудомъ съ жидкимъ воздухомъ и черезъ трубку А пропускался газообразный этиленъ до тѣхъ поръ, пока онъ, обратившись въ жидкость, не покрылъ спирали доверху. Спираль охлаждалась до температуры, нѣсколько ниже, чѣмъ температура сгущенія

эманации и затѣмъ эманация пропускалась черезъ нее. Затѣмъ весь приборъ окружался ватой и вынимался изъ жидкаго воздуха. Температура медленно поднималась и оставалось только отмѣтить, при какой температурѣ эманация начала улетучиваться и уноситься потокомъ газа.

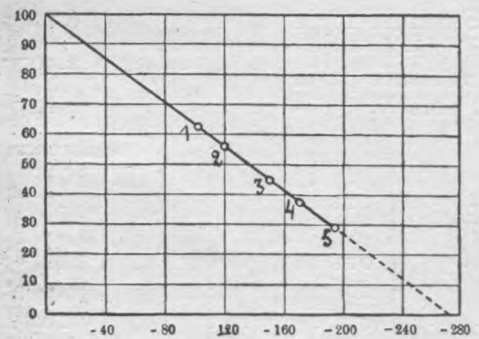
Общая установка приборовъ при изслѣдованіи эманации радія показана на фиг. 2. Эманация



At—амперметр. Mt—милливольтметр.

Фиг. 2.

сія собиралась въ газометръ В, изъ котораго и уносилась въ видѣ небольшихъ порцій струей газа, идущей изъ А въ спираль. Температура жидкости въ сосудѣ измѣнялась при помощи сопротивления мѣдной спирали; это же послѣднее опредѣлялось такъ, что черезъ спираль пропускался токъ постоянной силы около одного ампера и измѣнялась разность потенциаловъ на крайнихъ оконечностяхъ спирали при помощи милливольтметра. На фиг. 3 величины сопро-



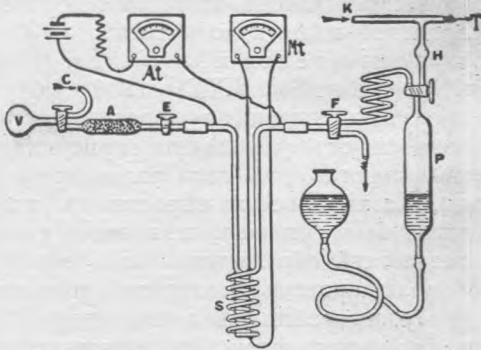
1. Точка кипѣнія этилена.—2. Т. к. эманация торія.—3. Т. к. эманация радія.—4. Т. замерзанія этилена.—5. Т. к. жидкаго воздуха.

Фиг. 3.

тивленія спирали нанесены по вертикальной оси, а температуры въ градусахъ Цельсія по горизонтальной. Постоянными точками для калиброванія спирали служили точки кипѣнія и затвердѣванія воды, кипѣнія и затвердѣванія этилена и кипѣнія жидкаго воздуха при опредѣленномъ содержаніи кислорода. Температуры ожигенія эманации торія (-120° С) и эманации радія (-150° С) были найдены путемъ интерполированія. Когда изслѣдуется эманация радія, то

точка испарения и ожигения получается весьма точно. Такъ въ одномъ опытѣ при -154° С. въ струѣ газа невозможно было открыть присутствія даже слѣдовъ эманации, хотя легко было отмѣтить $\frac{1}{10000}$ долю ея, а при -150° С. уже большая часть ея испарилась. Уменьшеніе активности эманации торія идетъ такъ быстро, что приходится держать эманирующій препаратъ непрерывно въ струѣ газа. Оказывается, что нѣкоторая часть эманации не сгущается и при -150° , между тѣмъ какъ наибольшая часть ея обращается въ жидкость уже при гораздо болѣе высокихъ температурахъ. Указанная выше температура -120° С представляетъ ту точку, около которой начинается процессъ ожигения. Для эманации радія при неслишкомъ сильной струѣ газа нельзя опредѣлить разницы между температурой начала испарения и температурой полной конденсаціи.

Это различіе между обѣими эманациями было подвергнуто дальнѣйшему изслѣдованію при помощи прибора, изображеннаго на фиг. 4 и



At—амперметр. Mt—милливольтметръ.

Фиг. 4.

приспособленнаго для изученія эманации торія. Когда изслѣдуется по этому способу эманация радія, то трубку А для окиси торія замѣняютъ газометръ В и Г-образная трубка, какъ на фиг. 2. Въ этомъ приборѣ эманация уже не уносится непрерывной струей воздуха, а перегоняется въ спираль и затѣмъ въ сосудъ для изслѣдованія при помощи ртутнаго насоса Р. Такимъ образомъ опыты могутъ быть продѣланы въ любомъ газѣ, при любой упругости его ниже одной атмосферы и эманация можетъ быть оставлена въ конденсирующей спирали на опредѣленное и вплоть произвольное время прежде, чѣмъ она переносится дальше. Было найдено, что для эманации радія температура конденсаціи оставалась совершенно одной и той же при любыхъ условіяхъ опыта. Для эманации же торія количество конденсирующагося вещества при разныхъ температурахъ измѣнялось въ зависимости: 1) отъ природы примѣннаго газа, при чѣмъ болѣе эманация сгущалась въ водородѣ, чѣмъ въ кислородѣ; 2) отъ времени пребыванія эманации спирали, причѣмъ, чѣмъ долѣе эманация тамъ

находилась, тѣмъ болѣе ея сгущалось въ жидкость. Количество эманации, избѣгавшей сгущенія, было всегда болѣе при пропусканіи струи воздуха, чѣмъ при стационарномъ методѣ. Однако, при всѣхъ условіяхъ температура начала ожигения -120° С. оставалась совершенно постоянной.

Отмѣченное различіе въ свойствахъ эманации радія и торія легко объяснить съ точки зрѣнія дезинтеграціонной теоріи. Разсмотримъ количества обѣихъ эманаций, обладающихъ одинаковыми активностями, т. е. дающими приблизительно одинаковое число α -лучей въ секунду. Активность пропорціональна числу атомовъ, распадающихся въ теченіе одной секунды, т. е. λN , гдѣ N —полное число существующихъ въ данный моментъ атомовъ, а λ —радиоактивная постоянная. Такъ какъ λ для торіевой эманации въ 6000 разъ болѣе, чѣмъ для радіевой, то при равенствѣ величинъ λN количество атомовъ эманации радія должно быть въ 6000 разъ болѣе количества атомовъ эманации торія. Конденсація можетъ наступить только при сближеніи двухъ газовыхъ частицъ, входженіемъ ихъ въ сферу взаимнаго дѣйствія и можно ожидать, что при очень ничтожномъ количествѣ участвующихъ въ конденсаціи атомовъ относительная масса газа, подвергающаяся сжиженію будетъ зависѣть отъ концентраціи атомовъ, времени совершенія процесса и природы газа, въ которомъ протекаетъ процессъ сжиженія. Концентрація частицъ, конечно, меньше, когда эманация увлекается непрерывной струей газа, чѣмъ когда она спокойно стоитъ нѣкоторое время въ охлаждаемой спирали. Частицы скорѣе диффундируютъ въ водородѣ, чѣмъ въ кислородѣ и вслѣдствіе этого скорость конденсаціи увеличивается. Вліяніе времени на ходъ ожигения, конечно, должно уменьшиться при возрастаніи числа ожигающихся атомовъ. По всей вѣроятности оно уменьшается пропорціонально квадрату числа частицъ и потому уже становится нечувствительнымъ для эманации радія. Однако, если сдѣлать методы изслѣдованія настолько чувствительными, чтобы можно было замѣчать эффекты въ $\frac{1}{6000}$ того, что наблюдалось при эманации торія, то и въ эманации радія можно было бы открыть совершенно тѣже явленія, что для эманации торія и оба процесса сжиженія стали бы весьма другъ на друга похожими. Ионизаціонный токъ въ опытахъ надъ эманацией торія былъ порядка 10^{-10} амп. Слѣдовательно, для получения упомянутого результата слѣдовало бы имѣть возможность регистрировать токи въ 10^{-14} амп., а такія величины мы можемъ измѣрять и потому представляется возможнымъ экспериментальнымъ путемъ повѣрить теоретическія предсказанія.

На основаніи величины ионизаціоннаго тока и вѣроятнаго числа ионовъ, порождаемыхъ каждымъ α -лучемъ при его прохожденіи черезъ газъ можно вывести, что если собрать всю эманацию, выдѣляемую 10 гр. окиси торія въ объемѣ 1 куб.

см., то упругость газа была бы между 10^{-16} и 10^{-17} атмосферы. Таким образом только собравши эманацию от миллиона тонн окиси тория и спустивъ ее до объемама въ 1 куб. см., можно было бы получить упругость, поддающуюся измѣренію обычными методами. Такимъ образомъ, можно только удивляться тому, что эманация вообще способна ожижаться при какой бы то ни было температурѣ и даже возникаетъ сомнѣніе имѣемъ ли мы здѣсь дѣйствительно дѣло съ настоящимъ переходомъ изъ газообразнаго въ жидкое состояніе. Можно представить себѣ, что тонкая поверхностная пленка газа, въ которомъ, такъ сказать, растворена эманация, ожижается въ спирали подъ влияніемъ низкой температуры и капиллярныхъ силъ и увлекаетъ съ собою частицы газообразной эманации. Но такая поверхностная конденсация можетъ быть только при температурѣ ниже критической и потому не должна была бы имѣть мѣста въ трудно сжижаемыхъ газахъ: водородѣ и геліи. Было бы весьма важно повторить опыты сжиженія эманации, пользуясь струей водорода такой чистоты, какую только мыслимо получить. Весьма возможно, что при такихъ условіяхъ конденсация не наступитъ совсѣмъ. Въ связи съ описываемыми явлениями упомянемъ объ опытахъ миссъ Гэтсъ (American Phys. Soc. Meetings, Washington, December 1902), которая нашла, что вещество сообщенной активности торія улетучивается при температурѣ выше краснаго каленія и осаждается на окружающихъ холодныхъ тѣлахъ. Это показываетъ, что въ веществѣ сообщенной активности при высокихъ температурахъ происходятъ тѣ же явленія, что въ эманации при низкихъ.

Изъ физическихъ свойствъ эманации изслѣдована еще ея плотность по коэффициенту диффузии ея въ воздухѣ. Первые опыты по этому поводу были предѣланы Рутерфордомъ и миссъ Бруксъ. Они опредѣлили время, въ теченіе котораго эманация, собранная въ одной половинѣ длиннаго цилиндра, распространялась до конца другой послѣ выниманія перегородки. Коэффициентъ диффузии оказался равнымъ 0,08, что близко подходитъ къ коэффициенту этилового эфира и указываетъ на плотность около 80 ($H=1$). Если принимать молекулу эманации радія одноатомной подобно аргону, то атомный вѣсъ ея оказался бы такимъ образомъ близкимъ къ 160.

Большимъ затрудненіемъ во всѣхъ опытахъ съ эманацией является отдѣленіе вліяній, производимыхъ наведенною активностью и стремящихся уменьшить величину скорости диффузии. Вслѣдствіе чрезвычайно быстрого начальнаго измѣненія наведенной активности очень трудно ввести на нее поправку. Вышеуказанное значеніе 0,08 на 20% выше найденной изъ опыта величины. Подобное же опредѣленіе коэффициента диффузии эманации было произведено Кюри и Дономъ (Comptes Rendus, 1903, 136 p. 1314), которые получили величину 0,1. Это ука-

зывало бы на большую близость плотности эманации къ плотности паровъ алкоголя (46), чѣмъ эфира. Недавно Бумстидъ и Уилеръ (Am. Journ. of Science, February 1904 p. 97) получили величину коэффициента диффузии, указывающую на плотность около 180. Такое разногласіе результатовъ объясняется, вѣроятно, вышеуказанной причиною. Послѣдніе изслѣдователи также доказали, что радиоактивный газъ, получаемый изъ почвенной воды въ Ньюгавенѣ (С.-А. С. Ш.) и изъ самой почвы, есть не что иное, какъ эманация радія, такъ какъ скорость уменьшенія его активности и коэффициентъ диффузии въ точности совпадаютъ съ тѣми же величинами для эманации радія. Существованіе радиоактивнаго газа въ почвенной водѣ было впервые указано Д. Д. Томсономъ для Кэмбриджской воды и опыты Г. Аллена надъ скоростью измѣненія его активности показали, что онъ тождественъ съ эманацией радія. Существованіе этой эманации въ почвѣ было указано впервые Эльстеромъ и Гейтелемъ. Выходитъ такимъ образомъ, что радій широко распространенъ въ земной корѣ, хотя и въ безконечно маломъ количествѣ.

Полученіе гелія изъ радія. (Рамзэй и Содди, Proc. Roy. Soc. LXXII, 1903 p. 204). Эманация и окклюдированные водородъ и кислородъ, получившіеся отъ разложенія присутствующей воды, выдѣляются изъ соли радія при ея раствореніи. Казалось весьма вѣроятнымъ, что если, какъ выше было указано, изъ радія въ конечномъ результатѣ образуется гелій, онъ будетъ также окклюдированъ въ твердой соли и выдѣленъ при раствореніи. Въ двухъ опытахъ 20 и 30 мгр. бромистаго радія, выдержанные въ теченіе нѣсколькихъ мѣсяцевъ въ твердомъ состояніи, были растворены въ водѣ и выдѣлившіяся газы освобождены отъ кислорода и водорода при помощи пропусканія надъ слегка окисленными мѣдными опилками. Оставшіеся газы были сжаты и пропущены черезъ \square -образную трубку, погруженную въ жидкій воздухъ для удаленія слѣдовъ эманации и углекислаго газа, въ трубку для спектральнаго анализа вмѣстимостью въ нѣсколько куб. мм. При изслѣдованіи газъ обнаружилъ въ одномъ случаѣ полный спектръ гелія, а въ другомъ самую яркую линію D_3 . Эти опыты были впоследствии нѣсколько разъ повторены съ полнымъ успѣхомъ.

Въ другомъ опытѣ эманация отъ 50 мгр. бромистаго радія была запаяна въ трубкѣ для спектральнаго анализа. Черезъ три дня показалась линія D_3 гелія, а еще черезъ нѣсколько дней появился полный спектръ гелія. Эти опыты съ несомнѣнностью доказываютъ, что при распаденіи радіевой эманации получается гелій, но кромѣ того, конечно, гелій можетъ получаться и при начальній дезинтеграціи радія. Рутерфордъ высказалъ предположеніе, что α -лучи представляютъ изъ себя атомы гелія. Масса α -частицъ, судя по предварительнымъ опытамъ въ 1,6 раза больше массы водороднаго атома, между тѣмъ,

какъ масса атома гелія по отношению къ водороду равна 4. Очень возможно, что эта разница есть только слѣдствие неточной постановки опытовъ надъ α -лучами и они въ концѣ концовъ дѣйствительно окажутся атомами гелія. Повидимому, α -частицы всѣхъ радиоактивныхъ элементовъ имѣютъ приблизительно одну и ту же массу и тѣ легкія различія, которыя замѣчаются въ ихъ проникающей способности и прочихъ свойствахъ зависятъ исключительно отъ разныхъ величинъ скоростей. Эта гипотеза Рутерфорда привела бы такимъ образомъ къ утверждению, что гелій есть общій продуктъ дезинтеграціи всѣхъ радио-элементовъ.

Необходимо отмѣтить, что количество выдѣляемаго радіемъ гелія необычайно мало и требуются весьма чувствительные и точные методы, чтобы его открыть.

