

# ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

Журналъ, издаваемый VI Отдѣломъ

Императорскаго Русскаго Техническаго Общества.

Гидроэлектрическія станціи Ніагарскаго водопада въ ихъ современномъ развитіи.

*Статья инж. техн. М. Н. Левичаго.*

*(Продолженіе) \*).*

Станція „The Electrical Development Co of Ontario“ (№ 6).

Электрическая станція «The Electrical Development Co of Ontario» расположена на канадскомъ берегу рѣки не далеко отъ станціи «Canadian Niagara Power Co» и, какъ по своей величинѣ, такъ и внутреннему устройству почти тождественна съ этой послѣдней. Обѣ онѣ оборудуются одной и той же электрической фирмой «General Electric Company» въ Скенектеди и при томъ почти одновременно, почему конструкція турбогенераторовъ, расположеніе станціонныхъ машинъ и устройство коммутаций ихъ совершенно подобны. Токъ, который вырабатывается генераторами станціи № 6, трехфазный въ 25 періодовъ. Единственная разница между этими генераторами и установленными на станціи № 4 заключается въ томъ, что первые даютъ напряженіе въ 12000 вольтъ, а вторые въ 11000 вольтъ. Гидротехническая часть устройства этой станціи также мало отличается отъ таковой въ станціяхъ 2, 3 и 4. Разница заключается лишь въ томъ, что вода къ машинному зданію не подводится особымъ каналомъ. Зданіе это расположено на самомъ берегу рѣки. Для предотвращенія же попаданія въ трубы льда и плавающихъ предметовъ, кромѣ желѣзной рѣшетки, поставленной передъ водопроводными трубами, главный потокъ рѣки огражденъ еще особой дамбой. Отводящій воду туннель проложенъ на глубинѣ 165 футовъ подъ уровнемъ воды въ рѣкѣ. Онъ имѣетъ свое выходное отверстіе подъ самой серединой Канадскаго водопада, что видно изъ фиг. 3 въ № 1—2.

Исторія прорытія этого туннеля довольно интересна. Главная масса воды водопада низвергается по параболической кривой, почему между отвѣсной скалой водопаднаго обрыва и самымъ водянымъ каскадомъ имѣется довольно значитель-

ный воздушный промежутокъ. Выходное отверстіе туннеля предполагалось сдѣлать на нѣсколько футовъ выше нижней воды рѣки; уклонъ дна туннеля долженъ былъ быть направленъ по теченію рѣки. На основаніи этого строители полагаютъ, что туннель будетъ сдѣланъ совершенно безпрепятственно до самаго выходнаго отверстія. На дѣлѣ, однако, оказалось не то: послѣ того какъ главная часть туннеля была сдѣлана и оставалось всего лишь нѣсколько футовъ, туннель сталъ наполняться грунтовой водою. Послѣ того, какъ вода эта не безъ труда была выкачена изъ туннеля, рѣшили выломать остающійся кусокъ скалы большимъ зарядомъ динамита. Когда взрывъ былъ произведенъ, откололась лишь верхняя часть промежуточной скалы: туннель оказался отдѣленнымъ отъ подводящаго пространства громаднымъ порогомъ, закрывавшимъ большую часть его. Въ довершеніе неудачи какъ разъ въ мѣстѣ выходнаго отверстія по отвѣсной скалѣ водопаднаго обрыва оказался непосредственно по стѣнѣ стекающій потокъ воды, которая по вновь проломанному отверстію наполнила значительную часть туннеля. Откачивать эту воду оказалось уже почти невозможнымъ, почему рѣшено было прибѣгнуть къ совершенно героическому средству. Изъ числа рабочихъ были вызваны волонтеры, которые взяли бы просверлить отверстія для динамитныхъ патроновъ въ наружной части порога, то есть, изъподъ водопаднаго пространства. Для этого надо было пробраться по камнямъ и выступамъ стѣны водопаднаго обрыва отъ края его на Канадской сторонѣ къ самому порогу у выходнаго отверстія. Паленіе съ этихъ камней въ пучину, куда низвергается масса воды, было бы, конечно, гибельно. Однако, волонтеры нашлись, которые не только сами проникли туда, но и пронесли съ собою свои сверлильныя приспособленія. На этотъ разъ была заложена такая громадная порція динамита, которая выворотила кусокъ скалы значительно даже больше того, что требовалось. Порогъ былъ такимъ образомъ уничтоженъ, вода изъ туннеля стекла, и работы по прорытію его были тѣмъ самымъ окончены.

Не останавливаясь на описаніи силовой станціи № 6, которая, какъ уже сказано, во всѣхъ отношеніяхъ подобна № 4, перейдемъ къ опи-

\*) См. Э—во, 1906 г., № 3, стр. 33.

санію устройствъ сдѣланныхъ для передачи энергіи въ Таронто, отстоящей на 145 километра отъ Ніагары.

Трансформаторная станція, повышающая первичное напряженіе съ 12000 на 60000 вольтъ, при которомъ энергія передается въ Таронто, какъ и у «The Ontario Power Co», помѣщена не возлѣ самаго силового зданія, но нѣсколько къ западу отъ него возлѣ линіи желѣзной дороги «Michigan Central». Коммутационный щитъ и генераторные выключатели при посредствѣ которыхъ управляютъ работою силовой станціи находятся въ ней самой, почему на трансформаторной станціи, кромѣ самыхъ трансформаторовъ, находятся лишь фидерные рубильники высокаго напряженія и громоотводныя приспособленія. По общей идеѣ устройства и взаимной комбинаціи частей все это вполнѣ подобно тому же на трансформаторной станціи № 5.

Совершенно за то своеобразно выполнено устройство воздушныхъ линій далекаго протяженія, которыя сдѣланы здѣсь гораздо болѣе рационально, нежели тамъ, и по всей справедливости могутъ быть названы образцовыми.

При расчетѣ длинныхъ линій высокаго напряженія, какъ извѣстно, приходится считаться главнымъ образомъ съ тремя факторами: омическимъ и индукціоннымъ сопротивленіями и реакціей емкости; кромѣ этихъ главныхъ элементовъ опредѣляющихъ потерю въ линіяхъ необходимо еще считаться съ нѣкоторыми второстепенными. Къ послѣднимъ относятся:

1. Гистерезисъ діэлектрика изоляторовъ.
2. Утечка черезъ внѣшнюю поверхность изолятора.
3. Темные разряды между проводами.

Опредѣленіе величинъ омическаго и индукціоннаго сопротивленій и реакціи емкости вполнѣ поддаются математическому подсчету.

Иначе обстоитъ дѣло съ тремя перечисленными второстепенными факторами. Вліяніе ихъ на величину общей потери энергіи можетъ быть опредѣлено только эмпирически: произведенные опыты показали, что при не очень высокихъ напряженіяхъ потери, вызываемыя этими факторами, незначительны, но что по мѣрѣ возрастанія рабочаго напряженія потери эти становятся все замѣтнѣе, а при переходѣ черезъ нѣкоторое критическое напряженіе уже доминируютъ надъ остальными.

Потери въ изоляторахъ на гистерезисъ и утечку приблизительно пропорціональны величинѣ рабочаго напряженія. Онѣ вообще не очень значительны: даже при напряженіяхъ въ 50000 и 60000 вольтъ потери эти не превосходятъ 10—15 ваттъ на изоляторъ, при условіи, конечно, надлежащей конструкціи и хорошаго изготовленія ихъ. При длинныхъ линіяхъ съ большимъ числомъ изоляторовъ потери въ нихъ составляютъ, однако, уже довольно значительную величину. Еще хуже обстоитъ дѣло съ темными разрядами между проводами: при напря-

женіяхъ, не превосходящихъ 35000 вольтъ и разстояніи между проводами въ 2 фута, потери, вызываемыя этими разрядами, почти незамѣтны. При дальнѣйшемъ возрастаніи напряженія онѣ однако, рѣзко увеличиваются. Такъ, опыты, произведенные въ концѣ девяностыхъ годовъ на линіи «Telluride Power Trans. Co» въ Колорадо дали слѣдующія потери отъ темныхъ разрядовъ на англійскую милю (1,6 километра) трехфазной линіи, работающей при 50000 вольтъ.

При разстояніи между проводами въ 2 фута. . . . . 2250 ваттъ

При разстояніи между проводами въ 4 фута . . . . . 300 »

При линейномъ же напряженіи въ 60000 вольтъ и разстояніи между проводами, равнымъ 4 футамъ, потеря отъ темныхъ разрядовъ была около 3750 ваттъ на милю.

Величина эта довольно значительная: она послужила причиною распространившагося нѣсколько лѣтъ тому назадъ въ Америкѣ мнѣнія, что предѣльное напряженіе, при которомъ возможно экономичное устройство передачи энергіи на далекія разстоянія равно 45000 вольтъ. Въ Европѣ повидимому этого мнѣнія придерживаются и до сихъ поръ: такъ въ брошюрѣ «Berechnung und Ausführung der Hochspannungsfernleitungen» von Carl Fred. Holmboe, изданной въ 1905 году въ Берлинѣ, говорится буквально слѣдующее: «потеря энергіи на темные разряды между проводами при напряженіяхъ въ 50 и 60 тысячъ вольтъ становится столь значительной, что объ экономической передачѣ энергіи при этихъ напряженіяхъ не можетъ быть и рѣчи». Авторъ этихъ строкъ видимо и не подозревалъ, что въ моментъ печатанія ихъ американская дѣйствительность уже блестяще доказала какъ разъ противоположное.

Американцы не могли примириться на 45000 вольтъ. Ихъ побуждалъ къ примѣненію для передачи энергіи на далекія разстоянія напряженій, превосходящихъ 45000 вольтъ, не только присущій имъ спортсменскій духъ, но и чисто экономическія соображенія. На западѣ Соединенныхъ Штатовъ каменный уголь чрезвычайно дорогъ: разъ въ пять дороже нежели, напримѣръ въ штатахъ Пенсильванія или Нью-Йоркъ. Съ другой стороны, именно гористыя западныя штаты изобилуютъ большимъ количествомъ источниковъ водяной силы, которая, однако, далеко не всегда находится въ желательной близости отъ крупныхъ населенныхъ центровъ. Такъ или иначе, а надо было разыскать способъ передачи энергіи при напряженіяхъ въ 50 или 60 тысячъ вольтъ.

Опыты на Теллуридской линіи передачи выяснили, что если при возрастаніи напряженія очень быстро увеличиваются темные разряды, то почти столь же быстро потери эти уменьшаются съ увеличеніемъ разстоянія между проводами: это ясно и по цитированному примѣру, изъ котораго видно, что при двойномъ увели-

чени разстоянія между проводами потеря на темный разрядъ уменьшилась почти въ 10 разъ.

Пробуя примѣнить напряженіе въ 60000 влт., въ этомъ направленіи и стали дѣйствовать. Для уменьшенія темныхъ разрядовъ раздвинули провода на 6 футовъ; потери же въ изоляторахъ довели до минимума уменьшеніемъ числа ихъ, то есть увеличеніемъ пролетовъ между столбами. Идя этимъ путемъ удалось настолько уменьшить потери, что въ настоящее время линіи, передающія энергію на 200 и 250 километровъ, работаютъ съ общей потерей въ нихъ, не превосходящей 15% при полной нагрузкѣ. Тѣ же условія, однако, вызвали и совершенное измѣненіе конструктивнаго выполненія линій: примѣненіе низкихъ деревянныхъ столбовъ, при большихъ пролетахъ стало уже невозможнымъ: ихъ пришлось замѣнить высокими клепанными башнями.

Первоначально подобныя линіи были примѣнены фирмой «General Electric Co» на строящихся электропередачахъ въ Калифорніи и Мексикѣ. Результаты эксплуатаціи оказались превосходными: потеря энергіи была незначительна, а механическая прочность линій вполне надежна. Въ настоящее время поэтому постройка линій высшихъ напряженій получила въ Америкѣ самое широкое распространеніе.

Слѣдующая таблица, въ которой приведены нѣкоторыя изъ извѣстныхъ автору электропередачъ, служитъ тому доказательствомъ.

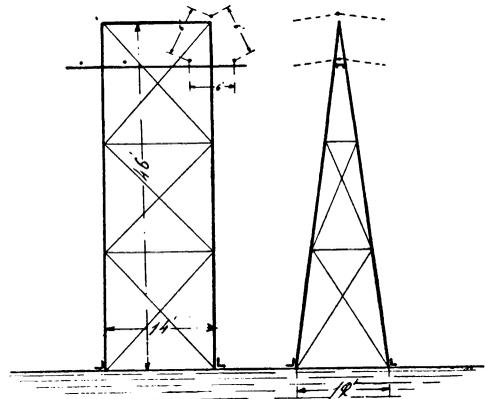
| Названія линій.                            | Длин. ли-<br>ніи въ<br>километр. | Рабочее<br>напря-<br>женіе. | Переда-<br>ваемая<br>сила.<br>Н. Р. |
|--|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------|
| Animus Electric Co Colorado . . . . .      | 88                               | 50000                       | 6000                                |
| Columbia Improvement Co Washington. . . .  | 75                               | 55000                       | 40200                               |
| Guanajuato Power and Electric Co Mexica .  | 161                              | 60000                       | 4020                                |
| Mexican Light and Power Co Mexica . . . .  | 276                              | 60000                       | 40200                               |
| Washington Water Power Co Washing. . . . . | 160                              | 60000                       | 6040                                |
| Winnipeg General Power Co Canada . . . . . | 107                              | 60000                       | 5030                                |
| Kern River Power Co California. . . . .    | 176                              | 57500                       | 15100                               |

Изъ этой таблицы видно также, что 60 «киловольтъ», какъ говорятъ въ Америкѣ, не есть даже высшій предѣлъ практически примѣняемыхъ напряженій: на линіи «Kern River Power Co» въ Калифорніи примѣнено напряженіе въ 67500 вольтъ.

Электрическая фирма «General Electric Co» не останавливается и на этомъ и дѣлаетъ въ настоящее время опыты съ напряженіемъ въ 80 киловольтъ.

Линія электропередачи «Niagara - Таронто», устроенная по вышеописанному способу, т. е.

