

70 коп.

В. Зисбер

ПРИКЛЮЧЕНИЯ НОВЫХ ЭЛЕКТРИКОВ



государственное
учебно-педагогическое
издательство 1931

В. З И Б Е Р

ПРИКЛЮЧЕНИЯ ЮНЫХ ЭЛЕКТРИКОВ

*ЭЛЕКТРИЧЕСТВО
В БЫТУ*

ГОСУДАРСТВЕННОЕ УЧЕБНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1931 ЛЕНИНГРАД

К ЧИТАТЕЛЮ

В этой книге приводится описание работ нашего кружка любителей физики в области электричества. Они помогут углубить и развить знания и, может быть, возбудят у читателя тот же яркий интерес, какой они вызвали у нас.

Работы кружка любителей физики в этом, втором году его деятельности, носят несколько иной характер по сравнению с первым годом. Его интересы перешли от узкой лабораторной обстановки к обстановке житейской, бытовой, отчего и самые работы приобрели до известной степени технический характер.

Тому, кто незнаком с нашими работами первого года,¹ можно порекомендовать во-первых не читать этой книги вразбивку, а во-вторых запастись каким-нибудь руководством по физике.

Нам очень хотелось, чтобы эта книга не служила лишь материалом для чтения. В каждом читателе мы прежде всего видим исследователя-практика — будущего неперменного члена нашего кружка любителей физики.

В. Зибер.

¹ См. В. Зибер. Загадки электричества.

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.5
I. Отчего иногда происходит электризация	5
Задачи: 1. Доказавшая нашу сообразительность (6), 2. О злополучном машинисте (9). 3. О „взрыве электричества“ (10). 4. О спасении человека (13). 5. О бездымном порохе (15). 6. В которой мы знакомимся с юриспруденцией (17).	
II. Исследование токов в земле	18
Задачи: 7. О заземлении и коротком замыкании (19). 8. О разнице между землей цветочного горшка и землей огорода (20). 9. О том, как земля превратилась в изолятор. (21). 10. О гвозде председателя (24). 11. О чем рассказала нам земля (26). 12. Об электрическом звонке из гонга (27). 13. Как мы осветили кладовушку (30).	
III. Достижения кружка по электромагнетизму	32
Задачи: 14. Для чего иногда можно использовать птичью клетку, вставку и коробку папирос (32). 15. Как иногда определяется магнитный полюс (33). 16. Отчего размагнитился земной шар (35). 17. О путешествующем пере (36). 18. О новом маршруте пера. (37)	
IV. Мы используем тепловое действие тока	39
Задачи: 19. То же правило, но не для той руки (39). 20. Об электрическом горне (40). 21. О периодическом нагревании (42). 22. О новом приключении с заземлением (44).	
V. Мы критикуем и строим автоматы	44
Задачи: 23. О предохранителе от воров (45). 24. Как уворовали картошку (46). 25. Новый предохранитель (47). 26. В которой мы посягаем на чужую собственность (48). 27. Из которой мы узнали, что за преступлением иногда следует наказание (50). 28. Что было сказано огороднику (51). 29. О маленькой услуге (52).	
VI. Наши работы по электролизу	53
Задачи: 30. О порче на расстоянии (53). 31. Почему водой нельзя замкнуть электрическую цепь (55). 32. О загадке пятачков (55). 33. Для чего иногда может пригодиться язык (56). 34. Почему для дирижабля „Норвегия“ водород	

добывался не электролитическим способом (57). 35. Как при той же силе тока можно увеличить в 110 раз выход водорода (58). 36. Об электрических часах (60). 37. Почему нас разбудили часы (62).

VII. Приключения с ответвленными токами 63

Задачи: 38. О необыкновенном случае смерти (63). 39. В которой человека заменяет электрическая лампочка (65). 40. Что нужно для того, чтобы в трамвайной линии пошел ток (67). 41. В которой обсуждается вопрос о том, кто из нас был глуп (69). 42. Костюм-громоотвод (70). 43. О бесплатной электроэнергии (72). 44. Которую нам так и не удалось разрешить (74).

VIII. Телефон кружка 74

Задачи: 45. О самой простой телефонной установке (74). 46. О совершенно необычайном телефоне (76). 47. О том, как заговорила электрическая лампочка (76). 48. Тепловая песня переменного тока (78).

IX. Мы разбираемся в некоторых свойствах индукционного тока 79

Задачи: 49. „Магнето-молния“ (80). 50. О Шарлотте в 200 лошадиных сил (82). 51. Данные индукционной катушки, наводящие на размышление (83). 52. Из которой наконец выясняется истина (84).

X. Наши мысли о ионизации 85

Задачи: 53. О фабричном дыме (86). 54. „Тайна его глаз“ (86). 55. Опять о паровозе (89). 56. Не задача, а изобретение (90). 57. Как сделать видимыми газовые потоки пламени (91).

XI. Как мы строили радиоприемник 92

Задачи: 58. Какие токи не приводят в движение мембраны телефона (94). 59. О неслышном звуке (95). 60. В которой механика уступает место электричеству (95). 61. Как заставить говорить телефон (96). 62. Почему алюминиевый выпрямитель не выпрямляет радиотока (97). 63. Из которой выясняется, в чем мы были виноваты (99). 64. От чего зависят электрические колебания (101). 65. О новом препятствии (103). 66. О формуле - путеводе (104). 67. О фантастической антенне (107). 68. О двух способах решения одного вопроса (109). 69. О катушке самоиндукции (109). 70. Как соединить части радиоприемника (111). 71. О досадном недоразумении (112). 72. Об одном недостатке нашего аппарата (113).

XII. Наша электронная лампа 114

Задачи: 73. Что может дать спиртовка радиолюбителю (114). 74. О замечательном проводнике (115). 75. О пламенном кенотроне (116). 76. Как построить электронную лампу. (118)

1. Отчего иногда происходит электризация?

Наконец-то, закончился летний перерыв и наступил день первого нашего заседания. После приветствий, рукопожатий и прочих изъявлений взаимной радости, все наперебой начали говорить, что за лето накопилось много наблюдений, вопросов, которыми необходимо поделиться друг с другом.

Решено было завести журнал наших заседаний для того, чтобы весь материал записывался секретарем кружка любителей физики. Эту почетную должность поручили мне.

Вот что записано в журнале о первом нашем рабочем дне:

— Товарищи, — сказал один из членов кружка, — мне повезло, провести лето в Закавказьи. Местечко, где мы жили, находилось недалеко от железной дороги. Как-то во время прогулки, в знойный июльский день, я заметил двух рабочих, исправлявших телеграфную линию. Один из них поднялся на телеграфный столб и протянул руку к проводу, но едва он коснулся его, как охнул и отдернул руку. Оказалось, что в его руку проскочила электрическая искра. Откуда и как получился на проводе электрический заряд, не могли объяснить ни рабочие мне, ни я им. У пострадавшего, правда, возникла мысль, что, может быть, он имел дело не с электростатическим зарядом, а с током, но я не сомневался, что причиной искры не был ток. Чем же объяснить эту электризацию проводов?!

— А почему ты был уверен, что дело было не в токе?

— Потому, — отвечал рассказчик, — что, во-первых, как вам известно, ток, проходящий по телеграфной линии, имеет очень небольшое напряжение и конечно не может произвести никакого ощущения, а тем более заметной искры. Предположение же, что где-нибудь на линии телеграфный провод коснулся провода с током высокого напряжения, было весьма мало вероятным. Это первое соображение. Второе было более существенно. Однако, мне хочется по старой памяти предложить вам на эту тему задачу, которая и будет первой задачей этого года.

Доказавшая нашу сообразительность.

Если рабочий, находящийся на телеграфном столбе, почувствовал электрический разряд, то почему можно с уверенностью утверждать, что этот разряд не был результатом действия тока на тело рабочего?

Все собравшиеся рассмеялись и заявили рассказчику, что он очевидно за лето забыл, какие мы все спецы в электричестве и что такой простой вопрос не представляет для нас задачи.

— Для того, чтобы электрический ток прошел через тело рабочего, — сказали мы, — необходимо, чтобы его тело замкнуло цепь тока, т. е. коснулось двух проводов, идущих от источника тока. Вторым проводом могла быть конечно и земля, но рабочий был изолирован от земли столбом, на котором он находился во время разряда. Предположить, что дерево столба получило проводимость, благодаря влажности (это например легко могло случиться осенью и особенно в нашем климате), также было невозможно, так как ты в своем рассказе упомянул, что: 1) случай произошел в Закавказьи; 2) был июль — самый теплый и сухой месяц и 3) был знойный день. Как видишь, мы быстро проникли в тайны твоего рассказа.

— Вот уж с этим я не согласен, — возразил рассказчик. — Вы правильно решили задачу, но разве вы ответили на вопрос, почему наэлектризовались телеграфные провода. Нет. А ведь в этом-то и заключается основной вопрос. Я слышал о том, что во время ветра, особенно если он несет снег или пыль, наблюдается электризация телеграфных или телефонных проводов. И хотя точно не установлено, электризуются ли провода от трения об них снега и пыли или снег и пыль просто передают им свои заряды, которые они получили раньше, но во всяком случае подобная электризация была бы для меня понятной. Однако в течение недели не было даже легкого ветерка.

Этот вопрос заинтересовал меня чрезвычайно. Решить его помог случай. Построив электроскоп совершенно такой же конструкции, как тот, с которым мы работали в прошлом году, я соединил его проволокой с одним из телеграфных проводов. Мне хотелось выяснить вопрос, в какое время дня сильнее всего электризуются телеграфные провода. Как-то, наблюдая за эле-

ктроскопом, я услышал приближение поезда. Когда поезд находился от меня на расстоянии нескольких сот метров, из трубы паровоза повалил дым и я услышал шум пара, выходящего из дымовой трубы (его выпускают специально для усиления тяги воздуха в топке) (рис. 1).

Взглянув на электроскоп, я к своей великой радости заметил расхождение его листочков. В течение нескольких дней изучал

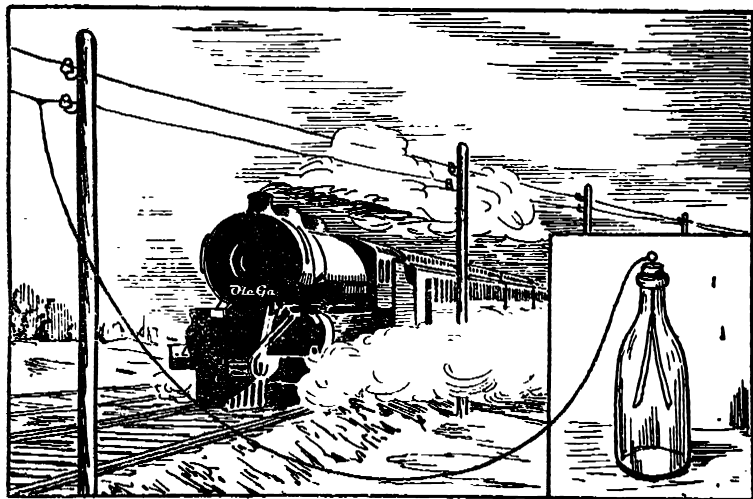


Рис. 1. Часто, когда проходил поезд, телеграфные провода электризовались.

я „взаимодействие“ между поездами и зарядом телеграфной линии. У меня не осталось сомнения в том, что телеграфные провода иногда электризуются проходящими вдоль линии поездами, но что являлось источником электризации, мне было непонятно.

— А ведь я повидимому разгадал в чем тут дело, — сказал один из присутствующих. — Кажется сейчас будет очень кстати рассказать вам о случае, который произошел на паровой водокачке в селе Лижма, где я провел летние месяцы. Я часто бывал на водокачке и стал добрым приятелем всех ее рабочих. Как-то, когда я был занят осмотром регулятора паровой машины, внезапно послышался довольно сильный свист пара. Ока-

залось, что пар прорвался сквозь прокладку в соединении паропровода.¹ Непосредственной опасности это не представляло, так как струя пара была довольно тонкая, однако, все же отверстие надлежало немедленно заткнуть. Машинист быстро отточил деревянный клинышек и подошел, чтобы исправить повреждение. Но как только он коснулся клинышком трубы, его отбросило в сторону электрическим разрядом. С большим трудом нам удалось исправить повреждение, так как каждый желающий заклинить отверстие испытывал чрезвычайно болезненное ощущение от электрического разряда.

Я думаю, товарищи, вы уже догадываетесь о том, что в данном случае являлось причиной электризации. Пар, вырывающийся из щели в трубе, вследствие трения увлекаемых им частиц воды о стенки трубки, всегда электризуется. Пар электризуется положительно, а трубка и котел отрицательно. Когда подносили деревянный клинышек к отверстию в трубе, то очевидно не только сам клин, но и вся рука подвергались действию пара, который, как мы говорили, был наэлектризован, и следовательно передавал свой заряд руке рабочего. Если бы пол в машинном отделении был земляной, то электричество уходило бы из руки через тело человека в землю, но пол был покрыт линолеумом, который представляет собой, при отсутствии влаги, прекрасный изолятор. При дальнейшем приближении руки к трубе, которая была наэлектризована отрицательно, между рукой и трубой происходил искровой электрический разряд.

Мы прекрасно поняли, что телеграфные провода электризуются проходящими поездами в том случае, когда паровоз по той или иной причине выпускает пар из котла в воздух. Особенно сильная электризация проводов должна была замечаться во время пропускания струи пара через дымовую трубу для усиления тяги. Клубы наэлектризованного пара выбрасывались вверх и, расходясь в стороны, оседали на телеграфные провода и электризовали их.²

— Да, да, — сказал один из присутствующих, — электризация может возникать от самых неожиданных причин. Я расскажу вам отчего произошел пожар на нашей паровой мельнице. Машинист, служивший там, потерял место, так как общество решило, что он курил и бросил неосторожно спичку, вызвавшую пожар. Никто не верил его фантастическому рассказу. Но он

¹ Трубы, подводящей пар.

² Подробнее об этом будет сказано в дальнейшем.

был прав: виновато во всем было электричество. Достаточно было даже не очень сильной искры, чтобы воспламенить мельчайшую пыль, вечно носящуюся в воздухе на мельнице.

— Отчего же произошла электризация? — спросили мы.

— Это замечательно интересный случай! Лучше я расскажу вам о нем в

З а д а ч и 2

О злополучном машинисте.

— Вот, что рассказывал об этом случае машинист, служивший на мельнице:

„Шкив паровой машины был соединен ремнем с валом, находившимся во втором этаже и передававшим движение на всю установку мельницы. Летом, когда на мельнице стало особенно жарко и сухо, я стал замечать удивительные вещи: вечерами мне мерещился в углу машинного отделения странный свет. Как-то, когда сильно стемнело и я не успел еще зажечь лампы, мне вдруг показалось, что в том месте, где двигался передаточный ремень, вспыхивают какие-то огоньки. Я подошел ближе. Действительно, по поверхности ремня на большом протяжении бегали сверху вниз голубоватые огоньки, которые иногда превращались в красивые зигзагообразные змейки.

Я зажег лампу и решил осмотреть ремень. Но едва я приблизил к нему руку, как что-то ударило мне в плечо, послышался треск и из ремня вырвалась искра. Я сильно перепугался, но решил обождать конца работы. Просидел я не больше часа, уже пора было кончать, как вдруг во втором этаже послышался какой-то странный звук, после чего мне показалось, что там зажгли яркий огонь. Я подождал несколько секунд и заглянул наверх. Правый угол, тот самый, у которого проходил ремень, был в огне.

Я сразу понял, что виновником пожара были мои таинственные огоньки. Но что это были за огни? Какова была причина их появления?”

На эти вопросы, не дали ответа ни машинист, ни сельчане, ни власти, которые вообще сочли весь рассказ за выдумку.

●

Мы были настолько подготовлены всеми предыдущими рассказами, что сразу же сообразили, что именно было причиной электризации ремня. Председатель кроме того заметил, что электризация передаточных ремней и шкивов случается при благоприятных условиях чаще, чем обыкновенно думают. Она может служить причиной не только пожара, но и взрыва, например, если вместо паровой машины работает бензиновый мотор и воздух насыщен парами бензина. Председатель сказал, что подобные случаи не раз и случались, но к сожалению на них мало обращают внимания.

— Сколько раз, — сказал председатель, — нам приходилось читать в газетах: „От неизвестной причины произошел пожар на таком-то заводе или взрыв в такой-то мастерской“. Может быть, многие из этих „неизвестных причин“ были электрического происхождения.

Обезопасить себя от подобных случаев можно весьма просто: сделать ремень проводящим, например натереть его внутреннюю поверхность графитом.

— Мы говорили, — сказал один из присутствующих, — о взрывах от электричества, а я расскажу вам в

Задаче 3

О „взрыве электричества“.

В Барнауле, в связи с переходом центральной станции от постоянного тока к переменному, были установлены трансформаторные будки.¹ Как раз при мне впервые пустили ток для уличного освещения. И в первую же ночь половина города была разбужена оглушительным взрывом. Взорвало одну из будок, в которой помещался трансформатор. Ночной сторож, проходивший мимо этой будки около 12 часов ночи, уже издали услышал сильный шум и увидел выходящий из будки дым. Железная стенка будки оказалась очень горячей. Не успел сторож отойти от будки, как внезапно услышал громовой взрыв и был отброшен на землю. Сила взрыва была такова,

¹ Будки, в которых установлены трансформаторы, понижающие высокое (десятки тысяч вольт) напряжение переменного тока станции до 100—200 в.

что отдельные части будки оказались разбросанными на далекое расстояние, а в соседних домах давлением воздуха разрушило около 40 окон.

„Что было причиной взрыва?“ — вот о чем на утро спрашивал весь город. Но ответа так никто и не дал.

Все было понятно — и шум, и дым, и горячая стенка будки, но взрыв не находил себе объяснения.

По той или иной причине, сила тока, проходящего через трансформатор, превысила норму и провода накалились. В результате обмотка загорелась и пошел дым. Шум пытались объяснить двояко: 1) просто шум пламени горячей обмотки и 2) благодаря высокой температуре провода перегорели и в месте разрыва образовалась мощная вольтова дуга, которая и явилась источником шума.

Словом, все можно было объяснить, кроме взрыва. Горожане были уверены, что это был „взрыв электричества“. Когда им говорили, что они рассказывают вздор, они с иронией заявляли: „а вы и этого не можете“.

Как было бы хорошо, если бы мы с вами рассеяли туман, сгустившийся вокруг Барнаульской трансформаторной будки.

●

Этот рассказ нас очень заинтриговал. Однако наши мысли получили неожиданно совершенно новое направление, сыгравшее в нашей дальнейшей работе немаловажную роль.

В комнату вошел запоздавший член нашего кружка и взволнованным голосом сказал:

— Товарищи, вы должны извинить меня, но я прерву ваше заседание. Я чрезвычайно взволнован. Только что я был в одном доме по поручению моего отца. Я уже выяснил у хозяина квартиры все, что мне нужно было, и собирался уходить, как вдруг услышал пронзительный крик женщины, шум падающего тела и мягкие убегающие шаги. Мы с хозяином квартиры кинулись в коридор.

„Держите его, держите!“ — кричали в кухне.

В конце коридора находился водопроводный кран, который, как я узнал, только что был установлен водопроводчиком, а около него неподвижно лежала женщина

с окровавленной головой, мать хозяина. Вот, что рассказала его дочь:

„Я видела, как бабушка вошла в коридор с кувшином, чтобы набрать воды. Вдруг бабушка вскрикнула. Я бросилась к двери. В конце коридора я увидела бабушку, лежащую на полу, а навстречу мне бежал на цыпочках какой-то человек, размахивая молотком. Он оказался водопроводчиком. Я совершенно не слышала его шагов, когда он входил в коридор, — вероятно потому, что весь пол в коридоре устлан линолеумом. Его появление совершенно парализовало мои мысли и я только успела крикнуть: „держите его!“ как он уже скрылся в кухне“.

Для меня было ясно, что старуха убита или, во всяком случае, очень тяжело ранена. Вы может быть скажете мне, что это конечно ужасный случай, но что никто из нас не может ни помочь раненой, ни поймать преступника, и что наконец наш кружок не интересуется делами уголовного характера. Вы были бы правы, если бы... если бы тут не было двух совершенно необыкновенных обстоятельств.

Преступник был пойман при мне и этот преступник оказался членом нашего кружка.

Это было действительно ошеломляющее известие. Мы все знали нашего талантливого, всеми любимого товарища, имя которого называл рассказчик. Он был студентом и зарабатывал на жизнь тем, что брал небольшие работы по проводке и ремонту водопроводов.

Наше общее мнение выразил председатель, сказав:

— Он не может быть преступником!

— А разве я сказал иное? — возразил рассказчик. — Но дело не в том, совершил он или нет преступление, а в том, что он арестован и все улики против него. В этом и состоит одно необыкновенное обстоятельство, а другое заключается в рассказе „преступника“. Вот что рассказал мне наш бедный товарищ:

„В этой квартире я уже работал два раза. Окончив сегодня установку раковины и крана, я спустился во двор для того, чтобы пустить воду. Вернувшись обратно, я решил посмотреть, как течет вода. Когда я вошел, мать хозяина квартиры шла по коридору. Она шла медленно, шаркая ногами. Я шел вслед за

ней. Остановившись у крана, она протянула к нему руку. Вдруг она дико вскрикнула, отдернула руку, зашаталась и упала, ударившись головой о калорифер. От этого крика, от неожиданности всего происшествия, я перестал владеть собой и побежал обратно. Мне показалось, что в тот момент, когда рука пострадавшей приблизилась к крану, слышался характерный треск электрического разряда, и я увидел мелькнувшую искру“.

Вот, что рассказал мне наш товарищ. Я предлагаю на время оставить наши кружковые темы и постараться хоть чем-нибудь помочь ему, а главное разъяснить этот ужасный случай.

— К сожалению, — сказал один из присутствующих, — электрический разряд от водопроводного крана очевидно ему примерещился: никакой заряд не может удержаться на водопроводе; он так надежно соединен с землей. Предположение же, что тут имел место не электростатический заряд, а ток, также мне кажется маловероятным. Скажем, даже, что водопровод получил соединение с одним проводом электрического освещения; в таком случае ток мог пройти через тело пострадавшей, если она так или иначе коснулась второго провода. Однако, она ничего не трогала, кроме крана. Допустить, что соединение с осветительным проводом произошло через пол и ноги, также невозможно: пол был покрыт линолеумом, а он, как мы уже говорили, хороший изолятор. Таким образом, товарищи, если можно легко объяснить рану на голове пострадавшей, то ее ужасный крик и испуг попрежнему остаются загадкой.