Заключение. Оглядываясь на изображенную въ предыдущихъ главахъ картину радиоактивныхъ процессовъ, мы видимъ, что замѣчательныя и въ высшей степени разнообразныя явленія являются слѣдствіями одной общей причины. Жизнь атомовъ нѣкоторыхъ тяжелыхъ элементовъ не безконечна; вслѣдствіе особенностей внутренняго строенія, о которыхъ мы еще ничего не знаемъ и даже не можемъ догадываться, жизнь ихъ ограничена опредѣленнымъ періодомъ времени. Надъ этими внутренними причинами мы не имѣемъ никакой власти, совершенно не можемъ управлять ими. Жизнь атомовъ притомъ, повидимому, не протекаетъ спокойно, измѣненія, въ нихъ совершающіяся, не идутъ медленнымъ шагомъ эволюціи, наоборотъ, безъ всякихъ видимыхъ внѣшнихъ признаковъ, безъ всякихъ предупреждающихъ симптомовъ внезапно наступаетъ катастрофа: атомъ вдругъ разлетается на болѣе или менѣе мелкіе осколки и, какъ таковой, перестаетъ существовать. Взрывъ его сопровождается такимъ колоссальнымъ выдѣленіемъ энергіи, какого мы не наблюдаемъ ни при какихъ иныхъ физическихъ или химическихъ явленіяхъ, о которомъ мы едва можемъ себѣ составить представленіе. Небольшіе обломки атома, заряженные положительно, по массѣ одного порядка съ атомами водорода отлетаютъ съ невообразимой скоростью около 30000 км. въ сек., такъ что кинетическая энергія такой частицы по сравненію съ ея массой несравненно больше всего, что до сихъ поръ могло быть наблюдаемо у обыкновенной матеріи. Отлетаніе этихъ частицъ отъ распадающагося атома въ видѣ α -лучей составляетъ главный и основной признакъ всякой радиоактивности. Вслѣдствіе колоссальной живой силы и большой точности имѣющихся въ нашемъ распоряженіи средствъ изслѣдованія дѣйствіе даже каждой отдѣльной α -частицы только весьма немногимъ ниже того, что мы можемъ отмѣтить. Такимъ образомъ, даже если абсолютное число атомовъ распадающихся въ теченіе одной секунды не велико, ходъ и характеръ дезинтеграціи все-

ма легко можетъ быть прослѣженъ. Отсюда слѣдуетъ, что поразительное и неожиданное выдѣленіе громаднаго относительно количества энергіи радиоактивными веществами даже въ случаѣ столь мощнаго радіа обязано своимъ происхожденіемъ ничтожно малому количеству вещества, такъ что выдѣленіе энергіи можетъ непрерывно продолжаться въ теченіе очень долгаго времени, многихъ годовъ и даже столѣтій.

Количество дезинтегрирующагося вещества такъ ничтожно мало даже за долгій періодъ времени, что изслѣдовать его обычными способами было бы очень нелегкой задачей для химіи. Только относительно одного элемента были до сихъ поръ получены опредѣленные результаты обычными способами. Было показано, что элементъ гелій непрерывно получается въ ничтожномъ количествѣ изъ радія. До сихъ поръ мы не имѣемъ еще прямыхъ указаній на окончательные продукты распада урана, торія и полонія, но весьма вѣроятно, что наши свѣдѣнія и въ этомъ направленіи скоро расширятся. И въ случаѣ радія трудно предполагать, чтобы гелій былъ единственнымъ продуктомъ распада, но, будучи однимъ изъ самыхъ легко открываемыхъ элементовъ, онъ первый былъ подмѣченъ. Если, какъ это кажется весьма вѣроятнымъ на основаніи общихъ соображеній, α -лучи являются атомами гелія, то такъ какъ α -лучи всѣхъ радиоактивныхъ элементовъ весьма другъ на друга похожи, можно думать, что всѣ они порождаютъ гелій.

Менѣе важными съ теоретической стороны, но весьма замѣтными по своимъ экспериментальнымъ свойствамъ являются β и γ -лучи. Лучи β тоже представляютъ изъ себя потоки несущихся съ громадной скоростью частицъ, но они уже не атомы, а электроны, т. е. единичные заряды электричества, электрическіе атомы, если такъ можно выразиться. Въ этомъ отношеніи они подобны лучистой матеріи Крукса или катоднымъ лучамъ; но β -лучи движутся съ несравненно большею скоростью, чѣмъ катодные лучи и въ нѣкоторыхъ случаяхъ по скорости почти сравниваются со всѣмъ. Лучи γ , вѣроятно, являются особымъ типомъ X-лучей, сопровождающимъ появленіе β -лучей, но по своимъ проникающимъ свойствамъ превосходятъ всѣ извѣстныя намъ роды излученій. Это свойство дѣлаетъ ихъ весьма интересными и достойными изученія. Но β и γ -лучи въ суммѣ несутъ съ собою не болѣе 1% всей излучаемой въ пространство энергіи.

Дезинтеграція атома, вообще говоря, не заканчивается однимъ взрывомъ. При своемъ переходѣ изъ первоначальнаго въ окончательное состояніе атомъ не ограничивается одной ступеню. Наоборотъ, происходитъ нѣсколько послѣдовательныхъ взрывовъ, изъ которыхъ каждый сопровождается выбрасываніемъ α -лучей. Эти взрывы слѣдуютъ другъ за другомъ черезъ опредѣленные, характеристичные для cadaго вещества промежутки времени. Мы можемъ, не впа-

дая въ грубую ошибку, предположить, что во время перваго распада атомъ раздѣляется на одну α -частицу и остатокъ, который хотя и легче атома-родоначальника, но все же очень тяжелъ. Послѣ нѣкотораго времени болѣе или менѣе (по крайней мѣрѣ съ внѣшней стороны) спокойной жизни въ остаточномъ атомѣ снова происходитъ внезапная катастрофа, выбрасывается новая α -частица и остается второй остаточный атомъ, еще немного болѣе легкій. Этотъ процессъ можетъ повторяться еще нѣсколько разъ, но наконецъ выбрасываніе α -частицы прекращается и матерія переходитъ въ спокойную, устойчивую форму. Слѣдовательно, между начальнымъ веществомъ и конечнымъ продуктомъ существуетъ цѣлый рядъ промежуточныхъ неустойчивыхъ элементовъ, которые могутъ быть названы промежуточными формами въ постепенномъ измѣненіи. Въ случаѣ торія первой переходной формой является вещество торій-Х, отдѣляемое отъ торія разнообразными химическими процессами. Изъ торій-Х появляется вторая переходная форма — эманация, характеризующаяся своей легучестью и самостоятельно отдѣляющаяся отъ препаратовъ торія. Послѣдняя переходная форма — вещество сообщенной активности опять нелетуча. Въ уранѣ до настоящаго времени известна только одна переходная форма — уранъ-Х. Въ радіи прежде всего появляется газообразная форма, известная также подъ именемъ эманации, и она, подобно эманации торія, переходитъ въ вещество сообщенной активности.

Въ каждомъ отдѣльномъ процессѣ дезинтеграціи — относится ли онъ къ первоначальному медленно измѣняющемуся элементу или къ болѣе быстро распадающимся переходнымъ формамъ — соблюдается одинъ и тотъ же законъ. Въ теченіе каждой секунды претерпѣваетъ измѣненіе одна и та же часть всего присутствующаго количества атомовъ, часть, обозначаемая символомъ λ и называемая радиоактивною постоянной. Но различные типы радиоактивныхъ веществъ рѣзко отличаются другъ-отъ-друга по своимъ радиоактивнымъ постояннымъ и такъ какъ послѣдняя не можетъ быть измѣнена ни однимъ изъ имѣющихся въ нашемъ распоряженіи агентовъ, то она можетъ служить характеристикой даннаго вида матеріи, средствомъ для отличенія одного изъ нихъ отъ всѣхъ остальныхъ.

Можно было бы подумать, что α и β -лучи, имѣя соотвѣтственно положительный и отрицательный заряды, появляются въ эквивалентныхъ количествахъ при каждой дезинтеграціи. Но этого на самомъ дѣлѣ нѣтъ. Въ огромномъ большинствѣ случаевъ излучаются одни только α -лучи, т. е. положительно заряженные частицы. Во всѣхъ трехъ радио-элементахъ: уранѣ, торіи и радіи, β -лучи или электроны излучаются только во время самаго послѣдняго процесса распада. Для урана или вѣрнѣе уранъ-Х-а, это излученіе происходитъ одно, не сопровождаясь α -лучами. Есть указанія на то, что остаточный атомъ послѣ

выбрасыванія положительной α -частицы оказывается нѣрѣдко самъ заряженнымъ положительно. Это одинъ изъ самыхъ важныхъ вопросовъ въ радиоактивности и нѣтъ сомнѣнія, что онъ скоро будетъ самымъ подробнымъ образомъ экспериментально изслѣдованъ. Сопровождается ли разрывъ атома нарушеніемъ известнаго намъ факта электрической нейтральности? Если матерія состоитъ цѣликомъ изъ электроновъ и положительный зарядъ есть только недостатокъ электроновъ, то что называть электрической нейтральностью и химической валентностью? Для того, чтобы измѣнить валентность атома, на примѣръ, перевести двувалентное желѣзо въ трехвалентное, требуется сообщить атому электрической зарядъ.

Если бы мы могли скомбинировать нѣсколько атомовъ одной валентности такъ, чтобы изъ нихъ составилъ одинъ атомъ другой валентности, то осталась ли бы матерія, бывшая первоначально электрически нейтральной, такой же и послѣ комбинаціи? И обратно, когда атомъ разрывается съ образованіемъ новыхъ атомовъ иной валентности, сохраняется ли электрическая нейтральность матеріи? На эти вопросы, въ которыхъ предполагаются возможными процессы появленія одного электричества безъ одновременнаго возникновенія эквивалентнаго количества противоположнаго электричества, еще нѣсколько мѣсяцевъ тому назадъ всякій посмотрѣлъ бы, какъ на нѣчто весьма не ортодоксальное. Въ настоящее время явленія радиоактивности и дезинтеграціонная теорія принуждаютъ поставить ихъ на очередь и изслѣдовать ихъ экспериментально.

Нѣсколько простыхъ соображеній относительно переходныхъ формъ радиоактивной матеріи укажутъ на ихъ общія свойства. Измѣненія, происходящія въ элементахъ-родоначальникахъ и дающія начало ихъ эфемерному существованію, должны ити медленно, иначе ни одинъ изъ нихъ не сохранился бы до настоящаго времени. Вслѣдствіе этого количество матеріи переходныхъ формъ, возникающее за небольшой промежутокъ времени, должно быть чрезвычайно мало и въ большинствѣ случаевъ далеко внѣ предѣловъ прямыхъ методовъ изслѣдованія. Быстрое распаденіе и вылетаніе α -частицъ дѣлаетъ возможнымъ ихъ наблюденіе. Но такъ какъ количество ихъ незначительно, а распаденіе совершается быстро, то послѣ отдѣленія отъ элемента родоначальника онѣ, а слѣдовательно и ихъ активность, быстро исчезаютъ. Но одновременно новое количество появляется вслѣдствіе дезинтеграціи первоначальнаго элемента и количество переходной формы, непрерывно возобновляясь, остается приблизительно постояннымъ.

Такое состояніе, известное подъ названіемъ радиоактивнаго равновѣсія, наступаетъ, когда число атомовъ, подвергающихся ежесекундно распадению, равняется числу вновь появляющихся вслѣдствіе дезинтеграціи первоначальнаго элемента. Такъ какъ послѣднее число приблизи-

тельно постоянно, то отсюда вытекает, что количество накапливающейся и могущей в известный момент существовать переходной формы обратно пропорционально скорости ее распада или, что тоже, радиоактивной постоянной. Сь другой стороны радиоактивность, приносимая каждой переходной формой, в ряду последовательных дезинтеграций опредѣляется количествомъ измѣняющагося вещества, т. е. остается одного порядка для всѣхъ переходныхъ типовъ независимо отъ ихъ радиоактивныхъ постоянныхъ. Это весьма важный принципъ компенсаціи. Быстро измѣняющаяся переходная форма скопляется лишь въ маломъ количествѣ, медленно измѣняющаяся—въ гораздо большемъ. Для разнообразныхъ переходныхъ типовъ, появляющихся въ одномъ и томъ же ряду дезинтеграціи, соответственныя равновѣсныя количества даютъ одинаковые эффекты, т. е. такое же или подобное количество α -частицы выбрасывается въ секунду. Если изслѣдуются одинаковыя количества, то радиоактивность пропорциональна скорости измѣненія т. е. величинѣ λ .

До тѣхъ поръ, пока скорость измѣненія велика,—если, напримѣръ, имѣющееся количество уменьшается до половины въ періодъ времени максимумъ нѣсколькихъ недѣль,— количество переходной формы не можетъ никоимъ образомъ возрасти до такихъ предѣловъ, чтобы стать доступнымъ изслѣдованію обыкновеннымъ химическимъ методомъ. Если, наоборотъ, существуютъ формы съ значительно меньшею скоростью измѣненія, то количество скопляющагося матеріала пропорционально увеличивается и при примѣненіи достаточнаго числа тоннъ первоначальнаго вещества, можетъ стать вполне доступнымъ изслѣдованію. Вопросъ, такимъ образомъ, сводится исключительно къ медленности измѣненій и къ количеству большихъ количествъ первоначальнаго вещества. Но по мѣрѣ уменьшенія скорости измѣненій, характеръ переходной формы постепенно мѣняется, ея активность ослабѣваетъ все медленнѣе и переходная форма все ближе подходит по своимъ свойствамъ къ «постоянному» радиоэлементу. Когда это наступаетъ, время, потребное для получения радиоактивнаго равновѣсія послѣ отдѣленія отъ элемента-родоначальника, возрастаетъ и доходит до годовъ и столѣтій. Однако, это условіе не можетъ быть осуществлено на опытѣ и совершенно такъ же, какъ въ задачѣ нахождения послѣднихъ продуктовъ дезинтеграціи, мы должны и здѣсь обратиться къ тѣмъ природнымъ минераламъ, въ которыхъ радиоактивные элементы находятся. Только тамъ можно найти доказательства существованія медленно измѣняющихся переходныхъ формъ.