съ примѣненіемъ клепанныхъ желѣзныхъ башенъ, вмѣсто столбовъ, не является слѣдовательно чѣмъ либо новымъ. Компания ее эксплуатирующая менѣе всего желала производить на этой линіи опыты. Связанная контрактами она, наоборотъ, остановилась на этой конструкціи, какъ на наиболѣе гарантирующей непрерывность дѣйствія ся. Четыре группы проводовъ, соединяющихъ повышающую трансформаторную станцію въ Онтарио (названіе мѣстечка на лѣвомъ берегу водоппада) съ понижающей станціей въ Таронто, проложены по двумъ линіямъ высокихъ желѣзныхъ башенъ, отстоящихъ другъ отъ друга на разстояніи 400 футовъ. Башни эти стоятъ на полосѣ территоріи, специально для этой цѣли приобретенной компаніей «Таронта-Ниагара». Ширина полосы отчужденія колеблется между 80 и 100 футами. Такая значительная ширина объясняется намѣреніемъ компаніи устроить вдоль всей линіи грунтовую, а со временемъ и желѣзную дорогу. Длина линіи, какъ уже было упомянуто, равна 145 километрамъ. Опорныя башни, эскизъ которыхъ представленъ на фиг. 1, скле-



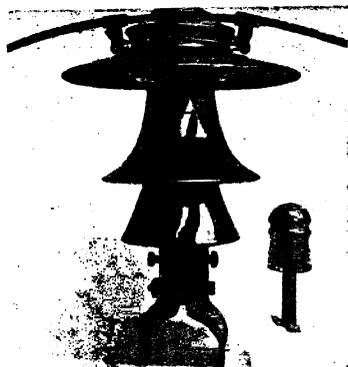
Фиг. 1.

паны изъ гальванизированнаго углового желѣза: онѣ имѣютъ въ одной проекціи видъ прямоугольника, въ другой трехугольника; изъ эскиза видно, что размѣръ ихъ въ направленіи перпендикулярномъ проводамъ равенъ 14 футамъ, а въ направленіи проводовъ у основанія 12 футамъ. Высота башенъ нормально равна 46 футамъ, но въ зависимости отъ высоты мѣста постановки башни она незначительно измѣняется въ ту или другую сторону, для достиженія меньшаго изгиба проводовъ въ вертикальной плоскости.

По каждому ряду башенъ проходятъ двѣ трехфазныхъ линіи, то есть по шести проводовъ сѣченіемъ въ 95 мм<sup>2</sup>. Стороны равностороннихъ треугольниковъ, составленныхъ центрами сѣченій проводовъ, равны 6 футамъ. Механическая прочность башенъ весьма значительна, такъ какъ онѣ должны противустоять опрокидывающимъ усилямъ, появляющимся, какъ слѣдствіе разности тяговыхъ усилій проводовъ на одну и другую

сторону башни. Эта разность тяговыхъ усилийъ складывается изъ двухъ частей — постоянной и переменной: постоянная зависитъ отъ разностей величинъ двухъ сосѣднихъ пролетовъ и высотъ по вертикали точекъ прикрѣпленія проводовъ на двухъ сосѣднихъ башняхъ; переменная отъ температуры воздуха, гололеда, вѣтра и т. под. Башни линіи Ніагара - Таронто рассчитаны на прочное сопротивленіе усилию въ 4 тонны, приложенному къ верхней оконечности башни. Разность натяженій на одномъ проводѣ равна слѣдовательно 670 кгр. Такое натяженіе, однако, фактически почти никогда не имѣетъ мѣста, такъ какъ это можетъ быть лишь при одновременномъ и при томъ наименѣе благоприятномъ дѣйствіи всѣхъ переменныхъ факторовъ.

Стрѣлы провѣсовъ проводовъ весьма значительны: мѣстами онѣ достигаютъ 20 футовъ. Принимая во вниманіе однако величину пролета между точками прикрѣпленія проводовъ такая величина стрѣлъ провѣса не можетъ казаться



Фиг. 2.

странной. При первоначальной постройкѣ такихъ линій опасались возможности значительныхъ колебаній проводовъ отъ дѣйствія вѣтра. Практика показала, однако, что опасенія эти совершенно не основательны.

Провода изготовлены изъ твердо-тянутой мѣди съ сопротивленіемъ разрыву около 40 кгр. на квадр. миллиметръ; они представляютъ изъ себя кабели скрученные изъ шести жилъ. Длина кусковъ провода, изъ которыхъ составляется линія, равна 3000 футамъ. Соединеніе этихъ кусковъ дѣлается специальнымъ сръсткомъ—безъ спаи ки.

Изоляторы имѣютъ тройныя юбки и изготовлены изъ особой коричневой глины очень высококачественнаго изолирующаго качества. Диаметръ большой юбки изолятора равенъ 14 дюймамъ; высота его также 14 дюймовъ (фиг. 2).

Фигура 2, на которой представленъ подобный изоляторъ рядомъ съ обыкновеннымъ телеграфнымъ, даетъ возможность судить о значительности размѣровъ его. Изъ того же рисунка видно, что проводъ не привязывается къ головкѣ изолятора проволокою, какъ то дѣлалось прежде,

но прихватывается специальными зажимами: вѣзывается такого рода прикрѣпленіе провода тѣмъ, что при привязанныхъ проводахъ часто имѣютъ мѣсто раздробленія верхнихъ головокъ изоляторовъ, и какъ слѣдствіе этого земельныя соединенія линій.

По всей длинѣ линіи сдѣлано нѣсколько переключательныхъ постовъ, которые даютъ возможность выключенія отдѣльныхъ участковъ въ случаяхъ осмотра и ремонта ихъ.

Описанная линія электропередачи отъ Ніагары въ Таронто имѣетъ съ русской точки зрѣнія особенный интересъ главнымъ образомъ потому, что климатическія условія мѣстности, по которой она проходитъ, весьма подобны нашимъ, озеро Онтарио, берегомъ котораго слѣдуетъ линія, замерзаетъ на 4—5 мѣсяцевъ въ году; что же касается гололеда, то вѣроятность его образованія въ Канадѣ не ниже, нежели въ сѣверной Россіи и во всякомъ случаѣ выше, нежели въ средней и южной, такъ какъ климатъ юга Канады очень влаженъ.

(Окончаніе слѣдуетъ).

## Обзоръ современныхъ теорій атмосфернаго электричества

Статья Г. Гердина \*).

Въ ясные дни въ нижнихъ слояхъ атмосферы можно наблюдать электрическое поле, направленіе котораго указываетъ на отрицательный зарядъ земли и положительный зарядъ воздуха.

Паденіе потенциала или его градиентъ у поверхности земли составляетъ около 100 вольтъ на метръ. По мѣрѣ удаленія отъ поверхности этотъ градиентъ уменьшается, достигая на высотѣ 1000 м. 25 влт. на м., а на высотѣ 3000 м. приблизительно 10 влт. на м. Облака, пыль и туманъ на небольшихъ высотахъ могутъ очень сильно измѣнять распределеніе потенциала. Выше 3000 м. паденіе потенциала имѣетъ вполне правильный ходъ, притомъ убываніе градиента хотя и продолжается вплоть до высоты въ 6000 м. но въ гораздо меньшей степени, чѣмъ въ нижнихъ слояхъ атмосферы. О величинѣ электрическаго поля выше 6000 м. не имѣется никакихъ данныхъ.

Горизонтальная составляющая электрическаго поля, и ея измѣненіе въ пространствѣ настолько незначительны по сравненію съ вертикальной составляющей и ея убываніемъ съ высотой атмосфернаго слоя, что ими можно пренебречь и написать для плотности электрическаго заряда слѣдующую формулу:

$$4\pi\rho = \frac{d^2V}{dh^2},$$

въ которой V обозначаетъ потенциалъ данной точки h высоту ея надъ поверхностью земли. Если принять измѣненіе градиента въ нижнихъ слояхъ атмосферы равнымъ 0,1 влт./м<sup>2</sup>, то для плотности заряда мы находимъ величину, равную 2,7.10<sup>-9</sup> абсолютныхъ единицъ. Для слоевъ атмосферы между 1000 и 3000 м. находится величина въ 10 разъ меньшая, а для слоевъ

\*) Настоящій обзоръ представляетъ въ сокращенномъ и переработанномъ видѣ статью Г. Гердина, появившуюся въ „Phys. Ztschr.“.

между 3000 и 6000 м. плотность заряда составляет только 0,03 выше написанной величины.

Электропроводность атмосферного воздуха поддерживается пльмъ рядомъ ионизирующихъ агентовъ, изъ которыхъ наиболѣе важными для нижнихъ слоевъ атмосферы являются радиоактивные вещества. Образующіеся ионы расходятся частью на воссоединеніе въ частицы, лишеныя заряда (молекулы), частью же вслѣдствіе нейтрализации на проводникахъ (земная поверхность) или приставанія къ пылинкамъ и водянымъ пузырькамъ. Равновѣсіе между этими антагонистическими процессами находится въ очень сложной зависимости отъ состоянія атмосферы и очень непостоянно. Въ среднемъ можно считать, что содержаніе электричества обоюта знака въ куб. см. составляетъ около  $0,25 \cdot 10^{-6}$  электростатическихъ единицъ. Скорость положительныхъ ионовъ при нормальныхъ условіяхъ составляетъ около 1,3 см. въ сек. при паденіи потенціала 1 влт./см.; скорость же отрицательныхъ, смотря по относительной влажности, колеблется около 1,6 см. въ сек. Такимъ образомъ удѣльная электропроводность воздуха около земной поверхности:

$$\lambda = 2,2 \cdot 10^{-4} \text{ электростат. ед.}$$

При этомъ подсчетѣ удѣльное содержаніе положительныхъ и отрицательныхъ ионовъ принято одинаковымъ: избытокъ положительныхъ ионовъ, вычисленный изъ распределенія градиента потенціала, очень малъ; онъ не можетъ быть опредѣленъ, напимѣръ, при помощи счетчика ионовъ Эберта, такъ какъ лежитъ за предѣлами чувствительности прибора. На самомъ же дѣлѣ экспериментальнымъ путемъ было доказано существованіе положительнаго заряда въ воздухѣ и величина его превосходитъ теоретическую въ 30—50 разъ. Въ настоящее время невозможно еще дать строго провѣренное объясненіе этого результата, но можно искать причины его въ трехъ направленіяхъ. Во-первыхъ, можно предположить, что измѣненіе градиента около земли гораздо болѣе значительно, чѣмъ на нѣкоторой высотѣ, такъ какъ величина эта обыкновенно вычисляется изъ наблюдений, произведенныхъ при помощи воздушнаго шара-зонда. Для объясненія наблюдавшагося положительнаго заряда достаточно было бы убываніе градиента въ 3—4 влт./м<sup>2</sup>. Но это предположеніе мало вѣроятно, такъ какъ такое убываніе градиента не могло бы ускользнуть при измѣреніяхъ, произведенныхъ около земной поверхности; кромѣ того оно допускаетъ слишкомъ большую разницу зарядовъ въ различныхъ слояхъ атмосферы, разницу, которая врядъ ли могла бы продержаться долго въ виду постоянного переѣшиванія нижнихъ слоевъ атмосферы.

Другое объясненіе основывается на предположеніи, что кромѣ ионовъ вышеуказанной подвижности, въ воздухѣ имѣются электрическія массы, связанныя съ такими малоподвижными частицами, что онѣ не могутъ всѣ достигнуть внутренней поверхности цилиндрическаго конденсатора въ приборѣ Эберта. Существованіе такихъ малоподвижныхъ зарядовъ въ атмосферѣ весьма вѣроятно; они должны отличаться значительно большимъ постоянствомъ, чѣмъ болѣе подвижныя ионы, такъ какъ быстрота нейтрализаціи зарядовъ при столкновеніи разноименныхъ ионовъ зависитъ отъ подвижности ихъ. Существованіе такихъ ионовъ было и опытнымъ путемъ установлено недавно Ланжевромъ \*).

Третье объясненіе заключается въ томъ, что аспираторъ долженъ вліять на распределеніе потенціала въ прилегающихъ слояхъ воздуха, дѣлая электрическое поле совершенно неоднороднымъ. Отрицательный зарядъ, который индуцируется на поверхности прибора, способствуетъ возрастанію плотности электричества въ прилегающихъ слояхъ воздуха. Такое вліяніе прибора на распределеніе элек-

трическихъ массъ въ его сосѣдствѣ, дѣлается вѣроятнымъ благодаря опытамъ Эльстера и Гейтеля \*), кромѣ того, наблюденія показываютъ, что результаты, полученные съ аппаратомъ Эберта, зависятъ отъ скорости вѣтра, такъ какъ послѣдній долженъ способствовать восстановленію равномѣрности электрическаго поля. Всѣ эти замѣчанія приводятъ насъ къ тому, что непосредственныя опредѣленія положительнаго заряда не соотвѣтствуютъ нормальнымъ условіямъ, и что только измѣреніе вертикальнаго измѣненія градиента можетъ дать надежныя результаты.

Электрическіе токи въ атмосферѣ можно считать слагающимся изъ двухъ величинъ: изъ тока, зависаго отъ электропроводности воздуха, и изъ тока конвекціоннаго, который появляется при наличии воздушныхъ теченій или при паденіи осадковъ и не зависитъ отъ распределенія потенціала въ атмосферѣ. Горизонтальная составляющая электрическаго тока обусловливается почти всецѣло конвекціоннымъ переносомъ электричества, такъ какъ горизонтальная составляющая электрическаго поля при нормальныхъ условіяхъ имѣетъ ничтожно малую величину. Зато конвекціонный токъ въ горизонтальномъ направленіи можетъ достигать довольно значительной силы: уже при скорости вѣтра 1 м. въ сек. плотность электрическаго тока у поверхности земли составляетъ  $0,6 \cdot 10^{-16}$  ампера на кв. см. Средняя горизонтальная составляющая силы тока по всей вѣроятности одна и та же во всѣхъ слояхъ вплоть до высоты въ 3000 м. такъ какъ уменьшеніе электрическаго заряда компенсируется болѣею скоростью вѣтра въ верхнихъ слояхъ атмосферы. Въ облакахъ и въ туманѣ, въ которыхъ могутъ накопляться значительныя заряды, горизонтальная составляющая конвекціоннаго тока можетъ достигать значительно большихъ величинъ.