— Я не согласен, — сказал председатель. — Я слишком хорошо знаю внимательность и зоркость нашего товарища, и я не могу сомневаться в том, что он действительно видел и слышал электрический разряд. Товарищи, я предлагаю вам на разрешение срочную

Задачу 4

О спасении человека.

Для меня несомненно, что старуха испытала нервное потрясение благодаря электрическому разряду. Это не мог быть удар тока, так как тогда наш товарищ вряд ли мог увидеть искру и уж во всяком случае не услышал бы треска. Электродвижущая сила наших токов не превышает 110—220 вольт. Они не могут дать заметной искры и треска. Я предлагаю, сосредоточить всю нашу энергию

на разрешении вопроса: что могло вызвать этот заряд? Не забывайте, от нас зависит судьба нашего товарища.

●

Не буду рассказывать, как председатель на другой день отправился в эту злосчастную квартиру, как к великой нашей радости узнал, что пострадавшая жива, но находится в бессознательном состоянии, как упросил хозяина произвести тщательный осмотр коридора и пр. Через три дня было назначено экстренное заседание нашего кружка, и первые слова председателя были:

— Он не виноват!

Мы вздохнули с облегчением.

●

— Да, товарищи, он не виноват. Еще вчера для меня и даже для всех домашних стало ясно, в чем было дело, отчего вскрикнула старуха.

У них в доме центральное отопление. В коридоре жара и сушь, как в Сахаре. Они зимой открывают иногда окна. Линолеум при таких условиях превращается в идеальный изолятор и прекрасно электризуется. Я не буду утомлять вас рассказом, как постепенно выяснялись все детали происшествия. В конце концов не только я, но и хозяин, убедились в том, что если пройти по коридору, особенно шаркая по линолеуму ногами, то идущий сильно электризуется. При прикосновении руки к водопроводу человек мгновенно разряжается и при этом очевидно между его рукой и краном появляется искра. Вам известно, что физиологическое действие разряда бывает совершенно одинаковое, входит ли в организм электричество или выходит из него. Разряд этот был не слабый, в этом хозяин квартиры убедился на самом себе. Вполне понятно, что на организм старухи, при условии полной неожиданности, один испуг мог бы произвести роковое влияние.

В первый раз, товарищи, мне удалось испытать на себе неощущаемость электричества. Идя по коридору, я заряжался электричеством, но не имел ни малейшего понятия об этом. Я беседовал, — продолжал председатель, — со специалистами. Они уверили меня, что подобные случаи бывали не раз. В 1907 году произошел взрыв в одной из гостиниц Ленинграда по совершенно аналогичным причинам. В гостинице было газовое освещение. Как-то, из-за какой-то неисправности произо-

шла в одной из комнат утечка газа. Позвали газопроводчика. Едва он коснулся газовой трубы, как сверкнула искра между его рукой и трубой и произошел взрыв. Газ, наполнивший комнату, образовал с воздухом взрывчатую смесь. Расследование показало, что газопроводчик получил электрический заряд благодаря трению подошв его сапог о дорожки из линолеума, постланные на полу. Такой же случай был в Москве в слесарной мастерской, где взрыв произошел из-за бензина. Под Москвой сгорело сушильное отделение хлопчатобумажной фабрики потому, что кудель, выпадая из металлического цилиндра, благодаря трению о его стенки, наэлектризовалась. Получился разряд, пыль (кудельная) вспыхнула и в результате — пожар. Таких примеров можно было бы привести очень много, но я расскажу вам еще об одной электризации в

Задаче 5

О бездымном порохе.

„В первое время, когда вводился бездымный порох, было очень трудно отвешивать заряды для ружейных патронов. Бездымный порох сильно прилипал ко всему: к совочку, к чашке весов, к рукам. Для уничтожения этих явлений, крайне мешавших работе, пришлось ввести при фабрикации пороха лишнюю операцию: графитование. Она заключалась в том, что зерна бездымного пороха покрывались слоем графита“.

— Я привел вам выдержку, — продолжал председатель, — из одного специального журнала. Предлагаю нашему кружку разрешить два вопроса: 1. Что вызывало „прилипание“ бездымного пороха? 2. Почему графитованием удалось уничтожить это „прилипание“?

Бездымный порох очень хорошо электризуется трением. В сушильнях, где он готовится, наблюдают во время его перемешивания синие огоньки электрического происхождения. Бездымный порох — это тот же целлулоид, только с значительно меньшим содержанием камфоры. А кто же не знает, как легко и сильно электризуется целлулоид!

Две причины влияют на уничтожение прилипания при помощи графитования. Зерна бездымного пороха, покрытые тончайшим слоем графита, во-первых не могут непосредственно касаться

например, хотя бы совочка. О совочек будет тереться графит, а не пороховое зерно. Во-вторых, если бы даже поверхность некоторых зерен и оказалась не покрытой графитом, то благодаря тому, что графит имеется в массе остальных зерен (графит проводник электричества); электрический заряд не смог бы сохраниться на их поверхности. Для нас было ясно, особенно после решения последнего вопроса, что основная мера борьбы с вредными электризациями заключается в том, чтобы тем или иным способом, превратить электризующийся материал (хотя бы его поверхность) из изолятора в проводник. Эту меру мы пропагандировали во всех подобных случаях.

Следующее наше собрание было посвящено взрыву трансформаторной будки. Председатель сказал, что за последние тревожные дни он не мог уделить времени на обдумывание этого вопроса, но что он сообщит нам те предположения, к которым пришли некоторые члены нашего кружка.

— Конечно подобные взрывы, — сказал председатель, — могут произойти и от совершенно случайных причин. Например был такой случай: монтер, устанавливавший трансформатор, забыл в будке бутылку с бензином, которую он захватил для своей паяльной лампы. Благодаря высокой температуре в будке, ¹ пары бензина получили достаточную упругость для того, чтобы вытолкнуть пробку из бутылки. Пары бензина образовали с воздухом взрывчатую смесь, и достаточно было перегореть проволоке в трансформаторе и образоваться самой маленькой искорке в месте разрыва, для того чтобы произошел взрыв. Однако, хотя такие случаи и имели место, практика насчитывает довольно много подобных взрывов, которые никак нельзя объяснить предположением о забытых бутылках бензина, спирта, коробках пороха и пр.

Мы остановились на следующем предположении: виновницей взрыва была изоляция проволоки первичной и вторичной обмотки трансформатора. Благодаря высокой температуре, вещество изоляции подверглось химическому разложению. Произошла так называемая „сухая перегонка“. Вследствие обугливания обмоток получилось значительное количество окиси углерода, которая

¹ Благодаря короткому замыканию ряда витков обмотки трансформатора, его сопротивление понизилось и сила тока возрасла. От этой причины трансформатор чрезмерно нагрелся и нагрел воздух и стенки будки.

вместе с воздухом, заключенным в будке, и образовала взрывчатую смесь.

Во всяком случае, так это или нет, но следует помнить, что электрический ток и вообще электричество не может „взрываться“, как это думает иногда широкая публика.

— Этот вопрос, — сказал председатель, — соприкасается до известной степени с вопросом о сущности электричества. Надеюсь, что мы когда-нибудь остановимся подробнее на этой теме, а сейчас мне пришел на память один любопытный судебный процесс, который в очень оригинальной форме определил, что такое электрический ток. Вы удивлены, не правда ли? С какой стати юристы занялись разрешением вопросов физики?

Однако, выслушайте мою

Задачу 6

В которой мы знакомимся с юриспруденцией.

Два ремесленника в Будапеште, смущенные большим расходом на электрическое освещение, надумали время от времени выключать счетчик из осветительной цепи, благодаря чему электрическое общество понесло значительный убыток (около 1700 руб.). Однако общество обнаружило эту уловку и возбудило против виновных судебное дело. Суд определил похищение электрического тока как кражу, приговорив одного из виновных к 8, а другого к 6 месяцам тюрьмы. Однако похитители электричества были люди умные — они обжаловали приговор, ссылаясь на то, что они вовсе не совершали кражи. У всех культурных народов кража определяется как „присвоение без ведома и согласия собственника той или иной принадлежащей ему материальной ценности“. Казалось бы, как можно было вообще поднимать вопрос о том, кража это или нет, если в конце концов для электрического общества это было равносильно воровству 1700 руб.? Однако, когда высшая судебная инстанция обратилась к отзывам специалистов (трех профессоров политехникума), то дело приняло совершенно неожиданный оборот. В виду заключения, данного профессорами, палата вынуждена была отменить приговор первой инстанции.

Ну-ка, товарищи, сообразите, что сказали профессора Будапештского политехникума?

● Долго мы думали над этим вопросом, и так и не решили его. Пришлось обратиться к председателю.

● „Электрический ток не представляет собою материи, заполняющей пространство, а является лишь процессом, происходящим во времени“.

— Вот, что сказали профессора из Будапешта,—заявил нам председатель. — Вы может быть думаете, что это произошло очень давно? Нет, этот замечательный судебный процесс происходил в 1902 г. Важно то, что суд в своем обвинительном акте основывается на определенной статье закона, и таким образом определение профессоров освободило обвиняемого от наказания. Электрический ток — это именно процесс, как процесс и ток (течение) воды или воздуха.

II. Исследование токов в земле.

— Товарищи,—сказал один из присутствующих,—я должен покаяться перед вами: я также пытался получить „бесплатный“ электрический ток. Лето я проводил в своем родном провинциальном городке, в котором была электростанция постоянного тока. Наш домик освещался электричеством. Вы понимаете, что я не переставал и летом делать различные опыты. Мне пришла в голову мысль устроить для своих опытов такую проводку, чтобы счетчик не регистрировал потребляемую мною энергию. Я знал из прошлогодних наших бесед, что один полюс динамомашины заземляется, следовательно, если бы я соединил один конец проволоки с землей, а другой с незаземленным проводом сети, то очевидно в моей проволоке должен был бы получиться ток. Посмотрите на этот рисунок и для вас станет все ясно (рис. 2). Я вкопал в землю большой медный лист, приблизительно шириной 25 см, а длиной 30 см, и припаяв к нему проволоку, подвел ее к своему столу. Затем взял другую (изолированную) проволоку, присоединил ее к тому проводу сети, который не был заземлен на электростанции и подвел ее также к своему рабочему столу. Тогда я включил лампочку накаливания—она загорелась. Все шло гладко, как я предполагал, но кончилась моя затея самым непонятным образом. Однако

прежде чем продолжать рассказ, мне хотелось бы вам предложить один вопрос в

Задаче 7

О заземлении и коротком замыкании.

Если бы я выключил лампочку и замкнул бы свою незаконную сеть вместо лампочки толстым гвоздем, что бы у меня случилось?



Для нас было совершенно очевидно, что если замкнуть цепь гвоздем (вообще любым проводником весьма малого сопротив-

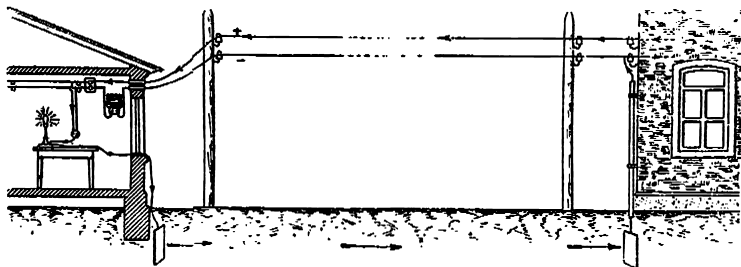


Рис. 2. Отвести ток в лампочку минуя счетчик можно только при старой системе счетчиков постоянного тока.

ления), то произойдет короткое замыкание, вследствие которого перегорят предохранители. Однако товарищ упрекнул нас в слишком необдуманном ответе.

— Скажите-ка мне, из каких же отдельных частей будет состоять эта ваша коротко замкнутая цепь?

Мы стали перечислять: „провод от электрической станции до твоего дома, гвоздь, проволока, соединенная с землей, земля, соединительная проволока с землей на электростанции, ну, и конечно сама динамомашина“.

— Неужели же вам неясно, что подобную цепь нельзя называть коротко замкнутой? При таком соединении, какое было у меня, ни в коем случае не может быть короткого замыкания. Земля заменяет реостат и, надо добавить, реостат огромного сопротивления.

Мы были крайне удивлены этим заявлением.

— Наоборот, — сказали мы, — сопротивление земли будет весьма малое.

— Малое?! — воскликнул рассказчик. — Хорошо, что я не поленился принести сюда мое сооружение, с которым я вчера проделывал у себя дома опыты для того, чтобы выслушать ваше просвещенное мнение по поводу

Задачи 8

О разнице между землей цветочного горшка и землей огорода.

Вот цветочный горшок, в который я насыпал землю и вкопал, друг против друга, две медные пластинки с укрепленной звонковой проволокой. Земля очень влажная, но я еще полью ее водой для того, чтобы не могло возникнуть сомнения в ее хорошей электропроводности. Около медных листов я утрамбовываю землю для того, чтобы она плотно прикасалась к листам. Теперь смотрите, я включаю цветочный горшок в цепь батареи элементов и звонка. Молоточек звонка не только не работает, но даже не обнаруживает ни малейшего движения. Может быть, ток и проходит через землю в горшке, но очевидно весьма слабый. Ясно, что это ослабление тока происходит благодаря огромному сопротивлению земли в горшке. У меня расстояние между пластинами равно всего каким нибудь 30 см, и то сопротивление земли оказывается большим, а вы говорите, что даже при расстоянии между листами в несколько километров сопротивление земли будет ничтожное.

● — Ты очевидно забыл, — сказали мы, — о наших прошлогодних беседах на эту тему. Мы говорили о том, что сопротивление земли будет крайне незначительно, почти независимо от расстояния между заземлениями, потому что толща земли чрезвычайно велика. Велика ли толщина слоя земли в цветочном горшке, по сравнению с толщиной земного шара?! Вот почему, несмотря на небольшое расстояние между пластинами, мы не можем получить сильного тока. Таким образом твое заключение — ложно!

— Как так ложно? Ведь я говорю на основании опыта не только с цветочным горшком, я ведь еще летом выяснил этот вопрос. У меня не было амперметра и я не могу конечно

точно сказать, какая сила тока была при коротком замыкании цепи, но могу вас уверить, что при этом не только не перегорал предохранитель, рассчитанный всего на 2 А, но вообще не замечалось усиление тока. Думаю, достаточно будет вам сказать, что при включении второй лампочки параллельно первой, обе начинали гореть не полным светом. Ясно, что максимальной силы тока ни хватало даже на накаливание 2 ламп. Что бы вы ни говорили, а с опытом считаться приходится. Однако может быть нам легче будет решить этот вопрос после того, как я расскажу вам

Задачу 9

О том, как земля превратилась в изолятор.

Когда я включил свою незаконную лампочку, оказалось, что счетчик не перестал регистрировать потребляемую энергию. Это обстоятельство вначале меня крайне удивило, но потом я понял, как следует включать счетчик в осветительную сеть для того, чтобы от такого земляного ответвления невозможно было воспользоваться током помимо счетчика. Может быть и вы сделаете схему такого соединения? Это печальное открытие очень огорчило меня, но я все же никак не думал, что в дальнейшем мне вообще не удастся использовать ток от земляного ответвления. Можете себе представить, что с каждым днем я стал замечать все более и более слабое накаливание лампочки, а дней через пять ее волосок только едва-едва накалялся. Я проверил все места соединения, откопал даже медный лист, и все оказалось в полном порядке. Причина этого странного явления до сих пор остается для меня непонятной.

Разрешить этот вопрос я и предлагаю вам.

— Может быть у тебя высохла земля вокруг медного листа?—спросили мы.

— Нет, — отвечал рассказчик, — я закопал лист глубоко, в подпочвенную воду.

Только на третий день один из членов кружка дал объяснение заинтересовавшему нас явлению.

●

— Когда постоянный электрический ток, — сказал он, — проходит через растворы солей, он разлагает эти соли и часто

при этом на одном и на другом электроде выделяется газ. Мы уже знаем из работ прошлого года, когда и почему это происходит. Если бы наш медный лист был опущен не в землю, а просто в раствор солей, пузырьки выделяющегося газа легко поднимались бы вверх и поверхность меди быстро освобождалась бы от газовой оболочки. В земле же, мне кажется, этого не произойдет: газ с большим трудом сможет подниматься вверх сквозь землю, сама земля, прилегающая к пластине, наполнится газом, благодаря большой своей пористости, и таким образом пластина окажется разобщенной от влажной, проводящей ток, почвы. Вот та причина, по моему мнению, которая вызывала постепенное ослабление горения лампы накаливания. Если бы наш товарищ выкопал медный лист и закопал бы его снова, несомненно сила тока стала бы прежней.

Мы не возражали на это объяснение, но заметили, что вопрос задачи 7 остается все же нерешенным. Один из присутствующих сказал:

— Полагаю, я не ошибусь, если скажу, что большое сопротивление земли, с которым столкнулся наш товарищ в самом начале, также не трудно объяснить: сама земля и медная пластина были хорошими проводниками, но контакт между землей и пластиной был недостаточно надежным. Поверхность соприкосновения пластины с землей является самым больным местом каждого заземления в смысле электрического сопротивления. Понятно, что это сопротивление будет тем меньше и тем медленнее будет менять свою величину благодаря электролитическим явлениям, чем больше будет поверхность пластины. В телеграфии, например, считаются достаточными пластины с поверхностью в 0,5 кв. м, а в железнодорожной сигнализации, где токи употребляются несколько более сильные, поверхность пластин достигает уже 4 кв. м. Наш товарищ пользовался в своем заземлении токами, несомненно превышавшими по своей силе телеграфные, и хотя он сказал, что взял „большой“ медный лист, однако не трудно видеть, что при тех размерах, которые были у листа (25×30 см), он был приблизительно в 7 раз меньше тех, которые употребляются для телеграфа, и вероятно раз в 50 меньше того, который следовало бы употребить для горения лампочки. Вполне понятно, что при этих условиях нельзя было ожидать благоприятных результатов.

Мы согласились и с этим объяснением, но сказали, что, несмотря на это, мы все же мало удовлетворены, и что вообще вся наша работа этого года превратилась в какую-то кабинет-

ную работу. Ряд членов кружка рассказывает нам о различных случаях. Они действительно произошли с ними, они несомненно очень интересны, поэтому мы стараемся найти им более или менее правильное объяснение, но не имеем возможности ни одно из наших объяснений проверить на опыте.

— Взять хотя бы последний случай с заземлением, — говорили мы. — Может быть мы и правы в своем объяснении, но ведь убедиться в этом можно только путем опыта, а мы вместо опытной проверки говорим, спорим, и каждый в конце концов либо остается при своем мнении, либо отказывается вообще иметь таковое, пока опыт не разъяснит вопроса. Проверить же наше мнение на опыте мы не можем. Не ехать же для этого в тот „маленький провинциальный городок“, где жил наш товарищ!

— Ну, для этого не надо ехать так далеко, — заявил один из присутствующих. — Для того, чтобы повторить этот опыт, нам достаточно поехать только в так называемую „Северную Швейцарию“, — дачную местность, где я провел лето, работая на лесопильном заводе.

Это предложение мы встретили с восторгом, и было решено, что оставшиеся немногие дни до начала занятий мы проведем в „Швейцарии“. Один час езды от города — это было нам по карману.

Через день мы отправились в „Швейцарию“. Теперь, когда я записываю свои впечатления о нашей поездке в журнал, для меня ясно, что наша поездка не была бы так замечательна, если бы вместе с нами не ехали студенты какого-то электротехникума. Они вышли из вагона вместе с нами и направлялись на практические работы, неся несколько телефонных аппаратов, катушки проволоки, инструменты и пр. Мы охаживали всю дорогу и студентов, и их руководителя, пока не получили разрешения присутствовать на их работах. Не буду описывать, как устраивалась временная проводка телефонного кабеля¹ на шестах, на сучьях деревьев и т. д., как делались заземления и соединялись аппараты. Все это дало нам очень много полезных сведений и так увлекло нас, что мы даже временно забыли о цели нашего путешествия.

Мы заслужили самое глубокое доверие со стороны студентов и их руководителя после того, как наш председатель отличился

¹ Телефонный кабель — это медная проволока, покрытая хорошей изоляцией. Такой кабель употребляется в войсках для быстрых временных установок телефонных аппаратов.

своей находчивостью. Об этом стоит рассказать, и я сообщу об этом любопытном случае в

Задаче 10

О гвозде председателя.

Руководитель сказал студентам:

— Разделитесь на две группы. Одна спустится вниз, к дороге, а другая поднимется на вершину холма. Посмотрим, кто скорее установит телефонный аппарат с заземлением.

Одна группа потянула телефонный кабель вниз, другая вверх. Мы присоединились ко второй группе. Почти в одно время мы добрались до вершины, а наши противники до дороги. Теперь оставалось только устроить заземление и соединить телефонный аппарат. Нам казалось, что условия работы, как нашей, так и студентов у дороги — одинаковы: стоит выкопать яму, зарыть в нее моток проволоки и дело сделано. Но когда мы принялись за эту работу, мы убедились в том, что нам вообще невозможно ее осуществить. Вершина холма представляла собой сплошной камень, покрытый кое-где мхом и травой. Несколько сосен и ольх росли на нем. Снизу совершенно невозможно было даже предполагать, что мы вместо земли встретим здесь сплошной гранит. Надо было торопиться, так как яма около дороги была уже выкопана и в нее опускали моток проволоки. Студенты попробовали прокопаться в камень около ствола ольхи, полагая, что в этом месте камень должен быть рыхлее. Однако, те щели, через которые легко проходили в землю корни дерева, оказались совершенно недостаточными для нас. Внизу у дороги уже начали засыпать яму землей. Уже яма наполнилась, уже утрамбовывают землю, еще мгновение и нижняя группа будет победительницей. Однако этого не случилось. Выручил нас председатель нашего кружка. Попробуйте догадаться, как?



В последний момент председатель схватил большой гвоздь и несколькими ударами топора вбил его в ствол ольхи.

— Вот вам земля!—сказал председатель.

Один зажим телефонного аппарата был уже соединен с кабелем,

а соединить проволокой второй зажим с гвоздем было делом нескольких секунд.

— Готово!! — крикнула вниз наша группа.

Ну, а потом начались приветствия, пожимание рук и пр. почести.

— Счастье ваше, — смеялся руководитель, что у нас телефоны с фоническим вызовом, а если бы у телефонов был звонковый вызов, вам пожалуй не помог бы гвоздь.