Съ этой точки зрѣнія кажется весьма вѣроятнымъ, что всѣ новые радиоактивные элементы: полоній, радій и актиній, найденные въ смоляной рудѣ, являются скорѣе медленно измѣняющимися переходными формами, чѣмъ элементами-

родоначальниками. Это одно изъ непровѣренныхъ до настоящаго времени слѣдствій дезинтеграціонной теоріи и общій ихъ элементъ-родоначальникъ еще остается неизвѣстнымъ. Является естественное желаніе считать за этотъ первичный элементъ уранъ, какъ наиболѣе тяжелый изъ всѣхъ и главную составную часть смоляной руды. Это одинъ изъ самыхъ интересныхъ вопросовъ, который наукѣ ближайшаго будущаго предстоитъ разрѣшить. Несомнѣнно, что полоній послѣ отдѣленія отъ смоляной руды только нѣсколько лѣтъ сохраняетъ свою активность и не менѣе хорошо извѣстно, что то же самое происходитъ съ радіемъ въ теченіе нѣсколькихъ тысячелѣтій. Для актинія можно указать срокъ, лежащій между этими двумя. Продолжающееся до сихъ поръ существованіе этихъ веществъ необходимо требуетъ существованія процесса новообразования. Болѣе логично не предполагать существованія обратнаго процесса восстановления первоначальнаго элемента изъ переходныхъ формъ, такъ какъ о такихъ процессахъ мы въ настоящее время не имѣемъ абсолютно никакихъ данныхъ. До тѣхъ поръ пока не будетъ непосредственно доказано существованіе подобныхъ обратныхъ процессовъ, намъ нѣтъ никакихъ основаній считать какіе-либо изъ открытыхъ до сихъ поръ радиоактивныхъ превращеній за такіе процессы. Если будущія изслѣдованія подтвердятъ изложенные здѣсь взгляды, то всѣ затрудненія исчезнутъ при предположеніи, что радиоактивные процессы непрерывно шли какъ въ настоящее время въ теченіе столь долгихъ вѣковъ, что они насъ переносятъ въ самыя отдаленныя времена къ эпохѣ начала земной исторіи. Если въ видѣ примѣра разсматривать уранъ и торій, какъ тѣ первоначальные элементы-родоначальники, изъ которыхъ путемъ дезинтеграціи образовались всѣ извѣстные намъ виды радиоактивной матеріи, то извѣстныя радиоактивныя постоянныя этихъ элементовъ оказываются столь малыми, что тысячи милліоновъ лѣтъ не хватило бы для полнаго ихъ исчезновенія съ лица земли. Космическіе процессы аналитическаго отдѣленія въ большемъ размѣрѣ, которые имѣли мѣсто въ древнѣйшей исторіи земли и которые обусловили ея неоднородное строеніе—коротко говоря, процессы, приведшіе къ распределенію элементовъ по имѣющимся у насъ теперь минераламъ,—по всей вѣроятности завершились въ періодъ, гораздо меньшій продолжительности жизни урана и торія, найденныхъ въ этихъ минералахъ и, вслѣдствіе этого, нѣтъ непосредственной необходимости предполагать существованіе обратныхъ процессовъ новообразования за время длинной исторіи земли. Однако, возможность существованія такихъ процессовъ одновременно съ процессами дезинтеграціи не можетъ подлежать сомнѣнію. По крайней мѣрѣ открытія послѣднихъ лѣтъ въ наукѣ должны заставить насъ колебаться въ предписываніи возможностей и невозможностей природѣ. Един-

ственное, на что мы хотимъ здѣсь указать,—это на ненужность такого предположенія въ настоящій моментъ.

Если мы захотимъ дальше проникнуть въ глубину вопроса, обратимся къ временамъ, предшествовавшимъ возникновенію земли, и спросимъ, откуда же взялись элементы уранъ и торій, то задача становится частью того основного вопроса, на который наука еще не пролила никакого свѣта. Космическая эволюція, насколько намъ удалось освѣтить этотъ вопросъ, идетъ только въ одномъ направленіи и стремится въ концѣ концовъ прекратиться. Какъ же она началась? Возможность субатомныхъ измѣненій въ мировомъ процессѣ необыкновенно удлиннила время, на которое можетъ продолжиться односторонній процессъ эволюціи. Но она еще не разрѣшила загадки начала.

С. М.

Коллекторные двигатели переменнаго тока.

Статья Осноса.

(Окончаніе *).

Сравненіе репульсионнаго двигателя съ послѣдовательнымъ. Въ репульсионномъ двигателѣ сдвигъ фазъ при одинаковой затратѣ матеріала нѣсколько болѣе неблагоприятенъ, чѣмъ въ послѣдовательномъ двигателѣ съ компенсированнымъ якорнымъ потокомъ. Это слѣдуетъ изъ того, что въ репульсионномъ двигателѣ приходится сдвигать щетки на значительный уголъ по отношенію къ оси обмотки индуктора. Вслѣдствіе этого можно устранить только ту слагающую якорнаго потока, которая совпадаетъ съ осью поля статора, другая же слагающая остается и дѣйствуетъ въ двигателѣ на подобіе самоиндукціи, между тѣмъ какъ въ послѣдовательномъ двигателѣ можно совершенно или почти совершенно уничтожить индукцію якоря (см. фиг. 1а Эл-ва № 11—12 т. г.).

Но за то репульсионный двигатель имѣетъ то преимущество, что у него коллекторъ всегда замкнутъ на короткую и не находится подъ полной нагрузкой цѣпи. Всѣмъ извѣстно, что цѣна и размѣры коллектора находятся въ зависимости отъ силы тока, проходящаго черезъ коллекторъ. Въ репульсионномъ двигателѣ коллекторъ можетъ имѣть небольшіе, сравнительно, размѣры, а потому цѣна его не многимъ выше стоимости обыкновенныхъ контактныхъ колецъ. Кромѣ того, вслѣдствіе незначительной силы тока, проходящаго черезъ коллекторъ, коммутация въ немъ (по крайней мѣрѣ при нормальной работѣ) совершается такъ же хорошо, какъ и при контактныхъ кольцахъ. Для практики особенно интересно знать сколько витковъ должна имѣть обмотка якоря. Въ послѣдовательномъ двигателѣ переменнаго тока обмотка якоря какъ и въ двигателяхъ постоянного тока опредѣляется силой и напряженіемъ тока въ якорѣ. Но въ случаѣ репульсионнаго двигателя, какъ уже было раньше сказано, сила и напряженіе тока, проходящаго черезъ коллекторъ, почти равны нулю. Если принять опредѣленное число пластинъ въ коллекторѣ, то а priori не видно, сколько витковъ нужно взять на пластину, т. е., иначе говоря, неизвѣстно, какъ слѣдуетъ обмотать якорь, какъ якорь высокаго или низкаго напряженія. На первый взглядъ можетъ казаться, что нужно взять небольшое число витковъ; болѣе подробное изслѣдованіе показываетъ,

что это не такъ. Дѣйствительно, такъ какъ напряженіе на коллекторѣ въ репульсионномъ двигателѣ всегда почти равно нулю, то, необходимое обыкновенно требованіе нечрезмѣрно большого напряженія на пластину коллектора здѣсь совершенно отпадаетъ, и, слѣдовательно, приходится принимать во вниманіе только напряженіе реакціи якоря и напряженіе, возникающее вслѣдствіе индукціи. Но съ одной стороны эти напряженія въ репульсионномъ двигателѣ уменьшаются вслѣдствіе дѣйствія вращающагося поля, образующагося при работѣ двигателя, съ другой стороны при данномъ переменномъ полѣ для силы токовъ короткаго замыканія безразлично, будетъ ли обмотка состоять изъ большого числа витковъ съ большимъ сопротивленіемъ или малаго числа витковъ съ небольшимъ сопротивленіемъ. Отсюда ясно, что якорь репульсионнаго двигателя можно изготовлять, какъ якорь высокаго напряженія, но при условіи, чтобы отношеніе $\frac{\text{число витковъ на пластину}}{\text{сопротивленіе на пластину}}$ не превышало опредѣленной величины.

Кромѣ того, такъ какъ напряженіе, являющееся въ коротко замкнутомъ якорѣ вслѣдствіе индукціи нейтрализуется электродвижущей силой, развивающейся при вращеніи якоря, то между секціями якоря, симметрично расположенными по отношенію къ оси поля ротора, а слѣдовательно и между соответствующими пластинами коллектора не будетъ существовать никакой разности потенциаловъ. Наоборотъ, въ направленіи поля, производящаго вращающій моментъ будетъ создаваться электродвижущая сила.

Эта поперечная, такъ сказать, электродвижущая сила образуется изъ электродвижущей силы индукціи этого поля и изъ электродвижущей силы, создаваемой въ направленіи коротко-замкнутыхъ щетокъ вращеніемъ якоря въ результирующемъ полѣ. При незначительномъ сопротивленіи якоря обѣ эти электродвижущія силы приблизительно противоположны другъ другу. Когда двигатель находится въ покоѣ, то, понятно, существуетъ только первая электродвижущая сила. Какъ только двигатель приходитъ въ движеніе, электродвижущая сила, являющаяся вслѣдствіе вращенія, начинаетъ возрастать, въ то время, какъ первая электродвижущая сила все уменьшается вслѣдствіе ослабленія первичнаго тока и поля, производящаго вращающій моментъ. При извѣстной скорости (зависящей отъ отношенія $\frac{\text{число оборотовъ}}{\text{число періодовъ}}$ и отъ положенія щетокъ) обѣ электродвижущія силы компенсируютъ другъ друга. Если же эта скорость перейдена, то поперечная электродвижущая сила дальше возрастаетъ, но съ обратнымъ знакомъ.

Максимальное напряженіе, являющееся въ направленіи поля, имѣетъ значеніе для выбора соответствующей изоляціи обмотки якоря; поэтому слѣдуетъ выбирать конструктивныя данныя двигателя такъ, чтобы при нормальной работѣ двигателя эта поперечная электродвижущая сила была бы насколько возможно мала; съ этой точки зрѣнія изоляція якоря и коллектора въ репульсионномъ двигателѣ можетъ быть не такой тщательной, какъ въ послѣдовательномъ двигателѣ тѣхъ же размѣровъ.

Репульсионные двигатели Аткинсона. Особенностью двигателей Аткинсона является то, что поле, индуктирующее токъ въ якорѣ (а слѣдовательно и самый этотъ токъ) и поле, производящее вращающій моментъ, могутъ быть регулируемы отдѣльно другъ отъ друга.

Двигатели Аткинсона произошли изъ обыкновеннаго послѣдовательнаго двигателя. Въ этомъ двигателѣ токъ подводится къ коллектору при посредствѣ щетокъ, т. е. посредствомъ электрическаго соединенія. Вмѣсто этого можно индуктировать токъ въ якорѣ извнѣ, такъ какъ мы имѣемъ здѣсь дѣло съ переменнымъ токомъ; въ этомъ случаѣ якорь и статоръ будутъ сведены магнитнымъ путемъ, и самъ двигатель будетъ играть роль трансформатора.

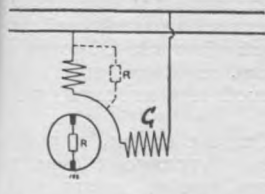
* См. Э—во, т. г. № 11—12 стр. 163.

Для этой цели, кроме обыкновенной обмотки индуктора, перпендикулярной как и в последовательном двигателе и двигателе постоянного тока к направлению щеток, Аткинсон располагает на индукторе еще одну добавочную обмотку, ось которой совпадает с направлением щеток. Если питать эту обмотку переменным током, то она при замкнутых на короткую щетках якоря индуктирует в нем ток. Преимуществом этой схемы состоит в том, что как и в обыкновенных репульсионных двигателях якорь не имеет никакого электрического соединения с сѣтью.

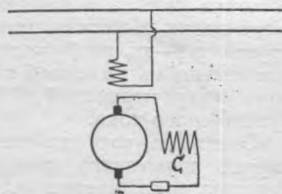
Аналогично сь двигателемъ постоянного тока Аткинсонъ разсматриваетъ въ этихъ двигателяхъ двѣ оси: одну электрическую, совпадающую съ направлениемъ щетокъ, и другую магнитную, перпендикулярную къ этому направлению. Соответственно этому, онъ называетъ одну обмотку индуктирующей, а другую намагничивающей. Смотра по способу соединения этихъ обмотокъ Аткинсонъ различаетъ четыре вида двигателей.

1. Индуктирующая обмотка соединена последовательно сь намагничивающей (фиг. 5). Дѣйствие этого двигателя происходитъ такъ же, какъ у обыкновеннаго двигателя Томсона. Такъ какъ обѣ обмотки даютъ результирующее поле, наклоненное по отношению къ щеткамъ, то ихъ дѣйствие на якорь совершенно одинаково сь дѣйствиемъ одной обмотки, ось которой наклонена подъ известнымъ угломъ къ линіи соединения щетокъ. Но устройство двухъ отдѣльныхъ обмотокъ имѣетъ то преимущество, что позволяетъ регулировать токъ въ якорѣ и возбуждающее поле совершенно независимо другъ отъ друга. Можно въ одной изъ обмотокъ переменить направление тока, и вслѣдствіе этого измѣнится направление вращенія двигателя безъ перемены положенія щетокъ, между тѣмъ какъ въ обыкновенныхъ репульсионныхъ двигателяхъ этого не возможно сдѣлать безъ особыхъ приспособленій.

Неудобство же этого устройства заключается въ томъ, что при томъ же числѣ витковъ обмотки индуктора и при той же разности потенциаловъ на зажимахъ намагничивающей токъ будетъ сильнѣе въ отношеніи $\frac{(Z_1 + Z_2)^2}{Z_1^2 + Z_2^2}$, гдѣ Z_1 и Z_2 — обозначаютъ число витковъ индуктирующей и намагничивающей обмотки. Кроме того, двѣ отдѣльныя обмотки должны перекрещиваться, между тѣмъ, какъ однофазную обмотку можно сдѣлать въ видѣ винтовой линіи безъ



Фиг. 5.



Фиг. 6.

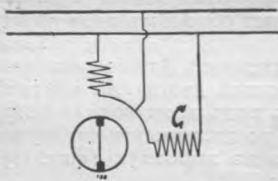
перекрещиваній. Последній способъ обмотки даетъ возможность лучшей изоляціи, а слѣдовательно, и лучшаго использованія находящейся въ распоряженіи поверхности.

2. Намагничивающая обмотка соединена последовательно сь обмоткой якоря (фиг. 6) и образуетъ замкнутую на себя цѣпь; индуктирующая же обмотка присоединена къ сѣти. Последняя обмотка индуктируетъ такимъ образомъ токъ въ якорѣ и токъ, возбуждающій магнитное поле; такъ какъ этотъ второй токъ перпендикуляренъ къ направлению индуктированнаго тока, то онъ не оказываетъ никакой реакціи на обмотку статора. Поэтому поле, производящее вращающій моментъ, слѣдуетъ разсматривать, какъ вторичное поле разсѣянія, и вслѣдствіе этого первич-

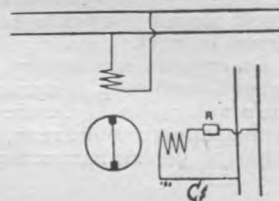
ный сдвигъ сразу становится значительно больше, чѣмъ въ предыдущей схемѣ. Наоборотъ, вращающій моментъ этого двигателя больше, чѣмъ двигателя, изображеннаго на фиг. 5, такъ какъ поле и токъ якоря совпадаютъ всегда по фазѣ.

3. Намагничивающая и индуктирующая обмотки присоединены къ сѣти, а щетки замкнуты на короткую (фиг. 7).

Этотъ двигатель подобенъ обыкновенному шунтовому двигателю сь компенсированнымъ полемъ якоря и обладаетъ его недостатками: его вращающій моментъ чрезвычайно малъ. Токъ въ якорѣ нейтрализуется дѣйствіемъ самоиндукціи индуктирующей обмотки и не оказываетъ никакого вліянія на намагничивающую обмотку; вслѣдствіе этого происходитъ значительный сдвигъ фазъ между токомъ въ якорѣ и полемъ индуктора, и вращающій моментъ поэтому



Фиг. 7.



Фиг. 8.

чрезвычайно малъ. Поэтому необходимо, чтобы щетки не были замкнуты на короткую, а были бы присоединены къ индуктивному сопротивленію или чтобы воздушный промежутокъ былъ весьма великъ; но въ последнемъ случаѣ сила тока, а слѣдовательно и вращающій моментъ очень малы.