Гораздо болѣе значенія имѣетъ вертикальная составляющая тока, которая опредѣляетъ обмѣнъ электричества между земной поверхностью и атмосферой и между различными слоями атмосферы. Плотность вертикальнаго электрическаго тока, возникающаго подъ вліяніемъ электрическаго поля у поверхности земли, можетъ быть вычислено изъ вышеприведенныхъ данныхъ объ электропроводности воздуха и среднемъ паденіи потенціала. Принимая первую величину  $\lambda = 2,2 \cdot 10^{-4}$  электростат. ед., а вторую, т. е. градиентъ потенціала, равной 100 влт./м. мы находимъ, что плотность тока равна  $7,3 \cdot 10^{-7}$  электростат. ед. или  $2,4 \cdot 10^{-16}$  ампера на кв. см. Вертикальная составляющая плотности тока, которая при нормальныхъ условіяхъ зависитъ отъ конвекціи электричества, приблизительно того же порядка, какъ и горизонтальная составляющая. Вертикальная составляющая, которая при нормальныхъ условіяхъ направлена изъ атмосферы къ землѣ, сохраняетъ почти неизмѣнную величину вплоть до высоты въ 3000 м., такъ какъ убываніе градиента потенціала съ высотой компенсируется возрастаніемъ проводимости воздуха. На большихъ высотахъ, плотность вертикальнаго тока нѣсколько убываетъ. Въ облакахъ и туманѣ вертикальная составляющая тока не можетъ сильно измѣняться, такъ какъ при установившемся режимѣ уменьшеніе проводимости вполне компенсируется возрастаніемъ силы электрическаго поля въ этихъ слояхъ.

Вертикальный конвекціонный токъ можетъ быть двухъ видовъ: 1) обыкновенный конвекціонный токъ, который появляется вслѣдствіе переноса воздухомъ нормальнаго электрическаго заряда; и 2) конвекція электричества вмѣстѣ съ осадками. Что касается перваго вида, то о немъ до настоящаго времени не имѣется сколько нибудь надежныхъ данныхъ, такъ какъ о вертикальной скорости воздушныхъ потоковъ извѣстно очень мало. Если для того, чтобы опредѣлить верхній предѣлъ величины вертикальной соста-

\*) P. Langevin, C. R. 1905. Janv.

\*\*) J. Elster u. H. Geitel Gött. Nachr. 1902. s. 8.

вляющей тока, принять вертикальную скорость воздуха равной 10 см. в сек., то для плотности конвекционного вертикального тока получается величина равная  $9.10^{-18}$  ампера на кв. см., т. е. около 3% нормальной плотности не конвекционного тока. В облаках, скоплениях сгустившихся паров и тумана, в которых плотность электрического заряда вследствие приставания ионов к водяным пузырькам может значительно превосходить нормальную плотность электричества в атмосфере, конвекционный ток может сравняться по величине с током неконвекционным, и даже перерасти его. Но в двух важных случаях можно утверждать, что вертикальная составляющая конвекционного тока не имеет почти никакого значения по сравнению с током неконвекционным, а именно это имеет место у поверхности земли и на высотах больше 3000 м.; у земной поверхности плотность электрического заряда достигает значительной величины, но вертикальная составляющая скорости воздуха имеет совершенно ничтожную величину; на высоте, большей 3000 м., скорость воздуха несомненно достигает значительных величин, но за то плотность электрического заряда здесь настолько мала, что величина конвекционного тока для объема электричества в нижних слоях атмосферы при нормальных условиях весьма мало. Так как средняя плотность воздуха остается неизменной, то, очевидно, что интеграл

$$\int_0 G_{nd},$$

в котором  $G_n$  обозначает вертикальную составляющую скорости воздуха, а  $do$  элемент поверхности, — взятый по замкнутой поверхности окружающей земной шар, равен нулю. Вследствие этого и общая сила вертикального электрического тока не может быть велика. В настоящее время мы не в состоянии подсчитать заряды, которые переносятся восходящими и нисходящими потоками воздуха в различных местах земного шара. Для средних широт замечено, что при антициклонах у поверхности земли возрастает падение потенциала; так как низкие величины градиента остаются неизменными на некотором расстоянии от земной поверхности, как при циклонах, так и антициклонах, то ясно, что убывание градиента, а вместе с тем и плотность электричества в воздухе у поверхности земли больше при антициклонах. Если это наблюдение имеет силу для воздушных течений в тропических и полярных областях, то можно в виде общего правила принять, что конвекционный ток нисходящего воздушного течения несколько больше, чем перенос положительного заряда с низу вверх, таким образом конвекционный ток имеет тоже направление, как и ток неконвекционный, который приносит к земной поверхности положительное электричество.

Более значительную роль, чем нормальный конвекционный ток, играет другой вид его, а именно тот, который сопровождает атмосферные осадки. Опыты показали, что даже при обыкновенном дожде, который приносит земль сравнительно небольшие электрические заряды, плотность конвекционного тока может все-таки достигать  $10^{-14}$  ампера на кв. см. Правда знак электрического заряда, который переносится осадками, часто меняется, но в общем отрицательные заряды переносятся чаще. При самых сильных конвекционных токах, которые сопровождают осадки грозового типа, плотность тока часто имеет величину слишком в сто раз большую. Вследствие сильных колебаний силы тока точность измерений невелика, но несомненно, что отрицательное электричество по преимуществу приносится осадками.

Мы не станем останавливаться на старых ги-

потезах, так как они возникли в то время, когда еще совершенно не было данных о проводимости атмосферного воздуха, и имели в виду только вывести происхождение электрического поля в атмосфере. В настоящее время наука занята отысканием источников энергии и механизма их действия, направленного к поддержанию вертикального электрического тока. Первой гипотезой, которая должна была дать ответ на эти вопросы, была адсорбционная гипотеза Эльстера и Гейтеля\*). Согласно ей отрицательные ионы, обладающие большей скоростью диффузии, в большем числе адсорбируются проводящей поверхностью земли, чем положительные ионы; этот процесс особенно действителен в тех местах, которые защищены растительностью, образующей замкнутые пространства с проводящими стенками, от действия земного электрического поля, в которых отрицательные ионы могут без препятственно достигать проводящей поверхности, не встречая противодействия со стороны электрических сил. Эта гипотеза опирается на опыты ряда других исследователей, которые находили, что изолированные проводники, выставленные на воздух, как будто получают отрицательный заряд.

Казалось, что гипотеза Эльстера и Гейтеля вполне удовлетворительно объясняет явления атмосферного электричества, и она, действительно, пользовалась весьма широким распространением. Но физическая основа ее обставлена целым рядом ограничительных условий, которая не всегда осуществляется в природе. Как только на поверхность проводника происходит адсорбция отрицательных ионов, в прилегающем слое воздуха должен возникнуть положительный заряд. Если перед этим в воздухе было одинаковое количество положительных и отрицательных ионов; вследствие этого поверхности проводника возникает электрическое поле, которое затрудняет дальнейшее поглощение отрицательного электричества и гонит положительные ионы из газа к проводнику. Таким образом если не удалить каким-либо способом положительный заряд от проводника, то установится равновесие, как только электрическое поле станет достаточно сильно, чтобы воспрепятствовать дальнейшей адсорбции отрицательных ионов. Но если положительный заряд удаляется по мере возникновения, например конвекцией, и к поверхности проводника приносится свежий ионизированный воздух, то при этих исключительных условиях, проводник может накопить отрицательный заряд. Этот случай имеет место, когда ионизированный газ с достаточною скоростью протекает внутри полого проводника; скорость газа должна быть настолько велика, чтобы большая часть положительных ионов уносила вместе с потоком газа, прежде чем вблизи поверхности электрического поля достигнуть поверхности проводника. Если газ ионизируется перед своим вступлением в полость проводника, то, не говоря уже о потерях ионов, вследствие соединения их с молекулами, может случиться, что при соответственной форме сосуда и малой скорости газа будут адсорбированы не только отрицательные, но и положительные ионы, и проводник не получит никакого заряда. Для того, чтобы проводник заряжался отрицательным электричеством, скорость газа должна быть тем больше, чем уже и длиннее проводящие каналы. Эти соображения подтверждаются опытами Симпсона\*\*), которому не удалось получить заметного отрицательного заряда на изолированных проводниках, выставленных на воздух; но если ионизированный газ протекал через полный проводник, то при выше указанных условиях можно было наблюдать адсорбцию отрицательного заряда

\*) J. Elster u. H. Geitel Terr. Magn. 4, 223—234. 189

\*\*) G. C. Simpson Phil. Mag. 6, 589. 1903.

Другой важный случай мы имеем, когда ионизация газа происходит не только вне проводника, но также внутри полости последнего. В этом случае при данных размерах канала нельзя указать низшего предела для скорости газа, при котором прекращалась адсорбция отрицательных ионов, потому что вплоть до выхода ионизированный газ имется в достаточном количестве. Правда в длинных и узких каналах оба рода ионов адсорбируются проводником в одинаковой мере, но зато тот газ, который ионизируется перед самым выходом из канала, успевает унести некоторое число свободных положительных ионов наружу. Эта адсорбция тем ничтожнее, чем уже выходное отверстие и чем меньше скорость газа. Для нижних, наиболее близких к поверхности земли, слоев атмосферы, осуществляются условия второго случая, в котором ионизация воздуха происходит внутри полых проводников. В этом случае, согласно выше сказанному, адсорбция отрицательных ионов, могла бы происходить при всякой скорости воздуха. Но если принять, что вследствие адсорбции в нижних слоях атмосферы действительно возникает положительный заряд, — то остается непонятным, почему происходит перенос положительного заряда вопреки действию электрического поля атмосферы от поверхности земли кверху, вплоть до высот в 3000 м. и дальше. Для объяснения этого явления необходимо допустить, что вертикальный конвекционный ток уносит кверху такое же количество электричества, какое приносится из атмосферы нормальных конвекционным током; но, как мы видели уже выше, это допущение не соответствует нашим сведениям о воздушных течениях.

Эберт \*) пытался развить адсорпционную гипотезу, чтобы приспособить ее для объяснения атмосферного электрического поля и отрицательного заряда земли. Согласно объяснению Эльстера и Гейтеля в полостях и каналах, имеющих в почвенном слое, заключается ионизированный воздух, который при уменьшении атмосферного давления выступает из земли наружу; Эберт делает предположение, что этот воздух, протекая через капиллярные каналы поверхностного слоя земли, отдает стенкам этих каналов больше отрицательных, чем положительных ионов, и приносит в атмосферу избыток положительных ионов, которые затем втроем, восходящими воздушными течениями, диффузией, переносятся в высшие слои атмосферы. „Согласно этому объяснению, земное поле восстанавливается скорее там, где сильное нагревание почвы и барометрические минимумы заставляют энергичнее выступать воздух, находящийся в капиллярах почвы, трещинах, пустотах между камнями и т. д. При возрастании атмосферного давления, часть наружного воздуха снова вгоняется в почву, но этот воздух гораздо беднее содержанием ионов, чем почвенный воздух. Обратный ток воздуха таким образом не может уничтожить действия сильно ионизированного выходящего воздуха, хотя первый и богаче положительными ионами, чем последний; относительное количество положительных ионов по сравнению с отрицательными редко превосходит в атмосфере 1,2—1,6. Энергия, необходимая для разделения разноименных зарядов и для установления земного электрического поля, пополняется из того грандиозного запаса, который имеется в воздушных течениях“. Эберт пытается объяснить при помощи своей гипотезы зависимость между градиентом потенциала, проводимостью воздуха и некоторыми метеорологическими элементами. „Это объяснение самым естественным образом устанавливает зависимость атмосферного электрического поля от некоторых метеорологических факторов, на которую уже давно указыва-

ли наблюдения. Много раз уже указывалось на замечательный параллелизм между дневным периодом атмосферного давления и таким же периодом атмосферного заряда. Эта зависимость оставалась непонятной при всех предыдущих объяснениях, теперь же между этими явлениями устанавливается простая причинная зависимость. Правда нельзя ожидать точного совпадения максимумов и минимумов обеих кривых. Нельзя забывать, что воздух, вгоняемый возрастающим атмосферным давлением в капилляры почвенного слоя, встречает здесь значительное сопротивление своему движению. Таким же образом уменьшение давления должно опережать на несколько часов обратный ток воздуха из более глубоких, богатых эманацией слоев почвы. Так как, согласно принятому нами объяснению, главную роль играет скорость тока ионизированного воздуха через верхние слои почвы, то между причиной и следствием, между кривой воздушного давления и кривой потенциала, — должна установиться разность фаз, которая в зависимости от местных условий и времени года принимает различные величины. Еще нагляднее должна проявиться эта зависимость, если мы будем исследовать разность электричества в воздухе у земной поверхности“.

Эберт старался подкрепить свою гипотезу опытным материалом не только с качественной, но и с количественной стороны. Внутри медного цилиндра помещался изолированный пористый глиняный цилиндр, в который вводилось небольшое количество радиоактивного вещества. Давление воздуха в медном цилиндре уменьшалось на 100 мм. ртутного столба; воздух из глиняного цилиндра диффундировал через стенку в 2,5 мм. толщины и глиняный цилиндр, соединенный с квадратным электрометром, принимал отрицательный потенциал. Зная потенциал цилиндра и емкость его, можно было вычислить величину заряда и величину поверхностной плотности электричества на цилиндре. Эберт находит, что последняя величина составляет около  $1,4 \cdot 10^{-4}$  электростатических ед. на кв. см.; и указывает на то, что эта величина того же порядка, как и средняя плотность нормального заряда на земной поверхности.

Поверхностная плотность земного заряда при падении потенциала 100 вл. на м. равна  $2,7 \cdot 10^{-4}$  электростатических ед. на кв. см. Из наблюдений над разрывением электричества Эберт находит, что плотность нормального вертикального тока составляет  $0,45 \cdot 10^{-7}$  электростатических ед. Таким образом в течении дня кв. м. земной поверхности теряет 39 электростатических един. электричества Эберт сравнивает это число с числом ионов одного знака в куб. м., и при соответственных предположениях о степени ионизации почвенного воздуха находит, что последнее число в 753 раза больше. „Хотя большая часть образующихся ионов теряют свой заряд еще в почве, но уже тот небольшой избыток положительных ионов, который попадает в атмосферу, достаточно, чтобы поддерживать земное электрическое поле“.