У телефона с фоническим вызовом нет звонка. Сигнал у него производится посредством гудения самой телефонной трубки. Через нее пропускается переменный ток высокого напряжения, но сравнительно малой силы. Для звонка же употребляется ток также переменный, но значительно большей силы. Новый способ заземления, благодаря малой поверхности гвоздя и небольшому сечению дерева, обладал бы слишком большим сопротивлением: ток вероятно оказался бы слабым для приведения в движение молоточка звонка. Однако разговор передавался бы одинаково хорошо как с помощью телефонов с фоническим вызовом, так и через посредство телефонов с индукторным вызовом (со звонком), вследствие весьма незначительной силы тока в обоих случаях.

Для нас было конечно очень лестно заслужить похвалы от специалистов, но самое отрадное заключалось в том, что нам разрешено было не только смотреть на телефонные аппараты, но даже и работать с ними, когда они были свободны.

Поздно вечером мы вернулись на ночовку в поселок и принялись обсуждать программу завтрашнего дня. Нашу беседу о том, как лучшим способом выяснить вопрос о проводимости земли, прервал один из членов кружка, сказав:

— Мы с вами знаем, что в самой земле возникают токи и, что эти токи естественного происхождения иногда удается уловить в телефонную трубку. Я предлагаю сейчас воспользоваться тем, что с нами вместе ночуют экскурсанты из техникума и что их телефонные аппараты совершенно свободны. Во второй раз нам не представится такого удобного случая. Давайте попытаемся убедиться в том, что в земле есть действительно электрические токи.

Получив разрешение от руководителя экскурсии, мы взяли с собой только телефонную трубку. Весь аппарат нам не был нужен. Мы не предполагали вступать в разговор с землей, мы хотели ее только слушать. Устроив два заземления на расстоянии примерно двухсот метров одно от другого, мы подвели к ним кабель от телефонной трубки и принялись слушать.

— Слушайте внимательно, — сказал председатель, — эти звуки могут быть очень слабы. Они порой похожи на шорох, порой на слабый рокот или хрустенье.

Однако то, что мы услышали в телефонную трубку, было так неожиданно и невероятно, что я рассказываю об этом особо в

Задаче 11

О чем рассказала нам земля.

Первый товарищ, взявший телефонную трубку, ничего не отвечал на наши вопросы.

— Слышишь ты что-нибудь? — спрашивали мы хором.

Он молчал. При свете фонаря мы вдруг заметили, что лицо его принимает какое-то странное выражение: глаза расширяются, щеки бледнеют.

— Да что с тобой? — крикнули мы.

Он опять ничего не ответил и, передавая нам трубку, прошептал:

— Слушайте, слушайте скорее.

Второй товарищ также молча передал трубку третьему, третий — четвертому и т. д. Надо было видеть выражение их лиц: у одного перепуганное, у другого ироническое, у третьего восторженное. Когда наконец очередь дошла до меня и все мое внимание сосредоточилось в левом ухе, к которому я прижал телефонную трубку, то я услышал тихий, очень тихий, но отчетливый шопот, и это не было бессвязное сочетание звуков. Нет.

„... Ночной час сорок три... товарный... срочно...“

Вот, что я услышал в трубку. Передав ее следующему, я, выпуча глаза, уставился на моих друзей.

Я читал, что токи земли производят иногда в телефоне звук, напоминающий потрескивание жарящегося масла, гул телеграфных столбов, попискивание мыши, но чтобы земля заговорила человеческим языком, чтобы можно было совершенно ясно разобрать слова, — нет, об этом я никогда не слышал.

Почему же это могло произойти? Всю ночь мы обсуждали этот вопрос, но так и не разрешили его. Может быть читатель окажется счастливее и находчивее нас.



Утром мы рассказали о нашем ночном приключении руководителю экскурсии.

Вы же теперь знаменитости, — сказал он смеясь, — первые люди, подслушавшие разговор нашей старой матери-земли. Странно только, что она все время сообщала сведения о движении поездов.

Оказалось, что мы подслушали разговор между двумя железнодорожными станциями. Их телефоны имели заземление, так что ток во время разговора проходил через землю. Случайно мы вкопали заземления как раз на пути этого тока, который частично и ответвлялся в наш телефон.¹ Два наших заземления и два заземления железнодорожных станций оказались почти на одной прямой линии. Руководитель экскурсии сказал нам, что вообще говоря вовсе не обязательно, чтобы все четыре заземления были на одной прямой. Чем дальше в сторону будут заземления телефона, тем слабее будет звук, но он все-таки будет.

— На принципе этих ответвляющихся токов пытались передавать сигналы с одной станции на другую без проводов, — сказал руководитель экскурсии.

Проводив наших случайных знакомых, мы принялись за ту работу, ради которой и приехали. Мы направились к хозяевам того домика, в котором прожил лето один из членов кружка, работавший на лесопилке, и выпросили у них разрешение воспользоваться их осветительной проводкой для наших опытов. Однако и мы, в свою очередь, должны были оказать услугу — провести им электрический звонок. Мы конечно дали немедленно свое согласие и сказали, что через час им не придется уже стучать во входную дверь.

— Да нам не надо так скоро, — улыбаясь говорили хозяева.

— Через час у вас будет электрический звонок, — заявил председатель.

За час можно было вполне справиться с этой работой, но оказалось, что задачу, которую задали нам милые хозяева, невозможно было выполнить не только в час, а пожалуй и в несколько дней.

Ее я впишу в наш журнал, как

Задачу 12

Об электрическом звонке из гонга.

- У вас есть звонковые провода? — спросили мы.
- Есть.
- Кнопка?

¹ Этими ответвленными токами пользуются на войне для подслушивания телефонного разговора противника.

— Тоже.

— Элементы?

— Нет.

— Звонок?

— Тоже нет.

— Нет звонка? Как же вы просите установить звонок, если у вас нет самого звонка?

— Но мы же и думали, что вы сделаете звонок.

Да, вот это была задача: без звонка и элементов установить электрический звонок.

— Может быть у вас есть хоть какой-нибудь колокольчик?—спросил председатель, — или хоть что-нибудь, что может звонить?

— Рюмки есть, стаканы... да, потом есть маленький индийский гонг.

— Ну, а катушки из под ниток и большие гвозди найдутся?

— Конечно найдутся.

— Что же, попытаемся без звонка и элементов провести электрический звонок.

— Пытайся, пытайся, — иронически заговорили мы, — сам заварил кашу, сам и расхлебывай.

— Я-то расхлебаю, а вот вы попробуйте сообразить, как установить звонок из тех предметов, которые я сейчас попрошу.

Через три минуты на столе перед председателем расположился такой ассортимент предметов: 6 гвоздей, 2 катушки, стакан, солонка, звонковая проволока, кнопка и гонг.

— Вы пока протягивайте проволоку и укрепите кнопку, — сказал нам председатель, — а я займусь вот этим, — указал он на стол. — Через час звонок должен быть готов.

— Теперь уже не через час, а всего через 45 минут, — заявили мы.

Каждый из нас конечно не меньше председателя хотел во что бы то ни стало выполнить в срок обещание. Проводя проволоку, мы все время обсуждали этот вопрос. Многие для нас было ясно благодаря работам прошлого года. Мы поняли, что вместо элементов председатель хочет воспользоваться током от освещения и, что стакан, соль и два гвоздя нужны ему для

устройства реостата. Мы даже сообразили, что две катушки и два гвоздя очевидно предназначались для электромагнита звонка. Но *как предполагал* сделать председатель якорь, прерыватель и молоточек, мы не могли понять. О колокольчике мы вообще не задумывались, так как сразу поняли, что его роль должен выполнять гонг. Покончив с проводкой, мы вернулись к председателю. Он прикрепил к гонгу два гвоздя в горизонтальном положении и установил против них электромагнит, сделанный из двух гвоздей и катушек с намотанной на них звонковой проволокой (рисунок 3).

— Если пропустить ток через электромагнит, — сказал председатель, — то он притянет к себе два гвоздя, прикрепленные к ударнику гонга. При выключении тока ударник отойдет обратно и, раскачиваясь, будет довольно продолжительное время ударять в подвешенные трубки. Гонг даст довольно длительный звон. Как вы видите, длительный звон, который в обыкновенном звонке достигается действием прерывателя, в моем приборчике происходит благодаря продолжительному раскачиванию ударника и трубочек гонга. Замечательно, что обыкновенный звонок работает во время нажатия кнопки, т. е. замыкания тока, а мой будет давать звон главным образом после того, как палец снимут с пуговки кнопки, т. е. после размыкания тока.

Через десять минут звонок и реостат были поставлены на место и мы хотели было испробовать его, но нас огорчил хозяин дома, сказав:

— Имейте в виду, что хотя станция днем также работает, но абонентам освещения ток дают только с вечера до утра.

Это было очень обидно, так как мы главным образом рассчитывали на дневную работу с заземлением, а кроме того поняли,

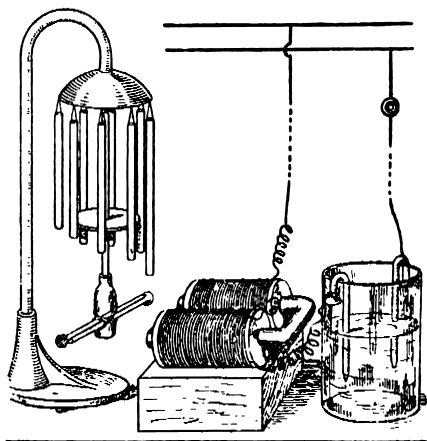


Рис. 3. Сердечник электромагнита сделан из двух гвоздей. Это очень хорошо показано на рисунке 6.

что наш звонок может звонить лишь по вечерам, а следовательно его практическая ценность почти потеряна.

— Для чего же тогда работает станция, если на день выключаются абоненты, — спросили мы.

— Видите ли, — отвечал хозяин, — в нашем поселке, собственно говоря, нет специальной электрической станции. Наш лесопильный завод устроен таким образом, что паровые машины приводят в движение динамомашин, а все специальные станки для пилки и резки дров работают электромоторами, которые питаются током динамо. Таким образом электростанция днем работает для питания моторов на лесопилке, а вечером для освещения поселка. Кстати сказать, знаете, что служит топливом для паровых котлов на станции? Опилки. Опилки и прочие остатки производства. Вот почему у нас электрическая энергия так дешево стоит.

Мы все же решили сделать для наших опытов заземление и включить лампочку. Вот тут-то и произошла удивительная вещь, о которой я хочу рассказать в

Задаче 13

Как мы осветили кладовушку.

Когда мы включили в наше заземление лампочку накаливания, она неожиданно засветилась.

Все остолбенели. Но кто-то из нас высказал предположение, что быть может сегодня сеть электрического освещения случайно осталась не выключенной. Мы повернули для проверки выключатель у лампочки, висевшей в комнате. Она не накалилась.

— Это удивительно, — сказал хозяин. — Вы кажется вторично выручаете меня. Рядом с кухней у нас имеется совершенно темная кладовушка, в которую днем всегда приходится входить со свечкой, а теперь там можно будет зажигать лампочку круглые сутки.

Мы перенесли свое заземление к кладовушке и соединили с ним лампочку.

— Замечательно, замечательно, — говорил хозяин, — но я все-таки никак не могу понять, каким образом может гореть лампочка, если осветительная сеть выключена?



Мы быстро удовлетворили любопытство хозяина, разъяснив ему этот вопрос на чертеже (рис. 4).

— Вот видите, — говорили мы. — G изображает динамомашину. E — заземление на станции, а R — рубильник, т. е. особого устройства выключатель, употребляющийся для сильных токов. Провода ab и cd соединяют станцию с кладовушкой. В кладовушке V — выключатель, и E_1 — заземление.

Представьте себе, что рубильник R выключен и заземление E_1 не соединено с проводом cd . Понятно, будете ли вы включать выключатель V или нет, лампочка не загорится, так как цепь окажется разомкнутой в R . Но если провод cd у лампочки соединить с заземлением E_1 , то тогда при замкнутом выключателе

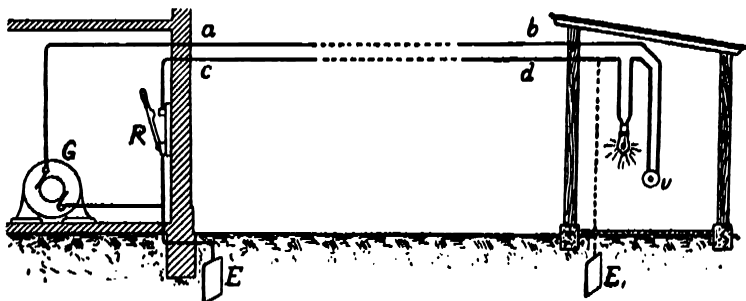


Рис. 4. Налево электростанция, направо кладовушка. В ней пунктиром показан провод, которым мы соединили заземление E_1 с сетью.

она загорится. Цепь окажется замкнутой через землю, несмотря на выключенный рубильник. Из динамомашины ток пойдет по проводу ab , пройдет через выключатель, лампочку, войдет в землю через заземление E_1 , и пройдя через нее, войдет в заземление E и в конце концов вернется через второй полюс в динамомашину.

Сомневаться в том, что станция работала, не приходилось, так как мы все время слышали шум и повизгивание лесопилки. Если бы рубильник был включен не в провод cd , а в провод ab или, если бы на станции был так называемый двуполусный рубильник (двойной рубильник, размыкающий оба провода), то тогда конечно мы не могли бы зажечь лампочки от заземления.

Уже к вечеру того же дня мы стали замечать, что лампочка в кладовушке начала накаливаться значительно слабее. Это означало, что сопротивление контакта между землей и мотком проволоки начало возрастать. Мы ожидали, что при непрерывном горении нескольких ламп в течение всей ночи они к утру будут

накаливаться еще слабее, а возможно даже и вообще не накаливаться. Однако это вовсе не доказывало бы отсутствия тока. Ток мог существовать, но его сила была недостаточной для накаливания волоска даже одной лампы. Для того, чтобы убедиться в существовании этого слабого тока, необходимо было построить прибор более чувствительный, чем лампочка накаливания. Если бы у нас был компас, мы могли бы построить из него очень чувствительный гальванометр по примеру прошлого года, так как тонкая изолированная проволока у нас была. Но компаса не было ни у нас, ни у хозяина дома.

III. Достижения кружка по электромагнетизму.

— Нам надо построить гальванометр без компаса и это можно сделать, — сказал один из товарищей. — Я с таким компасом работал все лето. Поэтому сейчас я буду иметь право предложить вам

Задачу 14

Для чего иногда можно использовать птичью клетку, вставочку и коробку от папирос.

— Я кладу перед вами: 1) тонкую изолированную проволоку; 2) стеклянную чашечку с водой, которую я вынул из птичьей клетки; 3) перо, которое я вынул из хозяйской вставочки; 4) коробку из-под папирос, которую я вынул из своего кармана.

Как из всех этих предметов сделать гальванометр?

Если бы наш кружок не мастерил в прошлом году гальванометра из компаса и компаса из стального пера, мы вероятно не догадались бы, как разрешить предложенную нам задачу. Однако, хотя мы и довольно быстро сообразили, как следует собрать все отдельные предметы для постройки гальванометра, у нас все же произошла довольно серьезная заминка из-за намагничивания пера. Действительно, чем же нам надо было его намагнитить? Магнита ни у нас, ни у хозяев не было. Использовать для этого тот способ, к которому мы вынуждены были прибегнуть в прошлом году,¹ также не представлялось воз-

¹ В прошлом году мы намагничивали перо кочергой, которую в свою очередь намагнитили с помощью земного магнитного поля.

можным: мы не знали, в каком направлении находится северный полюс земли. Этого мы не могли узнать и путем наблюдения над полярной звездой, так как небо было покрыто тучами.

— Эх вы, изобретатели, — сказал автор нового проекта гальванометра. — Как же вы говорите, что у нас нет магнита, а электромагнит у гонга разве не тот же магнит?

Это было безусловно справедливо. Теперь вся постройка гальванометра стала нам совершенно ясной: мы намотали на чашку витков 50 проволоки; вырезали в коробке узкое прямоугольное отверстие, в которое могла бы вставляться нижняя часть обмотки; приложили перо на несколько секунд к электромагниту (предварительно включив его в сеть), и затем осторожно опустили его на поверхность воды в чашечке (рис. 5).

Гальванометр действительно получился прекрасный, но мы никак не ожидали, что этот простенький приборчик подарит нам столько замечательных загадок.

Прежде всего мы определили, что фасад дома выходит почти точно на юг. Наш хозяин спросил нас, каким же образом мы могли определить полюса земли, если нам неизвестны были полюса пера? Тогда мы предложили ему

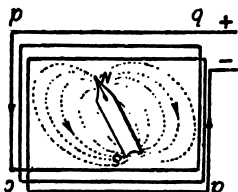
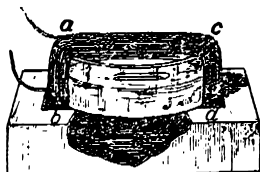


Рис. 5. На нижнем рисунке пунктирными линиями обозначены магнитные силовые линии, а стрелками их направление.

Задачу 15

Как иногда определяется магнитный полюс.

— Мы можем, — говорил хозяин, — по вашему компасу определить магнитный меридиан, так как перышко, если оно намагничено, всегда установится в плоскости магнитного меридиана, но мы не будем в состоянии сказать, на какой именно полюс — северный или южный — указывает например острый конец пера? Конечно, если бы мы знали знак полюсов у электромагнита, то тогда можно

было бы определить их и у пера. Если мы острый конец пера приложили к южному полюсу электромагнита, а тупой — к северному, то на остром возник бы северный полюс, а на тупом южный. Однако мы не знаем даже полюсов электромагнита.

— Но ведь их можно легко определить, — возразили мы, — исходя из направления тока в катушках: если ток идет по часовой стрелке в обмотке электромагнита, то очевидно полюс будет южный, а против часовой стрелки — полюс северный.

— Хорошо, — сказал хозяин, — но ведь нам неизвестно направление тока.

● — Вам неизвестно, но мы определили его очень просто: взгляните на стакан с раствором соли, через который проходит ток, прежде, чем войти в электромагнит. Сейчас цепь замкнута и вы видите, что с поверхности одного гвоздя, опущенного в соляной раствор, выделяются обильно пузырьки газа, а с поверхности другого почти совершенно не выделяются. На первом гвозде выделяется водород, а на втором должен был бы выделяться хлор, но он отчасти растворяется в воде, отчасти соединяется с железом гвоздя. Хлор выделяется на том гвозде, из которого ток входит в раствор (положительный полюс), а водород на том гвозде, из которого ток выходит из раствора. Таким образом определить направление тока в электромагните, как видите, не трудно.

На утро следующего дня мы вновь приступили к опытам с лампочкой. Она едва-едва накаливалась. Решено было выкопать заземление и перенести его в другое место для того, чтобы можно было убедиться в справедливости нашей теории о причине возрастания сопротивления „земли“. Мы вышли на улицу выполнить намеченную работу, но два товарища вернулись обратно, сказав, что они, хотя, пока мы еще не уничтожили заземления, посмотреть, как отклоняется стрелка нашего гальванометра тем слабым током, который сейчас проходит через лампочку. Не успели мы копнуть землю, как услышали взволнованные голоса наших исследователей:

— Идите скорей к нам! Случилось невероятное!

Когда мы входили в кладовушку, мы застали наших друзей сидящих на корточках перед гальванометром.

— Что случилось? — спросили мы.

Они поднялись и тихо проговорили:

— Мы не можем сказать вам точно, но кажется, что земля размагнитилась.

Мы рассмеялись так дружно и смеялись так долго и громко, что прибежали хозяева узнать в чем дело.

— Вы не смейтесь, — обиженно заявили наши исследователи, — а лучше выслушайте нас.

Задача 16

Отчего размагнитился земной шар.

— Мы перенесем гальванометр в комнату, а то тут темно и неудобно. Нам нужна только чашечка с водой и перо. Мы опускаем на поверхность воды перышко. Смотрите, куда показывает острый конец, т. е. северный полюс пера?

Мы были удивлены: острый конец пера показывал прямо на фасад дома.

Что такое? Вчера был направлен в эту сторону тупой конец пера, а сегодня острый.

— Это еще не все, — заявил один из исследователей, — вот я сейчас поверну перышко на 90° . Смотрите-ка?

Перышко осталось в том положении, в которое его повернули. Теперь оно было направлено с востока на запад.

Тогда председатель сказал:

— Не земля размагнитилась, а перышко.

Ничего не говоря, наши два товарища сняли с поверхности воды перышко и поднесли его ко второму перу: оно притянулось.

Председатель потерпел полное поражение: перо было намагничено, но оно не притягивалось полюсами земли. Однако, не размагнитился же на самом деле земной шар?!

Удивительнее всего было то, что никто не трогал, никто ничего не делал с гальванометром, он всю ночь спокойно стоял в кладовушке.



Мы отыскивали причину этого странного явления, однако она оказалась не электромагнитного происхождения. Поверхность воды

за ночь покрылась пылью, которая и оказалась причиной поразившего нас явления. Стальное перышко плавает на поверхности воды потому, что ее поверхностный слой поддерживает его, как некая тонкая пленка. Если эта пленка прорвется — перышко утонет, так как его удельный вес больше воды. Когда перо движется по поверхности воды, оно буквально скользит по ее поверхности, как скользят сани по льду. Насыпьте песок на лед: для саней это будет то же, что тонкая пыль на поверхности воды для пера.¹ Трение увеличится во много раз и слабые магнитные силы взаимодействия полюсов пера и полюсов земли окажутся не в состоянии его преодолеть. Мы налили свежую воду в чашечку, и наш компас, а следовательно и гальванометр, вновь начали безупречно работать.

После этого невольного перерыва мы выкопали наконец заземление и вновь зарыли в землю на новом месте. К нашей великой радости, нам удалось отчетливо заметить что-то вроде легкой пены из маленьких пузырьков, покрывавшей не только заземление, но и прилегающую к нему землю. Температура в этом месте была несомненно выше, чем в остальной почве на той же глубине.

Покончив с новым заземлением, мы включили лампочку. Она накалилась.

Решено было испытать действие этого тока на гальванометр со свежей водой. Мы включили его в заземление и вот тут-то он загадал нам новую загадку.

Задача 17

О путешествующем пере.

До сих пор, когда мы включали гальванометр в сеть, перышко в зависимости от силы тока отклонялось от магнитного меридиана на больший или меньший угол. Самый большой угол отклонения пера может быть 90° и тогда перо расположится перпендикулярно к обмотке и магнитному меридиану. Прodelывая последний опыт, нам, к великому своему удивлению, пришлось наблюдать следующее: перо быстро повернулось на 90° и затем поплыло боком к северу, пока не натолкнулось на край банки. Что за странность! Мы выключили гальванометр. Перо бочком стало отплывать от края банки и, повер-

¹ То же произойдет и при масляной пленке на поверхности воды.