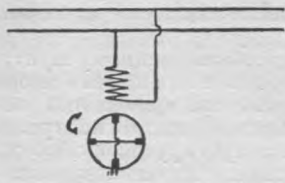
4. Намагничивающая и индуктирующая обмотки питаются токами, напряжения которыхъ не совпадаютъ по фазѣ (фиг. 8). Если эти напряжения сдвинуты другъ относительно друга на 90°, то возбуждающее поле совпадаетъ по фазѣ сь токомъ въ якорѣ, и двигатель работаетъ въ хорошихъ условіяхъ. Если имѣется многофазная сѣть, то возбуждающие токи можно брать прямо отъ сѣти, присоединяя къ различнымъ фазамъ, или чрезъ посредство вращающагося фазнаго трансформатора.

Преимуществомъ этой системы по сравнению сь предыдущими является возможность работать безъ сдвига фазъ. Сь другой стороны эта схема имѣетъ то неудобство, что она очень усложняется вслѣдствіе необходимости имѣть по крайней мѣрѣ двухфазный токъ. По сравнению сь обыкновенными индукціонными двигателями эта система обладаетъ общимъ преимуществомъ двигателей Аткинсона, состоящимъ въ томъ, что возбуждающее поле совершенно не зависитъ отъ напряжения индуктирующей обмотки, и что поэтому и скорость вращенія двигателя и его вращающій моментъ можно регулировать въ широкихъ предѣлахъ.

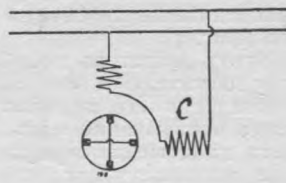
5. Индуктирующая обмотка присоединена къ однофазной сѣти, при чемъ якорь снабженъ двумя парами щетокъ, расположенными диаметрально противоположно и замкнутыми на короткую (фиг. 9). Одна пара щетокъ находится въ направленіи электрической оси, другая же пара въ направленіи перпендикулярномъ къ этой оси.

При вращеніи якоря въ результирующемъ полѣ электрической оси между щетками, расположенными перпендикулярно къ этой оси, является токъ; вслѣдствіе самоиндукціи якоря, этотъ токъ сдвинуть по фазѣ почти на 90° назадъ по отношенію къ полю и совпадаетъ почти по фазѣ съ первичнымъ токомъ. Этотъ токъ возбуждаетъ поле, производящее вращающій моментъ. Легко понять, что функционированіе этого двигателя подобно функционированію обыкновеннаго индукціоннаго двигателя, поэтому онъ самъ не беретъ сь мѣста.

Аткинсонъ предлагаетъ сначала пускать двигатель по схемѣ 5 или 6, и потомъ, когда онъ приобрететъ известную скорость, замыкать щетки на короткую. Легко видѣть, что при этомъ расположеніи



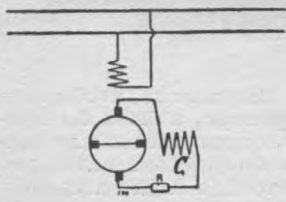
Фиг. 9.



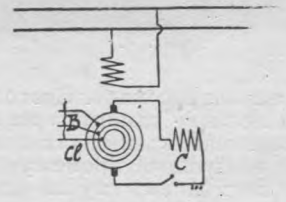
Фиг. 10.

индуктирующая обмотка и обмотка якоря подобны одной общей обмоткѣ. Такимъ образомъ получаются схемы 10 и 11.

Въ одномъ изъ своихъ патентовъ Аткинсонъ предлагаетъ снабжать репульсионный двигатель контактными кольцами. Пусканіе въ ходъ производится какъ коллекторнаго двигателя, а по достиженіи известной скорости щетки замыкаются на короткую (фиг. 12).



Фиг. 11.

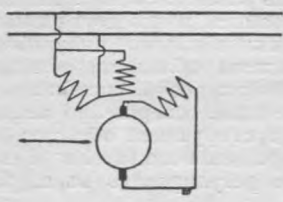


Фиг. 12.

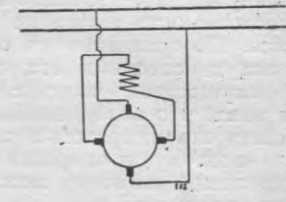
Постепенное замыканіе на короткую при помощи контактныхъ колецъ въ послѣднее патентовано также и Шюлеромъ.

Въ другомъ патентѣ Аткинсонъ предлагаетъ еще одну схему для улучшенія коэффициента мощности двигателя 6 (фиг. 13).

Ось индуктирующей обмотки совпадаетъ, какъ и въ другихъ двигателяхъ съ направлениемъ щетокъ. Но на статорѣ находятся двѣ возбуждающія обмотки, изъ которыхъ одна соединена съ якоремъ при по-



Фиг. 13.



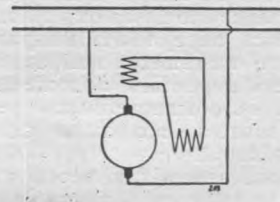
Фиг. 14.

мощи щетокъ, а другая параллельная индуктирующей обмоткѣ присоединена къ сѣти. Обѣ эти обмотки расположены симметрично по отношенію къ электрической оси и составляютъ съ ней уголъ въ 45°. Повидимому Аткинсонъ хочетъ усилить поле, производимое вращающій моментъ, которое совпадаетъ по фазѣ со вторичнымъ токомъ, усилить вспомогательнымъ полемъ сдвинутымъ по фазѣ на 90° назадъ. Это вспомогательное поле индуктируетъ въ якорѣ во время вращенія токъ совпадающій съ нимъ по фазѣ. Такимъ образомъ, въ якорѣ является токъ, который безъ этого приспособленія долженъ былъ бы прямо доставляться въ якорь изъ сѣти. Преимущества этого способа находятся подъ большимъ сомнѣніемъ, такъ какъ вращающій моментъ двигателя ослабленъ наклоннымъ положеніемъ индуктирующаго поля.

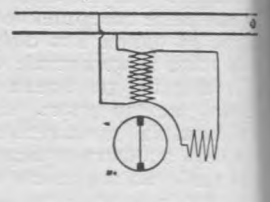
Изъ описанныхъ выше схемъ можно вывести еще и другія схемы. Напримѣръ, схема 6 превращается въ схему 14, если присоединить цѣпь съ одной парой щетокъ, а обмотку индукторовъ съ другой. Токъ проходящій черезъ послѣднюю пару щетокъ образуетъ создающее вращающій моментъ поле, въ то время, какъ результирующее поле въ направленіи электрической оси создаетъ отрицательный вращающій моментъ. Кромѣ того, движущее поле, сдвинутое назадъ относительно электродвижущей силы вѣншей цѣпи, возбуждаетъ между щетками, присоединенными съ этой цѣпью, обратную электродвижущую силу, упрещающую электродвижущую силу цѣпи. Далѣе, возбуждающее поле, кромѣ стационарной индукціи въ обмоткѣ индуктора производитъ еще и вращеніемъ якоря въ результирующемъ полѣ, имѣющемъ направленіе электрической оси. По этимъ двумъ причинамъ здѣсь, повидимому, компенсируется сдвигъ фазъ. Недостатокъ этого двигателя состоитъ въ томъ, что коллекторъ все время соединенъ со вѣншей цѣпью, и черезъ него проходитъ весь токъ, необходимый для работы двигателя. Въ этой схемѣ обмотка якоря одновременно служитъ и рабочей и возбуждающей обмотками.

Другое видоизмѣненіе схемы 6 представлено на фиг. 15.

Въ этой схемѣ щетки соединены со вѣншей цѣпью, а индуктирующая и возбуждающая обмотки соединены послѣдовательно и образуютъ замкнутую цѣпь. Обѣ обмотки дѣйствуютъ на якорь точно такъ



Фиг. 15.



Фиг. 16.

же, какъ замкнутая на себя обмотка статора, ось которой наклонена по отношенію къ линіи щетокъ.

На фиг. 16 изображена еще одна схема. На статорѣ имѣются три обмотки: двѣ изъ этихъ обмотокъ концентричны и ихъ общая ось совпадаетъ съ направлениемъ замкнутыхъ на короткую щетокъ; третья обмотка является намагничивающей. Одна изъ первыхъ двухъ обмотокъ присоединена ко вѣншей цѣпи, другая же—къ возбуждающей обмоткѣ. Обмотка, соединенная съ вѣншей цѣпью, служитъ такимъ образомъ индуктирующей обмоткой для якоря и для возбуждающаго тока.

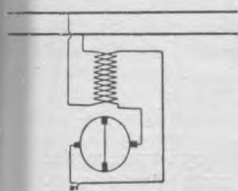
Очевидно, что эта схема та же самая, какъ и въ случаѣ шунтоваго двигателя Аткинсона (фиг. 17). Разница заключается въ томъ, что въ двигатель Аткинсона электрическое соединеніе между индуктирующей и намагничивающей обмотками, а здѣсь—магнитное. Въ обоихъ случаяхъ намагничивающая обмотка имѣетъ постоянное напряженіе, и индуктирующее поле сдвинуто на 90° по отношенію къ напряженію сѣти; фаза же якорнаго тока измѣняется въ зависимости отъ числа оборотовъ. Даже помимо сѣржности, вводимой третьей обмоткой, этотъ двигатель обладаетъ всѣми недостатками шунтоваго двигателя Аткинсона, не представляя въ то же время ни одного изъ его преимуществъ.

Эту схему можно, однако, значительно улучшить, если вмѣсто устройства отдѣльной обмотки на статорѣ воспользоваться якоремъ въ качествѣ индуктора (фиг. 17). Въ этомъ случаѣ возбуждающій токъ создается частью вращеніемъ якоря въ результирующемъ полѣ.

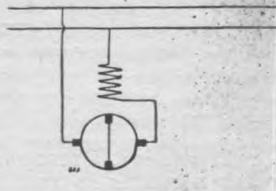
Для пусканія въ ходъ нужно замыкать щетки на индуктивные сопротивления, чтобы индуктирующее поле

рабочий ток по возможности совпадают бы по фазе. Можно пускать в ход этот двигатель так же, как по обыкновенной схеме фиг. 5 или 6, а потом уже по достижении определенной скорости переходить к описываемой схеме. Принципиально этот двигатель сходен с описываемым ниже компенсированным шунтовым двигателем.

Компенсированный последовательный двигатель. Этот двигатель (фиг. 18) имеет в статоре индуктирующую обмотку, ось которой



Фиг. 17.



Фиг. 18.

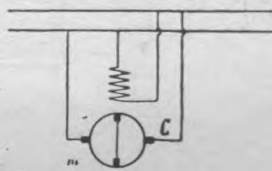
совпадает, как обыкновенно, с направлением коротко замкнутых щеток. Эта обмотка, соединенная последовательно с двумя другими щетками, перпендикулярными к первым, присоединена ко внешней цепи. Компенсация фаз производится тем, что результирующее поле, совпадающее с направлением замкнутых на короткую щеток, индуктирует вследствие вращения якоря между последовательно соединенными щетками электродвижущую силу, сдвинутую по фазе вперед. Эта электродвижущая сила возрастает с увеличением скорости вращения якоря; кроме того, она зависит от омического сопротивления якорной обмотки, в то время, как результирующее поле пропорционально вообще сопротивлению якоря. Поэтому, в зависимости от сопротивления якоря электродвижущая сила самоиндукции может быть при определенной скорости вращения якоря компенсирована образующейся здесь электродвижущей силой, сдвинутой по фазе вперед. Тем не менее двигатель обладает многими недостатками.

В нем создаются два вращающихся момента: 1) положительный вращающийся момент, являющийся следствием поля в направлении последовательно соединенных щеток и тока между замкнутыми на короткую щетками; 2) отрицательный вращающийся момент—вследствие результирующего поля в направлении коротко замкнутых щеток и якорного тока в направлении последовательно соединенных щеток. В этом отношении, следовательно, компенсированный двигатель обладает теми же свойствами, как и обыкновенный однофазный индукционный двигатель. Но в то время, как в последнем вращающийся момент в состоянии покоя равен нулю, в компенсированном двигателе он имеет значительную величину, так что двигатель энергично берет с места. Но при возрастании скорости вращения положительный вращающийся момент уменьшается, а отрицательный увеличивается, так что при синхронизме полезный вращающийся момент становится меньше, чем в репульсионном двигателе. Конечно, можно уменьшить отрицательный вращающийся момент, уменьшая сопротивление коротко замкнутой цепи, но это связано с большим расходом на медь; кроме того, это сопротивление не может быть сделано меньше определенной величины, так это сопротивление составляется отчасти и из сопротивления замкнутых на короткую щеток, которое должно иметь определенную величину в виду искрообразования. По этой причине отдача двигателя должна быть несколько меньше. Кроме того, двигатель этот имеет еще одно неудобство общее с обыкновенными последовательными двигателями: при пускании в ход напряжение на последовательно

соединенных щетках повышается, вследствие чего коллектор должен быть значительно больше, чем у обыкновенного репульсионного двигателя. Кроме того и вторая пара щеток является серьезным неудобством, так как она увеличивает потери на трение и вызывает искрообразование.

Вследствие этого, является спорный вопрос, не превышают ли недостатки двигателя его единственное достоинство, заключающееся в компенсации сдвига фаз.

Компенсированный шунтовый двигатель. Этот двигатель отличается от последовательного только тем, что возбуждающие щетки расположены в отношении к сети (непосредственно и через посредство трансформаторов с переменным коэффициентом трансформации) (фиг. 19). Принципиально он отличается от последовательного двигателя тем недостатком, что при замкнутых на короткую щетках, он не имеет никакого



Фиг. 19.

начального вращающегося момента; он обладает в состоянии покоя теми же свойствами, что и шунтовый двигатель Аткинсона. Эта схема может быть употребляема в некоторых случаях, но только по достижении известной скорости вращения. Компенсирование в этих двигателях происходит от того, что результирующее поле между замкнутыми на короткую щетками производит в цепи вследствие вращения якоря ток сдвинутый по фазе вперед; этот ток компенсирует намагничивающий ток в обмотке индуктора.

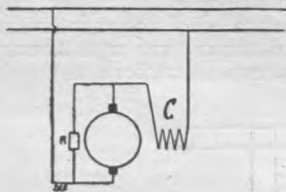
Регулирование скорости и вращающегося момента двигателя. Важнейшее свойство коллекторных двигателей переменного тока заключается в том, что скорость и вращающийся момент можно регулировать в широких пределах без потери энергии в неиндуктивных сопротивлениях.

а) Последовательные двигатели. Что касается регулирования скорости, то в этом отношении последовательный двигатель совершенно подобен двигателю постоянного тока. Для указанной цели можно изменять либо полное напряжение двигателя, либо напряжение на коллектор, либо же интенсивность поля. Чтобы иметь возможность менять полное напряжение двигателя, достаточно присоединить двигатель ко вторичной обмотке трансформатора с переменным коэффициентом трансформации, первичная обмотка которого присоединена ко внешней цепи; очевидно, что для той же цели можно применить частичный трансформатор, как это предложил Ламм. Трансформатор может иметь либо выключаемые катушки, либо подвижные по отношению друг к другу.