Против гипотезы Эберта, Симпсон \*) выставил несколько веских соображений. Он указывает на то, что в почвенном слое, капиллярные каналы слишком узки и длинны, чтобы при тех небольших и медленных изменениях давления, которые наблюдаются в атмосфере, сколько-нибудь значительное количество ионов могло выйти из почвы наружу. Опыты с искусственно ионизированным воздухом убедительны, так как условия опыта совершенно не те, что в природе. Но если даже допустить, что избыток положительных ионов действительно попадает в атмосферу, то совершенно невозможно принимать существование та-

\*) H. Ebert Phys. Z. 5, 135—140. 1904.

\*) G. Simpson Phys. Z. 5, 325. 1904.

ких сильных вертикальных потоков воздуха, которые могли бы компенсировать потерю положительных ионов, вследствие электрического неконвекционного тока; таким образом, положительные ионы не могли бы достигать сколько-нибудь значительных высот. Къ тому же на участкахъ земли, покрытыхъ водою, гипотеза Эберта совершенно непримѣнима; она не можетъ такимъ образомъ объяснить электрическаго поля на поверхности моря.

На эти возраженія Эбертъ\*\*) пытался дальнѣйшими опытами, подтвердить свою теорію. Онъ описываетъ свои опыты, въ которыхъ глиняный цилиндръ былъ устраненъ и отрицательный зарядъ получался на пробѣ почвы при уменьшеніи воздушнаго давленія. Эндресъ, изслѣдовавшій зависимость между толщиной слоя и скоростью тока, при которыхъ яснѣе всего обнаруживается отрицательный зарядъ, нашелъ, что воздухъ долженъ тѣмъ медленнѣе проходить черезъ щели и поры изслѣдуемаго слоя, чѣмъ толще этотъ послѣдній; если же скорость тока увеличивалась, то электризація замѣтно уменьшалась. Изъ этихъ опытовъ Эбертъ заключаетъ, что при тѣхъ толстыхъ пластахъ, которые имѣются въ природѣ, самая дѣйствительная скорость диффундирующаго воздуха настолько мала, что она вполне можетъ быть обусловлена колебаніями барометрическаго давленія. Наши свѣдѣнія о паденіи потенциала на морѣ еще слишкомъ недостаточны; но для того, чтобы объяснить возникновеніе здѣсь электрическаго поля достаточно принять, что оно возникаетъ вслѣдствіе тѣхъ положительныхъ зарядовъ, которые приносятся воздушными теченіями съ суши. Можно еще допустить, что избытокъ положительнаго электричества надъ моремъ есть слѣдствіе того явленія, которое наблюдается, если встряхивать воду, содержащую эманацию, съ воздухомъ; въ послѣднемъ появляется избытокъ положительныхъ ионовъ.

Таковы доводы сторонниковъ и противниковъ гипотезы Эберта. Въ виду того значенія, какое приписывается ей, желательно подвергнуть фактическій матеріалъ, лежащій въ ея основаніи, критическому разсмотрѣнію и провѣрить се съ количественной стороны.

1. Прежде всего необходимо указать на то, что объясненіе зависимости между колебаніями воздушнаго давленія и проводимостью воздуха было выставлено впервые Эльстеромъ и Гейтелемъ, которые, несомнѣнно, первые открыли эманацию въ почвенномъ воздухѣ и присутствіе радиоактивной индукціи въ атмосферѣ. Эти изслѣдователи, кромѣ того установили зависимость между измѣненіемъ атмосфернаго давленія и силой наведенной радиоактивности. Необходимо подчеркнуть, что это объясненіе возростанія проводимости воздуха съ уменьшеніемъ давленія говоритъ лишь о томъ, что эманация, попадая изъ почвы въ атмосферу, ионизируетъ атмосферный воздухъ; что же касается гипотезы, согласно которой прохожденіе ионизированнаго воздуха черезъ почву сопровождается обогащеніемъ его положительными ионами, то авторомъ ея является Эбертъ.

2. Изъ экспериментальныхъ доказательствъ, которые приводитъ Эбертъ, остановимся сначала на опытѣ съ пористымъ глинянымъ цилиндромъ.

Радиоактивный препаратъ былъ укрѣпленъ внутри цилиндра въ открытой стеклянной кюветкѣ и такимъ образомъ непосредственно соприкасался съ воздухомъ, бывшимъ въ цилиндрѣ. Вслѣдствіе этого ионизаторами воздуха являлась эманация и продукты ея разложенія. Только при этомъ условіи становится понятно, почему воздухъ въ цилиндрѣ долженъ былъ нѣкоторое время постоять, чтобы достигнуть необходимой степени ионизаціи; если бы ионизація зависѣла только отъ лучей, посылаемыхъ препаратомъ, то равновѣсіе въ ионизированномъ газѣ поступило бы очень быстро. Къ сожалѣнію, мы не имѣемъ данныхъ,

въ какой промежутокъ времени было произведено пониженіе давленія на 100 мм. ртутнаго столба: только въ томъ случаѣ, если скорость теченія газа была очень мала,—того же порядка какъ и въ капиллярахъ почвы, можно было бы считать опыты Эберта доказательными. Возраженіе Симпсона относительно сравнимости результатовъ опыта съ явленіями, происходящими въ почвѣ, вполне основательно особенно въ той его части, которая касается толщины почвеннаго слоя; если бы имѣлся только одинъ ионизируемый воздухъ, лишенный эманации, то было бы совершенно непонятно, какимъ образомъ при малой скорости тока, сколько нибудь значительное количество ионовъ могло придти черезъ толстый слой почвы. Ионизація можетъ сохраниться только, если въ воздухѣ имѣется эманация, или если онъ ионизируется сильно проникающими лучами изъ глубокихъ слоевъ почвы.

3. Замѣчательнъ и результатъ опытовъ Эндреса, въ которыхъ трубка, наполненная ионизированнымъ воздухомъ, получаетъ большій отрицательный зарядъ при малыхъ скоростяхъ диффузіи, чѣмъ при большихъ. Несомнѣнно только, что при скорости диффузіи, равной нулю, зарядъ долженъ быть также равенъ нулю. Если же съ уменьшеніемъ скорости почему-либо возрастаетъ степень электризаціи, то въ высшей степени важно было бы найти величину скорости соответствующую наибольшему заряду.

Быть можетъ, результатъ, полученный Эндресомъ, объясняется тѣмъ, что при большихъ скоростяхъ наружу выходило значительное количество сильно ионизированнаго воздуха, и поэтому значительная часть заряда разсѣивалась съ цилиндра; при малыхъ же скоростяхъ, воздухъ успѣвалъ потерять свою проводимость.

4. Насколько условія опыта съ образцами почвы соответствуютъ условіямъ встрѣчающимся въ природѣ, мы не можемъ сказать съ увѣренностью, такъ какъ не знаемъ, съ какими скоростями воздуха производились эти опыты. Чтобы дать нѣкоторое представление о томъ, какую скорость слѣдовало осуществить въ опытахъ для того, чтобы сдѣлать ихъ убѣдительными, мы подсчитаемъ величину скорости воздуха, выходящаго изъ почвы, когда нормальное давленіе (750 мм.) падаетъ въ теченіи часа на 1 мм. ртутнаго столба; мы сдѣлаемъ допущеніе, что до 50 м. въ глубину, объемъ слоя наполовину занятъ воздухомъ. Если весь воздухъ, заключающійся въ столбѣ, имѣющемъ въ поперечномъ сѣченіи 1 кв. см., а въ глубину 50 м., то въ часъ черезъ кв. см. поверхности земли пройдетъ  $\frac{1}{169} \cdot 2500 = 3,29$  куб. см., что соответствуетъ скорости воздуха надъ поверхностью земли 0,0001 см. въ сек. Поперечное сѣченіе каналовъ въ почвѣ составляетъ небольшую дробь поперечнаго сѣченія столба почвеннаго слоя, поэтому и скорость воздуха въ почвѣ должна быть больше, чѣмъ надъ почвою. Примемъ, что поперечное сѣченіе каналовъ составляетъ 0,1 всей площади почвеннаго слоя; тогда скорость движенія воздуха окажется равной 0,001 см. въ сек. Въ большинствѣ случаевъ даже эти небольшой скорости врядъ ли могутъ осуществиться въ дѣйствительности при обычныхъ ничтожныхъ измѣненіяхъ давленія вслѣдствіе тренія воздуха въ капиллярахъ; на глубинѣ около 50 м. воздухъ обладаетъ, конечно, значительно меньшей скоростью. Для провѣрки гипотезы Эберта важно знать, была ли осуществлена въ опытѣ скорость диффузіи такого же порядка и каковы были заряды, возникавшіе при этой скорости. До тѣхъ поръ, пока у насъ нѣтъ никакихъ данныхъ объ этихъ важныхъ факторахъ явленія, мы не можемъ считать убѣдительными лабораторные опыты Эберта.

5. Что касается до связи между дневными измѣненіями атмосфернаго давленія и колебаніями въ величинѣ паденія потенциала, то необходимо объяснить величину разности фазъ этихъ двухъ явленій. Эбертъ смотритъ на разность фазъ, какъ на слѣд-

\*\*) Н. Ebert. Phys. Zchr. 5, 599. 1904.

стве замедления движения воздуха через почвенный слой; но, смотря по составу почвы, слѣдовало бы ожидать различныя величину запаздыванія. Между тѣмъ совершенно недоказано, что разность фазъ опредѣляется именно свойствами почвы въ данномъ мѣстѣ. Мы можемъ указать еще на цѣлый рядъ зависимостей между метеорологическими явленіями и явленіемъ атмосфернаго электричества, которыя покоятся на прочномъ физическомъ основаніи, но ихъ установленіе произошло послѣ систематической обработки обширнаго опытнаго матеріала статистическимъ методомъ, а не сравненіемъ періодовъ этихъ явленій.

6. Единственный опытъ, который могъ бы рѣшить споръ въ ту или другую сторону, является опытъ Цельса\*), если бы онъ пользовался методомъ, который позволялъ бы наблюдать и небольшіе электрическіе заряды. Его наблюденія, произведенныя въ каменоломнѣ, подтверждають только положенія Эльстера и Гейтеля относительно того, что при уменьшеніи давления происходитъ вытекание изъ почвы воздуха, богатаго эманацией. О подтвержденіи же гипотезы Эберта не можетъ быть и рѣчи уже потому, что ни приборъ для наблюденія разсѣянія, ни счетчикъ іоновъ не годятся для этой цѣли.

7. Если даже не признавать вѣскости всѣхъ выше приведенныхъ возраженій, то остается все же самый главный доводъ; положительный зарядъ, который приносится изъ почвы въ атмосферу, не можетъ достигнуть значительныхъ высотъ въ томъ количествѣ, которое было бы необходимо для поддержанія вертикальнаго электрическаго тока. Для осуществленія этого переноса положительныхъ іоновъ необходимо, чтобы нормальный конвекціонный токъ снизу вверхъ въ среднемъ былъ равенъ нормальному неконвекціонному току, направленному сверху внизъ. Но мы уже говорили, что первый составляетъ всего только 3% послѣдняго. Къ теоріи Эберта можно примѣнить его же собственныя слова, сказанныя по поводу адсорпціонной гипотезы Эльстера и Гейтеля: „Непонятно, какимъ образомъ электрическое поле могло распространиться на такое разстояніе отъ поверхности земли. Если изъ прилегающаго къ землѣ слоя воздуха удаляется вслѣдствіе адсорпціи значительное число положительныхъ іоновъ остается въ непосредственной близости отъ земной поверхности. Такимъ образомъ долженъ образоваться двойной электрическій слой, который обусловилъ бы появленіе электрическаго поля лишь въ нижнихъ слояхъ атмосферы. Только въ томъ случаѣ, если вѣтеръ будетъ уносить избытокъ положительныхъ іоновъ, могло бы образоваться дѣйствительное электрическое поле въ атмосферѣ“.

Адсорпціонная гипотеза Эльстера и Гейтеля и ея видоизмѣненіе, принадлежащее Эберту, не можетъ отвѣтить на запросы, которые ставятся теоріи атмосфернаго электрическаго поля, потому что авторы ихъ ищутъ раздѣленія положительныхъ и отрицательныхъ зарядовъ у поверхности земли, и поэтому не могутъ объяснить конвекцію зарядовъ на большія разстоянія. Гипотеза, объясняющая образование земнаго поля, не можетъ дать сколько нибудь полнаго толкованія явленій атмосфернаго электричества, если она не будетъ обращать вниманія на такой могущественный и важный факторъ, какъ конвекція электричества атмосферными осадками. Полная теорія электрическихъ токовъ въ атмосферѣ, которая принимается во вниманіе всѣ конвекціонные и неконвекціонные токи, необходимо приводитъ къ заключенію, что компенсація той потери электричества, которая обуславливается нормальными неконвекціонными токами, должна быть отнесена на счетъ тока конвекціоннаго и, конечно, не нормальнаго, потому что нормальный конвекціонный токъ слишкомъ слабъ.

(Продолженіе слѣдуетъ).

\*) В Zölls. Wien. Ber. 112. 1117—1192. 1903.

## Съѣздъ германскихъ естествоиспытателей въ Меранѣ.

Ежегодный съѣздъ германскихъ физиковъ, состоявшійся въ этомъ году въ Меранѣ, далъ, какъ и всегда, рядъ интересныхъ докладовъ и сообщений, изъ которыхъ мы приводимъ ниже нѣкоторые въ видѣ краткаго резюме.