нувшись обратно, остановилось в своем нормальном положении, т. е. в плоскости магнитного меридиана. Мы опять включили гальванометр в сеть и перо вновь сделало все свои странные движения, пока не успокоилось, уткнувшись в северный край банки.

В чем же была причина этого странного явления?

— Может быть, перо так упорно тянется к северу, — сказал кто-то, — потому что северный полюс ближе к нам, чем южный?

Не успел товарищ кончить эту нелепую фразу, как наше внимание было привлечено словами тех, которые продолжали возиться с гальванометром.

Задача 18

О новом маршруте пера.

— Это удивительно! — сказали они. — Перо при включении тока так же, как и раньше, поворачивается на 90° и затем начинает боком плыть к краю банки, но теперь оно изменило свой курс: оно плывет не к северу, а к югу.

Мы поняли, что решить эти две задачи будет не так-то легко.



Если бы не помощь наших самых сильных товарищей, мы вряд ли самостоятельно справились бы с этим вопросом.

— Вы вероятно помните, — сказали они, — что если подвижный магнит находится под действием тока, то он приходит в движение. Если направление магнитных силовых линий будет перпендикулярно к направлению тока, то направление, в котором будет двигаться магнит, будет также перпендикулярно к двум первым. Для решения этого вопроса существует практическое правило:

Правило трех пальцев правой руки. Расположим большой, средний и указательный пальцы правой руки в трех взаимно перпендикулярных направлениях. Указательный палец следует направить по направлению магнитных силовых линий, средний — по направлению тока, тогда большой палец укажет направление движения магнита.

Положим, товарищи, что перо отклонилось на 90° и мы смотрим на его северный конец. Вы вероятно вспомните, что, за направление силовых линий условно принимают их направление от N полюса к S полюсу. Как же на наше перо должен действовать левый ток ab ? Так как силовые линии идут

из N полюса, который находится впереди, к S полюсу, находящемуся позади, то очевидно их направление будет около тока ab от нас, а не к нам. Протянем правую руку так, чтобы указательный палец был обращен по направлению силовых линий, а средний по направлению тока ab , т. е. вниз. Тогда большой палец укажет направление движения пера в левую сторону, к току ab , что мы в действительности и наблюдали (рис. 5). Разберем теперь другой вопрос: как на перо действует правый ток cd ? С правой стороны пера силовые линии идут в том же направлении, как и в левой, т. е. от нас. Следовательно мы должны будем держать указательный палец в том же направлении, как и в первом случае, но средний палец нам придется направить вверх, так как ток cd идет снизу вверх. Для этого придется руку расположить ладонью вверх. Тогда большой палец укажет вправо, куда и будет двигаться перо. Замечательный результат, не правда ли? Левая сторона обмотки заставляет двигаться перо влево, а правая — вправо. Так как силы взаимодействия между левым током — пером и правым током — пером одинаковые, то казалось бы, что их действие на перо должно взаимно уничтожиться и перо останется на месте. Это действительно так и будет, когда перо находится точно на одинаковом расстоянии от левого и правого тока. На практике это почти невыполнимое условие: достаточно, чтобы перо сдвинулось на сотую долю миллиметра вправо или влево, для того чтобы сила притяжения в одну сторону оказалась большей, чем в другую, в результате чего перо не останется на месте. Однако такое боковое отплытие пера, при самой незначительной разнице в силах притяжения, могло бы произойти только при полном отсутствии трения между пером и поверхностью воды. На самом деле, это трение существует даже при совершенно чистой поверхности воды и следовательно слабые токи, проходящие через гальванометр и способные повернуть перо лишь на некоторый угол, не смогут заметно отклонить пера в сторону. При сильных же токах произойдет то любопытное явление, которое мы наблюдали у нашего гальванометра. Очень трудно, а часто и невозможно предсказать заранее, в какую сторону будет двигаться перо, так как, еще раз повторяю, разница в расстояниях между ним и левым и правым током может быть столь мала, что ее окажется невозможным заметить.¹

¹ Это явление подчеркивает, с какой тщательностью должны быть центрированы магнитные стрелки гальванометров для того, чтобы прибор получил максимальную чувствительность.

— Надо еще отметить, — сказал один из нас, — что если бы перо было неподвижно закреплено, а проволока с током была удобоподвижной, то двигалась бы проволока, а не перо. Двигался бы ток, а не магнит.

IV. Мы используем тепловое действие тока.

В связи с последними опытами, я вспомнил об электрическом паяльнике, который я видел в одной мастерской. Мне кажется, что он даст нам возможность убедиться в том, что магнит действительно отклоняет ток. Через десять минут у меня будет все готово.

Все оказалось готовым раньше десяти минут.

Задача 19

То же правило, но не для той руки.

— Товарищи, я включаю через жидкий реостат в сеть электрического освещения два графита от карандаша. Сближаю их концы и затем слегка раздвигаю. Между ними появляется необыкновенно яркое пламя — вольтова дуга. Я продолжаю раздвигать концы графитовых палочек, пока расстояние между ними не станет по меньшей мере в 0,5 см. Для вас понятно, что ток проходит через воздушный промежуток между графитовыми палочками. Сейчас у нас проводником служит не жесткая медная проволока, а раскаленные газы. Я подношу к вольтовой дуге электромагнит, пламя моментально отклоняется в сторону в виде острого жала (рис. 6). Этим свойством вольтовой дуги и пользуются для точечного нагревания металла при пайке. Нам же этот опыт говорит о том, что магнитное поле действует на ток (пламя дуги). Все это вполне согласуется с правилом трех пальцев.

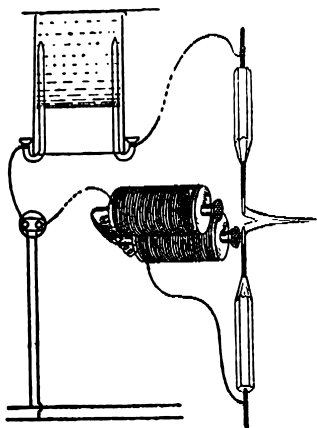


Рис. 6. Электромагнит, поднесенный к пламени вольтовой дуги, отклонял пламя от себя. При перемене полюсов электромагнита, пламя притянулось бы к электромагниту.

Однако, когда мы поднесли правую руку к нашей импровизированной вольтовой дуге, то оказалось, что ее пламя отклоняется в сторону противоположную той, о которой говорит правило трех пальцев. Мы были очень сконфужены этим непонятным результатом.

В чем же могла заключаться его причина?



Правило трех пальцев безусловно применимо к тому случаю, когда вместо подвижного магнита у нас имеется подвижной ток, но это уже будет правило не правой руки, а левой.

Мы сами удивлялись, как можно было не сообразить такой простой вещи, как можно было не вспомнить о том, что сила действующая равна силе противодействующей и направлена в сторону ей противоположную. Если электрический ток притягивает к себе магнит, то и магнит, в свою очередь, притягивает к себе ток и, следовательно, направление движения тока должно быть противоположно движению магнита.

— Пока мы решали задачу об электрическом паяльнике, — сказал председатель, — я вспомнил об электрическом горне, который очень любопытен и который, я надеюсь, мы с вами немедленно построим, если только в доме найдется немного поташа.

Задача 20

Об электрическом горне.

— Вот вам все необходимые предметы для устройства горна, — сказал председатель: 1) поташ, 2) большая банка, 3) кусок листового железа, 4) большой гвоздь, который вам надлежит довести до красного каления.

Эту задачу право стоит решить, она очень любопытная.



Вот, как мы ее решили. „Раз дана банка, рассуждали мы, то очевидно в нее следует налить какую-то жидкость. Поташ наводит на мысль, что этой жидкостью должен быть раствор поташа. Очевидно эта проводящая ток жидкость (электролит) должна как-то замкнуть цепь тока. Для этого необходимо погрузить в жидкость два электрода. А так как нам кроме гвоздя и куска железа ничего не дано, то очевидно они

и должны быть употреблены в качестве электродов". Весь наш аппарат мы включили в осветительную сеть через штепсель. Однако кроме шипения и треска в нашем горне ничего не произошло. Было ясно видно, как выделяются кислород и водород на гвозде и железе, благодаря электролизу, и как закипает жидкость вокруг гвоздя, но самый гвоздь и не думал раскаляться.

— Будьте же хоть немного благоразумны, — сказал я, — и сообразите: как же вы хотите раскалить гвоздь в воде? Неужели не ясно, что температура гвоздя будет та же, что и температура раствора. Раскаленный гвоздь, опущенный в воду, остывает моментально и надо иметь очень скверное мнение о нашей технике для того, чтобы предположить, что она использовала для практических целей такой нерациональный горн. Наибольшая температура раствора будет примерно 100°C , а для того, чтобы раскалить гвоздь, необходима температура, по меньшей мере, в 600°C . Что же, вы хотите стоградусной жидкостью довести гвоздь до каления?!

Все присутствующие со мной согласились за исключением председателя.

— Не будем спорить, — сказал он, — можно ли таким способом накаливать гвоздь. Вам сейчас придется на опыте убедиться в этом. Но так как я не хочу, чтобы вы подсмотрели, как это следует сделать, то прошу вас отвернуться и не смотреть.

Я от избытка честности даже закрыл глаза. Послышалось слабое шипение, которое все усиливалось и через несколько секунд, когда оно превратилось в резкое потрескивание, председатель сказал:

— Теперь можете смотреть.

В растворе поташа мы увидели ярко раскаленный гвоздь и вокруг него беснующуюся жидкость. Она шипела, трещала, плевалась и брызгала.

Зрелище было необыкновенно красивое, но причина этого явления попрежнему оставалась непонятной, и нам пришлось спросить председателя:

— Как же ты это сделал?

— Я погрузил сначала в раствор только кончик гвоздя. Когда он раскалился, то я его постепенно опускал в раствор, по мере его дальнейшего раскаливания.

— Но почему же вообще может раскалиться гвоздь, окруженный жидкостью, имеющей значительно более низкую температуру?

— Мы с вами уже в прошлом году наблюдали, — отвечал председатель, — усиленное выделение тепла при достаточной силе тока около поверхности тонкого гвоздя, опущенного в электролит. Это явление понятно: чем меньше поверхность электрода, тем больше около нее становится сопротивление. А нам известно, что количество тепла будет пропорционально сопротивлению. Когда выделяющегося тепла достаточно для того, чтобы обратить в пар слой жидкости, окружающей гвоздь, он обволакивается со всех сторон своеобразной паровой рубашкой. Холодный раствор уже не касается гвоздя, его отделяет теперь от него паровая прослойка, которая, как известно, весьма плохо проводит теплоту. Таким образом только сравнительно небольшое количество тепла будет отдаваться раствору. Остальное пойдет на нагревание гвоздя и на поддержку паровой рубашки. Если бы у нас была достаточная сила тока, то мы могли бы сразу погрузить в жидкость весь гвоздь, так как в этом случае паровая рубашка могла образоваться вокруг всей его поверхности. Мы с вами имеем в распоряжении сравнительно слабые токи, вот почему гвоздь приходится погружать в жидкость медленно по мере его раскаливания.

Подобные горны употребляются в технике для быстрой и сильной наковки различных небольших предметов.

Мы удовлетворились этим объяснением, но один из членов кружка сказал:

— Здесь есть определенное противоречие или неточность. Я расскажу об этом в

Задача 21

О периодическом нагревании.

Паровая рубашка, окружающая гвоздь, весьма дурной проводник тепла. Это конечно правильно. Но ведь паровая рубашка в то же время и весьма дурной проводник электрического тока. На практике мы можем считать ее изолятором. Каким же образом в нашей цепи поддерживается электрический ток, разомкнутый паровой рубашкой?

Если бы не один из присутствующих, случайно знакомый с этим явлением, — нам не пришлось бы его выяснить.

— Здесь происходит периодическое накаливание гвоздя, — сказал он. — Несомненно, как только образуется паровой слой

вокруг гвоздя, сопротивление цепи сильно увеличивается, но благодаря этому ослабляется сила тока и паровая рубашка делается тонкой. Ток вновь увеличивается, затем опять ослабевает и т. д.

— Но ведь в таком случае в цепи получится прерывистый ток, — сказал кто-то.

— Конечно и этим свойством пользуются для быстрых прерываний тока в так называемых прерывателях Венельта. Число перерывов тока доходит в них до 2.000 в секунду. В этих периодических явлениях играет весьма существенную роль и газовая оболочка, окружающая электрод в результате электролитических процессов.¹ Для таких быстрых прерываний тока, в прерывателе Венельта употребляется электрод с маленькой поверхностью. Его делают из платины для того, чтобы он лучше выдерживал высокую температуру. Действительное периодическое кипение можно получить с большим электродом, и тогда оно происходит очень медленно, так что его легко заметить. В узкую банку я опускаю две железные пластинки, наливаю слабый раствор поваренной соли и включаю в осветительную сеть (рисунк 7). Жидкость нагревается. Через две-три минуты она кипит. Заметьте, она кипит неравномерно: кипение доходит до максимума и затем резко ослабевает, опять увеличивается и вновь ослабевает. За этим периодическим процессом легко следить по образующимся пузырям и пене. Если бы мы могли включить в цепь амперметр, то он показал бы нам, что одновременно с изменениями силы кипения меняется и сила тока в цепи.

Так прошел день, а к вечеру мы убедились, что лампочка в кладовушке опять почти перестала накаливаться. Мы вновь извлекли из земли заземление и зарыли его на новом месте. Этот третий опыт мы считали решающим. Если лампочка загорится вновь полным светом, тогда очевидно наша теория о высыхании земли вокруг заземления и о покрывании самого заземления слоем газа окажется правильной.

Однако нас ждало полное разочарование, о котором я расскажу в

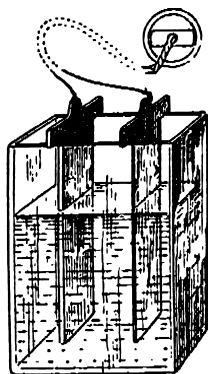


Рис. 7. Периодическое кипение удаётся тем отчетливее, чем уже банка.

¹ На самом деле процесс прерываний тока сложнее.

О новом приключении с заземлением.

Волосок лампочки от нового заземления накалился ничуть не лучше, чем от старого: лампочка еле-еле светилась. Мы осмотрели все соединения, сделали заземление из нового мотка проволоки, закапывали его несколько раз все в новые и новые места, но лампочка продолжала чуть теплиться.

Мы не могли сообразить, в каком направлении вести свои дальнейшие изыскания.

Что изменилось в наших опытах?! Не высохла же в самом деле от нашего тока вся земля на десятки метров вокруг?!



Это была одна из тех задач, после которых у нас не возникали прения, как обычно, а водворилось глубокое молчание. Каждый старался думать и, откровенно говоря, не знал о чем собственно ему следует размышлять. Наше раздумье было прервано хозяином, который сказал, что один из его соседей, прослышав о наших талантах, хочет похвастать одной своей замечательной установкой. Волей-неволей пришлось пойти, но мы не раскаялись в этом.

V. Мы критикуем и строим автоматы.

— В километре от моего дома, — начал сосед нашего хозяина, — находятся у нашей артели большие огороды. Там же выстроен сарай, в котором хранятся различные инструменты и орудия огородничьего искусства, а с осени в специальных хранилищах — овощи. Два раза наши кладовые подвергались расхищению, и я задумал устроить электрический предохранитель от воров. Теперь сарай соединяется проволокой с моим домом, и как только вору проникнут внутрь его, у меня начнет звонить звонок.

Вы, я слышал, большие мастера по электричеству, скажите-ка мне, как лучше было бы устроить подобный предохранитель от воров?

И он дал нам

О предохранителе от воров.

Как, пользуясь самыми простыми приспособлениями (батарея, звонок и т. д.), можно построить предохранитель от воров, который начинал бы подавать сигнал в то время, когда открывают дверь или окно охраняемого помещения?

● Нам не пришлось долго думать над этим вопросом: мы уже давно сами интересовались таким предохранителем. Мы набросали чертеж и сказали:

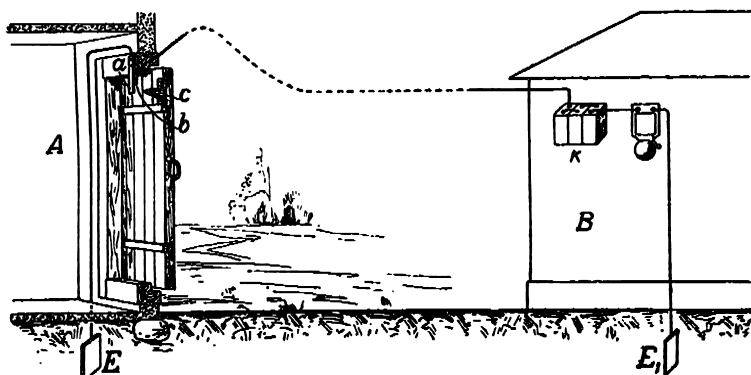


Рис. 8. На рисунке вместо гвоздя *с* показана согнутая железная полоса.

— Пусть *A* будет дверь вашего сарая, а *B* — ваш дом. На внутренней стороне косяка двери укрепляются две пластинки из жести *a* и *b*, которые плотно прижимаются одна к другой (рис. 8). Пластинку *a* соединяем с заземлением *E*, а *b* — с воздушным проводом, идущим в ваш дом. Его второй конец присоединяем к батарее *К*. Второй полюс батареи соединяем с одним зажимом звонка, а другой зажим с заземлением *E₁*. При таком соединении цепь будет замкнута. Электрический ток, выйдя из батареи, пройдет через звонок, войдет в заземление *E₁*, и через землю и заземление *E* войдет в пластинку *a*, из нее в *b*, и по воздушному проводу вернется в батарею. Следовательно при таком соединении звонок будет звонить.

В дверь *А* мы вбиваем гвоздь *с* так, чтобы при закрывании двери он коснулся своим концом пластинки *а* и отогнул ее от пластинки *б*. Тогда очевидно цепь будет разомкнута и звонок не будет звонить. Если мы снабдим подобным устройством все двери и окна, то пока они будут закрыты, звонок будет молчать, но как только приоткрыть какое-нибудь окно или дверь, немедленно вы у себя в доме услышите сигнал.

Не успели мы закончить это объяснение, как наш новый знакомый принялся хохотать.

— Вот, вот, — говорил он, — так меня учил и в прошлом году один монтер, а когда я сделал установку, то у нас осенью выкрали 200 пудов картошки при полном молчании сигнального звонка.

Мы были очень обижены и сказали, что может быть любители чужой собственности сделали подкоп или проломили стену, но наш собеседник заявил, что ничего подобного сделано не было.

— Не решили мою первую задачу, — сказал он, — решите-ка вторую:

Задачу 24

Как уворовали картошку.

— Подкопа эти разбойники не могли сделать, если бы даже и хотели: земля у нас под сараем каменистая, не пророешься. Стену проломать конечно можно было, так как сарай дощатый, но без шума этого не сделаешь, а они хитрые жулики были, наверняка шли. Когда я увидел, что именно они сделали, так даже о картошке забыл, так это было замечательно. Ну-ка, разрешите эту загадку.



Мы молчали, а автор ее, не смущаясь, продолжал:

— Провод они воздушный перерезали, разбойники, — сказал председатель артели. Смекнули, что сигнал я получаю по проволоке, ну, и решили: перережем ее, огородник ничего и не узнает. Но я тоже непромах: разузнал у специалистов и построил новый предохранитель. И когда захотели гости вторично полакомиться нашей картошкой и перерезали воздушный провод, — мы накрыли их с поличным. Вот, о таком предохранителе я и спрашивал вас вначале.

Новый предохранитель.

— Как бы вы соорудили такой предохранитель от воров, — спросил огородник, — сигнальный звонок которого начинал бы звонить даже в момент умышленной

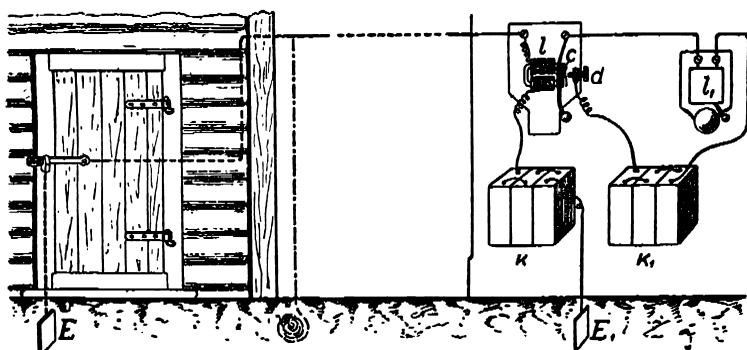


Рис. 9. Вертикальная пунктирная линия (точки — тире) показывает тот провод и заземление, которые мы установили для того, чтобы можно было открыть дверь сарая, не вызывая сигнального звонка.

порчи проводов? Мне пришлось для его постройки использовать вместо одной батареи и одного звонка два звонка и две батареи.

●

На этот раз мы попросту сказали, что пусть уж он сам и решит свою задачу.

— Ну, вот, смотрите на этот рисунок (рис. 9), — сказал нам собеседник. — С левой стороны дверь моего сарая. Теперь уж не нужно к ней пристраивать никаких пластинок. Просто к железной задвижке или щеколде укрепляются два провода: один идет к заземлению E , а другой — через воздушную линию к концу обмотки электромагнита звонка I . Другой конец обмотки через батарею K соединяется также с землей. Если щеколда закрыта, то электрическая цепь оказывается замкнутой. Электромагнит I намагнитится и притянет к себе якорь c .

Вторая батарея K_1 соединяется одним полюсом со звонком I_1 ,

а другим с контактом прерывателя d первого звонка. Второй зажим звонка l_1 соединяется с якорем c первого звонка.

Когда якорь первого звонка притянут к электромагниту, то очевидно цепь второго звонка будет разомкнута, так как между контактами c и d прерывателя звонка l не будет соединения. Следовательно, когда наружная цепь замкнута, сигнальный звонок не звонит. Но достаточно в каком-нибудь месте разомкнуть наружную цепь: вынуть замок из пробойчиков, перерезать воздушный провод и т. д., и тотчас же якорь c отойдет от электромагнита и, коснувшись винтика d , замкнет внутреннюю цепь сигнального звонка. Между прочим теперь я пользуюсь батареей аккумуляторов вместо элементов k . Днем работают аккумуляторы, а с вечера я включаю наружную цепь предохранителя в осветительную сеть. Звонок l здесь выполняет роль только автоматического переключателя тока. Как вы видите, при этом устройстве предохранитель работает не при замыкании наружной цепи, а при ее размыкании. Эта особенность дала нам возможность окончательно обезопасить себя от посягательств на овощи. Я обмотал несколькими рядами тонкой изолированной проволоки стены сарая и включил ее последовательно с запорами окон и двери. Таким образом теперь нельзя даже проломить стены, так как при этом неизбежно оборвется проволока. Теперь мы чувствуем себя в полной безопасности.