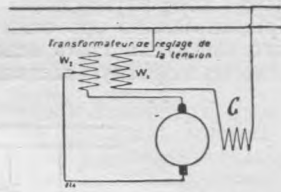
Чтобы изменить напряжение на коллектор при постоянном напряжении на зажимах, Пипер предлагает (фиг. 20) присоединить к якорю параллельно индуктивное или неиндуктивное сопротивление. Напряжение на коллектор зависит от величины ответвленного сопротивления, а разность потенциалов на зажимах остается неизменной. Легко видеть, что в этом случае возрастание напряжения на коллектор должно вызвать уменьшение его в статоре и наоборот. Обмотка статора применяется таким образом, как реактивная катушка. Чтобы двигатель не сгорел при замкнутом на короткую

якорь, обмотка статора должна имѣть много витковъ сравнительно съ якорной обмоткой, иначе говоря статоръ долженъ обладать значительной самоиндукціей. Но это обстоятельство, какъ уже раньше было сказано, должно вызвать сильный сдвигъ фазъ во вѣшной цѣпи; поэтому эта схема пригодна только для небольшихъ двигателей, при которыхъ сдвигъ фазъ не имѣетъ значенія. Значительно выгоднѣе другая схема, предложенная тѣмъ же Пиперомъ.

Первичная обмотка W_1 трансформатора съ переменнымъ коэффициентомъ трансформации присоединена ко вѣшной цѣпи послѣдовательно съ обмоткой производящей магнитное поле (фиг. 21); вторичная обмотка W_2 трансформатора присоединена къ



Фиг. 20.



Фиг. 21.

щеткамъ. Очевидно, что токъ въ обмоткѣ, производящей поле, и токъ въ якорѣ будутъ всегда совпадать по фазѣ, и что напряжение на коллекторѣ можно мѣнять по произволу. Для измѣненія интенсивности поля можно параллельно съ его обмоткою включить регулируемое сопротивление.

б) Обыкновенный репульсионный двигатель. И въ обыкновенномъ репульсионномъ двигателѣ можно регулировать скорость и вращающій моментъ, измѣняя первичное напряжение.

Если въ нѣкоторыхъ случаяхъ, какъ напримѣръ въ подъемныхъ механизмахъ, нужно имѣть постоянный вращающій моментъ при всѣхъ скоростяхъ, нужно урегулировать первичное напряжение такимъ образомъ, чтобы оно возрастало по мѣрѣ увеличенія скорости. Этого можно достигнуть употребляя трансформаторъ съ переменнымъ коэффициентомъ трансформации. Въ этихъ случаяхъ нужно проектировать двигатель такимъ, чтобы даже при высокихъ напряженияхъ желѣзо не было слишкомъ насыщено.

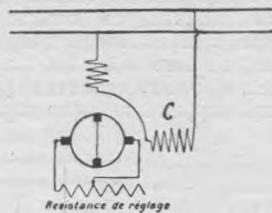
Той же цѣли можно достигнуть, измѣняя сопротивление якоря; это производится включеніемъ въ состояніи покоя сопротивленія индуктивного или неиндуктивного, которое при пусканіи въ ходъ мало по малу выключаютъ. Другой способъ регулирования репульсионныхъ двигателей, предложенный Шюлеромъ, заключается въ постепенномъ измѣненіи сопротивления между контактными кольцами. Большой недостатокъ этого способа заключается въ употребленіи колець, которыя, помимо большихъ затратъ, требуютъ еще и большаго мѣста. Поэтому эта схема непримѣнима въ нѣкоторыхъ случаяхъ, напримѣръ, на желѣзныхъ дорогахъ, гдѣ пространство очень ограничено.

Гораздо выгоднѣе вмѣсто репульсионнаго двигателя съ кольцами употреблять двигатели Аткинсона (фиг. 10 или 11) и включать переменныя сопротивления въ цѣпь щетокъ, совпадающихъ по направленію съ магнитной осью (фиг. 22).

Въ обоихъ этихъ случаяхъ двигатель обладаетъ одновременно свойствами обыкновеннаго однофазнаго индукціоннаго двигателя и репульсионнаго двигателя. Такъ какъ вращающій моментъ индукціоннаго двигателя возрастаетъ съ увеличеніемъ числа оборотовъ, а вращающій моментъ репульсионнаго двигателя наоборотъ падаетъ, то можно такимъ образомъ получить постоянный вращающій моментъ при какой угодно скорости. Это послѣднее свойство было указано Шюлеромъ. Однако, обѣ эти схемы обладаютъ

тѣмъ недостаткомъ, что происходитъ потеря энергии въ сопротивленіяхъ.

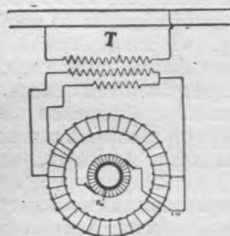
Есть еще одинъ довольно интересный способъ регулирования репульсионныхъ двигателей, состоя-



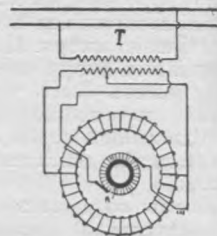
Фиг. 22.

въ слѣдующемъ. Статоръ и роторъ присоединены при началѣ пусканія въ ходъ къ сѣти (фиг. 23 и 24). По достиженіи определенной скорости сегменты коллектора замыкаются на короткую специальнымъ кольцомъ а щетки поднимаются; двигатель работает тогда, какъ обыкновенный индукціонный.

Трансформаторъ, употребляющійся для этой цѣли, представленъ на фиг. 23; онъ имѣетъ три обмотки одна присоединена ко вѣшной цѣпи, вторая къ статору, а третья—къ ротору. Число витковъ этихъ обмотокъ выбрано сообразно желаемому соотношенію между отдѣльными напряжениями. На фиг. 24 обмотки, присоединенныя къ статору и ротору, соединены въ одну, разбитую на отдѣльныя катушки. Одинъ конецъ обмотки присоединенъ къ одному зажиму статора, а другой конецъ къ одной щеткѣ; вторая щетка и второй зажимъ статора присоединены



Фиг. 23.



Фиг. 24.

къ средней точкѣ обмотки черезъ посредство скользящаго контакта; легко видѣть, что при движеніи скользящаго контакта направо число катушекъ, приключенныхъ къ коллектору, уменьшается, а число катушекъ, приключенныхъ къ статору, увеличивается. Но такъ какъ разность потенциаловъ у концовъ обмотки постоянна, то напряжение на коллекторѣ и статорѣ измѣняется сообразно положенію контакта. Двигатель пускается въ ходъ, какъ обыкновенный шунтовый; измѣняютъ мало по малу разность напряженій, подводимыхъ къ коллектору и къ статору, вслѣдствіе этого скорость вращения и вращающій моментъ двигателя могутъ быть регулируемы въ желаемомъ направленіи.

Конечно и этотъ способъ регулирования имѣетъ свои недостатки; дѣло въ томъ, что коллекторъ въ началѣ долженъ выдерживать значительное напряжение. Кромѣ коллекторной обмотки, можно на роторѣ расположить еще одну обмотку, замкнутую на короткую, или же обмотку съ контактными кольцами, которая замыкается на короткую по достиженіи определенной скорости.

с) Репульсионные двигатели Аткинсона. Относительно регулирования своихъ двигателей Аткинсонъ замѣтилъ, что они обладаютъ въ этомъ отношеніи всѣми свойствами двигателей постоянного тока; они имѣютъ, кромѣ того, то преимущество, что

при какомъ угодно напряженіи въ цѣпи напряженіе на коллекторѣ очень мало, и что поле, создающее вращающій моментъ, независимо отъ индуктирующаго поля. Эти оба поля можно по желанію измѣнять совершенно независимо другъ отъ друга, какъ въ обыкновенныхъ шунтовыхъ или послѣдательныхъ двигателяхъ постоянного тока.

На фиг. 25 трансформаторъ съ переменнымъ коэффициентомъ трансформации присоединенъ къ индуктирующей обмоткѣ; коэффициентъ трансформации измѣняется или посредствомъ выключенія катушекъ или измѣненія ихъ взаимнаго положенія. Понятно этотъ способъ регулированія приложимъ не только къ изображеннымъ на фигурахъ схемамъ, но и къ другимъ двигателямъ Аткинсона и къ обыкновеннымъ репульсионнымъ двигателямъ.

Изъ всего вышесказаннаго ясно, что въ двигателяхъ Аткинсона можно регулировать токъ въ якорѣ, а слѣдовательно и скорость вращенія, включеніемъ соответственныхъ сопротивленій. Сравнительно съ прежними способами регулированія этотъ способъ имѣетъ то преимущество, что регулированіе происходитъ въ цѣпи низкаго напряженія. Съ другой стороны этотъ способъ невыгоденъ тѣмъ, что цѣпь щетокъ не всегда замкнута на короткую, и что коллекторъ подверженъ дѣйствию высокаго напряженія. Но если регулировать первичное напряженіе, что можно осуществить въ цѣпи низкаго напряженія добавочнаго трансформатора, то коллекторныя щетки будутъ всегда замкнуты на короткую, благодаря чему коллекторъ можетъ быть устроенъ гораздо легче и дешевле.

Если возбуждающая обмотка соединена послѣдовательно съ якорной обмоткой (фиг. 7), то интенсивность поля, производящаго движущій эффектъ, будетъ измѣняться съ силой тока, протекающаго черезъ якорь.

Очевидно, что можно одновременно измѣнять токъ въ якорѣ и первичное напряженіе. Наконецъ, можно измѣнять скорость двигателей Аткинсона (какъ, впрочемъ, и всѣхъ другихъ коллекторныхъ двигателей) при помощи сдвига щетокъ на коллекторѣ.

Измѣненіе направленія вращенія.

а) **Послѣдательный двигатель.** Что касается переменнаго направленія вращенія, то послѣдательный двигатель переменнаго тока ничуть не отличается отъ послѣдательнаго двигателя постоянного тока. Эту переменную можно произвести измѣненіемъ направленія поля или направленія тока, протекающаго черезъ якорь.

б) **Обыкновенный репульсионный двигатель.** Въ обыкновенныхъ репульсионныхъ двигателяхъ измѣненіе направленія движенія не производится такъ просто по той причинѣ, что создающій движущій эффектъ и индуктирующее поле не зависятъ другъ отъ друга. Изъ различныхъ слѣдственныхъ предложеній можно привести слѣдующія:

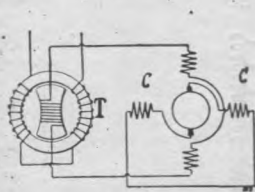
По одному изъ нѣмецкихъ патентовъ на статорѣ помѣщаютъ симметрично по отношенію къ щеткамъ двѣ обмотки, и, смотря по направленію движенія, которое желаютъ получить, питаютъ токомъ одну или другую изъ этихъ обмотокъ. Эта схема имѣетъ тотъ недостатокъ, что утилизируется только половина всей обмотки.

Можно также и на коллекторѣ помѣстить двѣ пары щетокъ, расположенныхъ симметрично по отношенію къ оси обмотки, при чемъ, смотря по желаемому направленію вращенія, замыкаютъ на короткую ту или другую пару щетокъ. И въ этой схемѣ одна пара щетокъ всегда безъ употребленія, что тоже представляетъ недостатокъ.

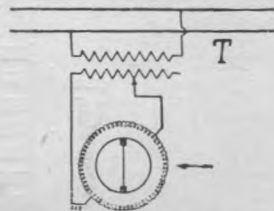
Аткинсонъ предлагаетъ снабжать отдѣльными секціями обмотки извѣстнымъ числомъ равномерно распределенныхъ контактовъ; по этимъ контактамъ скользятъ два діаметрально противоположныхъ контакта, соединенныхъ съ вѣшной цѣпью. Смотри по

положенію контактовъ, измѣняется положеніе поля статора, а слѣдовательно измѣняются скорость и направленіе вращенія двигателя. Неудобствами этой схемы является устройство многочисленныхъ контактовъ, а также необходимость изготовленія статорной обмотки къ типу обмотокъ двигателей постоянного тока, между тѣмъ, какъ при другихъ условіяхъ ее можно было бы дѣлать въ видѣ спирали.

с) **Репульсионные двигатели Аткинсона.** Такъ какъ въ этихъ двигателяхъ обмотка, расположенная перпендикулярно къ направленію щетокъ, замѣняетъ возбуждающую обмотку, а индуктирующая обмотка замѣняетъ прямое электрическое



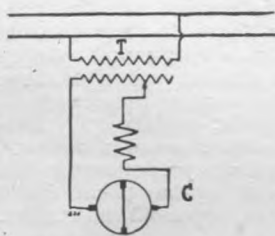
Фиг. 25.



Фиг. 26.

соединеніе коллектора со вѣшной цѣпью, то здѣсь можно производить измѣненіе направленія движенія точно такъ же, какъ въ двигателяхъ постоянного тока, т. е. измѣняя направленіе тока или въ индуктирующей или въ возбуждающей обмоткѣ.

Приложеніе этого способа измѣненія скорости и направленія вращенія ко всѣмъ другимъ коллекторнымъ двигателямъ, считая въ томъ числѣ и компенсированные, не составляетъ никакого затрудненія, такъ какъ въ этомъ отношеніи нѣтъ никакой разницы



Фиг. 27.

между двигателями послѣдательными, репульсионными или Аткинсона. Для этой цѣли можно употребить трансформаторъ съ переменнымъ коэффициентомъ трансформации, изображенной на фиг. 25. Примѣръ этого примѣненія къ компенсированнымъ двигателямъ 18 и 19 представленъ на фиг. 27.

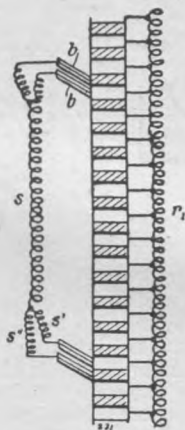
Уменьшеніе токовъ короткаго замыканія.

Способы для уменьшенія токовъ короткаго замыканія въ общихъ чертахъ одни и тѣ же для всѣхъ коллекторныхъ двигателей. Можно или вводить значительныя сопротивленія между сегментами коллектора и обмоткой якоря или придать изолирующему слою между сегментами коллектора одинаковую съ ними ширину и присоединить къ каждой щеткѣ, ширина которой должна быть меньше ширины изолирующаго слоя, вспомогательную щетку, соединенную съ первой чрезъ посредство большого сопротивленія, такъ что ни одна изъ катушекъ не будетъ замкнута на короткую.

Вмѣсто вспомогательной щетки можно, какъ это было предложено Зейденеромъ для машинъ постоянного тока, между сегментами коллектора, соединенными съ обмоткой якоря, помѣстить изолированные

металлическіе сегменты, соединенные съ первыми через посредство большихъ сопротивлений. Но, когда присоединяютъ коллекторъ къ трансформатору, можно избѣжать употребленія большихъ сопротивлений между главной и вспомогательной щетками тѣмъ, что часть вторичной обмотки s трансформатора (фиг. 28) изготовить изъ двухъ параллельныхъ и совершенно изолированныхъ другъ отъ друга частей s' и s'' .

Въ этомъ случаѣ дѣйствуетъ омическое сопротивление s' и s'' тогда, когда обѣ щетки прикасаются къ одному и тому же сегменту. Когда же одна изъ щетокъ сходитъ съ сегмента самоиндукція тока размыканія въ одной изъ вѣтвей парализуется противоположной индукціей тока, возникающаго въ другой



Фиг. 28.

вѣтви. Но для того, чтобы эта компенсация произошла вполнѣ, необходимо, чтобы разсѣяніе между обѣими вѣтвями было бы наименьшее. Очевидно, что можно и часть s вторичной обмотки замѣнить двумя обмотками вполнѣ изолированными другъ отъ друга, между которыми не происходило бы никакого магнитнаго разсѣянія; однако въ этомъ случаѣ обмотки не будутъ вполнѣ использованы. Можно этотъ недостатокъ уменьшить устройствомъ большого числа обмотокъ, но тогда нужно было бы брать тонкую проволоку съ очень хорошей изоляціей. Послѣдній изъ описанныхъ способовъ примѣняется Арнольдомъ также и для репульсионныхъ двигателей. Въ этомъ случаѣ на фиг. 28 s обозначаетъ не вторичную обмотку трансформатора, а проводники, замыкающіе на короткую щетку коллектора.