**Зейцъ. Особый видъ сильно поглощаемыхъ лучей.** При ухудшеніи пустоты въ рентгеновскихъ трубкахъ падаетъ и потенциалъ разряда, а вмѣстѣ съ тѣмъ значительно уменьшается интенсивность лучей. Приблизительно при 30,000 вольтъ трубка уже перестаетъ дѣйствовать на фотографическія пластинки и на люминисцирующій экранъ. Зейцъ попробовалъ, не является ли это прекращеніе радіаціи только кажущимся, не испускаетъ ли трубка такіе „мягкіе“, легко поглощаемые лучи, что стекло становится для нихъ непроницаемымъ. Теоретически разсуждая, такъ именно и должно быть, потому что, чѣмъ меньше скорость электроновъ, удары которыхъ въ стѣнку трубки вызываютъ излученіе электромагнитныхъ импульсовъ, тѣмъ слабѣе и эти послѣдніе. Въ опытахъ Зейца лучи падали на тонкое алюминиевое окошечко, за которымъ устанавливалась въ герметически закрытой камерѣ фотографическая пластинка. Чтобы избѣжать поглощеніе и разсѣяніе лучей въ воздухѣ, камера выкачивалась вмѣстѣ съ трубкой, и лучи проходящіе черезъ алюминиевый листокъ падали прямо на чувствительную пластинку, не проходя черезъ поглощающія средины. Этимъ путемъ удалось установить, что даже при 600 вольтъ антикатодъ испускаетъ рентгеновы лучи. До тѣхъ поръ, пока отрицательное сіяніе доходитъ до антикатода, то есть, пока потокъ электроновъ достигаетъ поверхности антикатада, этотъ послѣдній испускаетъ лучи; уменьшая разстояніе между катодомъ и антикатодомъ можно получить рентгеновы лучи при очень низкомъ потенциалѣ разряда. Эти легко поглощаемые лучи оказываютъ очень сильное дѣйствіе на фотографическую пластинку, потому что цѣликомъ поглощаются свѣточувствительной пленкой, въ то время, какъ обыкновенные рентгеновы лучи проходятъ черезъ пластинку, почти не поглощаясь. Точно также дѣйствіе на микроорганизмы этихъ лучей весьма значительно; культуры бактерий послѣ получасовой экспозиціи почти вовсе не развивались на освѣщавшихся частяхъ пластинки. Количественныя измѣренія надъ проникаемостью лучей производились при помощи конденсатора съ электроскопомъ; подъ дѣйствіемъ лучей конденсаторъ разряжался, и по быстротѣ разсѣянія электричества можно было судить объ интенсивности лучей. Алюминіевый листокъ толщиной въ 0,0075 мм. поглощаетъ половину лучей, когда потенциалъ разряда измѣняется отъ 1500 до 6000 вольтъ; въ этихъ предѣлахъ коэффициентъ поглощенія почти не измѣняется. При возрастаніи разности потенциаловъ коэффициентъ быстро убываетъ. При низкихъ вольтъ нормальный законъ поглощенія, выражаемый формулой  $J=J_0 e^{-ad}$ , гдѣ  $a$  коэффициентъ поглощенія, а  $d$  толщина слоя, оправдывается для этихъ лучей, въ то время, какъ для „твердыхъ“ лучей этотъ законъ не примѣнимъ. Серебряный листокъ толщиной въ 0,0002 мм. поглощаетъ также 50% лучей, такимъ образомъ, по крайней мѣрѣ, эти два вещества по проникаемости для „мягкихъ“ лучей слѣдуютъ въ томъ же порядкѣ одинъ за другимъ, какъ и для „твердыхъ“.

Что вышеописанные лучи не представляютъ потока катодныхъ частицъ, доказывается тѣмъ, что они не отклоняются магнитомъ.

**Радіація металловъ. Штрейнцъ.** Электроположительные металлы магній, алюминій, цинкъ и кадмій обладаютъ свойствомъ дѣйствовать на бумагу, смоченную растворомъ іодистаго калия,

и фотографическую пластинку. Въ послѣднемъ случаѣ они даютъ отпечатки, которые проявляются обычнымъ способомъ. Чѣмъ ближе стоятъ металлы къ положительному концу вольтоваго ряда, тѣмъ сильнѣе ихъ дѣйствіе. Дѣйствіе это замѣтно только, если металлъ свѣже отполированъ; какъ только онъ покрывается слоемъ окисла, испусканіе лучей прекращается. Автору удалось установить и дѣйствіе щелочныхъ металловъ: калия, натрія и литія, которые накладывались свѣже обрѣзанной поверхностью на фотографическую пластинку въ ваннѣ изъ нефтяного эфира. Способность этихъ металловъ къ излученію также возрастаетъ въ направленіи отъ литія къ калию. Необходимо замѣтить, что тѣ металлы, которые въ воздухѣ производятъ отпечатки на пластинкѣ, въ атмосферѣ углекислоты теряютъ эту способность. Ясно, что всѣхъ случаяхъ радіаціи металловъ вызывается ни чѣмъ инымъ, какъ окисленіемъ ихъ поверхности. Для полученія изображенія не требуется непосредственнаго соприкосновенія металла съ свѣточувствительнымъ слоемъ. Кольцо изъ испытываемаго металла, покоящееся однимъ краемъ на тонкой слюдяной пластинкѣ, даетъ изображеніе и въ тѣхъ мѣстахъ, гдѣ нѣтъ непосредственнаго касанія съ поверхностью фотографической пластинки, только края изображенія получаютъ размытые тѣмъ болѣе, чѣмъ дальше поверхность металла отъ пластинки. Такимъ образомъ металлъ испускаетъ лучи сильно разсѣиваемые и поглощаемые воздухомъ. Можно представить себѣ, что металлы, обладающіе большей положительной упругостью растворенія, посылаютъ въ окружающую среду во время процесса окисленія ихъ поверхности положительные іоны, которые дѣйствуютъ на фотографическую пластинку. Распространеніе въ воздухѣ этихъ положительныхъ іоновъ, должно сопровождаться іонизаціей воздуха, что и доказано непосредственными опытами. Для этого авторъ устраивалъ конденсаторъ изъ двухъ пластинокъ изслѣдуемаго металла, который заряжался положительно, или отрицательно; для сравненія подобный же конденсаторъ устраивался изъ электроотрицательнаго металла, напримеръ, мѣди. Разсѣяніе заряда конденсатора наблюдалось по показаніямъ электрометра, соединеннаго съ нимъ. При этомъ оказалось, что если конденсаторъ изъ магнія былъ помѣщенъ въ атмосферу углекислаго газа, разсѣяніе заряда происходило съ такой же быстротой, какъ въ случаѣ мѣднаго конденсатора; если же магниевый конденсаторъ помѣщался въ тщательнo высушенный воздухъ, то потеря заряда происходила въ 1,75 разъ скорѣе, когда конденсаторъ заряжался отрицательно, чѣмъ когда онъ былъ сообщенъ съ положительнымъ полюсомъ. Происходитъ это оттого, что положительно заряженная пластинка магнія не можетъ испускать положительныхъ же іоновъ, вслѣдствіе существованія электрическаго поля, которое гонитъ положительные іоны обратно къ металлу; наоборотъ, въ случаѣ отрицательнаго заряда электрическія силы благоприятствуютъ испусканію положительныхъ іоновъ, іонизирующихъ окружающій воздухъ.

**Скорость рентгеновыхъ лучей. Э. Марксъ.** Это замѣчательное изслѣдованіе привело къ разрѣшенію той заманчивой задачи, которая до сихъ поръ не давалась экспериментаторамъ. Принципъ настоящаго изслѣдованія по существу аналогиченъ старому дифференціальному методу, которымъ пользовался Физо для опредѣленія скорости свѣта. Ближе всего онъ подходитъ къ тому пути, которымъ шелъ Блондио въ своей попыткѣ опредѣлить скорость рентгеновыхъ лучей. Авторъ воспользовался свойствомъ рентгеновыхъ лучей вызывать испусканіе катодныхъ лучей при паденіи ихъ на катодъ трубки, наполненной разрѣженнымъ газомъ. Для примѣненія этого свойства къ опредѣленію скорости лучей, необходимо было, чтобы трубка, испускавшая лучи, приходила въ дѣйствіе отъ электрическихъ колебаній, вызываемыхъ въ той цѣпи, въ которую она была

включена. Это и было достигнуто авторомъ, такъ что подѣ дѣйствіемъ электрическихъ колебаній, антикатодъ периодически посылалъ пучки рентгеновскихъ лучей, которые падали на катодъ другой трубки и вызывали периодически, съ тѣмъ же періодомъ, повторившіеся потоки катодныхъ лучей. Анодъ второй трубки былъ заключенъ въ Фарадеевскую камеру и соединенъ съ электрометромъ. Какъ только рентгеновы лучи вызывали во второй трубкѣ потокъ катодныхъ лучей, электрометръ получалъ довольно значительный отрицательный зарядъ. Теперь предположимъ, что вторая трубка включена въ цѣпь, въ которой также вызваны электрическія колебанія съ тѣмъ же періодомъ, какъ и колебанія, вызывающія рентгеновы лучи; предположимъ также, что максимумъ напряженія на электродахъ второй трубки наступаетъ одновременно съ максимумомъ испусканія рентгеновыхъ лучей. Такъ какъ лучи распространяются съ конечной скоростью и для прохождения пути отъ антикатода первой трубки до катода второй требуется время, то они запаздываютъ относительно потенциала катода второй трубки, то есть, попадаютъ тогда, когда максимумъ уже прошелъ и существующій потенциалъ недостаточенъ для испусканія катодныхъ лучей. Если же отодвинуть первую трубку настолько, чтобы за время прохождения рентгеновыми лучами пути до катода, максимумъ потенциала во второй трубкѣ наступилъ вторично, мы будемъ имѣть условія, благоприятствующія испусканію катодныхъ лучей, и электрометръ покажетъ ихъ возникновеніе. Таковъ принципъ метода.

Опуская интересныя подробности изслѣдованія, мы переходимъ къ описанію постановки опыта въ окончательномъ видѣ. Катодъ второй трубки присоединенъ къ одному изъ свободныхъ концовъ Лехеровской системы, т. е. двухъ параллельныхъ проволокъ съ мостикомъ, который можетъ передвигаться вдоль проволокъ, индуктивно связанныхъ съ цѣпью, въ которую включена трубка, посылающая рентгеновы лучи. Автору удалось, подбирая соотвѣтственно давленіе во второй трубкѣ, достигнуть того, чтобы въ то время на концахъ Лехеровской системы господствуетъ положительный потенциалъ, рентгеновы лучи, падая на катодъ, вызывали положительный зарядъ въ электрометрѣ; когда положительный потенциалъ смѣнялся отрицательнымъ электрометръ показывалъ отрицательный зарядъ. Если же рентгеновы лучи попадали на катодъ въ то время, когда потенциалъ катода былъ равенъ нулю, электрометръ вовсе не получалъ заряда. При этомъ необходимо было, конечно, чтобы рентгеновы лучи дѣйствовали очень короткое время, т. е. чтобы трубка, посылавшая ихъ, приходила въ дѣйствіе только въ моментъ максимума напряженія въ первой цѣпи; это условіе и было соблюдено авторомъ. При нѣкоторомъ положеніи мостика электрометръ показывалъ отсутствіе заряда; если передвинуть рентгеновскую трубку, лучи будутъ попадать на катодъ уже не въ моментъ нулевого потенциала. Для того, чтобы опять возстановить нулевое положеніе, надо передвинуть мостикъ Лехеровской системы, и при томъ, если скорости свѣта и рентгеновыхъ лучей одинаковы, на разстояніе равное половинѣ перемѣщенія трубки. Этимъ путемъ авторъ доказалъ, что въ предѣлахъ погрѣшности опыта, т. е. съ точностью до  $5\%$ , скорость рентгеновыхъ лучей равняется скорости распространенія электрическихъ колебаній вдоль проволокъ, то есть, скорости свѣта. Интересно, что этотъ методъ позволяетъ такимъ образомъ измѣрять промежутки времени, въ теченіе которыхъ свѣтъ распространяется на разстоянія, меньшія 10 см., т. е. меньше  $\frac{1}{3}$  10<sup>9</sup> секунды.

**Излученіе сѣрнокислаго хинина. А. Калене.** Сѣрнокислый хининъ при нагрѣваніи выше 100° при нѣкоторой температурѣ начинаетъ испускать свѣтъ; свѣченіе продолжается короткое время; при охлажденіи онъ опять на короткое время вспыхи-

васть. Это свѣченіе каждый разъ сопровождается ионизаціей окружающаго воздуха. Причиной этого явленія является потеря воды при нагрѣваніи и поглощеніе ея изъ воздуха при охлажденіи, во время которыхъ возникаютъ описанныя свѣтотвоя и электрическія явленія. Изслѣдуя это явленіе авторъ нашелъ, что ионизація воздуха зависитъ отъ интенсивности реакціи и измѣняется въ зависимости отъ различныхъ условий; но общее количество электричества, теряемое конденсаторомъ, соединеннымъ съ электрометромъ, зависитъ только отъ природы окружающаго газа, знака заряда электрометра и направленія реакціи (поглощеніе или выдѣленіе воды). Въ воздухѣ оно больше, чѣмъ въ углекислотѣ и меньше, чѣмъ въ водородѣ; при поглощеніи воды больше, чѣмъ при выдѣленіи; если конденсаторъ заряженъ отрицательно, то потеря заряда больше, чѣмъ при отрицательномъ зарядѣ. Алюминіевые листочки, шелковая бумага, кварцъ 3,9 мм. толщиной оказываются непроницаемыми для излучаемой радиаціи. Не рѣшенъ еще вопросъ о томъ, что является здѣсь ионизирующимъ агентомъ: ультрафіолетовые лучи (поглощаемые даже кварцомъ) или легко поглощаемые лучи  $\alpha$ .

**О ферромагнитныхъ кристаллахъ. П. Вейсъ.** Авторъ изслѣдовалъ два ферромагнитныхъ кристалла: магнетитъ и пирротитъ. Изъ нихъ первый совершенно не изотропенъ; въ то время, какъ векторы, намагничивающей силы описываютъ шаровую поверхность, векторы намагничивающей кристалла описываютъ поверхность, напоминающую кубъ со вдавленными сторонами и округленными краями. Пирротитъ интересенъ тѣмъ, что въ одной плоскости, перпендикулярной къ оси призмы кристалла онъ оказывается ферромагнитнымъ, въ направленіи же, перпендикулярномъ этой плоскости, — парамагнитнымъ. Если векторъ намагничивающей силы наклоненъ къ магнитной плоскости кристалла, то намагничивающее дѣйствіе оказываетъ только та составляющая, которая лежитъ въ магнитной плоскости. Магнитная восприимчивость въ этой плоскости измѣняется сложнымъ образомъ, и, повидимому, можно предположить существованіе трехъ видовъ кристалла, которые встрѣчаются вмѣстѣ. Выдѣлить какой нибудь изъ нихъ въ совершенно чистомъ видѣ автору не удалось, но онъ выбралъ образцы, въ которыхъ эти налагающіяся вліянія не сильны. Въ томъ азимутѣ, въ которомъ восприимчивость больше, насыщеніе достигается при малыхъ намагничивающихъ силахъ; въ направленіи перпендикулярномъ насыщеніе достигается при силѣ поля въ 7300 гауссовъ, какъ будто въ этомъ направленіи дѣйствуетъ особая размагничивающая сила. Если векторъ намагничивающей силы описываетъ въ магнитной плоскости, кругъ, то векторъ намагничивания описываетъ въ началѣ дугу круга, затѣмъ, начиная съ нѣкотораго азимута, конецъ вектора начинаетъ двигаться по хордѣ круга, чтобы, наконецъ, описать опять дугу, расположенную симметрично къ первой. По мѣрѣ приближенія силы намагничивающаго поля къ 7300 единицамъ усѣченный кругъ все больше приближается къ полному.