— Напрасно, — вдруг заявил один из членов нашего кружка, — вы чувствуете себя в безопасности. Я берусь вывезти всю картошку при полном молчании вашего электрического сторожа.

Председатель артели выпучил глаза. Мы были удивлены не меньше его.

— Вот как! Вы беретесь провести моего сторожа!? Это я люблю. Давайте, давайте — поборемся.

Мы приняли этот вызов, но не могли догадаться, что именно решил предпринять наш изобретательный товарищ.

— Сегодня ночью, — сказал он нашему новому знакомому, — ваши кладовые опустеют. — А вам, товарищи, — обратился он к нам, — я предложу новую

Задачу 26,

В которой мы посягаем на чужую собственность.

— Вам понятно, что ни подкопа, ни проламывания стены сделать нельзя, в тех условиях, о которых нам сообщал огородник. Проникнуть сквозь крышу также

невозможно, так как она железная и при ее разборке мы наделаем такого шума, что весь поселок сбежится ловить злоумышленников. Но позвольте спросить вас, кто ж для того, чтобы войти в дом, пользуется такими странными путями, которые ведут через землю, стену или крышу. Для этого существует дверь. И мы с вами сегодня ночью войдем без малейших неприятностей в дверь сарая, охраняемого столь хитрыми приспособлениями. Для этого мы должны будем захватить с собой лопату, проволоку и, если не будет луны, — фонарь. Что мы с этими вещами будем делать, — это уж решите вы.

●

В 11 ч. вечера, забрав все необходимые вещи, двинулись мы к картофельному сараю. У последнего столба воздушной линии мы остановились и стали выкапывать яму. Когда докопались до почвенной воды, наш вожатый опустил в яму моток проволоки (с свободным длинным концом) и все начали тщательно засыпать его землей и утрамбовывать землю. Покончив с этим делом, мы подняли конец проволоки, идущей от мотка, и прикрутили его к воздушному проводу. Для этого нам пришлось взобраться на столб.

— Ну, теперь идемте к сараю, — скомандовал наш предводитель.

Он пошел впереди. Снял замок с двери, который повидимому намеренно не был замкнут, открыл дверь и пригласил нас внутрь. Мы вошли и прислушались. Нигде ни звука. Тогда, засветив фонарь, мы пошли искать картошку. И вдруг за нашей спиной раздался голос:

— Это здорово! Ну, и молодцы. Плюньте на картошку, мы вам и так дадим, сколько захватите, а лучше расскажите, как же вы это устроили.

Это был председатель артели огородников.

— Вот что, ребята, вы только никому не говорите об этом, — продолжал он. — Другие-то сами не додумаются.

Мы объяснили ему, что мы сделали.

Мы замкнули цепь новым проводом так, что, хотя мы и порвали ваши провода, но тока не разомкнули, он теперь идет по проволоке, которую мы примотали одним концом к воздушной линии, а другим соединили с новым заземлением (рис. 9).

— Ловко! Значит, если снять вашу проволочку с воздушного провода, то сигнальный звонок начнет звонить?

— Конечно, — сказали мы. — Мы сейчас как раз собирались это сделать.

Подойдя к столбу и взобравшись на плечи председателя артели, так как он был выше всех нас, я принялся отматывать проволоку. Левой рукой для сохранения равновесия я крепко держался за воздушный провод, а правой разматывал проволоку. Но тут произошла совершенно непредвиденная вещь, о которой расскажу в

ЗАДАЧЕ 27

Из которой мы узнали, что за преступлением иногда следует наказание.

В тот же момент, как я сдернул проволоку с линейного провода, меня рвануло, скрючило; мне показалось, что вся земля заколебалась и я провалился в ее недра. Вероятно на мгновение я потерял сознание. Когда я очнулся, то понял, что лежу на земле, а возле меня сидит, охая и ругаясь, наш новый знакомый:

— Ну, и угостил ты меня! — приговаривал он.

Сомнения не было: я и огородник получили удар электрического тока. Но как же это могло случиться? Ведь товарищ, намотавший проволоку на линейный провод, не получил при этом никакого физиологического раздражения от тока?



Ответ на этот вопрос последовал немедленно:

— Через тебя и председателя артели ток прошел потому, — сказал кто-то, — что вы стояли на земле и таким образом замкнули цепь — ты своей левой рукой, державшей провод, а председатель своими ногами, опиравшимися в землю. Когда же товарищ приматывал проволоку, он держался на столбе, не касаясь земли. Понятно, что он своим телом не мог замкнуть цепи. Если бы ток в линию шел от батареи, то конечно ты его не почувствовал бы, но ведь хозяин сказал нам, что с вечера он включает свою наружную цепь в сеть электрического освещения. А 220 V вполне достаточны для того, чтобы свалить и не таких двух богатырей, как вы. ¹

¹ При мокрой земле и промокших сапогах напряжение тока в 150 вольт может вызвать смерть человека.

— Ничего подобного, — сказал один из присутствующих. — По вашему, если бы товарищ приматывал проводочку, стоя на земле, то он также испытал бы физиологическое действие тока?

— Конечно, — ответили мы.

В таком случае я могу предложить вам

Задачу 28,

Что было сказано огороднику.

— Мне нужно только сказать по секрету два слова председателю артели. Теперь подойди-ка сюда самый высокий и храбрый член кружка. Так. Встаю к нему на плечи и... раз, два, три, хватаю провод рукой.

Действительно, от этого ничего не произошло.

— Что ты сказал огороднику? — спросили мы.

— В этом-то и состоит задача, — ответил товарищ.



Однако, экспериментатор успел спуститься на землю, огородник успел вернуться от сарая, а мы все еще не решили поставленного вопроса.

— Эх, вы, — заговорил наш товарищ, — я сказал председателю артели, чтобы он запер дверь в сарай! Ведь в то время, когда присоединяли проводочку к линейному проводу, дверь была заперта, а следовательно цепь находилась все время замкнутой и через человека ток конечно пройти не мог.

— Замечательная эта наука об электричестве, — сказал наш новый знакомец, — но больше всего меня удивляют и радуют такие вот автоматические слуги человека, как например предохранитель от воров.

— Да, — заметил председатель нашего кружка, — много таких существует автоматов: о высыхании почвы, об открывании двери, пожарные сигналы и много других...

— Пойдемте сейчас спать, а завтра я расскажу вам кое о чем, — сказал огородник. — Может быть вы надумаете, как построить один особый автомат, который очень был бы нам нужен.

— Мы продаем, — начал на другой день огородник, — не только свежие овощи, но и сушеные. Главное условие хорошей просушки овощей заключается в том, чтобы температура печи была не выше и не ниже той, при которой особенно удобно

производится сушка. Сушка протекает лучше всего при температуре в 65° . Некоторые виды овощей, которые вызревают не слишком поздно, сушатся прямо под действием солнечных лучей. Но и в этом случае важно, чтобы их раскладывать в то время, когда лучи солнца достаточно горячи, и убирать, когда жар спадает. В этом-то определении температуры и заключается известное затруднение.

— Не понимаю,—возразил наш председатель,—что может быть проще, как определить температуру термометром?

— Если бы я мог сам везде поспеть,—заметил на это огородник,—то конечно вопрос решался бы довольно просто. Но печь топят мои малоопытные товарищи, и никогда нельзя ручаться, что они вкладывают в нее овощи при той температуре, при которой это следует сделать. Вот я и подумал: нельзя ли приспособить такой автомат, который давал бы сигнал, как только температура печи дойдет до нормы.

Председатель улыбнулся и сказал, что над этим вопросом надо подумать, так как он лично не знает, как его можно решить простейшим способом.

— Хотя сегодня вечером мы возвращаемся в город, но может случиться, что кто-нибудь и нападет на хорошую мысль. И так, товарищи, боевая

Задача 29

О маленькой услуге.

Что и как можно было бы приспособить к печке для того, чтобы при температуре около 65° замыкалась цепь электрического звонка?



Много было предложено проектов. К сожалению, одни из них были вообще невыполнимы, а другие требовали для своего выполнения хотя и очень простых, но не имевшихся в нашем распоряжении материалов: ртути, стеклянных трубочек, тонкой железной проволоки и т. д. Наконец был предложен следующий прибор (рис. 10):

На дощечке мы укрепили две жестяные пластинки *a* и *b*, причем свободный конец пластинки *a* отогнули под прямым углом книзу. К обеим пластинкам присоединили проволоки и при помощи их включили наш прибор в звонковую цепь. Так как пластинка *a* касалась пластинки *b*, цепь была замкнута и звонок

звонил. Тогда между пластинками был вложен такой кусочек воска, который раздвинул их и тем самым разомкнул ток. Такой прибор надлежало ввести в печь в то именно место, в котором предполагали производить сушку овощей. Воск плавится приблизительно при температуре 65° . Следовательно при этой температуре упругие пластинки *a* и *b* сойдутся и замкнут цепь. Сигнальный звонок отметит, что температура достигла нормы. Если вкладывать между пластинками другие вещества, то можно получить сигналы и при других температурах, которые будут соответствовать точкам плавления взятых веществ.

VI. Наши работы по электролизу.

— А ведь мы совсем забыли,—сказал кто-то,—что последний случай с заземлением так и остался нерешенным. Давайте займемся им, а то после нашего отъезда мы не сможем проверить выводы.

— Мы их и до отъезда не сможем проверить,—заявил председатель.— Мне вот надо написать письмо на электростанцию, а я и забыл об этом. Спасибо, что напомнили.

— Какое письмо? — спросили мы.

— Это пока секрет,—улыбнулся председатель,—который перестанет им быть, как только вы решите

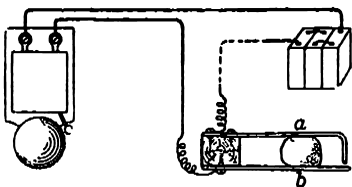


Рис. 10. Наш температурный автомат работал не хуже настоящего.

Задачу 30

О порче на расстоянии.

Что при наших опытах с заземлениями могло испортиться на электрической станции?

●

Этой задачей председатель подсказывал нам, в чем заключалась причина явления, рассказанного в задаче № 22. Мы все время стремились выяснить, что произошло у нас, а оказалось, что произошло что-то на электрической станции. Так как мы брали от заземления очень сильные токи, то понятно, что все

тепловые и электролитические явления имели место не только у нашего заземления, но и у заземления электрической станции. Очевидно мы привели в негодность (может быть временную) заземление электростанции. Мы нарушили контакт между пластиной и почвой. Об этом-то и хотел, принося извинение, уведомить электростанцию председатель.

Таким образом наша последняя неудача с заземлением еще больше укрепила наше мнение, что ослабление силы тока при земляном проводе главным образом происходит благодаря „высыханию“ почвы около листа. Это последнее отчасти происходит от сильного нагревания (при сильных токах) слоя земли, прикасающегося к листу, но главным образом от насыщения его газообразными продуктами, появляющимися в результате электролитических реакций.

Выкопав наши заземления и убрав провода, мы собрались все в домике для последней беседы. Хозяин расспрашивал нас о наших кружковых работах и жалел, что его сын не может принять в них участие.

Во время нашего разговора кто-то позвонил у входной двери, но когда хозяин пошел отворять, он никого не нашел за дверью. Однако звонок—настоящий звонок, поставленный вместо гонга, продолжал звонить. Было ясно, что где-то произошло замыкание звонковой цепи. Оказалось, что два звонковых провода, идущие к кнопке по наружной стене дома, намокли от дождя, и так как они были протянуты вплотную один к другому,—замкнули цепь.

— Совершенно не понимаю,—сказал сын хозяина,—каким образом чистая дождевая вода может замкнуть цепь? Ведь она необыкновенно дурной проводник.

— Да, конечно, — сказал председатель, — она плохой проводник, но в ней могут оказаться растворенными кислоты и соли, особенно, если она стекает по крыше или стене, от чего ее проводимость может значительно улучшиться.

— Все равно, от этого не мог бы звонить звонок, — запротестовал сын хозяина, — ток был бы слишком слаб.

Загорелся спор.

— Я вам сейчас докажу, что я прав, — заявил сын хозяина. — Я кладу на стол медный пятак и соединяю его с одной проводочкой от звонковой кнопки, на пятак кладу тонкую тряпочку, смоченную дождевой водой, а на нее второй пятак, который соединяю со второй проволокой от звонковой кнопки. Вы видите, что звонок и не думает звонить.

Почему водой нельзя замкнуть электрическую цепь.

— Конечно, я не сомневаюсь, что ток проходит через мокрую тряпку, но, как видите, он слишком слаб для того, чтобы привести в движение звонок. Звонок не звонит, несмотря на то, что толщина тряпочки несомненно меньше, чем толщина двух изоляций на медных проволоках, и поверхность смоченных пятак так же больше той поверхности проволок, которые были смочены дождем.

Почему же при смоченных проволоках звонок работает, а при опыте с пяточками — нет?

●

Опыт был слишком очевиден для того, чтобы можно было что-нибудь возразить.

Прошло часа два в беседах и спорах на эту тему, но вопрос так и остался неразрешенным. Мы уже собрались уходить, как вдруг опять кто-то позвонил в электрический звонок и опять никого не оказалось за дверью.

— Пяточки, пяточки! — радостно крикнул сын хозяина.

Задача 32

О загадке пяточков.

Во время спора мы совсем забыли о наших пяточках с мокрой тряпкой. Оказалось, что теперь через тряпку проходит ток, достаточный для того, чтобы привести в движение звонок. Мы сняли верхний пятак с тряпочки — звонок перестал звонить. Наложили его вновь на тряпочку — звонок опять зазвонил. Пятаки и тряпка даже слегка нагрелись от тока.

Почему же два часа тому назад мокрая тряпка не замыкала цепи, а теперь превосходно выполняла роль проводника?

Спросить было легко, но ответить оказалось много труднее. Понятно, что сама ткань не могла измениться. Изменилась очевидно вода. Но отчего и как она изменилась — вот в чем был вопрос. Председатель снял с пяточка тряпочку и коснулся ее губами.

— Что ты делаешь?! — в изумлении спросили мы.

— Решаю, — ответил он, —

Для чего иногда может пригодиться язык.

— Попробуйте на язык чистую тряпочку, смоченную в воде, а теперь попробуйте вот эту, которую я снял с пяточка. Что вы чувствуете?

Разница во вкусовом ощущении была отчетливо заметна: от тряпки, снятой с пяточка, получается терпкий, вяжущий, горьковатый вкус, страшно напоминающий что-то знакомое. Соль какую-то или что-то в этом роде. Ну, а от чистой мокрой тряпки вкус известный: воды и тряпки.

— То же почувствовал и я, — сказал председатель. — Какие же выводы вы можете сделать на основании этого наблюдения?

●

Два часа тому назад вода была очень дурным проводником тока потому, что в ней было растворено ничтожное количество некоторых солей или кислот. Через два часа она стала хорошим проводником, потому что в ней оказались соли, растворенные в большом количестве. Это было для нас несомненно, но откуда же взялись эти соли, напитавшие мокрую тряпку? И над этим вопросом мы долго не думали: очевидно эти соли дали пяточки и, следовательно, они должны были быть медными солями. Но оставался все же еще один вопрос: почему, если пяточки с проложенной между ними мокрой тряпкой не включались в электрическую цепь, тряпочка не пропитывалась солями? ¹ И на этот вопрос мы дали ответ. Так как даже через чистую воду ток проходит, то в ней должны возникать, благодаря присутствию некоторых солей или кислот, обычные явления электролиза, в результате которых медь пяточков будет соединяться с некоторыми выделяющимися при этом продуктами и образовывать с ними различные окислы и соли. Они будут растворяться в воде и повышать ее электропроводность. Ток усилится. Электролиз пойдет быстрее. А следовательно будут в большем количестве образовываться соли и окислы и еще сильнее понижать сопротивление воды. Этому будет способство-

¹ При достаточно длительном опыте (несколько суток) тряпка может пропитаться солями и без действия электрического тока,

вать и нагревание воды. Таким образом тряпочка между пятачками пропитывается солями благодаря электролитическим процессам.

Вот почему при сильных токах не так вредно для проводов и опасно для помещения не самое смачивание изоляции, как продолжительность этого смачивания. Иногда при самом легком, но длительном отсыревании проводов, при условии, что их изоляции касаются одна другой, получается короткое замыкание, сопровождающееся очень эффективным, но весьма не безопасным горением медных проволок.

— Да, — сказал хозяин домика, — удивительно, как электричество проникает во все области нашей жизни и техники. Недавно я читал например, что в настоящее время наполнение дирижаблей водородом также производится электролитическим путем. Читая газеты, я все время удивлялся, почему для пополнения дирижабля „Норвегия“, на котором Амундсен совершил перелет через северный полюс, привозили с ленинградских заводов к эллингу, находящемуся в Сализи, водород в баллонах. Прodelьвать такую канитель с накачиванием водорода в баллоны и с перевозкой их, когда можно тут же, на месте, добыть водород путем электролиза в несколько часов.

— Проще-то оно проще, — сказал председатель, — но... тут есть одно „но“, которое предлагаю выяснить в

Задаче 34

Почему для дирижабля „Норвегия“ водород добывался не электролитическим способом.

Для добывания водорода чаще всего употребляют в качестве электролита десятипроцентный раствор поташа, а в качестве электродов — чугунные пластины. Следует заметить, что при электролитическом способе добывания водорода его не приходится очищать, а это также не мало удешевляет и упрощает производство.

Объем „Норвегии“ равнялся приблизительно 18 000 куб. м. Учитывая потери и некоторый запас водорода, положим, что его необходимо добыть 20 000 куб. м. Предлагают определить, в течение какого времени электростанция нашей лесопилки дала бы требуемое количество водорода, если сила тока ее динамомашины равна 500 амперам?

Расчет не представлял для нас особого труда, так как мы хорошо помнили и законы Фарадея, и ту простенькую формулу, которой они выражаются:

$$m = kJt,$$

где m — масса выделяющегося вещества при электролизе; k — электрохимический эквивалент, т. е. число, показывающее, какое количество данного вещества выделяется в 1 сек. током в 1 А; J — сила тока и t — время.

Нам нужно было определить время; следовательно указанная формула должна была принять следующий вид:

$$t = \frac{m}{kJ}.$$

Оставалось только подставить вместо m , k и J соответствующие числа. Мы решили сначала определить необходимое время для выделения 1 куб. м водорода. Тогда мы получили:

$$m = 1 \text{ куб. м} = 1\,000\,000 \text{ куб. см}$$

$k = 0,116$ (0,116 куб. см водорода выделяется в 1 секунду 1 ампером)

$$J = 500 \text{ А}$$

$$t = \frac{1\,000\,000}{0,116 \cdot 500} = 17.241 \text{ сек.} = 4 \text{ ч. } 47 \text{ мин. (в круглых числах).}$$

Очевидно 20 000 куб. м водорода, необходимых для „Норвегии“, потребуют времени в 20 000 раз больше, т. е. около 9500 часов, или 4000 дней, т. е. почти 11 лет.

Эта последняя цифра поразила нас необычайно.

— Да, — протянул печально хозяин, — этак, действительно, предпочтешь добывать водород старозаветным способом, действуя раствором серной кислоты на железо. Ждать 11 лет, для того чтобы наполнить дирижабль, мало кого прельстит.

Однако один из наших электриков заявил нам, что в наш расчет вкралась весьма серьезная ошибка, которая, к сожалению, определенно указывает на наше непонимание законов электролиза. Он предложил нам

Задачу 35

Как при той же силе тока можно увеличить в 110 раз выход водорода.

— Я утверждаю, — сказал он, — что электростанция лесопилки могла бы наполнить „Норвегию“ не в 4000

дней, а примерно всего в 36 дней. Разница, как видите, во времени огромная: вместо 11 лет всего 1 месяц с лишним.

Фантастический срок, необходимый для наполнения дирижабля по вашему расчету, превратился в доступный и практически вполне осуществимый по моим вычислениям. В чем же заключается разница между моим и вашим расчетом?

Мы подумали, что товарищ заметил какую-нибудь математическую ошибку в наших вычислениях, но, проверив, не нашли ее. Мы совершенно не могли понять, в чем же тогда могла заключаться ошибка. Формула была правильная; мы даже заглянули для этого в книгу. Вычисления также сделаны без ошибки, а вместе с тем нам определенно говорят, что мы получили неверный результат. Удивительнее всего было даже не то, что наши вычисления не сходились с вычислениями автора задачи № 35, а то, что наш результат в сто десять раз превосходил результат, к которому пришел товарищ.

Председатель, молчавший все время, вдруг сказал:

— Теперь я все понял. Это число 110 подсказало мне, в чем заключалась ошибка, и должен признаться, что с прошлого года у нас не было еще такого позорного провала. Конечно для наполнения дирижабля потребуется не 11 лет, а всего 5 недель. Электростанция лесопилки дает ток в 500 А, при напряжении его в 220 В. А разве для электролиза необходима такая разность потенциалов? Нет, для него достаточно двух вольт. И даже меньше. Следовательно мы можем включить последовательно в сеть тока 110 аппаратов, предназначенных для добывания водорода.

Мы, как это часто бывало, опять забыли, что, определяя работу тока, нельзя считаться только с его силой, а необходимо принимать в расчет и его напряжение. Сбила нас с правильного пути формула законов Фарадея: в ней нет места мощности тока, она оперирует только с силой. Мы даже не могли вспомнить, чтобы какой-нибудь наш учебник хоть вскользь остановился на этом важном вопросе, применительно к электролизу.

Вопрос о получении водорода электролизом сводится к стоимости кубометра водорода. Там, где электрическая энергия дешева, выгодно и водород добывать электролитическим способом.

Впродолжение всех этих расчетов, я едва мог сдерживать себя, чтобы не перебить общей беседы. Тем энергичнее я обратился к присутствующим после окончания ее.

— Друзья мои, — сказал я, весь охваченный замечательной идеей, мелькнувшей в моей голове, — вы недостаточно оценили возможность измерения одной величины, входящей в формулу $m = kJt$.

Мне нигде не приходилось читать о том, что я вам сейчас расскажу. Сушайте же мою задачу...

— Из-за которой мы опоздали на поезд! — перебил меня председатель.