Другой способъ былъ предложенъ Аткинсономъ. Ведущія къ коллектору обмотки изготовляются изъ двухъ параллельныхъ изолированныхъ другъ отъ друга частей, присоединенныхъ попеременно къ соседнимъ сегментамъ; ширина щетокъ меньше одного дѣления коллектора. Токи короткаго замыканія при этомъ устройствѣ совершенно исчезаютъ, при чемъ совершенно не должно быть искрообразования, если обѣ части обмотки параллельны въ магнитномъ отношеніи. Такъ какъ продолжительность разрыва сравнительно мала, то и вся обмотка утилизируется лучше, чѣмъ въ предыдущемъ случаѣ. При значительномъ напряженіи на пластину слѣдуетъ употребить еще и узкую вспомогательную щетку, соединенную съ главной щеткой чрезъ посредство большого сопротивления. Авторомъ былъ предложенъ еще одинъ способъ, чтобы избѣжать искрообразования при значительномъ напряженіи на коллекторѣ. Онъ состоитъ въ слѣдующемъ: сегменты коллектора снабжены ребрами, идущими радиально внутрь, такъ что они образуютъ родъ резервуара. Нижнюю часть коллектора можно до извѣстной высоты наполнить масломъ и помѣстить въ масло щетки, которыя должны быть въ этомъ случаѣ металлическія. Расположеніе щет-

токъ на внутренней поверхности коллектора выгоднѣе, такъ какъ можно лучше скрѣпить сегменты посредствомъ колець, одѣтыхъ на внѣшнюю поверхность коллектора. Это обстоятельство должно имѣть большое значеніе для двигателей на электрическихъ поѣздахъ большой скорости. (Е. Т. Z. 1904).

Новый альтернаторъ съ прямымъ возбужденіемъ переменнымъ токомъ.

Статья А. Гейланда.

Александръ Гейландъ прочелъ въ электротехническомъ обществѣ въ Берлинѣ докладъ объ изобрѣтенномъ имъ новомъ генераторѣ переменнаго тока. Этотъ генераторъ — типа машинъ переменнаго тока съ неподвижнымъ якоремъ и вращающемся индукторомъ. Его отличие состоитъ только въ томъ, что возбуждающій токъ доставляется не отдѣльной машиной постояннаго тока какъ обыкновенно, а прямо переменный токъ изъ якоря черезъ посредство особаго приспособленія направляется въ полюсныя обмотки, состоящія изъ нѣсколькихъ параллельныхъ проводовъ.

При первомъ взглядѣ этотъ генераторъ напоминаетъ собой прежнія самовозбуждающіяся машины переменнаго тока фирмы „Ганцъ и К^о“. Какъ извѣстно, въ этихъ генераторахъ къ обмоткѣ индуктора былъ присоединенъ коллекторъ, къ которому черезъ посредство щетокъ подводился переменный токъ изъ якоря. Вслѣдствіе синхроннаго вращенія коллектора этотъ токъ преобразовывался въ постоянный, и машина самовозбуждалась. Но эти машины не получили практическаго распространенія вслѣдствіе чрезвычайно сильнаго искрообразования на коллекторѣ.

Въ описываемомъ генераторѣ употреблено то же самое приспособленіе, которое Гейландъ примѣнилъ къ асинхроннымъ двигателямъ; и, несмотря на болѣе высокое напряженіе на щеткахъ, не происходитъ никакаго искрообразования. Кромѣ того это приспособленіе позволяетъ регулировать напряженіе генератора настолько хорошо, что напряженіе остается постояннымъ, несмотря ни на какія колебанія въ нагрузкѣ и на сдвигъ фазъ.

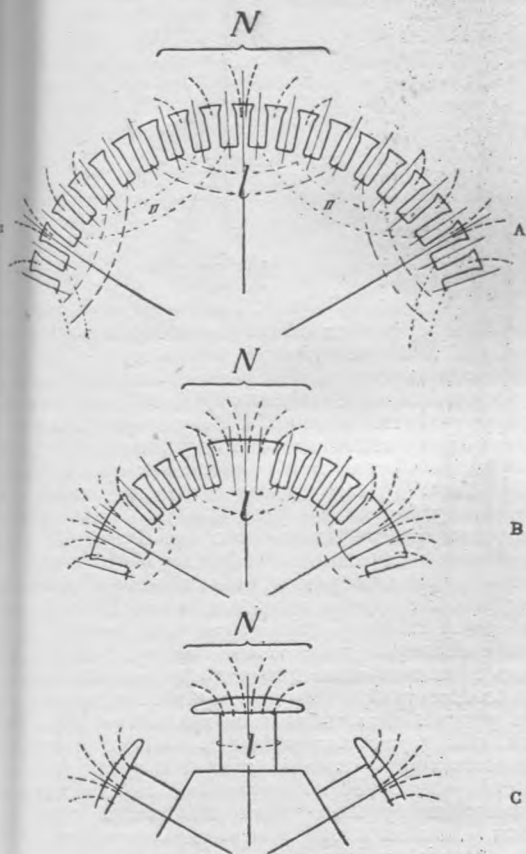
Кромѣ того этотъ генераторъ имѣетъ громадное практическое преимущество въ томъ, что при этомъ способѣ возбужденія происходитъ значительная экономія въ материалахъ, такъ какъ съ одной стороны становится излишней возбуждающая динамо, а съ другой, размѣры самого генератора могутъ быть значительно уменьшены вслѣдствіе отсутствія реакціи якоря.

Прежде чѣмъ перейти къ описанію самого генератора полезно будетъ остановиться на усовершенствованныхъ Гейландомъ же машинахъ-компаундъ, изслѣдованія которыя привели Гейланда къ изобрѣтенію описываемаго генератора. Фиг. 29а изображаетъ разрѣзъ ротора двухфазно обмотанной асинхронной машины. Первая фаза обозначена жирнымъ пунктиромъ, а вторая — тонкимъ. Пусть въ разматриваемый моментъ чрезъ вторую фазу токъ не проходитъ. Магнитное поле, создаваемое первой фазой, обозначено буквой N. Если представить себѣ подобнаго рода машину какъ на фиг. 29а вращающейся синхронно и притомъ такимъ образомъ, что одна фаза обмотки все время находится подъ полнымъ токомъ, но тогда вторая фаза становится лишней и ее можно отбросить, не увеличивая при этомъ значительно потерь.

На ф. 29в II фаза отброшена. Тогда мы получаемъ роторъ съ однофазной обмоткой, которая можетъ

создать только одно магнитное поле постоянного направления. Это значит, что полученная машина будет синхронной и теперь к ней нужно только привести указываемым дальше способом возбуждающий ток, чтобы ее компаундировать так же хорошо, как описанную асинхронную машину. На фиг. 29С роторъ фигуры 29В замѣнить полюснымъ кругомъ, а однофазная обмотка замѣнена обмоткой обыкновенной машины переменнаго тока, все же остальное осталось безъ измѣненія.

Положимъ, что ширина машины во всѣхъ трехъ типахъ—одна и та же; слѣдовательно, и поле будетъ одинаковой силы. Если принять за поперечное сѣчение полюса на фиг. 29С общее сѣчение зубцовъ, приходящихся на полюсъ на фиг. 29А, то мы сразу

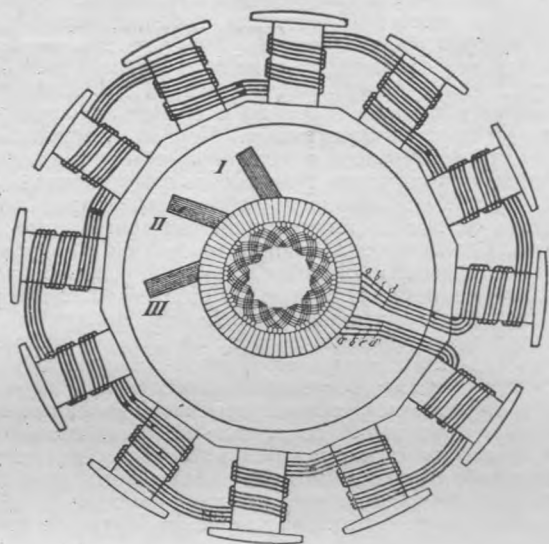


Фиг. 29.

видимъ, что не только обмотка въ первомъ случаѣ значительно короче, но тамъ не надо II фазы обмотки, что въ общей сложности представляетъ значительную экономію въ мѣди.

На основаніи этихъ соображеній и явился новый типъ машины, изображенный на фиг. 30. Зубчатый роторъ замѣненъ полюснымъ кругомъ и вмѣсто двухъ или многофазной обмотки примѣнена обыкновенная полюсная обмотка, но состоящая изъ нѣсколькихъ параллельно намотанныхъ проводовъ. Полюсные обмотки присоединены къ коллектору, но не совсѣмъ такъ, какъ отдѣльныя фазы асинхроннаго ротора; во всякомъ случаѣ, указанныя выше измѣненія даютъ картину того, какимъ образомъ новыя машины получаютъ изъ асинхронныхъ. Коллекторъ здѣсь служитъ главнымъ образомъ для разложенія тока на двѣ слагающія: на рабочую и безваттную, изъ которыхъ при подлежащей установкѣ щетокъ черезъ полюсныя обмотки проходитъ только безваттная слагающая тока, дѣйствіе же рабочей сла-

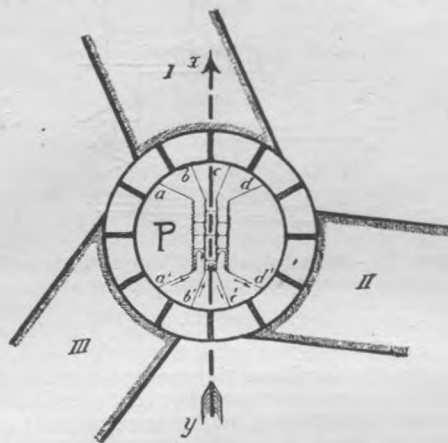
гающей уничтожается тѣмъ, что въ рядомъ лежащихъ проводахъ токъ имѣетъ противоположныя направления. Обмотки присоединены къ коллектору такимъ образомъ, что токъ совершенно не прерывается ни при какомъ положеніи коллектора и щетокъ; при перерывѣ же тока въ отдѣльныхъ проводахъ дѣйствіе самоиндукціи уничтожается осталь-



Фиг. 30.

ными параллельно намотанными проводами. Поперечныя соединенія между нѣкоторыми проводами позволяютъ повысить напряженіе на щеткахъ безъ опасности искрообразованія.

Происходящія здѣсь явленія станутъ болѣе понятными при изученіи схемы. Фиг. 31 представляетъ схему соединеній между полюсными обмотками и коллекторомъ. Для простоты здѣсь предположенъ



P—обмотка электромагнитовъ.

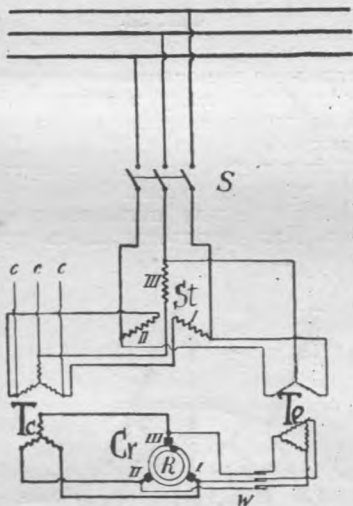
Фиг. 31.

случай двухполюсной машины. Четыре параллельно намотанные провода вышеуказаннымъ образомъ соединены между собой и съ коллекторомъ; указанныя на схемѣ направленія обозначаютъ направленіе полюсовъ. Это направленіе въ данномъ случаѣ вертикально и обезпечено линіей *xy*, которую мы будемъ называть осью обмотки.

Теперь ясно, что всѣ токи, которые идутъ по на-

правлению оси обмотки, проходят через все параллельные провода обмотки в одном направлении и действуют намагничивающим образом, как будто бы обмотка состояла из одного провода; с другой стороны токи, идущие перпендикулярно оси обмотки, проходят в различные стороны по параллельным проводам и потому не производят никакого намагничивающего действия. На фиг. 31 эти токи обозначены маленькими стрелками. Если положение полюсной обмотки соединенного с ней коллектора будет какое угодно и щетки будут стоять как угодно, то ток поступающий в коллектор всегда будет разлагаться на две слагающие: одну в направлении оси xy и другую в направлении к ней перпендикулярном. Первая слагающая будет протекать через полюсную обмотку в одном направлении и будет действовать намагничивающим или размагничивающим образом; вторая же — не будет оказывать никакого намагничивающего действия. Слагающую в направлении оси обмотки мы будем называть осевой слагающей, слагающую же к ней перпендикулярную — поперечной слагающей.

Эти предварительные замечания послужат для объяснения диаграммы на фиг. 33. Эта диаграмма составлена для компаундированной машины. К коллектору через, посредством известным образом установленных щеток подводится в направлении поля возбуждающий ток, сила которого изменяется с изменением напряжения машины, а в направлении обратном обмотке статора ток идущий в главную щель или ему пропорциональный. Схема соединений представлена на фиг. 32. Пусть на фиг. 33

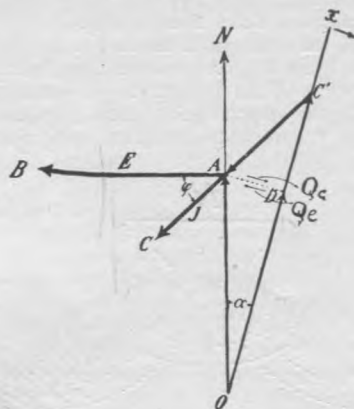


St—статор. Te—трансформатор компаундирования. Те—трансформатор возбуждения. Cr—коллектор.

Фиг. 32.

AB обозначает направление электродвижущей силы E, AC—ток, и сдвиг фаз пусть будет равен φ . Направление поля тогда перпендикулярно к электродвижущей силе и возбуждающий ток, подводимый к коллектору в направлении поля, изображается прямой OA. Вследствие нагрузки у синхронных машин происходит сдвиг поля по направлению к полюсам на так называемый угол опережения, который мы обозначали через α . Тогда ось обмотки займет относительно направления поля положение OX. Мы разложим сначала намагничивающий ток на две слагающие. Осевой слагающей соответствует тогда вектор AD, а поперечной слагающей—вектор DA. Мы видим, что параллельное возбуждение будет ослаблять по мере увеличения нагрузки. Но тогда на помощь является слагающая

компаундирования. Ток компаундирования, поданный к коллектору, при известном выборе условий всегда будет направлен противоположно главному току и равен ему по числу ампер-витков. Следовательно его можно изобразить линией AC' равной AC и противоположно ей направленной. Соответственно направлению оси обмотки OX этот ток разлагается на его две слагающие: осевую слагающую



Фиг. 33.

в направлении оси обмотки, изображенную вектором DC' и на поперечную слагающую—AD. Осевые слагающие токов возбуждения и компаундирования складываются в один вектор OC'; из этого вектора вычитается вектор CA, который обозначает ампер-витки главного тока, и тогда результирующий возбуждающий ток изобразится вектором OA, т. е. возбуждающий ток будет тот же самый, что и при холостом ходе.