**Электрооптическія свойства угля. Э. Ашкинасъ.** Электромагнитная теорія свѣта устанавливаетъ зависимость между электрическими и оптическими свойствами тѣлъ, напримѣръ, между проводимостью и отражательной способностью тѣлъ. Хорошіе проводники сильно отражаютъ лучи, изоляторы для нихъ прозрачны. Эта зависимость иллюстрируется данными, полученными авторомъ. Хорошо проводящій сорта угля для герцовыхъ волнъ проявляетъ отражательную способность близкую къ 100%. Правда для видимыхъ лучей эта способность не велика, около 4%, но уже въ инфракрасномъ концѣ спектра начинаетъ быстро возрастать, для длины волнъ  $= 1,5 \mu$  достигаетъ уже 56%, Антрацитъ и для длинныхъ волнъ сохраняетъ малую отражательную спо-

собность, около 14%, что соответствуетъ его плохой проводимости (удѣльное сопротивление  $= 2,10^{10}$ . Коэффициентъ преломленія для него изъ его отражающей способности вычисляется  $= 2,2$ , въ то время, какъ для алмаза онъ  $= 2,4$ .

**Всемирное тяготѣніе и электромагнитная теорія. Р. Гансъ.** Электромагнитная теорія охватываетъ самыя различныя области явленій, почти всѣ физическія свойства тѣлъ, но взаимное тяготѣніе матеріальныхъ тѣлъ до сихъ поръ съ трудомъ укладывается въ рамки теоріи. Лоренцъ сдѣлалъ попытку объяснить всемирное тяготѣніе, вводя гипотезу, что одноименные заряды отталкиваются съ нѣсколько меньшей силой, чѣмъ притягиваются разноименные. Матеріальные атомы предполагаются состоящими изъ скопленія положительныхъ и отрицательныхъ электроновъ. Такимъ образомъ въ ненаэлектризованныхъ тѣлахъ получается избытокъ притяженія надъ отталкиваніемъ. Авторъ развиваетъ эту теорію и находитъ, что электромагнитныя явленія вполне удовлетворительно объясняются при допущеніи гипотезы Лоренца, которая никакихъ измѣненій въ ихъ теорію не вноситъ; но она позволяетъ ввести въ разсмотрѣніе и энергію гравитаціонную. Выводомъ изъ этой теоріи является то, что въ явленіи тяготѣнія участвуютъ только положительные электроны; свободные отрицательные электроны не подвержены закону тяготѣнія. Затѣмъ необходимо принять, какъ выводъ этой теоріи, что нейтральнымъ, т. е. не имѣющимъ зарядомъ тѣло слѣдуетъ считать, когда въ немъ находится нѣсколько больше отрицательныхъ электроновъ, чѣмъ положительныхъ. Въ проводникахъ авторъ предполагаетъ подвижными только отрицательные іоны; положительные же неподвижны, а такъ какъ только они подчинены тяготѣнію, то ясно, что взаимное вліяніе тѣлъ, т. е. электростатическая индукція, не можетъ измѣнить силу тяготѣнія. Въ механикѣ принимается, что масса тѣла, опредѣляемая изъ величины взаимнаго притяженія матеріальныхъ тѣлъ, пропорциональна ихъ инерціи. При малыхъ скоростяхъ эта пропорциональность вытекаетъ и изъ электромагнитной теоріи, которая разсматриваетъ инерцію электрона, какъ реакцію электромагнитнаго поля, если допустить, что разстояніе между электронами въ атомѣ малы по сравненію съ размѣрами ихъ. Изъ этой теоріи вытекаетъ, что число отрицательныхъ электроновъ пропорционально числу положительныхъ, т. е. пропорционально массѣ единицы объема. Но согласно теоріи Лоренца число подвижныхъ электроновъ въ единицѣ объема находится въ связи съ термоэлектрическими свойствами тѣлъ; а такъ какъ между удѣльнымъ объемомъ и термоэлектрическими свойствами нельзя установить связи, то слѣдовательно не всѣ отрицательные іоны въ металлахъ подвижны.

## О Б З О Р Ъ.

**Новости въ беспроволочной телеграфіи.** Отмѣтимъ нѣкоторые новые патенты, выданные Фесендену на его изобрѣтенія въ области беспроволочнаго телеграфа. Одинъ изъ нихъ касается электролитическаго детектора, который замѣчательнъ одной своей деталью, а именно, примѣненіемъ высокаго давления на жидкость, благодаря чему увеличивается отчетливость и сила сигналовъ. Лучшие результаты были получены при давленіяхъ 3—3½ кгр. на кв. см.; электролитомъ служила азотная кислота или фѣдкій натръ. Интересенъ также и конденсаторъ, принадлежащій къ типу воздушныхъ конденсаторовъ, но наполненный сжатымъ воздухомъ. При давленіяхъ больше 4 атмосферъ тихій разрядъ черезъ воздухъ прекращается, а вмѣстѣ съ тѣмъ и зависящая отъ этого потеря энергіи, которая можетъ достигать при

обыкновенномъ давленіи 50%. При давленіи 12 атмосферъ и при разстояніи между металлическими пластинами конденсатора въ 2 мм. вплоть до напряженій въ 27500 вольтъ не замѣчалось потерь, а при 28500 вольтахъ уже проскочила искра. Всѣ преимущества воздушныхъ конденсаторовъ, какъ отсутствіе гистерезиса, независимость отъ температуры и т. д. сохраняются, конечно, и при примѣненіи высокихъ давленій. Отмѣтимъ еще примѣненіе въ качествѣ воздушнаго провода струи воды, выбрасываемой подъ большимъ давленіемъ. Этотъ жидкій воздушный проводъ можетъ играть роль въ нѣкоторыхъ специальныхъ случаяхъ. Нѣсколько патентовъ посвящено беспроволочной телефоніи. Одинъ изъ нихъ говоритъ объ альтернаторѣ, дающемъ токъ большой частоты, 30000 периодовъ въ секунду, который непосредственно посылается въ проводъ; мощность динамо-машины и интенсивность ея излученія достигаетъ нѣсколькихъ лошадиныхъ силъ. Обмотка возбужденія соединена съ микрофономъ, такъ что при колебаніяхъ мембраны измѣняется сила поля возбужденія, а вмѣстѣ измѣняется и интенсивность излученія энергіи. Приемная станція снабжена обычными телефонными приемниками. Понятно, что беспроволочное телефонированіе свободно отъ такихъ препятствій, какъ вліяніе емкости кабеля, мѣшающее сообщенію на большія разстоянія. Изобрѣтатель находитъ, что при помощи беспроволочнаго телефона можно будетъ осуществить телефонное сообщеніе между Европой и Америкой. (The Electrician).

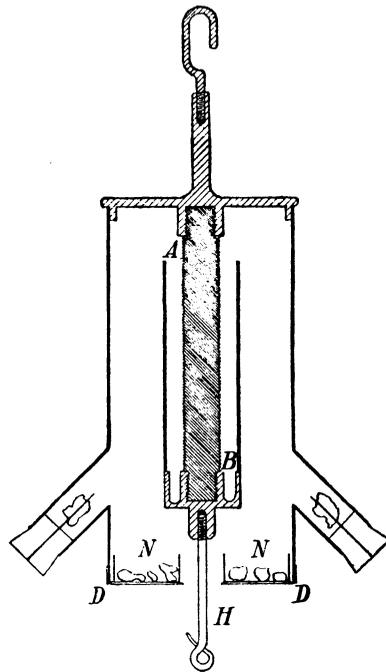
**Примѣненія ртутной дуги.** Нѣсколько новыхъ патентовъ, выданныхъ Куперъ-Юитту, заключаютъ въ себѣ примѣненіе свойствъ ртутной дуги для различныхъ специальныхъ цѣлей. Таково, на примѣръ, примѣненіе ртутной дуги для предупрежденія повышенія напряженія на линіи, на примѣръ, при ударѣ молніи. При нормальномъ напряженіи линіи дуга не зажигается, но какъ только напряженіе достигаетъ значительной величины, между ртутными электродами появляется дуга, черезъ которую можетъ происходить разрядъ. При переменномъ токъ, при первомъ же коммутированіи тока, то-есть, при перемиѣнѣ полюсовъ, дуга прекращается; при постоянномъ же токъ въ трубкѣ развивается такъ много тепла и образуется такъ много паровъ ртути, что токъ самъ собой прекращается. Второе примѣненіе состоитъ во включеніи параллельно къ рубильнику трубки съ ртутными электродами; это приспособленіе имѣетъ цѣлью устранить образованіе искры между полюсами рубильника, приключеннымъ къ концамъ вторичной обмотки трансформатора, и вообще чрезмѣрнаго повышенія напряженія въ разомкнутой вторичной цѣпи. Прекращеніе тока послѣ перваго разряда происходитъ само собой, вслѣдствіе образованія значительнаго количества ртутныхъ паровъ или же при помощи электромагнита, который отбрасываетъ въ сторону и тушитъ дугу.

(The Electrician).

**Вліяніе заземленія при беспроволочномъ телеграфированіи. Заксъ.** Спорный вопросъ, соединять ли съ землей вибраторъ и приемникъ, можетъ быть рѣшенъ только опытомъ, и въ этомъ направленіи работала авторъ по руководству Друде. Вибраторъ состоялъ изъ двухъ обмотокъ: первичной, образованной однимъ оборотомъ толстой проволоки съ искровымъ промежуткомъ и конденсаторомъ, и вторичной состоявшей изъ 10 хорошо изолированныхъ оборотовъ проволоки, помѣщенныхъ на эбонитовомъ кольцѣ. Воздушнымъ проводомъ служила мѣдная трубка 3 м. высоты и 1,4 см. въ діаметръ, къ которой была внизу присоединена емкость, изображаемая металлической пластиной. Длина волны была вычислена равной 31 м. Приемникъ имѣлъ совершенно такое же устройство, но вмѣсто искро-

вого промежутка былъ включенъ спай термоэлемента, который состоялъ изъ желѣзной и константановой проволоки, 0,05 мм. въ діаметръ, и сопротивленіе котораго было равно 1,2 ома. Опыты показали, что нагреваніе спая термоэлемента, которое опредѣлялось по отклоненію гальванометра, было вдвое больше, когда воздушный проводъ былъ изолированъ и пластина служившая емкостью, помѣщена на разстояніи 1 метра отъ земли, чѣмъ когда проводъ былъ заземленъ. По мѣрѣ удаленія провода отъ земли дѣйствіе системы все улучшается; въ ясную морозную погоду максимумъ дѣйствія получился, когда нижній конецъ воздушнаго провода былъ поднятъ на высоту 3 м.; въ такомъ положеніи количество получаемой энергіи въ 4 раза больше, чѣмъ въ томъ случаѣ, когда нижній конецъ провода отстоялъ отъ земли лишь на 10 см. При дальнѣйшемъ поднятій провода показанія гальванометра оставались почти безъ переменъ. Во всѣхъ этихъ опытахъ разстояніе между вибраторомъ и приемникомъ было 30 м.; при измѣненіи разстоянія оказалось, что энергія, получаемая приемникомъ, обратно пропорціональна квадрату разстоянія. (The Electrician).

**Изоляціонная подвѣска.** При измѣреніяхъ радиоактивности атмосферы не только при туманѣ, но почти всегда и просто послѣ захода солнца большой помѣхой является то обстоятельство, что выставленные на открытомъ воздухѣ предметы покрываются тонкой пленкой влажности, т. е. изоляторы перестаютъ быть таковыми. Это неудобство устраняется при употребленіи слѣдующей изоляціонной подвѣски Гокеля (фиг. 3). Эбонитовый стержень А, поверхность котораго испещрена кольцевыми бороздами, несетъ на своемъ нижнемъ концѣ металлическую



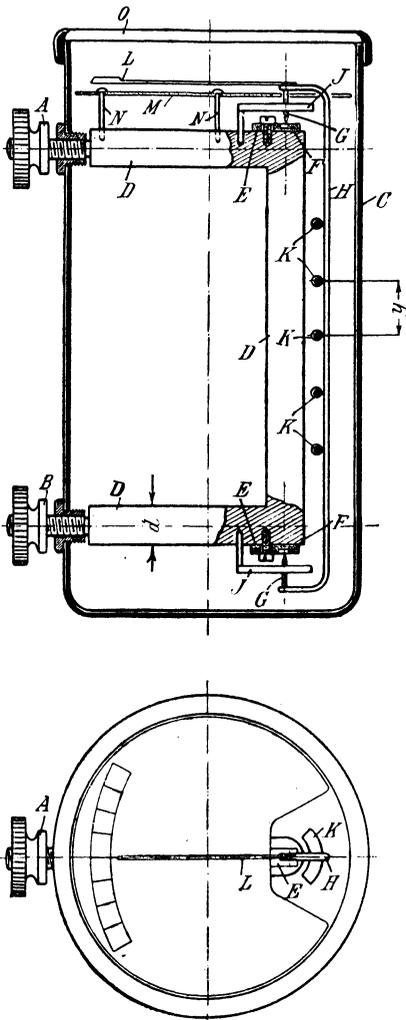
Фиг. 3.

оправу, на которую насажена предохранительная трубка В и въ которую ввинченъ крючекъ Н, служащій для подвѣшиванія радиоактивируемой проволоки. Верхній конецъ стержня ввинченъ въ закрытую металлическую цилиндрическую коробку, въ днѣ которой имѣется отверстіе для пропуска крючка Н. На днѣ этой коробки находится сосудъ съ натріемъ N. Кромѣ того, кусочки натрія находятся въ двухъ бо-

ковых трубках Е. Такимъ образомъ вѣншній воздухъ можетъ проникнуть до стержня А только проходя мимо натрія, т. е. теряя всю свою влажность. Гокель употреблялъ эту подвѣску съ полнымъ успѣхомъ при самой неблагоприятной погодѣ; потенциалъ сухого гальваническаго столба, соединеннаго съ активироваемой проволокой, могъ даже при плохихъ условіяхъ поддерживаться на 2000 вольтахъ.