Действительно: свисток паровоза оповещал нас, что нам придется провести еще одну ночь в „Северной Швейцарии“. Однако это неожиданное обстоятельство дало возможность мне изложить свою

Задачу 36

Об электрических часах.

— Я говорю, — продолжал я, — что вы не обратили должного внимания на время — t . Согласитесь сами, что наша формула дает возможность измерять время, если известны m , k и J . Определение времени электролизом звучит (для меня, по крайней мере) очень непривычно. О водороде в роли часовой стрелки мне не приходилось слышать. Позвольте же предложить вам практическую задачу: как, пользуясь явлениями электролиза, можно построить прибор для измерения времени? В ваше распоряжение дается: 1) стакан с раствором поташа, 2) кусок воска, 3) ламповое стекло, 4) кусок гупперовского шнура, 5) калильная лампочка на 10 свечей.

●
Это была первая моя задача, заслужившая похвалу от членов кружка.

Мои электрические часы построены были следующим образом (рис. 11). Нижний утолщенный конец лампового стекла закрывался бумажкой и заливался воском. Можно было конечно заткнуть его пробкой, но такого диаметра пробки у нас не нашлось. Затем все стекло мы наполнили раствором поташа и, закрыв бумажкой его верхний конец, перевернув, опустили в стакан с той же жидкостью.

Концы гупперовского шнура, т. е. шнура, у которого в качестве изоляции употребляется резиновая трубка, были зачищены и подведены под стекло. Укрепив ламповое стекло, мы включили прибор последовательно с 10-свечной лампочкой в осветительную сеть. С одного конца шнура начал выделяться кислород, а с другого — водород, и ламповое стекло постепенно стало наполняться гремучим газом. Столбик жидкости в ламповом стекле начал понемногу опускаться. С часами в руках мы следили за опусканием жидкости и через каждые четверть часа делали отметки на стекле.

Столбик жидкости опустился на 2 см за 1 час работы нашего прибора. На ламповое стекло мы наклеили бумажную полосу, разделенную на сантиметры и миллиметры. Опускание столбика жидкости на сантиметр отмечало полчаса времени, а на миллиметр — 3 минуты.

Так как длина лампового стекла, в той части, которая могла наполняться газом, была равна 24 см, то очевидно наши часы могли непрерывно показывать время в течение 12 часов.

Хозяин остался мало доволен такими часами, но мы решили, что они во всяком случае не хуже песочных часов.

— Вот, что я предлагаю, — сказал председатель, — вы ложитесь спать, а я еще посижу за нашими часами. Было бы интересно выяснить, останется ли постоянным объем газа, выделяющийся за каждые полчаса.

На это возразил я, сказав, что мне все равно нужно кое-что вписать в наш журнал и следовательно волей-неволей не ложиться. Хозяин был так любезен, что позволил нам провести эту ночь в его доме. Все разместились в комнате, кто как сумел. Никто не раздевался. Часы шли вполне исправно. Покончив со своими записями, я растянулся в кресле и начал дремать, сожалея о том, что наши часы не будильник, который смог бы разбудить нас в 7 часов утра. Уснул я под все усиливающиеся завывания ветра.

Мы все спали очень крепко, но я напрасно сетовал, что новоизобретенные часы не будильник. Они разбудили, да еще как, не только нас, но весь дом. В седьмом часу раздался оглушительный выстрел и все мы вскочили, обсыпанные осколками

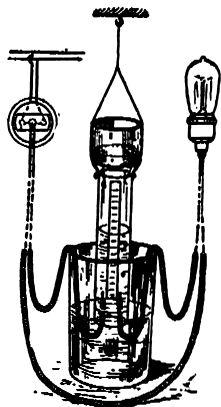


Рис. 11. Наши электролитические часы.

стекла, брызгами воды и каким-то мусором. От наших часов ничего не осталось, кроме проводов, да еще на потолке, над тем местом, где они стояли, оказался прилипший к потолку кружочек воска, которым было залито ламповое стекло.

Сонные и перепуганные, прибежали хозяева, и никто не мог сообразить, что же именно произошло.

О том, что произошло на самом деле, я расскажу со слов одного из членов кружка в

Задаче 37

Почему нас разбудили часы.

— Я проснулся до взрыва, — говорил он, — и услышал в часах какое-то бульканье. Взглянув, я заметил, что все ламповое стекло наполнено газом, который время от времени пузырями выходит из-под его нижнего края. Стекло подрагивало и качалось. В эту минуту раздался взрыв. Причина его мне понятна: от колебаний стекла слабо укрепленные проволоки коснулись одна другой и между ними проскочила искорка. Этого было конечно вполне достаточно для того, чтобы вся масса гремучего газа взорвалась. Но вот, что мне совершенно непонятно: почему ламповое стекло наполнилось газом значительно раньше срока? Наш расчет показывал, что оно должно было наполниться только приблизительно в 7 часов утра, а на самом деле к половине шестого газ уже не вмещался в нем и выходил из него пузырями.

Вот этот вопрос и представляет для меня загадку.

Загадка разрешилась за утренним чаем, когда хозяин заметил, что в течение сегодняшней ночи барометр упал почти на 30 мм. Тут-то мы вспомнили, что объем газа зависит от давления атмосферы и температуры воздуха. Объем газа в ламповом стекле увеличивался в течение ночи не только благодаря электролитическому выделению газа, но и вследствие падения атмосферного давления, увеличения комнатной температуры и нагревания самого электролита под действием тока.¹

— Никуда не годные часы, — заявил сын хозяина, — и я все-таки предпочту простые песочные.

¹ Электролиз проходил у нас при разности потенциалов около пяти вольт.

Возражать на это было нечего, но мы дали себе слово не бросать этого проекта и в дальнейшем постараться добиться большего успеха.

Покончив с этим вопросом, мы спешно двинулись на вокзал. Наша экскурсия в „Швейцарию“ не пропала даром: немножко знаний удалось из нее извлечь.

VII. Приключения с ответвленными токами.

Собравшись на следующий день, мы хотели было приступить к решению той задачи, которую дал нам руководитель экскурсии студентов электротехникума о беспроводном телеграфе, но неожиданно были остановлены запоздавшим членом кружка, который сказал, что сегодня утром ему пришлось наблюдать ужасную и совершенно непонятную сцену, о которой он и хочет рассказать в

Задаче 38

О необыкновенном случае смерти.

— Сегодня, около 6 часов утра, я вышел из дому. Проходя мимо трамвайного парка, я увидел группу молодежи, стоявшую на улице около одной из тех высоких платформ, с которых производится ремонт трамвайных проводов. На платформе я увидел парня, который держался двумя руками за провод. Оказалось, что он хотел выиграть пари. Он утверждал, что если взяться руками за один провод, то можно совершенно безнаказанно касаться любой самой мощной электрической линии, остальные не верили этому. И вот сейчас он собирался на опыте доказать справедливость своего мнения.

— Касаться одного провода конечно безопасно, — сказал я, — да вы и сами видите, что проиграла пари: ваш товарищ уже сколько времени держит провод и конечно, ничего не чувствует.

— Ишь ты, умный какой, — рассмеялись в ответ мне; — ток еще не пустили по линии, немудрено, что он спокойно держится за проволоку. Мы дожидаемся, пока пустят ток.

Наконец мы услышали гудок трамвайной электростанции, которая находилась тут же в парке. Послышался

шум вагонов, сверкнула где-то „трамвайная молния“. Мы поняли, что ток пущен.

— А я ничего не чувствую, — закричал сверху державший проволоку.

Вероятно от избытка радостных чувств он вдруг сделал непростительную глупость. В мальчишеском желании прихвастнуть, он соскочил с платформы и повис, раскачиваясь, на проволоке, крича оглушительно: „Ура!“

Это продолжалось несколько секунд. Вдруг раздался раздирающий крик. Тело висящего на проволоке конвульсивно задергалось, мы увидели сильную вспышку, и несчастный гимнаст упал на землю. Все бросились к нему. От действия тока его тело делало такие резкие движения, что провод, на котором он висел, оборвался, и один его конец, коснувшись земли, загорелся ослепительным светом.

Прибежали служащие парка. Вызвали врача, который, не колеблясь, сказал, что пострадавший был поражен электрическим током. Да и без врача было видно, что руки умершего сильно обожжены.

Чем же объяснить этот невероятный случай: поражение электрическим током при прикосновении к одному проводу?!



Большинство из нас немедленно сообразили, в чем была причина.

Надо полагать, — сказал один из присутствующих, — что ты из-за волнения и быстроты событий плохо наблюдал. Ты сказал: „от действия тока тело висящего на проводе стало конвульсивно дергаться и от этих подергиваний оборвался провод“. Мне кажется, что было как раз наоборот: под тяжестью тела погибшего, трамвайный провод оборвался и к несчастью оборвался (это безусловно исключительный случай) между руками висевшего. В этом месте получился обрыв цепи, которую однако замыкал своими руками пострадавший. Естественно, что в момент обрыва провода ток прошел через его тело. Если бы провод оборвался не между руками, а с одной или другой стороны от них, то тогда конечно нельзя было бы говорить о поражении пострадавшего током. Вероятно в той части провода, которая находилась между рук, был какой-нибудь серьезный изъян, иначе вряд ли бы он оборвался в этом месте.

— Извините, пожалуйста, — неожиданно заявил один из присутствующих, — проводу вовсе не надо было обрываться для того, чтобы ток прошел через пострадавшего. Я вам расскажу об одном опыте, который мне случайно посчастливилось видеть в Институте научной педагогики.

Задача 39

В которой человека заменяет электрическая лампочка.

Инженер Алтухов ¹ показывал придуманный им опыт. Он протянул на роликах, прикрепленных к стойкам, горизонтальную проволоку в положении, концы которой соединил с осветительной сетью. Затем он взял лампочку от карманного фонаря, с укрепленными к ее цоколю двумя короткими звонковыми проволоками, и повесил ее за их концы на горизонтальную проволоку (рис. 12). Лампочка ярко загорелась. Взгляните на этот рисунок: разве лампочка,

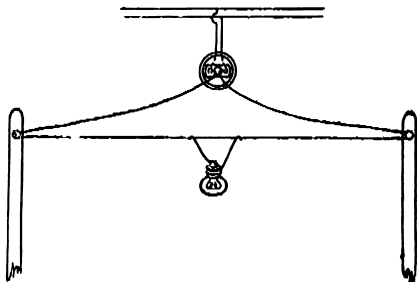


Рис. 12. Вместо человека мы подвесили на проволоку лампочку от карманного фонаря.

подвешенная к проволоке, не аналогична человеку, висящему на трамвайном проводе? Человек касался провода двумя руками, а лампочка касается двумя проволочками. Понятно, что если через такую лампочку проходит ток, достаточный для ее накаливания, то очевидно и через человека, висящего на трамвайном проводе, может пройти ток, достаточный для того, чтобы его убить. Итак, все ваши хитроумные объяснения идут на смарку: через тело человека, держащегося за трамвайный провод двумя руками, должен проходить ток.

Что вы сможете возразить против такого убедительного опыта?

¹ Умер 24/X 1926 г.

Мы ничего и не возражали, но спросили, какой длины, толщины и из какого металла была проволока.

— Этого я, братцы мои, не знаю. Проволочка была тонкая, длиной примерно в 4 м. Очевидно, ее сопротивление было большое, так как ее можно было прямо включать в осветительную сеть. Отсюда я могу сделать вывод, что она не была медной, но из какого материала она была — не могу вам сказать. Откровенно говоря, я вообще не понимаю, почему вы спрашиваете меня об этом.

●

— Видишь ли, — сказал председатель, — я кажется догадался, в чем тут дело, и должен признаться, что, строго говоря, ты прав: через человека, держащего трамвайный провод двумя руками, проходит ток, но весь вопрос сводится к тому, какова его мощность, каково его напряжение. Вдоль проводника, по которому идет ток, наблюдается падение потенциала. Если в опыте инженера Алтухова тоненькая проволочка включалась непосредственно в сеть электрического освещения, напряжение тока которой было 100 V, то разность потенциалов на концах этой проволоки можно принять тоже за 100 V. Это значит, что потенциал одного конца проволоки был на 100 V больше другого, т. е. ток, проходя по проволоке, снижал свой потенциал постепенно на 100 V. Если принять для простоты потенциал одного конца за 100 V, то потенциал другого будет 0 V, а между ними будут всевозможные значения его от 100 V до 0. Для примера мы можем предположить, что ты не ошибся, и что длина проволочки была действительно равна 4 м. Тогда мы можем сказать: ток, проходя по проволоке в 400 см, понижает свой потенциал на 100 V, а пройдя 1 см понизит его на четверть вольта. Это значит, что, проходя любой сантиметр данной проволоки, потенциал падает на 0,25 V. Для того, чтобы нормально накалить карманную лампочку, нам нужно иметь между ее контактами разность потенциалов в 4,5 V. Следовательно, концы ее проволочек, укрепленные в любом месте к горизонтальной проволоке, должны находиться один от другого на расстоянии 18 см ($4,5 : 0,25 = 18$ см).

Представь себе, что ты взялся за эту проволочку руками, так что расстояние между твоей левой и правой рукой равно 1 м (100 см). Очевидно ток, проходящий через тебя, будет иметь напряжение примерно в 25 V ($0,25 \cdot 100 = 25$ V). Ты, надеюсь, понимаешь, что напряжение в 25 V даже не почувствуется.

— Да, но ведь трамвайный провод находился под напряжением не в 100 V, а в 500 V, — возразил товарищ.

— Ты прав, но и длина провода была не 4 м, а, по меньшей мере, 4 км. Не трудно подсчитать, что разность потенциалов между точками трамвайного провода, лежащими на расстоянии 1 м, будет примерно 0,1 V. Сможет ли человек почувствовать ток подобного напряжения, — говорить не приходится.

Один из наших электриков на это сказал:

— Правильно, конечно, что каких бы двух точек трамвайного провода, по которому идет ток, мы ни коснулись, и как бы близко они не лежали друг к другу, их потенциалы будут различны, а следовательно через наше тело, как через ответвление, пройдет ток. Однако в рассуждение председателя вкралась существенная ошибка. Разность потенциалов точек трамвайного провода, лежащих на расстоянии 1 м одна от другой, никогда не будет равна 0,1 V. Она будет в тысячи раз меньше. Вы не учли того обстоятельства, что толстый медный трамвайный провод имеет весьма малое сопротивление и, что почти все падение потенциала приходится на долю трамвайного двигателя а не провода. Было бы крайне невыгодно растерять все вольты в проводе и не довести их до цели — двигателя.

Мы согласились с этим мнением, но председатель неожиданно предложил нам

Задачу 40

Что нужно для того, чтобы в трамвайной линии пошел ток?

— Вы считаете, что разрешили вопрос о жертве трамвайного тока, а я полагаю, что он много загадочнее, чем вы думаете. Если только правильно замечание товарища о том, что силовая станция, питающая трамвай, находилась в районе парка, и что еще ни один вагон не выходил из него, то я берусь утверждать, что в трамвайном проводе ни до разрыва его, ни после, не могло быть вообще электрического тока.

— Но тебе же говорят, что в начале трамвайная линия действительно не была включена, но что потом со станции ток был пущен.

— Еще раз повторяю: тока не было в трамвайной линии. Его не могло быть, независимо от того, был ли, как вы говорите, „пущен со станции ток“, или нет.

— Ты говоришь вздор, — строго заметили мы нашему председателю. — Как ты можешь отрицать, что станция дала ток, если ты сам не был на месте происшествия.

— Я утверждаю гораздо больше: я говорю, что если станция и включила трамвайную линию, против этого я нисколько не возражаю, то все равно, в трамвайных проводах не могло быть тока. Вы допытываетесь, какие же причины дают мне возможность утверждать это, но ведь в этом и состоит моя задача.



Мы отказывались верить, что председатель говорит все это серьезно, и однако он оказался прав.

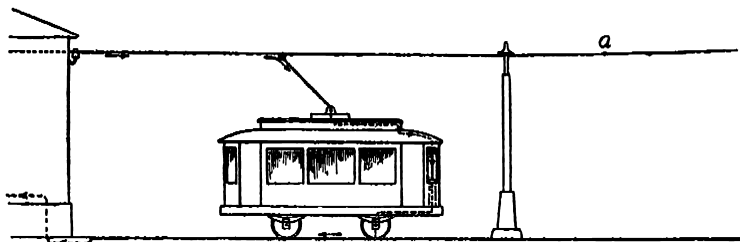


Рис. 13. С левой стороны рисунка показана электрическая станция.

— Чтобы моя мысль была яснее, — сказал он, — я сделаю чертеж (рис. 13). Пусть с левой стороны у меня будет электростанция, от которой идут провода. Вам известно, что вместо второго провода у наших трамваев употребляются рельсы. Ток идет главным образом по рельсам, но частично ответвляется в землю. В 6 часов утра рельсы и воздушный провод соединили с динамомашиной. Скажем: провод соединили с положительным полюсом динамо, а рельсы с отрицательным. Позвольте же вас спросить: возникнет ли ток в трамвайном проводе, если на линии не будет ни одного вагона? Разве цепь будет замкнута? Разве положительный полюс динамо будет соединен с отрицательным полюсом? Конечно, нет.

Допустим, что мы касаемся провода в точке *a*, а трамвайный вагон идет между *a* и электростанцией. Тогда ток возникает на всем протяжении провода от электростанции до трамвайного вагона, но за трамвайным вагоном его попрежнему не

будет. Трамвайный вагон замкнет цепь, и поэтому в его моторах и в проводах между вагоном и электростанцией будет существовать ток. Если бы хоть один трамвайный вагон прошел за точку *a*, то тогда и в ней возник бы ток. Теперь вы понимаете, что если действительно ни один трамвайный вагон не прошел по линии до того, как стали производить тот несчастный опыт, тока в проводе не могло существовать. На этом мы и можем поставить последнюю точку.

Только на другой день, благодаря наведенным справкам, была разрешена эта задача. Оказалось, что рассказчик ошибочно принял за электростанцию трамвайные ремонтные мастерские. Силовая станция находилась в другом конце города, и следовательно цепь трамвайной линии была замкнута вагонами, передвигавшимися в ремонтных мастерских.

— Да, — сказал один из нас, — теперь все эти вопросы стали понятными, и я невольно прихожу к мысли, что если бы на пострадавшем были например резиновые перчатки или — еще лучше — сплошной резиновый костюм, то никакая опасность не угрожала бы ему ни от целого, ни от оборванного провода.

Мы вполне согласились с выводами товарища и добавили, что во время работ с токами высокого напряжения всегда и пользуются резиновыми перчатками.

— Я очень рад, — продолжал товарищ, — что вы согласны со мной. Ну, а что бы вы сказали, если бы я для работ с токами высокого напряжения надел не резиновые перчатки или платье, а сделанные из металлической сетки?

— Мы бы сказали, — ответил я за всех, — что ты большой дурак и делаешь весьма глупую вещь.

— Я ожидал этого ответа. Позвольте же мне, в таком случае, поставить на обсуждение новую

Задачу 41

В которой обсуждается вопрос о том, кто из нас был глуп.

— На днях я прочитал в одном из старых номеров журнала „Электротехнический Вестник“, что его сотруднику удалось присутствовать при чрезвычайно интересных опытах, которые были произведены в Берлинской лаборатории токов высокого напряжения профессором Киевского политехникума Артемьевым. Опыты эти были произведены с целью показать изобретенное проф. Артемье-

вым предохранительное платье. Оно было изготовлено из тонкой, частой латунной сетки.

Показанные опыты были поразительны и убедили присутствовавших в том, что новое изобретение дает возможность совершенно безопасно производить всякую работу с приборами, находящимися под токами высокого напряжения. Так например, проф. Артемьев, стоя на полу и не будучи от него изолирован, извлекал искры из провода, в котором развивалось напряжение до 150 000 вольт. Экспериментатор извлекал искры из обоих проводов цепи и спокойно касался их. В заключение своих опытов он замкнул собою цепь, взявшись руками за оба провода, напряжение тока в которых равнялось 1000 V. Ток короткого замыкания, прошедший через платье экспериментатора, был силой в 200 А. Несмотря на столь мощный ток, проф. Артемьев не ощущал ни малейшего действия тока.

— Как же вы свяжете, — сказал товарищ, — выводы из всех этих опытов с той квалификацией, которой вы наградили меня в начале нашей беседы?



— Пока ты рассказывал, мы сообразили, в чем тут дело. Глупыми оказались конечно мы.

Платье проф. Артемьева окружало тело со всех сторон, включая, следовательно, руки, ноги и голову. Предохранительное действие такого платья заключалось в том, что человек, надевший его и подвергавшийся действию искры или тока, не ощущал их потому, что ток проходил не через тело экспериментатора, а исключительно по металлической сетке предохранительного платья. Нагревание от тока или искры не ощущалось потому, что поверхность латуни, из которой было сделано платье, была весьма большой и быстро рассеивала тепло. В течение нескольких секунд смело можно было пропускать через него ток в 200 А от одной руки до другой без заметного нагревания.

Задача 42

Костюм - громоотвод.

— Это и я сообразил, — сказал автор задачи 41, — но чего я не понял, так это того, какие же преимущества

у металлического платья перед резиновым? Казалось бы наоборот: резиновое и более эластично и более прочно. Протертое место резинового платья быстро приводится в порядок наклеиванием простой резиновой заплаты каучуковым клеем, металлическое же требует для этого значительно более длительных и сложных операций. Наконец нет сомнения, что рука чувствует себя свободнее и увереннее в резиновой перчатке, чем в металлической.

Почему же в таком случае изобретению проф. Артемьева придавали такое большое значение?

— Недостатки подобных металлических костюмов, на которые указал товарищ, и явились причиной того, что они не получили широкого распространения. Однако у них есть одно, но огромное достоинство.

Как вы полагаете, когда бы вы были лучше защищены от удара молнии: в том ли случае, когда вас поместили под колпак, сделанный из изолятора, или из металла? Несомненно, металлический колпак охранил бы вас надежнее резинового. Молния, как и всякий электрический разряд достаточной разности потенциалов, пробивает любой изолятор, помещенный на его пути. Но разряд не будет пробивать проводника, так как электричество свободно распространится по его массе. Молния не пробьет металлического колпака, в котором помещен человек, а, ударив в него, уйдет по его стенкам в землю. Конечно, при достаточной толщине изолятора, его сопротивление будет столь велико, что даже мощный разряд не в состоянии будет пробить его, но при этой толщине платье не даст возможности не только производить какую-нибудь работу, но и вообще двигаться. Платье-проводник, сколь бы тонко оно ни было, вполне предохранит человека.