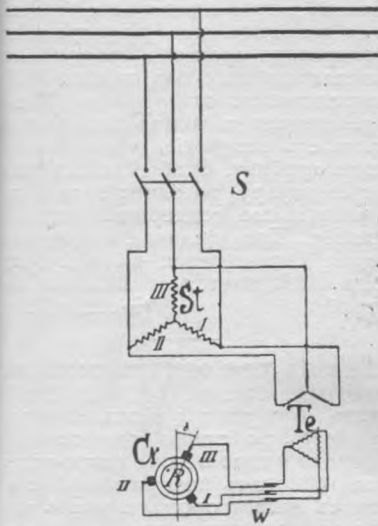
Весьма интересно то, что на диаграмме фиг. 33 поперечины слагающей возбуждающего тока и тока компаундирования равны по величине и обратны по направлению: первая направлена от D к A, а вторая от A к D. Сумма этих слагающих должна быть равна нулю или, иначе говоря, он не вызывают никаких излишних потерь в обмотке, если только для возбуждающего и компаундирующего токов употреблять одни и те же щетки. На самом деле оба тока складываются вместе и при правильном урегулировании является такой угол опережения α , что результирующая из возбуждающего и компаундирующего тока совпадает с осью обмотки. Машина идет всегда одним и тем же ходом, так как при увеличении угла α , она автоматически нагружается больше, а в то же время уменьшается и действие компаундирующей слагающей.

Компаундированные машины можно соединить между собой параллельно. Но тогда нужно так же, как у динамомашин постоянного тока, соединить все машины уравнивательными проводами. Эти провода лучше всего присоединять к нейтральной точке перед отвлечением к трансформатору. Эти провода на схеме фиг. 32 обозначаются буквами e, e, e .

В заключение своего доклада Гейландь описал способ регулирования напряжения машины без их компаундирования. В этом случае щетка должна быть сдвинута вперед на некоторый угол δ . Этим способом можно достигнуть того, что до известных пределов индукционная нагрузка оказывает только очень незначительное влияние на напряжение машины. Эти машины, понятно, не так точно поддерживают постоянным напряжение, но во всяком случае и они могут получить большое распространение в практике вследствие экономии в материалах при их постройке. Схема соединений обозначена на фиг. 34.

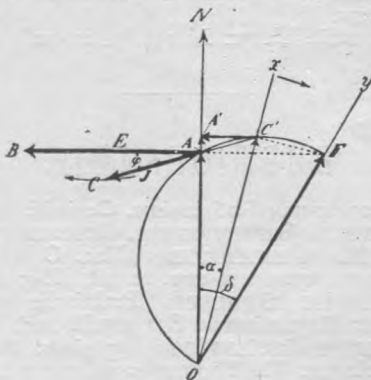
Явления, происходящие в подобного рода машин-

представлены графически на диаграммѣ (фиг. 35). Пусть направление поля будетъ опять вертикально, но въ этомъ случаѣ щетки расположены не какъ раньше симметрично къ обмоткѣ статора, но сдвинуты на нѣкоторый уголъ δ , по направлению ОУ. Сила поля при холостомъ ходѣ изображается векторомъ ОА. Возбуждающій токъ долженъ



St—статоръ. Сг—коллекторъ. Те—трансформаторъ возбужденія.
Фиг. 34.

быть въ этомъ случаѣ, очевидно, больше и именно такой величины, чтобы его осевая слагающая была бы равна ОА, т. е. весь возбуждающій токъ долженъ быть равенъ ОВ. При холостомъ ходѣ, когда ось обмотки и направление поля совпадаютъ, этотъ токъ разлагается на осевую слагающую ОА' и на попе-



Фиг. 35.

речную слагающую АФ. Если бы не было реакции якоря, то сила поля возрасла бы съ ОВ до ОС'. Но истинное увеличение силы поля можно узнать только, принимая во внимание реакцію якоря. Положимъ, машина нагружена безиндукционной нагрузкой; тогда направление тока на диаграммѣ будетъ горизонтальное. Реакція якоря будетъ соответствовать линіи С'А', и тогда и сила поля и напряженіе увеличатся на АА'. Увеличеніе это будетъ даже больше, такъ какъ съ усиленіемъ поля и повышеніемъ напряженія возрастаетъ и возбуждающій токъ ОВ. Во всякомъ случаѣ, эта диаграмма показываетъ, что вмѣсто обычнаго у всѣхъ другихъ машинъ паденія напряженія, у этой, видоизмѣненной указаннымъ образомъ, машины, за-

мѣчается въ известныхъ предѣлахъ наоборотъ тенденція къ повышенію напряженія.

Для болѣе точнаго регулированія можно устроить щетки автоматически перемѣщающимися. Въ этомъ случаѣ регулирующее напряженіе W (фиг. 34) становится излишнимъ.

Описанныя машины можно съ нѣкоторыми незначительными измѣненіями употреблять, какъ двигатели, но главное ихъ назначеніе—служить генераторами. Такъ какъ возбуждающій токъ есть переменный, то можно вмѣсто регулирующаго реостата употреблять реактивную катушку. Можно также для регулированія употреблять возбуждающій трансформаторъ, устройвъ его вращающимся. Вращающійся трансформаторъ представляетъ собой ни что иное, какъ обыкновенный синхронный двигатель, при чемъ якорь является вторичной обмоткой. Смотря по положенію вторичной обмотки относительно первичной можно измѣнять произвольно коэффициентъ трансформации. При этомъ будетъ производиться сдвигъ фазъ, такъ что при второмъ способѣ регулированія (фиг. 34) не нужно будетъ уже сдвигать впередъ щетки. Реактивная катушка весьма удобна также для регулированія и при колебаніи числа оборотовъ, такъ какъ при уменьшеніи числа оборотовъ уменьшается число періодовъ, а слѣдовательно и кажущееся сопротивление катушки. Тогда возбуждающій токъ сдѣлается сильнѣй и напряженіе повысится. Самымъ замѣчательнымъ свойствомъ этихъ машинъ является уничтоженіе вліянія реакціи якоря тѣмъ, что играетъ большую роль у быстроходныхъ машинъ. Обыкновенно устраняли реакцію якоря тѣмъ, что создавали очень сильное поле и кромѣ того дѣлали большой воздушный промежутокъ между индукторомъ и якоремъ, чтобы отношеніе между числомъ амперъ-витковъ якоря и индуктора было бы возможно больше. Но вслѣдствіе этого очень увеличивались потери, не говоря уже о томъ, сколько лишней мѣди уходило на увеличеніе числа амперъ-витковъ. Между тѣмъ въ описываемыхъ машинахъ воздушный промежутокъ и число амперъ-витковъ совершенно не зависятъ отъ реакціи якоря. Въ настоящее время изготовляются подобнаго типа машины для паровыхъ турбинъ на 3000 оборотовъ. Но только въ этихъ машинахъ, вслѣдствіе чрезвычайно большой скорости вращенія, употребляется обмотка, изображенная на фиг. 29В. Имѣются также турбо-генераторы на 600 и 500 оборотовъ на 50 и 25 періодовъ.

(Е. Т. З., 1903 г.).

Третій Всероссийскій Электротехническій Съѣздъ въ С.-Петербургѣ.

(Продолженіе) *).

Обзоръ докладовъ.

П. П. Дмитренко (отъ имени VI отд. II Р. Т. О.). **О собираніи статистическихъ свѣдѣній объ электротехническихъ устройствахъ и о программѣ таковой статистики.** (I отд. 31 дек. 1903 г.) **).

При обмѣнѣ мнѣній было указано вообще относительно статистическихъ данныхъ, на затруднительность собиранія таковыхъ, было даже указано откликнутся ли вообще на предполагаемые къ разсылкѣ вопросы листы ***). По поводу таблицъ доклада было указано на желательность добавленія

*) См. Э—во, т. г., № 8.

***) На это явленіе еще на Второмъ Съѣздѣ неоднократно обращалось вниманіе (См. Э—во, 1902 г. № 5, стр. 69).

***) Докладъ разсылается всѣмъ подписчикамъ въ видѣ отдельнаго приложенія при этомъ № «Эл—ва».

рубрики о состоянии установки и о правильности ее устройства; затѣмъ, было указано, что слѣдуетъ болѣе точно опредѣлить графу 89 „Общій расходъ“, выдѣлить особо амортизацію капитала, отчисленіе на возобновительный фондъ, въ случаѣ городскихъ предприятий отнѣмать ту часть общихъ городскихъ расходовъ, которая падаетъ на электрическое предприятие. Въ отвѣтъ на первое мнѣніе было указано, что, конечно, первое время собираніе статистическихъ свѣдѣній будетъ сложнымъ, но затѣмъ, какъ то показываетъ примѣръ Германіи, когда дѣло будетъ налажено и промышленно-техническія фирмы поймутъ пользу для нихъ самихъ такой статистики, эти затрудненія будутъ устранены. Нѣкоторыми членами Съезда указано на желательность привлеченія къ собиранію статистическихъ свѣдѣній городскихъ общественныхъ управленій, фабричной инспекціи, горнаго надзора и т. п.

Резюмируя пренія, предсѣдательствующій указалъ, между прочимъ, что успѣху собиранія статистическихъ свѣдѣній могутъ сильно способствовать сами члены Съезда, среди коихъ есть значительное количество представителей различныхъ фирмъ, завѣдующихъ установками и т. п.

(Постановленіе по докладу, см. Э — во, т. г. № 1, стр. 15).

ОБЗОРЪ.

Вѣтряные двигатели для динамомашинъ. Въ Дрезденѣ компанія «Deutsche Winterbipen Werke» строитъ въ настоящее время турбины, приводимыя въ движеніе вѣтромъ для генераторовъ. Эти турбины снабжаются особымъ регулирующимъ механизмомъ для равномерности хода, несмотря на обычную порывистость вѣтра. Однако, дѣйствіе этихъ турбинъ ограничено тѣмъ, что для приведенія ихъ во вращеніе требуется скорость вѣтра около 40 футовъ въ сек. Все-таки на берегу моря при господствующихъ тамъ постоянныхъ довольно сильныхъ вѣтрахъ такіе турбины могли бы сослужить не малую службу, особенно если пользоваться во время штилей аккумуляторами, заряжаемыми при сильномъ вѣтрѣ. (Electrical Magazine).

Антисептический телефонъ. Недавно въ Англии появились въ продажѣ антисептическія телефонныя трубки. Въ одномъ изъ образцовъ внутрь разговорной воронки вставлена вторая воронка, периодически смачиваемая дезинфицирующимъ составомъ. Благодаря этому становятся невозможными случаи переноса заразы съ одного разговаривающаго лица на другое. Въ другомъ образцѣ дѣло устроено еще проще: особая булавка съ шариками на концахъ посажена по окружности разговорной трубки и мѣшаетъ приблизить къ ней ротъ разговаривающаго. Вслѣдствіе этого достигаются сразу двѣ цѣли: безопасность въ смыслѣ зараженія и большая ясность передачи рѣчи. (Electrical Magazine).

Маленькая гидравлическая установка устроена въ Англии на рѣкѣ Ньюри близъ города того же имени. Такія небольшія установки весьма удобны для отдѣльныхъ поселковъ, куда дорого бы было устраивать проводки отъ соседнихъ электрическихъ станцій. Безусловно за такими установками есть извѣстное будущее, а потому и небезинтересно сообщать о нихъ нѣкоторые свѣдѣнія. Въ описываемой установкѣ воспользовались уже существовавшей на рѣкѣ плотиной для мельницы. Вычисленія показали, что при наиболѣе сильномъ половодѣѣ можно было бы рассчитывать получить мощность въ 384 л. силы. Но такія условія слишкомъ исключительны, а потому была поставлена турбина всего на 50 л. с.

и генераторъ на 30 кв. Турбина горизонтально дѣлаетъ 55 оборотовъ въ минуту. Она приводитъ въ помощи зубчатой передачи въ движеніе шкива, лающей 150 оборотовъ въ минуту. Послѣдній передаетъ при помощи трансмисіи свое движеніе тому шкиву, дѣлающему 300 оборотовъ въ минуту, соединенный съ нимъ генераторъ дѣлаетъ 650 оборотовъ въ минуту. Подземная линия въ четверть мили длиной питаетъ дуговыя лампы, лампы накаливанія и двигатели. Автоматическое регулированіе скорости вращенія генератора производится при помощи особыхъ масляныхъ насосовъ, приводимыхъ въ движеніе непосредственно отъ турбины. Масло накачивается въ резервуаръ и своимъ давленіемъ болѣе или менѣе открываетъ отверстіе, чрезъ которое поступаетъ вода въ турбину. Особый золотникъ присоединяетъ къ резервуару то одинъ насосъ, то другой, благодаря чему масло поддерживается въ непрерывной циркуляціи. При увеличеніи скорости турбины масло быстрее накачивается въ резервуаръ, давленіе въ немъ повышается и заслонки закрываютъ просвѣтъ трубы. (Electrical Magazine).

Примѣненіе радиоактивныхъ веществъ для сравненія емкостей конденсаторовъ. Методъ этотъ, описанный Клеелендомъ (Clelland), позволяетъ довольно точно сравнивать небольшія емкости порядка микро-и даже микро-микро-фарадъ. Этотъ методъ основанъ на примѣненіи токовъ ионизаціи, причѣмъ ионизаторомъ служитъ какое нибудь слабо радиоактивное вещество. Въ виду значительнаго постоянства величины такого тока, можно во времени, которое требуется для зарядженія дуги конденсаторовъ до одного потенциала, судить объ ихъ относительной емкости.

Согласіе различныхъ опредѣленій этой величины указываетъ на надежность метода. Чтобы опредѣлить точность его при малыхъ емкостяхъ, Клеелендъ устроилъ выдвигной цилиндрической конденсаторъ, и непосредственныя опредѣленія дали величины, отклоняющіяся отъ теоретическихъ меньше чѣмъ на 4%. Напримѣръ, вычисленіе дало 3,16 микро-микрофарады, а опытное опредѣленіе 3,05 микро-микрофарады.

L'Industrie Électr. № 297. p. 213 10 Mai 1904.

БИБЛИОГРАФІЯ.

Образовательная Библиотека. Серія V, № 8. Оливьеръ Лоджъ. **Электронныя**. Переводъ съ англійскаго В. М. Филиппова. Изд. О. Н. Поповой. С.-Петербургъ. 1904. 121 стр. in 16°. Ц. 40 коп.

Elektrische Spectra. Praktische analytische Studien über Magnetismus. Dargestellt nach Versuchen von Johannes Zacharias, Ingenieur. Mit 79 Abb. Leipzig: Verlag v. Th. Thomas. 1904. 175 s. in 8°. Preis Mk. 6.

Электрическіе спектры. Практическія, аналитическія изслѣдованія о магнетизмѣ, по опытамъ Г. Захаріасаъ. Лейпцигъ.

Интересно сопоставить эти двѣ книги. Обѣ схожи въ томъ отношеніи, что ихъ авторы стремятся повѣдать читателю новыя взгляды на магнитное поле, электрической токъ и даже на всѣ вообще физическія явленія. Но онѣ различны до противоположности по характеру авторовъ и по результатамъ, къ которымъ приводятъ.

Г. Захаріасаъ, довольно извѣстный электротехникъ, перестраиваетъ всю науку; вотъ главнѣйшія его положенія: невѣрно, что желѣзо въблизи магнитнаго полюса становится магнитомъ (s. 67); электромагнитъ иногда можетъ имѣть только одинъ полюсъ (s. 80); земля не есть ни магнитъ, ни электромагнитъ (22);

существует превращенія „силъ“ (28); всякое явление есть выраженіе одной и той же силы, давленія эфира, происходящаго отъ разности такъ сказать „плотности эфира въ различныхъ мѣстахъ; магнитъ производитъ разность давленій въ эфирѣ („электричскій вакуумъ“), и всякая магнитная стрѣлка является „барометромъ“ эфирнаго давленія (55).