(Physik. Zeitschrift).

**Приборъ для измѣренія сильныхъ токовъ. Несперъ.** При электротехническихъ измѣреніяхъ постоянного тока слѣдуетъ различать два способа, а именно: если требуется измѣрять электрическую энергію, то употребляются счетчики, въ то время, какъ точное измѣреніе силы тока и его напряженія возможно въ настоящее время лишь при



Фиг. 4.

помощи приборомъ Дебреца. Однако послѣдніе обладаютъ очень многими недостатками, особенно сильно проявляющимися при измѣреніи сильныхъ токовъ. Главнѣйшій недостатокъ подобныхъ приборомъ: постепенное размагничиваніе постоянныхъ магнитовъ, между которыми помѣщается вращающаяся катушка, не говоря уже о сравнительно высокой цѣнѣ каждого прибора Дебреца. Наконецъ, замѣтимъ, что для очень точныхъ измѣреній, при которыхъ тепловые и другія потери не могутъ быть опредѣ-

лены съ достаточной точностью, въ самомъ приборѣ кроется источникъ ошибокъ.

Устройство новаго прибора, свободнаго отъ этихъ недостатковъ, показано на фиг. 4. Черезъ изолированный футляръ G зажимъ А вступаетъ токъ въ неподвижный проводникъ D, проходитъ черезъ него и выходитъ черезъ зажимъ В. На проводѣ D вверху и внизу прикрѣплены мѣдныя пластинки Е, съ вдѣланными въ нихъ каменными гнѣздами F, на которыхъ покоятся своими стальными остріями G аллюминіевая скоба H, свободно вращающаяся около D. Для установки нуля и для того, чтобы уравновѣсить вращающій моментъ магнита имѣются пружины S соединенныя съ одной стороны со скобой H и съ другой со стальными остріями G. На аллюминіевой скобѣ H прикрѣплены магниты K; при данной длинѣ провода D ихъ 5 штукъ. При расположеніи магнитовъ нужно имѣть въ виду слѣдующее:

1. Наименьшее разстояніе отъ F должно быть  $2,5d$ , гдѣ  $d$  означаетъ діаметръ провода, ибо только при этомъ разстояніи поле будетъ равномерно.

2. Наименьшее разстояніе  $h$  магнитовъ другъ отъ друга должно быть 15 мм., ибо, какъ было установлено опытами, только начиная съ этого разстоянія, не происходитъ ослабленія отдѣльныхъ магнитовъ, направленныхъ въ одну сторону.

3.  $d$  не слѣдуетъ выбирать слишкомъ маленькимъ для того, чтобы вполне использовать сильные внутренніе круги силовыхъ линий.

4. Вслѣдствіе причины указанной въ пунктѣ 3 магниты слѣдуетъ изготовлять изогнутыми въ видѣ четверти круга.

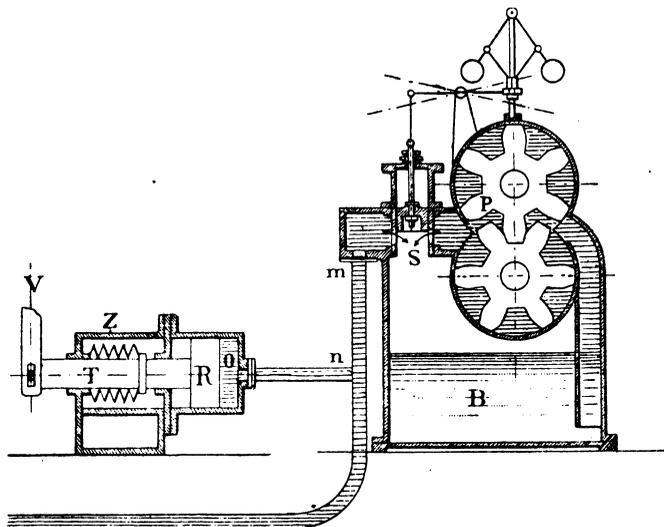
Аллюминіевая скоба H далѣе соединена со стрѣлкой  $h$ , вращающейся надъ шкалой M, укрѣпленной винтами N на проводникѣ D. Футляръ закрытъ стеклянной крышкой O.

Само собой разумѣется, что постоянные магниты могутъ быть замѣнены мягкимъ желѣзомъ, электромагнитами, въ особенности же катушками и т. под. Этимъ послѣднимъ устройствомъ совершенно избѣгнуто желѣзо и вслѣдствіе этого и работа на гистерезисъ.

(Е. З.).

**Приборъ для регулированія скорости альтернаторовъ, соединенныхъ параллельно.** Однимъ изъ большихъ мѣстъ центральныхъ станцій является регулировка скорости нѣсколькихъ генераторовъ, работающихъ параллельно на линію. Когда двигатели, приводящіе въ дѣйствіе различные альтернаторы, отличаются по типу и величинѣ, то при внезапномъ увеличеніи или уменьшеніи нагрузки станціи, не всѣ единицы приходятъ одновременно къ положенію устойчиваго равновѣсія; новый режимъ устанавливается только послѣ ряда колебаній въ ту и другую сторону. Регуляторъ скорости системы Бувье устраняетъ этотъ недостатокъ, который является слѣдствіемъ того, что каждый двигатель снабженъ отдѣльнымъ регуляторомъ; система Бувье центрального типа и приводится въ дѣйствіе однимъ центробѣжнымъ регуляторомъ. Принципъ устройства этого прибора виденъ на фиг. 5. Онъ состоитъ изъ водянаго насоса P, нагнетающаго воду черезъ отверстіе S, которое уменьшается или увеличивается, смотря по положенію рычага, соединеннаго съ центробѣжнымъ регуляторомъ. Чѣмъ меньше отверстіе, тѣмъ, при постоянной скорости вращенія насоса, больше давленіе воды въ резервуарѣ, трубкахъ, которые ведутъ къ цилиндрамъ, одинъ изъ которыхъ изображенъ на фиг. 5; это давленіе передается на поршень R, который занимаетъ определенное положеніе подъ дѣйствіемъ съ одной стороны давленія воды, а съ другой пружины Z. Поршень соединенъ съ механизмомъ, регулирующимъ доступъ пара или воды въ двигатель. Такимъ образомъ определенная скорость вращенія центробѣжнаго тахометра соотвѣтствуетъ определенной мощності машины. Когда вслѣдствіе внезапной нагрузки линіи

скорость вращения альтернаторовъ начнетъ уменьшаться, измѣняется и положеніе рычага, соединеннаго съ тахометромъ; отверстие S увеличивается, вслѣдствіе чего падаетъ давленіе въ трубахъ и цилиндрахъ; поршень измѣняетъ свое положеніе и открываетъ доступъ, напримѣръ, пара въ цилиндры машинъ. Мощность машинъ при этомъ возрастаетъ такъ же, какъ и скорость, и черезъ короткое время альтернаторы опять работаютъ почти съ прежней скоростью. Насосъ и тахометръ приводятся въ дѣйствіе или механической передачей или электрическимъ двигателемъ. Собственно говоря, тахометръ и



Фиг. 5.

насосъ должны работать синхронно съ альтернаторами, поэтому, если избѣгать механической связи съ осью альтернатора, можно приводить ихъ въ движеніе особыми двигателями, питающимися отъ полюса центральной доски. Опытъ показалъ, что синхронные двигатели безъ ущерба для точности регулировки могутъ быть замѣнены асинхронными, которые во многихъ отношеніяхъ болѣе удобны и доставляютъ меньше хлопотъ.

Результаты, полученные на практикѣ при регулированіи скорости альтернаторовъ этимъ способомъ, оказались вполне удовлетворительными. Трувильская центральная станція снабжена тремя альтернаторами съ очень малой самоиндукціей, вслѣдствіе чего при малѣйшей разницѣ въ напряженіи или фазѣ, между отдѣльными альтернаторами соединенными параллельно циркулируютъ очень сильныя токи. Примѣненіе вышеописаннаго регулятора почти совершенно уничтожаетъ эти нежелательныя явленія, такъ что при самыхъ сильныхъ измѣненіяхъ нагрузки токи, циркулировавшіе между отдѣльными альтернаторами, не превышали 2—3 ампера.

(Ecl. El.).

**Наглядный графическій способъ расчета проводовъ** даетъ Ф. Гоппе въ El. Anz.

По извѣстной формулѣ площадь сѣченія провода въ мм<sup>2</sup>.

$$q = \frac{I}{K} \frac{LJ}{E/2}, \text{ гдѣ } K \text{ удѣльная проводимость} = 55-60,$$

L длина въ м., J сила тока въ амперахъ, а E потеря напряженія въ %. Отсюда, помножая на E, найдемъ.

$$q = \frac{100000 \cdot L \cdot W}{E^2 p \frac{K}{2}}, \text{ гдѣ } W \text{ есть}$$

мощность въ квт., а p есть потеря энергіи въ %.

Въ эту послѣднюю формулу Гоппе вставляетъ  $p=1\%$ ,  $E=100 \text{ V}$ ,  $\frac{K}{2} = 30$ , а для q рядъ значений, соответствующихъ наиболѣе употребительнымъ сѣченіямъ голыхъ проводовъ, именно 6, 10, 16, 25, 35, 70, 90 мм<sup>2</sup>. Будемъ откладывать длины  $L=y$  по оси ординатъ (фиг. ); а мощности  $W=x$  по оси абсциссъ, тогда будемъ имѣть

$$L=y = \frac{3q}{W} = \frac{3q}{x} \text{ или } yx=3q \text{ konst.}$$

т. е. для каждого даннаго q мы имѣемъ соответствующее уравненіе гиперболы.

Для того, чтобы кривыя эти, полученныя въ предположеніи  $p=1\%$ ,  $E=100 \text{ V}$ , годились и для другихъ значений этихъ величинъ, достаточно вспомнить, что выраженіе для q содержитъ въ  $E^2 p$ , а слѣдовательно

$L = \frac{3q}{x}$  должно содержать это произведеніе въ числитель. То есть при увеличеніи p, напримѣръ, вдвое, нужно только измѣнять абсциссы W вдвое большимъ масштабомъ.

При вычисленіи сѣтей однофазнаго тока съ безындукционной нагрузкой пригодны вышеупомянутыя кривыя, для случая же индуктивной нагрузки, мы при тѣхъ же величинахъ E и p будемъ имѣть

$$L = y = 3 \frac{q}{W} \cos^2 \varphi \text{ или } \frac{yx}{\cos^2 \varphi} = 3q,$$

т. е. полученныя изъ кривыхъ постоянного тока величины L должны быть умножены на  $\cos^2 \varphi$ .

Соответствующее уравненіе гиперболы для трехфазной системы будетъ

$$\frac{yx}{\cos^2 \varphi} = 6q.$$

**Двигатели постоянного тока высокаго напряженія.** Въ статьѣ, недавно появившейся въ „Electrische Bahnen und Betriebe“ г. Рикли-Кельштадтъ описываетъ двигатель постоянного тока на 90 л. с. для напряженія 1500 вольтъ, построенный заводомъ Ритеръ и К<sup>о</sup> въ Швейцаріи. Припомнимъ, что эта фирма была одной изъ первыхъ, занявшихся фабрикаціей двигателей постоянного тока для напряженія 750 вольтъ. Эта двигатели были съ полнымъ успѣхомъ примѣнены въ 1901 году на ширококолейной дорогѣ, соединяющей Лозанну. Эта дорога длиною около 15½ миль; двигатели были въ состояніи развить 40 л. с. при 400 оборотахъ въ минуту. Прибавимъ къ сказанному, что напряженіе питающаго провода повышалось по временамъ до 900 вольтъ. Ниже приведены главнѣйшіе размѣры двигателя на 90 л. с. для напряженія 1500 вольтъ: диаметръ якоря 440 мм., длина, вмѣстѣ съ вентиляционнымъ каналомъ (въ 1 см. шириной) 220 мм.; число впадинъ 53; число сегментовъ коммутатора 265; диаметръ коммутатора 360 мм.; полезная длина коммутатора 90 мм.; сопротивленіе двигателя при 70° С.—2,65 ома; скорость 430 оборотовъ въ минуту; вѣсъ двигателя вмѣстѣ съ передачей 1750 кгр.; ширина колеи 1 м.; разстояніе осей 1,8 м.; диаметръ колесъ 840 мм.

Главнѣйшія затрудненія, которыя необходимо было преодолѣть, заключались въ коммутациіи и изоляціи. Во избѣжаніе искрообразованія, были сначала предложены добавочные полюса, но этотъ способъ въ слѣдствіи долженъ былъ быть оставленъ въ силу различныхъ соображеній. Вмѣсто этого былъ сказанной фирмой принятъ широкій нейтральный поясъ; оношеніе ширины полюсныхъ наконечниковъ къ мѣждуполосному пространству было слѣдано равнымъ 0,67. Кроме того, магнитное поле было усилено насколько возможно, дѣлая насыщеніе зубцовъ якоря возможно высокимъ, и изгибая обмотку магнитомъ такимъ образомъ, что она обхватываетъ якорь

Обмотка была тщательно изолирована и кромѣ того защищена во впадинахъ слюдой въ 1 мм. толщиной. Всѣ катушки должны были выдержать въ продолженіе одного часа переменное напряженіе въ 10000 вольтъ, причемъ одинъ полюсъ переменнаго тока былъ соединенъ съ желѣзомъ якоря, другой же съ мѣдью обмотки. Самая слабая катушка перегрѣла послѣ десятиминутнаго пропуска тока въ 12500 вольтъ. Для того, чтобы избѣгать образованія дуги между коммутаторомъ и рамой вагона, коммутаторъ былъ снабженъ щитомъ въ видѣ несгораемаго диска изъ изолирующаго материала. Такъ какъ многіе перерывы въ тягѣ происходятъ вслѣдствіе разрыва проволокъ, служащихъ для укрѣпленія обмотки якоря, то было рѣшено употреблять такіе проволоки только для того, чтобы удерживать концы соединеній вмѣстѣ, и укрѣплять обмотку деревянными клиньями. Эти клинья сдѣланы изъ бука, прокипяченнаго въ парафинѣ, и требуется сила болѣе 700 кгр. для того, чтобы вытолкнуть клинъ на 10 см. изъ впадины.