Представьте себе, что в резиновом платье образовалась маленькая, незаметная трещинка или дырочка и благодаря этому вы окажетесь в том же положении, как и человек без предохранительного платья. Это ничтожное отверстие окажется роковым для вас — через него войдет электрическая смерть, так как здесь ваш организм не будет защищен от разряда высокого напряжения.

Говорить о подобной трещинке или отверстии в металлическом платье вообще не приходится, так как само платье, сделанное из сетки, имеет бесчисленное множество отверстий. Эти

отверстия вполне безопасны: разряд или ток проходит по самой сетке, а не стремится перейти в тело.

Это платье защищает человека подобно тому, как защищает громоотвод дом.

Существенным недостатком подобных костюмов является их неизбежное нагревание при прохождении тока. Экспериментатор, надевший чрезмерно тонкое металлическое платье и подвергнувшийся действию чрезмерно большой силы тока, пострадает не от самого тока, а от нагретшегося платья.

В это время вбежал один из членов кружка и заявил радостным голосом:

— Я сделал открытие! Наши последние задачи навели меня на одну мысль, которую я и выполнил. Результаты вполне подтвердили мои предположения и мне теперь хочется рассказать вам о них в

Задаче 43

О бесплатной электроэнергии.

— Если бы вам сказали, что кто-то для своих надобностей воспользовался током трамвайной линии, вы вероятно упрекнули бы его в противозаконном поступке и конечно никогда не поверили бы, что подобное ответвление от трамвайных проводов можно устроить в центре города. А я устроил его и провел на глазах у всех к себе в комнату.

— И никто тебя не арестовал?!

— Ну, вот, — заявил рассказчик, — за кого вы меня принимаете. Я получил разрешение от домовой конторы.

— При чем же тут домовая контора? — изумились мы. — Разрешение надо было получить от управления трамваями, которое конечно никогда бы его не выдало, так как кому же охота, чтобы у него воровали электрическую энергию.

— Опять вы неправы. Во-первых разрешение надо было брать именно в домовой конторе. Почему? В этом состоит пункт первой моей задачи. А во-вторых у городского трамвая я не похитил ни одного милливатта электрической энергии и вы можете продолжать спокойно считать меня членом нашего кружка. Почему я не похитил энергию? В этом состоит пункт второй моей задачи.



Это была не задача, а какая-то головоломка. Мы были очень нетерпеливо настроены и просили товарища самого объяснить нам свои парадоксы.

— Да все это было очень просто, — начал он. — Я просил разрешения у управляющего домом вкопать в землю около фасада два железных листа: один у одного края дома, другой у другого. Понятно, что я довольно скоро получил на это согласие. От этих листов я и провел через окно в свою комнату две изолированные проволоки. В том, что ток проходит по ним, я убедился не только на гальванометре, но даже на электрическом звонке. Мы с вами говорили о том, что ток по земле, благодаря ее огромной толщине, распространяется не только по прямой линии, а захватывает довольно большое пространство вокруг. Иначе говоря, потенциалы точек земли около рельса трамвая на одном и на другом его конце не будут равны. Не будут они равны и на некотором расстоянии от рельс. Соединив такие две точки неравного потенциала проводником, мы очевидно должны получить в нем ток. Понятно также, что чем дальше будут отстоять эти точки одна от другой, размещенные недалеко от рельс, тем больше будет разность их потенциалов и тем следовательно будет выше напряжение тока.

— Это все прекрасно и повидимому верно, — заметили мы, — но как ты мог сказать, что не похитил таким путем электрической энергии?

— А очень просто, — ответил он, — ведь если между теми точками в земле, куда я закопал железные листы, действительно была разность потенциалов, то очевидно между ними существовал ток и до моей проводки, который проходил по земле и все равно бесполезно терялся. Какой же, скажите пожалуйста, я нанес ущерб трамвайному управлению, если я подобрал то, что для него было все равно потеряно? Конечно моя установка с железными листами вероятно через несколько дней откажется действовать, но для меня в этом вопросе важна принципиальная сторона. Если сделать хорошие заземления, то очевидно все живущие на улицах с трамвайной линией, смогут для многих своих домашних надобностей пользоваться подобными ответвленными токами и ни одно разумное трамвайное управление никогда не будет иметь ничего против этого.

— В этом ты глубоко заблуждаешься, — сказал председатель, — и мне хочется также, в свою очередь, предложить тебе

Которую нам так и не удалось разрешить.

— Я определенно могу утверждать, что трамвайное управление не теряло той энергии, которую ты „подобрал“.



Мы были согласны с председателем, но, к сожалению, не могли ответить на вопрос задачи из-за позднего времени, а потом вообще забыли об этой задаче, и она осталась нерешенной. Но может быть читатель без нашей помощи разберется в ней?

VIII. Телефон кружка.

На следующем заседании кружка у нас впервые произошло серьезное разногласие между членами. Одни говорили, что сейчас, по их мнению, как раз время начать разработку вопросов, связанных с „настоящим беспроводным телеграфом и телефоном“, а другие не соглашались и настаивали на том, что нельзя говорить о радиотелефоне, а тем более, нельзя приступать к его постройке, если мы раньше не ознакомимся с устройством обыкновенного телефона. В конце-концов все согласились на том, что оба эти вопроса можно разрабатывать одновременно.

— Мы с вами совсем отвлеклись в сторону от телефона. Один из присутствующих сказал:

— Я предлагаю осуществить простейшими средствами телефонную передачу и для этого даю вам практическую

О самой простой телефонной установке.

Молча положил перед нами автор этой задачи два головных телефона, употребляющихся при радиоприеме, и моток проволоки.

Молчание.

— Ну, что же ты молчишь?!

— А что же мне говорить, если я дал вам все для установки.



Товарищ был прав: он дал нам все для того, чтобы можно было осуществить передачу разговора на расстоянии. Без бата-

рей и без микрофона (этого важнейшего органа наших обычных телефонов), в который мы говорим и в котором звуковые колебания превращаются в электрические, мы осуществили передачу звука просто-напросто соединив концы шнуров телефонов проволокой, как показано на рисунке 14. В телефон мы по очереди и слушали и говорили.

— Телефон самого изобретателя Белля, — заметил один из нас, — да и современные форпостные телефоны работают совершенно так же. Источника электрического тока здесь нет совсем.

Ток получается от колебания мембраны того телефона, в который говорят. При приближении железной пластинки к намагниченному сердечнику электромагнита, его магнетизм усиливается, при удалении — ослабляется. От этих изменений магнитной силы

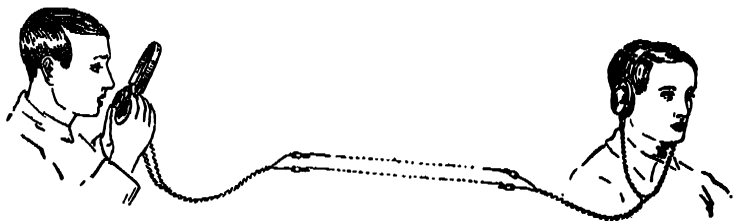


Рис. 14. Самая простая телефонная установка.

в обмотке электромагнита возникают индукционные токи. Эти токи, пройдя через обмотку второго телефона, вызовут колебания его мембраны и воспроизведут речь. Телефоны подобного устройства необыкновенно просты, надежны и компактны, однако они не могут действовать на большие расстояния. Это вполне понятно: в телефоне системы Белля источником тока является колебание мембраны, вызванное звуком голоса. Надо удивляться тому, что эти ничтожные колебания могут вообще вызвать достаточные токи для передачи речи даже на небольшое расстояние.

— Ты прав, конечно, — сказал один из присутствующих, — что это достойно удивления. Но мне давно уже хочется показать вам способ еще более простого устройства телефона. Хотя уже прошло несколько месяцев с того дня, когда я впервые построил его, но до сих пор мне не верится, что такой телефон действительно возможен. Я уже несколько дней таскаю с собой те предметы, из которых сооружается мой телефон, и все жду удобного случая предложить вам

О совершенно необычайном телефоне.

— Вот и все, что нужно для его постройки, — сказал товарищ, выложив на стол: 1) патрон со шнуром. 2) экономическую лампочку в 10 св. и на 110 V.

— Все? — спросили мы.

— Все, — отвечал изобретатель.



— Это шутка, товарищи, — сказал председатель.

Никто из нас в этом не сомневался, но изобретатель гневно посмотрел на нас и сказал:

— То же самое сказали Грегему Беллю специалисты, узнавшие об его открытии.

— Не сердись на нас, — сказал примиряюще председатель, — но согласишься, что ты задаешь нам совершенно непонятную задачу. Ты говоришь: „постройте телефон“, но из чего же мы будем его строить, если ты кроме лампочки ничего не даешь? Если твоя задача не шутка, то подскажи, как ее надо разрешить. Дай нам в руки путеводную нить.

— Вместо „нити“ я дам вам лучше напильник, — сказал рассмеявшись изобретатель.

Но и напильник ничего не разъяснил нам, и мы попросили нашего товарища построить телефон самостоятельно. Он взял напильник и провел им несколько раз вокруг стеклянного кончика баллона, после чего отломил его. Ввинтив лампочку в патрон, он сказал:

— Вот и все устройство моего телефона.

Первый раз, со дня основания нашего кружка, решение задачи было для нас еще большей загадкой, чем сама задача.

Кто-то из присутствующих наконец не выдержал и возмущенно заявил:

— Если ты не мистифицируешь нас, покажи на опыте, как электрическая лампочка превращается у тебя в телефон.

Изобретатель показал нам. Но то, что мы увидели, было так необычайно и так, попрежнему, непонятно, что я вынужден был записать этот опыт в свой журнал, как

О том, как заговорила электрическая лампочка.

— Я и не думаю вас мистифицировать, — сказал изобретатель. — Телефон действительно готов и его можно при-

готовить из любой лампочки в пять свечей¹ на 110 вольт. Теперь остается только включить его в цепь батареи и микрофона. Для большего эффекта, я включу не наш самодельный микрофон, а принесенный мной, который я вывинул из старого обыкновенного телефонного аппарата. Микрофон мы установим в конце квартиры и соединим его проводами с батареей и лампочкой (рис. 15). Я пойду к микрофону, а вы здесь слушайте.

— Да как слушать-то? — в отчаянии от своего непонимания крикнул я.

— Слушать? Просто: приложить к уху отверстие баллона лампочки, которое образовалось после того, как я

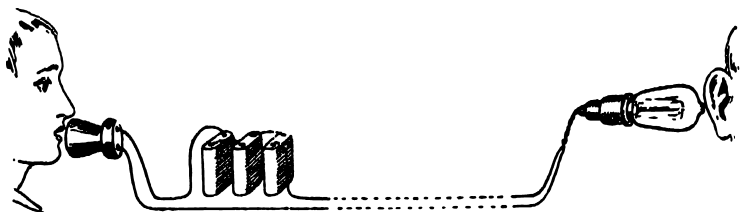


Рис. 15. Этот замечательный телефон работает вполне отчетливо, если отверстие баллона лампочки поднести вплотную к уху.

отломал ее кончик. Я сначала стукну несколько раз у микрофона, потом свистну, а потом скажу что-нибудь.

Несмотря на просьбы собравшихся, я никому не уступил первой очереди „слушать электрическую лампочку“. Все притихли. Я приложил лампочку к уху. Через некоторое время раздался в ней легкий стук, потом многократный свист, а после него голос:

— Теперь ты видишь, что я не шутил? Однако несмотря на то, что я сам решил свою задачу, вам еще останется разъяснить, почему электрическая лампочка воспроизводит человеческую речь?



¹ В настоящее время лампы накаливания обозначают ваттами. Среди теперешних ламп нет такой, которая соответствовала бы пятисвечной. Лампочка на 15 w требует значительно более сильного тока, а это в свою очередь заставляет применять специальный микрофон.

Что тут было! Мы передавали лампочку один другому; охали, ахали. Потом пошли к микрофону и устроили перед ним целый концерт. Потом звонили, лаяли, хохотали. А потом в избытке чувств и гордости, носили нашего бедного изобретателя на руках по всей квартире под клики и аплодисменты.

Мы были так возбуждены, наши мысли так разбегались, что нечего было и думать о самостоятельном решении вопроса, поставленного в предыдущей задаче.

— Я вам еще раз помогу, — сказал снисходительный изобретатель, — и покажу вам тот опыт, который навел меня на мысль о применении лампочки в качестве телефона.

Задача 48

Тепловая песня переменного тока.

— Я включу мою лампочку-телефон в сеть переменного тока последовательно с какой-нибудь другой лампой в качестве реостата. Пусть кто-нибудь приложит ухо к лампочке.

Я моментально выполнил это и когда лампочка была включена, почувствовал, как из отверстия лампы пахнул на меня горячий воздух и затем раздался сильный, чистый звук. Этот звук не прекращался и являлся в результате того, что через нить лампочки проходил переменный ток. Я слышал переменный ток.

Почему же однако я мог его слышать?



„Слышать“ переменный ток можно конечно в любой телефон. Но в нем причины превращения электрических колебаний в звуковые будут совершенно иные.

Когда ток проходит через волосок лампочки накаливания, то волосок нагревается. Благодаря большой поверхности волоска воздух, находящийся в баллоне, быстро нагревается и вследствие этого расширяется. Таким образом на каждый импульс тока воздух в баллоне получает „тепловой толчок“. При известной частоте, подобные „толчки“ будут восприниматься ухом в форме звуковой энергии. Переменный ток (в 100 перемен в секунду) производит в 1 сек. сто нагреваний нити лампочки, а воздух, вследствие этого, получает сто тепловых толчков. Подобная скорость вибраций воздуха будет улавливаться ухом, как музыкальный звук определенной ноты. Речь воспроизводится таким же обра-

зом. Все малейшие изменения тока, вызванные микрофоном, произведут соответствующие изменения температуры нити, а эти последние вызовут в свою очередь подобные же изменения упругости воздуха, которые наконец и воспримет ухо, как звук.

Здесь можно проследить любопытный ряд превращений одной формы энергии в другую, не менее длинный, чем в телефоне Белля, но пожалуй еще более удивительный. Энергия тока превращается в тепловую, тепловая — в энергию упругости, а последняя — в звук.

Да, изобретатель этого теплового телефона был прав, когда сказал, что его телефон достоин удивления.

Сейчас я просматриваю свой журнал. Прошло уже 10 месяцев с того памятного дня, когда мы впервые услышали тепловой телефон, и мы уже успели раз двадцать проделать с ним самые разнообразные опыты. Однако и теперь я нет-нет, да и подумую, не примерещилось ли нам все это? И мне снова и снова хочется отбить кончик у первой попавшейся электрической лампочки и приложить ее к своему уху.

Если, вместо электрической лампочки, включить обыкновенный телефон, получится обычная домашняя телефонная установка, действующая на очень небольшие расстояния в пределах одного дома. Чем длиннее телефонная линия, тем больше ее сопротивление и следовательно для сохранения в ней достаточной силы тока необходимо, чтобы у тока было большое напряжение. Это достигается при помощи включения в цепь индукционной катушки.

IX. Мы разбираемся в некоторых свойствах индукционного тока.

— Замечательный прибор эта индукционная катушка, — сказал один из нас. — Самые слабые токи превращаются в ней в токи колоссальных напряжений. Ничтожное количество электрической энергии батареи превращается в грозную силу, могущую мгновенно убить человека. Меня вообще удивляет, что такой прибор, как индукционная катушка, не употребляется во всех случаях, когда...

— Погоди слагать оду своей катушке, — прервал увлекшегося товарища один из наших сведущих электротехников. — Я принес с собой журнал, который, надеюсь, сбавит несколько твой пыл. Слушайте внимательно, что написано в № 16 журнала „Экран“ за 1926 г.

„Магнето-молния“.

Инженер говорил своим слушателям:

„Вы знаете, что этот конденсатор, весящий всего 870 г, служит хранилищем энергии почти в 4 000 V. Этого количества хватило бы, чтобы освещать электричеством наш дом в течение двух месяцев. Если бы я попытался сообщить конденсатору такую энергию непосредственно от осветительной сети, на это пришлось бы затратить несколько дней. Меня интересовала возможность исключительно быстрой зарядки. С этой целью на пути тока я включил индукционную катушку. Благодаря взаимодействию с магнитным полем, на котором укреплен катушка, ток от внешнего источника энергии усиливается во много раз. Благодаря этому вся процедура зарядки отнимает не больше получаса“.

Оглушительным смехом покрыли мы чтение этой выдержки из журнала.

— Чему вы смеетесь? — спросил, улыбаясь, чтец.

— Прочитай-ка еще раз, на чем была укреплен индукционная катушка? — сказали мы.

— На чем? На магнитном поле. Ясно сказано, — отвечал товарищ.

— Ха-ха-ха! — заливались мы. — Инженер вероятно решил, что магнитное поле это нечто вроде футбольной площадки.

— Да вы не смейтесь, а лучше поделитесь всеми вашими замечаниями, которые вы можете сделать по поводу этого удивительного отрывка.

Давно уже нам не приходилось встречать такого беззащитного отношения к научно-техническим вопросам, такого беспробудного невежества, которое проявил автор этого романа. Надо пожелать только одного — чтобы его имя и его роман все читатели „Экрана“ так же решительно забыли и вычеркнули из своей памяти, как это сделали мы. Мне как секретарю кружка пришлось даже сократить прочитанный отрывок, так как в нем попадались места с такой непроходимой абракадаброй, что ее не смогли бы расшифровать даже средневековые алхимики.

Хотя мы и быстро сообразили, в чем заключаются главные „ляпсусы“ отрывка, но были очень благодарны товарищу, прочитавшему его, за то, что он лишний раз заставил нас вспомнить некоторые весьма существенные обстоятельства.

— Конечно, — сказал кто-то, — 4 000 вольт ни в какой мере не свидетельствуют о количестве электрической энергии или о мощности тока. Если у меня есть батарея аккумуляторов, дающая ток в 10 А при 10 V, то мощность этого тока будет равна мощности тока городской сети, питающей 100-свечную лампу, несмотря на то, что там напряжение тока будет 100 V, а сила тока 1 А. И в том и в другом случае мощность тока равна 100 ваттам. У меня в школе есть лейденская банка, которая весит не 870 г, а всего 400 г, и она может заряжаться до 20 тысяч вольт. Однако запасы энергии в ней совершенно ничтожные, так как ей может быть сообщено весьма малое количество электричества. Таким образом измерять мощность или энергию электрического тока вольтами может только тот, кто ничего не смыслит в электричестве.

Мощность электрического тока измеряется ваттами.

Автор романа говорит дальше, что количества электрической энергии, накопленной его „конденсатором“, хватило бы на два месяца для освещения целого дома. Подсчитаем, сколько же для этого потребовалось бы электрической энергии. Будем очень скромны. Допустим, что во всем доме горят только 10 лампочек по 25 свечей каждая. Предположим также, что двадцати пяти-свечная лампочка берет в час всего 25 ватт-часов. Тогда 10 лампочек за час израсходуют 250 ватт-часов. Положим, что каждый вечер они горят лишь 5 часов. Тогда за сутки они потребуют 1250 ватт-часов, а за 2 месяца — 75000 ватт-часов. Как и всякий аккумулятор, „конденсатор“ изобретателя мог дать в лучшем случае столько же энергии, сколько было затрачено на его зарядку. Следовательно, если он должен был дать 75000 ватт-часов, то очевидно ему надлежало сообщить, по крайней мере, столько же.

Предположим, что источником электрической энергии является наша осветительная сеть, напряжение тока в которой примем за 100 V. Тогда, если бы мы хотели произвести зарядку „конденсатора“ за 1 час, то нам пришлось бы пользоваться током в 750 А, так как известно, что амперы, т. е. сила тока будет равна частному от деления ваттов (мощности) на вольты (на-

пряжение). Автор уверяет, что для заряжения достаточно было 30 минут. Тогда очевидно сила тока должна была быть в два раза большей, т. е. равной 1500 А. Такого тока конечно никакая домовая проводка не выдержала бы. Это единственное место в романе, которое случайно толкуется верно. Какой же выход из этого затруднения предлагает автор? Он предлагает использовать индукционную катушку, которая, по его словам, „усиливает ток от внешнего источника энергии во много раз“. Вот тут-то и полезно вспомнить закон сохранения энергии: никакая машина, никакой прибор не могут произвести большего количества энергии, чем то, которое было затрачено или затрачивается на их работу. Катушка Румкорфа может как угодно менять напряжение и силу тока, но если на ее работу было затрачено, положим, 10 ватт, то и в своей вторичной обмотке она не сможет дать ни на один ватт больше. Наоборот, вследствие неизбежных потерь, она не даст и этих 10 ваттов. То-варищ, так восхищавшийся ею, напрасно забыл об этом.

Но это еще не все; автор романа не только пользуется индукционной катушкой, у него имеется и свой источник электрического тока для зарядки конденсатора. Однако об этом мне хочется рассказать вам в

Задаче 50

О Шарлотте в 200 лошадиных сил.

Источником тока служит магнето. Это та самая машина, модель которой мы строили с вами в прошлом году и которая производит ток так же, как и динамомашинка, благодаря вращению якоря в магнитном поле. В этом рассказе магнето вращала за ручку „милая, славная девушка Шарлотта“.

Какой же силой должна была обладать эта девушка, чтобы за полчаса дать ток мощностью в 75000 ватт-часов.

●

Произвести подсчет было нетрудно. 736 ватт эквивалентны 1-й лошадиной силе. Примем для ровного счета и в пользу автора 750 ватт. Тогда, для того, чтобы за час магнето могло дать 75 000 в.-ч. необходимо было вращать его двигателем мощностью в 100 лс, а за полчаса — двигателем в 200 лс. Какие бы величайшие открытия и изобретения не сделал автор романа, закон сохранения энергии останется незыблемым, а сле-

довательно, сколько бы Шарлотта ни старалась, она в лучшем, идеальном случае сможет получить от своей машины за полчаса не больше электрической энергии, чем она сама может развить мускульной. Если она очень сильна, то ее работу можно приравнять работе $\frac{1}{8}$ механической лошади; тогда за час она могла бы развить в магнето ток мощностью в 130 ватт-часов. И никакими ухищрениями эту мощность нельзя было бы увеличить до 75000 ватт-часов.

Мы с вами хоть пожалеем бедную Шарлотту: на самом деле, и двухсот лошадиных сил на практике не хватило бы. Автор же с ней меньше церемонится:

„Сколько времени ты потратила последний раз на зарядку?“ — спрашивает он.

„Наверно, минут двадцать“, — отвечает несчастная девушка. Это уже равносильно тремстам лошадиным силам.

Берегитесь такой Шарлотты, товарищи!