Въ эти положенія авторъ выводитъ на основаніи рѣбшшихъ опытовъ съ желѣзными опилками, будучи такъ наз. „магнитные спектры“, производимыя магнитами и электромагнитами отъ электрическаго звонка, отъ гальванометра Дебре-д'Арсонна, отъ самодѣйствующаго выключателя, отъ реактивной катушки. Наблюдая за ходомъ электротехническихъ установокъ, этотъ вдумчивый инженеръ приходитъ къ мысли, что „мы съ нашими динамо не производимъ никакого тока, но лишь вызываемъ тѣшеніе и возмущеніе окружающаго электричества“ (40), что наши машины лишь маленькія части міровыхъ процессовъ—потоковъ электрическихъ волнъ, давленіе которыхъ вызываетъ реакцію, называемую нами магнетизмомъ (154).

Захарякъ отлично сознаетъ, что его работа похвалитъ, какою ложью окутана „вся наука“ (80); но этотъ выводъ не лишаетъ его смѣлости: онъ курьезнымъ образомъ опирается и на опыты Лебедева о эфирномъ давленіи, и на опыты Рубенса и Гагена объ оптическихъ свойствахъ металловъ, и на электроное ученіе, и на Секки, и на Майера (причемъ еще очевидно, неизвѣстно, что Майеръ подъ „силою“ разумѣлъ и энергію) и т. д.; превъше всего, однако, для него труды Мевеса *), а особенно Андерсона (его *Physikalische Principien der Naturlehre*, 1894), создателя ученія о давленіи эфира. „Уже, можетъ быть, не далеко то время, когда А. Андерсонъ будетъ чествоваться, какъ первый и недостижимый „Weltmechaniker“ (механика міра), котораго сначала часто осуждали, и котораго прилежнымъ ученикомъ состоитъ авторъ“ (84).

Брошюра О. Лоджа представляетъ собою докладъ, сдѣланный авторомъ въ концѣ 1902 г., въ обществѣ инженеровъ электриковъ въ Лондонѣ. Содержаніе ея въ высокой степени интересно въ настоящее время. Авторъ мастерски излагаетъ представленіе объ электронахъ и роль этого представленія въ наукѣ объ электричествѣ и магнетизмѣ и въ ученіи о физическихъ явленіяхъ вообще; передъ читателемъ разсѣрживаются глубочайшіе вопросы знанія и методы ихъ разрѣшенія, показываются трудности научнаго мышленія и пути, на которыхъ ожидается разрѣшеніе назрѣвающихъ вопросовъ.

О. Лоджъ всегда работаетъ надъ самыми живыми вопросами науки; его огромная эрудиція и тонкое пониманіе позволяютъ ему выдѣлать въ современныхъ вопросахъ науки такія стороны, которыя могутъ быть изложены безъ особыхъ математическихъ трудностей и въ то же время—въ совершенно ясномъ видѣ.

Главнѣйшею идеею брошюры является идея объ инерціи, зависящей не отъ массы, но отъ движенія, или, иными словами, о массѣ, величина которой зависитъ отъ скорости ея движенія. Какъ ни нова еще теперь эта мысль, какъ ни странно, можно сказать, она кажется съ перваго взгляда, но она такъ обставлена въ изложеніи О. Лоджа, такъ связана съ главнѣйшими положеніями науки, что у читателя является убѣжденіе въ томъ, что она скоро станетъ общепринятою.

Въ заключеніе замѣчу еще о переводѣ сочиненія Лоджа. Книга О. Лоджа, какъ докладъ, предназначавшійся для специалистовъ по электричеству, предполагаетъ въ читателѣ большой запасъ свѣдѣній, а потому отнюдь не можетъ быть рекомендуема для начинающихъ знакомиться съ электронною теоріею; большинство буквъ въ формулахъ не объясняются въ

текстѣ, такъ какъ онѣ понятны для привыкшаго къ обычнымъ обозначеніямъ физическихъ величинъ; русскаго читателя можетъ затруднить буква С на стр. 12, которая у англійскихъ авторовъ обозначаетъ токъ (i). При такой краткости весьма важно постоянство буквъ во всей книгѣ, поэтому напрасно діалектическая постоянная обозначается на стр. 15 малою буквою, а на примѣрѣ, на стр. 20—большою; что такое М въ третьей формулѣ стр. 20, Σ на стр. 53? Не имѣя подъ руками англійскаго оригинала, мы не можемъ сказать, недостаточная тщательность перевода или неточность автора причиною тому, что на стр. 8 вмѣсто статической читаемъ: стационарный, на стр. 9 непонятны „правильные ступени лѣстницы“; на стр. 15 и 21 говорится, что кинетическая энергія (фигурной массы) въ полтора раза больше потенциальной энергіи ея заряда, а формулы показываютъ обратное; на стр. 93 двѣ фразы совершенно непонятны. Переводчикъ обладаетъ способностью гладко писать, но попадаютъ фразы, какъ напр., „Къ этому я добавлю нѣчто, находящееся въ еще болѣе тѣсной связи между собою“ (стр. 17). Мнѣ кажется вполне правильнымъ, что г. Филипповъ пишетъ иностранныя фамиліи русскими буквами, но при этомъ слѣдуетъ придерживаться извѣстнаго метода въ произношеніи; по какой причинѣ напр., произноса англійскую фамилію (Майкельсонъ, стр. 67) по нѣмецки, французскую и нѣмецкую передѣлывать на англійскій ладъ (Шерринъ, Perrin стр. 35 и Абрэмъ, Abraham стр. 107).

В. Л.

G. C. Schmidt. *Die Kathodenstrahlen. Die Wissenschaft, Sammlung naturwissenschaftlicher und mathematischer Monografien.* Н. 2. Braunschweig. Vieweg und Sohn. 1904.

Г. Шмидтъ. Катодные лучи. Брауншвейгъ 1904. 120 стр. съ 50 фиг. Цѣна 3 м. (=1 р. 50 к.).

Во всѣхъ европейскихъ странахъ за послѣднее время появляются книжки и брошюры, посвященные модному вопросу о радіи, о роли эфира въ физическихъ явленіяхъ, о новой теоріи матеріи и ея связи съ эфиромъ и т. д. Писать такія книжки выгодно, такъ какъ онѣ находятъ широкій сбытъ. Гораздо менѣе благодарная задача въ смыслѣ матеріальнаго успѣха—писать о тѣхъ явленіяхъ, которыя легли въ основу современныхъ теорій—о явленіяхъ катодныхъ лучей. Публика стремится узнать послѣднее слово науки о радіи, вполне довольствуется тѣми весьма скудными свѣдѣніями о катодныхъ лучахъ, которыя имѣются во всѣхъ почти книжкахъ, посвященныхъ радію, и не стремится узнать болѣе объ этомъ, уже какъ будто устарѣломъ явленіи. Къ тому же писать о катодныхъ лучахъ гораздо труднѣе, чѣмъ о радіи, приходится рыться въ весьма обширной и не легкой литературѣ, готовыхъ образцовъ, по которымъ можно было бы написать книжку, не имѣется. Поэтому популярная литература о катодныхъ лучахъ была до сихъ поръ весьма бѣдна и пожалуй, за почти единственное легкое руководство по этой части, можно было считать книжку Виллара. Однако, она не отличается особыми достоинствами.

Въ виду этого можно только привѣтствовать появленіе новыхъ популярныхъ книгъ о катодныхъ лучахъ. Такой достойной всякаго вниманія книгой является второй выпускъ нѣмецкаго сборника: „Die Wissenschaft“, соответствующаго по своимъ задачамъ французскому сборнику: „Scientia“. Книга г. Шмидта написана съ полнымъ знаніемъ предмета ясно, толково и далеко превосходитъ вышеупомянутую книгу Виллара. Первая глава этой книжки посвящена современной теоріи свѣта и выясненію роли эфира въ въ передачѣ дѣйствій на разстояніе. Вторая глава представляетъ краткій, но достаточно ясно написанный очеркъ электролиза. Хотя, конечно, на 6 страницахъ довольно трудно дать сколько нибудь основательныя познанія по этой обширной отрасли физической науки и съ этой точки зрѣнія врядъ ли

*) См. Э—во, 1896 г., № 5, стр. 78.

заслуживает похвалы установившийся за последнее время обычай предпосылать главной темѣ объяснительныя страницы по чуть ли не всей остальной физикѣ, — но всетаки въ популярных книжкахъ подчасъ безъ этого не обойдешься и тогда автору представляется нелегкая задача. Нужно сознаться, что Г. Шмидтъ справился съ нею весьма хорошо.

Третья глава, посвященная приборамъ, необходимымъ для получения и изучения катодныхъ лучей, могла бы быть съ большимъ успѣхомъ для книжки совсѣмъ изъ нея выкинута. Совершенно непонятно для кого и для чего такія главы пишутся: большой публикѣ онѣ не интересны, специалистамъ совершенно не нужны.

Съ четвертой главы начинается изложение разряда въ разряженныхъ газахъ. Здѣсь можно ограничиться краткимъ перечнемъ заглавий: катодные лучи, старая теорія разряда въ разряженныхъ газахъ, зарядъ катодныхъ лучей, градиентъ потенциала въ круговой трубкѣ, дѣйствіе на катодные лучи электрическаго и магнитнаго полей, энергія и скорость катодныхъ лучей, явление Зеемана, разные способы получения катодныхъ лучей, опредѣленіе e (заряда) и t (массы частицъ катодныхъ лучей), теорія кажущейся массы электроновъ, флуоресценція и химическіе процессы подъ влияніемъ катодныхъ лучей, отраженіе, поглощеніе, спектръ катодныхъ лучей, закатодные лучи (Каналстрahlen). Изъ этого перечня видно, что вопросъ о катодныхъ лучахъ разобранъ авторомъ во всѣхъ подробностяхъ. Изложение повсюду ясное и легкое, встрѣчающаяся кое-гдѣ математика элементарна и понятна безъ труда.

Для желающихъ ознакомиться съ катодными лучами болѣе основательно, въ концѣ книги приложено довольно подробный указатель литературы. Издана книга весьма хорошо.

С. М.

НОВЫЯ КНИГИ.

Сборникъ статей по физикѣ, посвящаемый памяти дорогого учителя профессора **Ө. Ө. Петрушевскаго**. С.-Петербургъ. 1904 г. Съ портретомъ Ө. Ө. Петрушевскаго 188 стр. 8.

Складовская-Кюри. Радій и радиоактивные вещества. Изслѣдованіе радиоактивныхъ веществъ. Пер. С. Н. Петрова подъ редакц. А. С. Попова, профессора. С.-Петербургъ. 1904 г. VIII+126 стр. 8 д. Цѣна 1 руб.

Д-ръ Донатъ. Радій, докладъ, читанный въ Берлинѣ въ обществѣ Уранія. Пер. А. Соловьева. С.-Петербургъ. 1904 г. 24 стр. 8 д. Цѣна 30 коп. Изданіе И. И. Базлова.

Программа чтенія для самообразованія. Четвертое, вновь переработанное и значительно дополненное изданіе. Цѣна 40 к. Изданіе отдѣла для содѣйствія самообразованію въ Комитетѣ Педагогическаго Музея Военно-Учебныхъ заведеній. Спб. 288 стр. въ 16 д. л.

Техническія условія для устройства громоотводовъ. Рекомендованы Третьимъ Всероссийскимъ Электротехническимъ Съездомъ 1903—1904 гг., въ С.-Петербургѣ. Изданіе Постояннаго Комитета Всероссийскихъ Электротехническихъ Съездовъ. Цѣна 30 коп. 16 стр. въ 8 д. л. Спб. 1904.

Гуго Гюльднеръ. Газовые, нефтяные и проч. двигатели внутреннего сгорания. Переводъ съ нѣм. Н. К. Пафнутьева и К. В. Гирша подъ ред. В. И. Гриневецкаго. Москва. 1904.

Складовская-Кюри. Изслѣдованія радиоактивныхъ явленій. Переводъ съ 2-го французскаго изданія М. Т. и М. Я. Кульчицкихъ. Подъ редакц. М. Я. Кульчицкаго. Москва. 1904.

Actualités scientifiques. **Traité élémentaire des enroulements des dynamos a courant continu**, par **F. Loppé**, Ingénieur des Arts et Manufactures, Professeur d'électricité industrielle à l'École municipale professionnelle Diderot. in 16 (19x12) VI-80 pages, avec figures et 12 planches. 1904. 2 fr.

Theorie et calcul des phénomènes du courant alternatifs, par **Ch. P. Steinmetz**. Traduit par **H. Mouzet**. Paris. 1903. 527 стр. въ 8 б. д. Ц. 20 фр.

Cambridge Physical Series **Radio-activity**, by **E. Rutherford**. Cambridge. At the University Press. 1904. Цѣна 10 ш. 6 п. (=5 рб.). 399 стр. въ 8 д. л.

Was lehren die Statistiken der Elektrizitätswerke für das Projectieren und die Betriebsführung von elektrischen Zentralen. Zusammengestellt von Ing. **Fritz Hoppe**. Darmstadt-Leipzig. Ed. Wartigs Verlag Ernst Hoppe. 1903. Preis 3 Mark. 184 стр. въ 16 д. л.

Wie stellt man Projecte, Kostenanschläge und Betriebskostenberechnungen für elektrische Licht- und Kraftanlagen auf. Aus der Praxis für die Praxis von Ing. **F. Hoppe**. Dritte Auflage. Preis 4.50 M. Darmstadt-Leipzig. Ed. Wartigs Verlag Ernst Hoppe. 1904. 352 стр. въ 16 б. д. л.

Erläuterungen zu den Sicherheitsvorschriften für den Betrieb elektrischer Starkstromanlagen. Herausgegeben von der Vereinigung der Elektrizitätswerke. München und Berlin. 1904. K. Oldenbourg. 23 стр. въ 16 д. л. Ill. 50 пф.

Elektrizitätswerke, elektrische Beleuchtung und elektrische Kraftübertragung. Gemeinverständliche Darstellung von **Dr. W. Bernbach** und **C. Müller**. Dritte, umgearbeitete und stark vermehrte Auflage. Mit 267 Abb. Stuttgart. 1904. Arnold Bergsträsser, Verlagsbuchhandlung. 472 стр. въ 8 б. д. л. Ц. 7 марокъ.

Das elektrische Bogenlicht. Seine Entwicklung und seine physikalischen Grundlagen. Von **Walter Biegon von Czudnochowski**. Ingenieur. Mit 14 abbildungen im Text und 42 Tabellen. Erste Lieferung. Leipzig. V. von S. Hirzel. 1904. Preis 3 M. 98 стр. въ 8 б. д. л.

Jon. Möller. Die elektrochemische Reduktion der Nitroderivate organischer Verbindungen. Halle a S. 1904. W. Knapp.

P. Ferchland. Die elektrochemische Industrie Deutschlands. Mit 4 Figuren und Tabellen im Text. Halle a. S. 1904. Knapp.

Dr. W. Borchers. Die Beziehungen zwischen Aequivalentvolumen und Atomgewicht. Halle a. S., 1904. W. Knapp.

Die Wechselstromtechnik. Herausgegeben von E. Arnold. Dritter Band. **Die Wicklungen der Wechselstrommaschinen** von **E. Arnold**. Berlin. Julius Springer. 1904.

РЕДАКТОРЪ А. И. Смирновъ.