До 90 л. с. нѣтъ искробразованія, но выше этого образуются то и дѣло маленькія искры. 15 іюля двигатель былъ подвергнутъ испытаніямъ въ продолженіи  $1\frac{1}{4}$  часа съ цѣлью опредѣлить нагреваніе въ различныхъ частяхъ. Мощность удерживалась постоянной на 64,3 лощ. с., средняя скорость 430 оборотовъ въ минуту, среднее напряженіе немного выше 1500 вольтъ и сила тока около 42,7 амперъ. Въ началѣ опыта температура: помѣщенія, въ которомъ производился опытъ, желѣза, катушекъ, коммутатора, была 23° С.; 46° С.; 38° С.; и 44° С.; въ то время, какъ въ концѣ опыта соответствующія температуры были 24,5° С.; 97° С.; 87° С. и 69° С. Несмотря на то, что двигатель могъ быть испытанъ только для напряженія до 1700 вольтъ, фирма считаетъ, что двигатель работалъ бы такъ же хорошо и при 2000 вольтъ или больше.

16 двигателей этого типа строятся теперь для электрической желѣзной дороги Беллинцона-Мессоко; напряженіе питающаго провода около 1500 и 1600 вольтъ.

**Сравненіе лампъ на 110 вольтъ и на 220 вольтъ.** Въ настоящее время, когда возбужденъ вопросъ о будущемъ электричества въ Парижѣ, необходимо было рѣшить, какое напряженіе наиболее подходящее. Съ этой цѣлью Лоріоль произвелъ рядъ опытовъ. Онъ нашелъ, что съ точки зрѣнія потребителя энергіи, испытанныя имъ лампочки на 220 вольтъ оказались ниже 110 вольтовыхъ, такъ же какъ и ихъ производительность (разность приблизительно около 20%).

Жане замѣчаетъ, что напряженіе 220 влт. только что начинаетъ распространяться, и онъ полагаетъ, что распредѣленіе энергіи при напряженіи 220 влт., будетъ лишь тогда оправдывать свое назначеніе, когда будетъ обращено болѣе вниманія на изготовленіе соответствующихъ лампочекъ. Въ настоящее время лампочки въ 220 вольтъ стоятъ на 75% дороже 110 вольтовыхъ; для той же горизонтальной силы свѣта, ихъ удѣльное потребленіе энергіи больше на 22%; онъ менѣе долговѣченъ: долговѣчность ихъ ниже на 11%.

Наконецъ, увеличеніе удѣльнаго потребленія энергіи послѣ 200 часовъ горѣнія равно для лампочекъ въ 220 вольтъ 18%, въ то время какъ 110 вольтовыхъ лишь 7%, и слѣдовательно послѣ 200 часовъ горѣнія ихъ удѣльное потребленіе энергіи больше на 34%.

(La Houille Blanche).

## БИБЛИОГРАФІЯ.

**В. Миткевичъ. О вольтовой дугѣ.** Отдѣльный оттискъ изъ „Извѣстій С.-Петербургскаго политехническаго института“ за 1905 г. Томъ IV. С.-Петербургъ.

Въ 1903 г. въ „Ж. Р. Ф.-Х. О.“ была помѣщена работа автора, посвященная вопросу о механизмѣ вольтовой дуги. При помощи ряда въ высшей степени остроумныхъ соображеній и опытовъ авторъ показалъ, что основной процессъ вольтовой дуги представляетъ изъ себя явленіе, которое въ высшей степени аналогично, такъ наз., явленію Эдисона. Это возвращеніе было приблизительно въ это же время высказано и въ иностранной научной литературѣ: Томсономъ въ Англии и Штаркомъ въ Германіи. Работа Миткевича такъ и осталась неизвѣстной въ иностранной литературѣ, и ее постигла обычная для русскихъ открытій и изобрѣтеній судьба: она осталась самобытной и неизвѣстной и не внесла своего вклада въ общее достояніе науки. Это тѣмъ печальнѣе, что методы изслѣдованія и результаты ихъ весьма оригинальны и представляютъ крупный научный интересъ.

Въ настоящей монографіи мы находимъ сводку всѣхъ работъ автора въ этой области до послѣдняго времени, а также тѣхъ выводовъ и теоретическихъ предположеній, къ которымъ привелъ его ходъ собственныхъ изслѣдованій и работы иностранныхъ физиковъ. Но изложенію приданъ не хронологическій, а систематическій характеръ. Отправной точкой служитъ явленіе Эдисона. Авторъ произвелъ нѣсколько опытовъ съ цѣлью убѣдиться, можно ли получить это явленіе при атмосферномъ давленіи; при этомъ оказалось, что при достаточно высокихъ температурахъ интенсивное снятіе отрицательнаго заряда съ угольнаго электрода вполне ясно обнаруживается, какъ въ атмосферѣ водорода, такъ и въ воздухѣ. Послѣ этихъ опытовъ, служащихъ иллюстраціей основнаго процесса, происходящаго въ вольтовой дугѣ, авторъ переходитъ къ изложенію теоретическихъ соображеній относительно механизма дуги и относительнаго значенія катода и анода. Для экспериментальнаго обоснованія этихъ соображеній произведены были опыты, обнаруживающіе значеніе нагреванія катода для существованія или возникновенія дуги. Другимъ кардинальнымъ доказательствомъ правильности электронной теоріи вольтовой дуги является опредѣленіе отношенія заряда къ массѣ тѣхъ носителей электричества, которые обуславливаютъ существованіе электрическаго тока въ дугѣ. Результаты, полученные авторомъ, находятся въ такомъ близкомъ согласіи съ данными, полученными другими изслѣдователями, что не оставляютъ мѣста для сомнѣній относительно механизма электрическаго тока въ дугѣ.

Выяснивъ такимъ образомъ механизмъ и условія существованія вольтовой дуги, авторъ переходитъ къ разсмотрѣнію вопроса объ обратной электродвижущей силѣ вольтовой дуги. При помощи трубки Брауна авторъ наблюдалъ нарастаніе разности потенциаловъ въ моментъ заживанія дуги; этимъ способомъ ему удалось измѣрить наименьшую разность потенциаловъ, необходимую для поддержанія дуги между различными электродами. Кромѣ того, авторъ непосредственно опытнымъ путемъ показалъ существованіе обратной электродвижущей силы, которое неоднократно подвергалось сомнѣнію. Съ точки зрѣнія электронной теоріи всякій пріемъ, облегчающій снятіе отрицательнаго заряда съ катода, долженъ понижать электродвижущую силу, необходимую для питанія дуги. При искусственномъ подогреваніи катода автору удавалось довести электродвижущую силу до 2 вольтъ, при которой токъ въ дугѣ оказывался равнымъ 2 амперамъ. Несомнѣнно, что при благоприятныхъ условіяхъ дугу можно поддерживать при еще меньшей разности потенциаловъ.

Таковы главные выводы, которые получены автором из его исследований надъ механизмомъ вольтовой дуги. Въ заключение онъ останавливается на практическихъ примѣненіяхъ свойствъ дуги и разбираетъ рядъ схемъ для питанія дуги переменнымъ токомъ.

Отличительной чертой всѣхъ работъ автора, посвященныхъ вольтовой дугѣ и собранныхъ въ настоящую монографію, является замѣчательное изящество и остроуміе экспериментальныхъ приемовъ, которые служатъ въ его рукахъ прекраснымъ орудіемъ для уясненія теоретическихъ положеній, ихъ проверки и обоснованія. Авторъ—экспериментаторъ, главнымъ образомъ, и экспериментальная часть его работы представляетъ главный интересъ. Намъ остается пожелать, чтобы эта сводка теоретическихъ взглядовъ и экспериментальныхъ работъ автора получила извѣстность болѣе широкую, чѣмъ прежнія работы его, и кругъ читателей настоящей монографіи не ограничился только людьми, знакомыми съ русскимъ языкомъ.

Д. Р.

**Augusto Righi. La théorie moderne des phénomènes physiques.** Radioactivité, ions, électrons. Traduction par E. Néculcea avec préface de Lippmann. Edité par «L'Eclairage Electrique». Paris. 1906, p. 125. Prix. 3 fr.

**А. Риги. Современная теорія физическихъ явленій.** Радиоактивность, ионы, электроны. Перев. Э. Некулсеа съ предисловіемъ Липпмана. Изд. журн. „L'Eclair. El.“. Парижъ. 1906. Стр. 125. Цѣна 3 фр. (=1 р. 20 к.).

Врядъ ли можно указать въ исторіи физики другую эпоху, которая отличалась бы такимъ распространіемъ новыхъ теоретическихъ представленій въ массѣ широкой публики и такой популярностью новыхъ приобретеній науки, какую приобрѣла въ послѣднее время теорія радиоактивности и соприкасающаяся съ ней области физики. И въ отвѣтъ на этотъ широкій спросъ въ популярныхъ изложеніяхъ новыхъ теорій и фактовъ появилось большое количество популярныхъ сочиненій, принадлежащихъ перу болѣе или менѣе извѣстныхъ авторовъ-специалистовъ. Одной изъ такихъ популярныхъ брошюръ, рассчитанныхъ на широкую публику, является и книга Риги, представляющая одну изъ болѣе удачныхъ попытокъ открыты и сдѣлать доступной область современной науки для неспециалиста.

Интересъ, который созданъ въ совершенно невиданныхъ размѣрахъ въ самыхъ широкихъ кругахъ читающей публики, былъ вызванъ, конечно, не важностью новыхъ теорій, не новизной и оригинальностью рѣшенія многихъ старыхъ проклятыхъ вопросовъ, а той сенсацией, которую произвело открытіе радія и загадочныя явленія, сопутствовавшія этому элементу и вызывавшія искреннее изумленіе у всѣхъ изслѣдователей. Эта сенсационная новинка быстро доставила популярность современной физикѣ и всѣмъ ея новымъ открытіямъ. Популярно-научная литература, притомъ, сравнительно, очень высокого достоинства, поддерживала этотъ интересъ и вносила въ широкіе круги читателей наряду съ сенсационными научными новостями рядъ мыслей и выводовъ, имѣющихъ огромное теоретическое значеніе.

Электронная теорія въ настоящее время проникаетъ во все болѣе широкія области науки. Она по немногу завоевываетъ себѣ право гражданства въ самыхъ разнородныхъ классахъ явленій, стремясь сдѣлаться той универсальной теоріей, которая должна дать строго монистическое истолкованіе всѣхъ физическихъ явленій. Построить весь міръ изъ электрическихъ атомовъ, электроновъ, вотъ грандіозная задача, которую себѣ ставитъ современная физика.

Это сведеніе всей науки къ одному основному принципу, разложеніе хаоса явленій на простѣйшіе элементы, представляетъ интересъ не только для спеціалиста физика, но и для натурфилософа и вообще для всякаго человѣка, интересующагося естественными науками. Одной изъ болѣе важныхъ и интересныхъ задачъ популярной книжки является популяризація именно этой основной идеи современной физической теоріи. Показать читателю, какіе горизонты открываются передъ современной наукой, дать ему представленіе о томъ всеобъемлющемъ значеніи, по крайней мѣрѣ въ принципѣ, которое имѣетъ электронная теорія физическихъ явленій, — всѣ эти задачи и полезны и поучительны, и ихъ удачное рѣшеніе имѣетъ огромное значеніе.

Нельзя сказать, чтобы съ этой точки зрѣнія книга Риги была вполне удовлетворительно составлена; уже по своимъ небольшимъ размѣрамъ она не можетъ удовлетворить широко поставленнымъ запросамъ. Кроме того, большая часть матеріала посвящена специально радиоактивнымъ явленіямъ; собственная электронная теорія въ примѣненіи къ различнымъ физическимъ явленіямъ развита сравнительно слабо. Но все же мы находимъ рядъ крайне популярно изложенныхъ современныхъ воззрѣній на электрическую или лучше электромагнитную природу различныхъ физическихъ явленій. Послѣ установленія атомистическаго характера электричества и введенія такимъ образомъ представленія объ электронѣ, авторъ переходитъ къ описанію и истолкованію явленія Зеемана съ точки зрѣнія электронной теоріи; о широкомъ значеніи электронной теоріи при истолкованіи различныхъ оптическихъ явленій дается только краткій намекъ, на которомъ авторъ и останавливается, не дѣлая всѣхъ возможныхъ выводовъ изъ основныхъ положеній. Слѣдующія главы посвящены катоднымъ лучамъ, іонизаціи газа и радиоактивнымъ явленіямъ, т. е. тѣмъ основнымъ фактамъ, на которыхъ выросла электронная теорія. Въ послѣдней главѣ собраны различные методы опредѣленія величины  $\frac{e}{m}$ , скорости, заряда и массы электрона; наконецъ, послѣдняя глава трактуетъ, съ сожалѣніемъ, весьма кратко объ электромагнитномъ характерѣ массы электрона и объ электронной теоріи матеріи. Въ этой области авторъ также почти не касается многихъ кардинальныхъ вопросовъ электронной теоріи, не останавливаясь на нихъ сколько-нибудь детально.

И все-таки книжка Риги принадлежитъ къ числу лучшихъ популярныхъ сочиненій въ этой области. Какъ по искусству популярно и просто излагать трудныя вещи, доступныя лишь математическому анализу, такъ и по высокой компетентности автора одного изъ болѣе выдающихся представителей науки, книжка является цѣннымъ вкладомъ въ популярно-научную литературу.

Д. Р.

## НОВЫЯ ИЗДАНИЯ.

Handbuch der elektrotechnischen Praxis. herausgegeben von Arthur Wilke. II Band.

**Einrichtung und Betriebe elektrotechnischer Fabriken.** Bearbeitet von Dr. F. Niethammer. Mit 378 in Text gedr. Abbildungen. Stuttgart. Verlag von Ferd. Enke 1904.

**Berechnung und Entwurf elektrischer Maschinen, Apparaten und Anlagen für Studierende und Ingenieure.** Von Dr. F. Niethammer. III Band: Elektrische Schaltanlagen und Apparate zur Projektierung elektrischer Anlagen. Mit 609 Abbild. und 13 Tafeln. Stuttgart. Verlag von Ferd. Enke. 1905.

Редакторъ А. И. Смирновъ.