Мы принялись обсуждать устройство индукционной катушки, употребляемой для телефона. Получать токи любого напряжения во вторичной обмотке можно очень просто, меняя число ее витков.

— Напряжение во вторичной обмотке будет пропорционально числу ее витков. Оно будет во столько же раз больше напряжения в первичной, во сколько раз число витков вторичной обмотки больше, чем в первичной, — сказал председатель.

— Ты не сомневаешься в этом? — прервал председателя один из членов кружка. — В таком случае выслушай мою

Задачу 51

Данные индукционной катушки, наводящие на размышление.

В каталоге физических приборов фабрики Макс Коль значатся следующие данные об индукционной катушке:

Индукционная катушка тип С, № 62535.

Первичная обмотка имеет 360 оборотов. Диаметр — 2 мм.

Вторичная обмотка „ 50000 „ „ — 0,18 мм (Длина — 25 см).

Разность потенциалов на зажимах вторичной обмотки — выше 100000 V. Батарея требуется для нее из пяти аккумуляторов, дающая 10 V.

Вдумайтесь в эти цифры. Допустим даже, что напряжение первичного тока равно 10 V, на самом деле оно будет меньше. Очевидно, что напряжение тока вторичной

обмотки (т. е. 100 000 V), будет в 10000 раз больше напряжения первичной, т. е. 10 V. Председатель сказал нам: во сколько раз напряжение вторичной обмотки больше напряжения первичной, во столько же раз число витков ее должно быть больше числа витков первичной, т. е. в 10000 раз. У первичной обмотки было 360 витков, следовательно у вторичной должно быть $360 \cdot 10000$, т. е. 3600000 витков, а на самом деле их всего 50000.

Эти точные данные совершенно разбивают утверждение председателя, так как при том отношении витков первичной и вторичной обмотки, которое имеется у указанной катушки, а именно — 1:140, в ее вторичной цепи должен был бы индуцироваться ток напряжением всего в 1400 V.



Мы были удивлены, а председатель сказал:

— Ты мне приводишь данные из каталога, а я тебе для доказательства справедливости своего мнения приведу данные из журнала. Ты мне даешь задачу, а я тебе предлагаю контр-

Задачу 52

Из которой наконец выясняется истина.

В № 18 журнала „Наука и Техника“ за 1926 г. написано о катушке Румкорфа:

„Вторичная обмотка делается из проволоки с шелковой изоляцией... Число витков ее должно во столько раз превышать число витков первичной, во сколько раз желательно усилить ток“.

Надеюсь, что этому надо верить, так как эти слова приведены не только в специальном журнале, но и в самом ответственном его отделе, именно в „Переписке с читателями“.



— Что касается меня, — заявил автор задачи 51, — то я лишний раз убеждаюсь, что ошибки могут быть и в специальных журналах. Стоит только еще раз процитировать конец фразы: „во сколько раз желательно усилить ток“, — для того чтобы скептически отнестись ко всей фразе. Мы уже говорили с вами, что ток во вторичной обмотке не усиливается,

а наоборот весьма ослабляется. Увеличивается его электродвижущая сила или напряжение. Что же касается пропорциональности напряжения числу витков, то этот вопрос вы не разрешите, пока не разделаетесь с моей задачей 51.

Весь вопрос, как оказалось, сводился к влиянию самоиндукции первичной обмотки. Нам было известно из работ прошлого года, что в момент замыкания и размыкания цепи, в которую включена катушка, в ней возникают токи самоиндукции или экстратоки. При замыкании, экстратоки будут направления обратного первичному току, при размыкании — того же направления. Таким образом в момент размыкания цепи, напряжение в первичной обмотке будет равно сумме электродвижущих сил основного тока и экстратока и следовательно значительно выше, чем напряжение батареи, питающей катушку.

У хороших индукционных катушек отношение витков первичной обмотки к вторичной колеблется от 1:100 до 1:150. Однако у них электродвижущая сила тока размыкания превышает в 100 и даже 200 раз эдс генератора, питающего катушку.

Наконец-то мы поняли, что утверждение о пропорциональности напряжения к отношению витков первичной и вторичной обмоток правильное, если только за напряжение первичного тока не принимать эдс источника тока, питающего катушку, а эдс тока размыкания. Мы не могли не пожалеть, что журнал, подвергнувшийся нашей критике, не разъясняет этого существеннейшего вопроса своим неосведомленным читателям. Мы сами знали не одного любителя, который неправильно толкуя эту роковую фразу о пропорциональности, приступал к постройке катушек Румкорфа с заведомо неправильным подсчетом числа ее витков.

Х. Наши мысли о ионизации.

— Наконец-то мы можем, сказал один из присутствующих, — приступить к опытам по радиотелефонии.

Может быть я забегу слишком вперед со своим вопросом, но ведь в прошлом году мы довольно подробно разбирали принцип устройства радиотелеграфа, даже построили модель приемной и отправительной станции и посылали и принимали при помощи их электромагнитные волны. Мне давно уже хотелось поделиться с вами одним любопытным фактом, который до сих пор остается совершенно непонятным мне.

О фабричном дыме.

— Я прочитал в каком-то журнале, что фабричный дым значительно ослабляет радиоволны. Район действия радиоаппаратов сильно сокращается, если на пути электромагнитных волн встречается дымовая завеса. Вследствие этого в больших фабричных городах радиоприем хуже в рабочие дни.

Радиоволны свободно проходят сквозь стены домов, им не мешают стоящие на их пути горы или дремучие леса и вдруг тонкий, редкий слой дыма оказывает на них такое влияние, что на это считают необходимым указать в специальном журнале.

Согласитесь, что это странно. И особенно странно потому, что ведь дым, состоящий, как вам известно, из мельчайших частиц сажи, — проводник электричества, так как сажа электропроводна. Почему же в таком случае он препятствует распространению электромагнитных волн?



Мы с недоумением поглядели на автора этой задачи.

— Погодите-ка разъяснять этот вопрос, — сказал один из присутствующих. — Пусть автор задачи 53 сам сначала решит

Задачу 54

„Тайна его глаз“.

Недавно я читал книгу Мориса Ренара „Тайна его глаз“. В ней говорится, что во время войны в 1915 г. одному солдату, потерявшему зрение, были вставлены вместо глаз особые искусственные глаза-приборы. Эти замечательные аппараты воспринимали не световые волны, а электромагнитные. Они были соединены с глазными нервами и таким образом передавали впечатление мозгу, как световое. Оперированный получил возможность видеть все естественные и искусственные источники электромагнитных волн, а также и все тела, от которых эти волны отражались. Вот, что рассказывает сам герой романа через несколько дней после операции:

„Электромагнитный мир представлял собой обязательное для меня световое зрелище. Я не имел возможности

оградить себя от него при помощи плотно сомкнутых век: они все равно пропускали электромагнитные лучи. Это становилось все более утомительным: я был лишен возможности заснуть. Тогда для меня были сделаны непроницаемые очки из наложенных друг на друга различных изоляторов. Сквозь эти очки прекращался доступ каких бы то ни было электрических лучей“.

— В чем же заключается вопрос этой задачи? — спросил автор предыдущей.

— А ты ничего не имеешь возразить по поводу прочитанного отрывка из романа? — спросили мы в свою очередь.

— Конечно ничего, — ответил он.

— Ну, а мы имеем даже два возражения.

— Нам понятно, почему ты не можешь догадаться, в чем заключается непростительная безграмотность в приведенном отрывке. У Ренара и у тебя сложилось почему-то превратное представление о действии проводников и изоляторов на электромагнитные волны. Препяду для них представляет именно проводник электричества, а не изолятор. Наши прошлогодние опыты должны были бы тебя убедить, что в каждом проводнике, который стоит на пути электромагнитных волн, возникают благодаря им электрические токи. Энергия электромагнитных волн тратится на возникновение токов в проводнике. Когда же на пути радиоволн встречается изолятор, то они могут пройти сквозь него потому, что им не приходится отдавать свою энергию на передвижение электричества в изоляторе.

Теперь ты понимаешь, что больному в романе Ренара совершенно не к чему было делать очки из „наложенных друг на друга различных изоляторов“. Такие очки ни в какой степени не прекратили бы доступ к глазам электромагнитных лучей. Их следовало бы сделать из меди, и тогда у больного прекратились бы электромагнитные видения. Веки глаз во всяком случае лучше ограждали его от электрических лучей, так как веко все-таки лучший проводник, чем самая сложная комбинация изоляторов, вставленная в оправу вместо очковых стекол.

Железная крыша представляет собой прекрасный экран для радиоволн. Стены дома лишь очень слабо задерживают их, так как они дурной проводник, а оконные стекла совсем не задерживают радиоволн. Горы и леса несомненно также задерживают

радиоволны. Недаром же антенны стремятся расположить возможно выше над земной поверхностью для того, чтобы радиоволны не встречали на своем пути преград.¹ В Англии и Америке на некоторых железнодорожных линиях в поездах-экспрессах были недавно установлены радиоприемники, которые дают возможность пассажирам во время движения поезда слушать концерты, рекламы и пр. При первой же пробе этих радиостановок выяснилось, что во время движения поезда в туннелях радиоприемник перестает действовать. Однако стремление ставить возможно более высокие антенны имеет и еще одну существенную причину, которая, между прочим, дает возможность разъяснить вопрос и о фабричном дыме. Товарищ сказал, что дым — проводник, потому что — он состоит из частиц сажи. Во-первых следует заметить, что сажа плохой проводник электричества, а в том распыленном состоянии, в котором она находится в дыме, ее несомненно правильнее было бы назвать изолятором, чем проводником. Причина тут заключается не в том, что дым проводник, а в том, что дым наэлектризован, точнее — дым и газы, выходящие из фабричных труб.

Мы уже беседовали с вами в прошлом году о том, что раскаленное тело является источником электронов, т. е. атомов отрицательного электричества. Отрицательное электричество выбрасывается телом, а само тело получает положительный заряд. Раскаленный уголь в печах также электризуется положительно, а следовательно и его мельчайшие несгоревшие частицы, увлеченные в трубу током воздуха, также должны нести положительный заряд.² Следовательно дым будет заряжен положительно. Но если уголь в печах и дым получают положительный заряд, то обязательно должен возникнуть равный ему отрицательный заряд. Что же электризуется отрицательным электричеством во время горения угля в фабричных печах? Отрицательный заряд получают те газообразные продукты, которые выделяются в результате сгорания угля и выбрасываются через трубу вместе с дымом. Если бы мы могли видеть глазом частицы дыма и наэлектризованные частицы газов, так называемые ионы, в момент их выделения из трубы какого-нибудь завода мы имели бы, надо полагать, точное представление о том, что такое

¹ Вопрос о распространении электромагнитных волн мы разобрали впоследствии подробнее.

² Это не частицы самого угля, а твердых и жидких продуктов его неполного сгорания.

хаос. Частицы, заряженные одноименно, отталкивались бы, заряженные разноименно — притягивались бы. Они кружились, двигались бы во все стороны, с самыми различными скоростями, соединялись и вновь расщеплялись бы. Вот этот-то первобытный хаос, этот ионный растревоженный муравейник и мешал бы пройти без ослабления и искажения электромагнитной волне.

Невысоко над почвой воздух почти всегда ионизован. Это вторая причина, почему антенны стремятся установить выше этого ионизованного слоя. Над поверхностью океана ионизация воздуха происходит значительно слабее, передача же радиоволн — на большее расстояние. Есть и еще причины заставляющие устанавливать высокие антенны, о них мы узнали впоследствии.

Собравшись на следующий день, мы никак не ожидали, что один из членов кружка вернет нас от задачи 53 к давно забытой задаче 1.

— Прежде чем идти дальше, — сказал он, — предлагаю вам решить

Задачу 55

Опять о паровозе.

В решении задачи 1 мы говорили: „телеграфные провода электризуются проходящими поездами в том случае, когда паровоз по той или иной причине выпускает пар из котла в воздух“.

Что мы можем сейчас добавить к этой фразе?

● Задача была очень неожиданной, но решение ее не заставило себя долго ждать. К фразе об электризации проводов паром необходимо было добавить: „и дымом, выходящим из трубы паровоза“. Товарищ, живший лето на Кавказе, заметил, что это безусловно верное и необходимое добавление, так как электризация проводов возникала именно в тех случаях, когда в паровоз подбрасывали уголь и из его трубы валил густой дым. Он добавил также, что скорее можно сомневаться в значении пара, чем дыма, так как иногда электризация проводов наступала даже в том случае, когда машинист не пускал пара в трубу для усиления тяги (см. задачу 1).

— У меня также есть задача о дыме, — сказал другой член кружка, — и я даже могу сказать, что эта новая

Не задача, а изобретение.

Вчера мы говорили о том, что дым мешает радиопередаче. Но ведь это самое малое зло, причиняемое дымом жизни большого промышленного города, над которым он расстилается как вечное, серое небо, неустанно коптящее людей и дома. Избавиться от дыма было бы хорошо не только для одного радиотелеграфа.

Я придумал сегодня необыкновенно простой и дешевый способ для уничтожения дыма, выходящего из фабричных труб. Мало того, мое изобретение дает возможность собрать весь этот дым в виде сажи и использовать ее.

Все, что нужно сделать в фабричной трубе для того, чтобы осуществить мой план, — это натянуть по оси трубы сверху донизу какую-нибудь проволоку. Кое-что еще надо сделать, но что именно — догадайтесь сами.



— Очевидно твою проволоку, идущую внутри трубы, — сказали мы, — нужно соединить с отрицательным полюсом какого-нибудь генератора, дающего большую разность потенциалов. Положительно заряженные частицы дыма будут оседать на проволоку, и по мере увеличения на ней налета сажи можно ее счищать тем или иным способом, — например хотя бы резким потряхиванием проволоки.

Впоследствии мы выяснили, что подобные проекты не раз и выдвигались, но пока-что все они обнаружили на практике те или иные недостатки.

— А ведь мы можем, — сказал я, — опытом подтвердить справедливость наших соображений. То, что дым, копоть, а следовательно и мельчайшие твердые, раскаленные частицы, находящиеся в светящем пламени (например свечи), действительно несут положительный заряд — это известно нам из опытов прошлого года. Вспомните: достаточно было поднести пламя свечи к отрицательному кондуктору электрофорной машины для того, чтобы оно наклонялось в сторону кондуктора и оставляло на нем слой сажи. Наоборот, когда мы подносили пламя к положительному кондуктору, то никакими силами нельзя было закоптить кондуктор. Но эти опыты говорили о том, что в пламени имеются положительно заряженные частицы — положительные

и отрицательные ионы. На эту тему я предлагаю

Задачу 57

Как сделать видимыми газовые потоки пламени.

Я ставлю перед вами две бутылки, к которым укреплены крышки от кастрюлек, одну из которых я заряжаю положительным электричеством (стеклом, потертым о кожу), а другой сообщаю отрицательный заряд целлу-

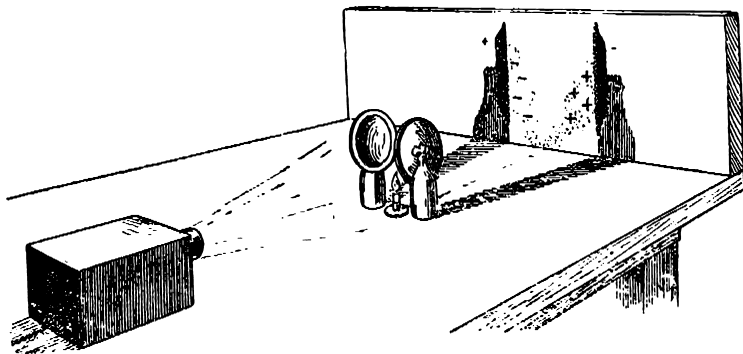


Рис. 16. Ионные потоки газов видны на экране тем лучше, чем большей силы источник света в проекционном фонаре и чем меньшего размера нить лампочки. На первом месте вольтова дуга, на втором — полуваттная лампочка. Проще всего проскитировать тень потока газов на белой бумаге или простыне, повешенной на стене.

лоидной гребенкой, потертой о сукно. Между крышками ставлю зажженную свечу.

Вот вам и весь опыт! Если только бутылки совершенно сухие и заряды на крышках кастрюлек не будут стекать, то газообразные продукты горения разделятся на две струи.

— Погоди, — перебили меня слушатели, — твой опыт ничуть не лучше нашей теории: как же мы можем убедиться в раздвоении потока газов, если газ невидим?

— Чудаки! В этом же и состоит моя задача.

Для того, чтобы сделать видимым поток газов или паров, достаточно направить на них сильный пучок света и спроектировать их тень на белом экране. Мы воспользовались нашим проекционным фонарем в качестве источника света (рис. 16).

Пока крышки кастрюлек не были заряжены электричеством, поток газов поднимался вертикально вверх, но как только крышкам сообщались противоположные заряды — поток разветвлялся на два направления: один поток шел к положительно заряженной крышке, а другой к заряженной отрицательно.

XI. Как мы строили радиоприемник.

— Знаете, что я хочу вам сказать? — заявил председатель. — Если мы будем так часто останавливаться на деталях и уклоняться в сторону, как это делаем сейчас, то нам радиоприемника не построить не только к зимним каникулам, но и к летним. Давайте-ка займемся сейчас сооружением простейшего приемника.

— Но как же мы будем строить приемник, если у нас еще остались не решенными вопросы, связанные с сущностью радиопередачи.

— Я сам прекрасно знаю, — сказал председатель, — что не все для нас достаточно ясно, однако не думаете же вы, что рядовой радиолюбитель знает и понимает больше нас?! А ведь он строит вполне удовлетворительные радиоприемники. Еще большой вопрос, что нам глубже разъяснит и больше нас сблизит с процессами радиопередачи — теоретические рассуждения или опыт и практическая работа. Итак, предлагаю превратиться в радиолюбителей и завершить нашу работу первого полугодия практическим осуществлением одного из величайших достижений современной науки — радиотелефонного приемника.

Так как это предложение вполне совпадало с нашим давнишним желанием, то все принялись горячо обсуждать вопрос о том — „с чего начать“ и „как начать“.

— Тут нечего и обсуждать, — заявил один из присутствующих, — начать можно с чего угодно; я предлагаю — с антенны.

Сегодня уже поздно, пора расходиться по домам, а завтра начнем налаживать антенну.

На другой день между трубами нашего и соседнего дома была натянута антенна. Ее конец — снижение — мы ввели через

раму окна в нашу комнату, вставив предварительно в отверстие рамы резиновую трубку. Антенна была готова.

Сделать заземление в наших городских условиях было совсем просто. Для этого достаточно было соединить какой-нибудь провод с водопроводной трубой (или краном).

Один из присутствующих соединил конец антенны с проволокой, идущей от водопровода, и сказал:

— Если сейчас откуда-нибудь посылаются радиосигналы, то в этой нашей проволоке, соединяющей антенну с землей, возникают радиотоки, т. е. переменные токи весьма высокой частоты. Итак, мы уже имеем возможность улавливать радиоволны.

— Может быть ты и прав, — заметили на это присутствовавшие, — но мы пока лишены всякой возможности убедиться в этом.

— Убедиться в этом можно очень легко, — продолжал товарищ; — для этого достаточно включить в нашу радиосеть телефонную трубку.

Мы даже подпрыгнули от удовольствия и неожиданности и хотели уже „покачать“ нашего изобретательного друга, но он отверг наши излияния словами:

— Если хотите, то качайте профессора Михельсона, а не меня; у него в книге я прочитал: „в последнее время все чаще пользуются телефонными приемниками, которые оказываются не только проще, но и гораздо чувствительнее когереров“. В прошлом году мы уже работали с когерером, который включали в радиосеть; теперь попробуем, по совету проф. Михельсона, включить на место когерера иной приемник радиоволн — телефон.

Действительно, обнаружить радиотоки таким простым способом было весьма заманчиво. Вместе с тем, мы не сомневались, что если только в антенне возникали токи, то они, пройдя через телефон, должны были вызвать в нем хотя бы самый слабый звук. Мы немедленно включили телефон в антенну и принялись слушать (рис. 17).

Прошел час, второй, у нас уже стало истощаться терпение, а мы ровно ничего, кроме слабого ровного гула, не могли уловить.

— Да может быть никакая радиостанция за это время не работала? — предположил кто-то.

— Может быть конечно и не работала, — сказал один из членов кружка, — но пока вы слушали, я думал, и пришел к убеждению, о котором расскажу в

Какие токи не приводят в движение мембраны телефона.

Если бы за эти два часа какая-нибудь радиостанция работала даже в нескольких десятках метров от нашей антенны, то и тогда мы ничего не услышали бы в телефон. В антенне и в телефоне существовали бы токи, и все-таки мы не слышали бы их.

— Ты думаешь, что они были бы слишком слабы?

— Нет. Причина в другом и вы должны догадаться, в чем она заключается.

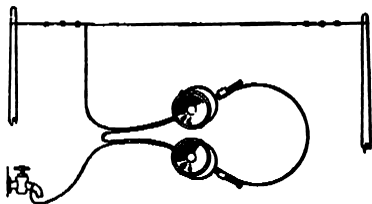


Рис. 17. Бывает, что и при таком включении телефона, слышны сигналы близкой радиостанции. Однако это происходит лишь тогда, когда случайно от плохого контакта в цепи (также от других причин) наступает частичное детектирование радиотока.

Мы должны были бы сообразить это раньше, но в горячке работы у нас совершенно вылетело из головы, с какими токами нам придется иметь дело. Конечно радиотоки — это переменные токи, и казалось бы мембрана телефона должна была дать определенный звук, как она давала его например от переменного тока осветительной сети. Весь вопрос сводился к ча-

стоте перемен или, как говорят, периоду колебаний, т. е. времени, в течение которого совершается одно колебание тока. Одним полным колебанием тока называют два его импульса: один в одну и другой в обратную сторону. Следовательно, за одно колебание или в течение одного периода ток сообщит два толчка мембране телефона: мембрана притянется к электромагнитам и оттолкнется. В радиотелефонии частота колебаний бывает не меньше 100 тысяч в секунду. Как бы тонка и эластична ни была мембрана телефона, она не в состоянии произвести столько колебаний в одну секунду. Мембрана не успевает начать двигаться в одну сторону, как импульс тока обратного направления толкает ее в противоположную. В результате, благодаря инерции, мембрана не успевает двинуться ни туда, ни сюда: она остается неподвижной, и следовательно наше ухо не обнаруживает никакого звука. Очередная задача современной техники преодолеть этот недостаток телефона.

— Совсем не это главная причина, заметил председатель. Предлагаю решить

Задачу 59

О неслышном звуке.

Пусть мембрана телефона даже могла бы совершать 100 тысяч колебаний в секунду, но все равно наше ухо ничего бы при этом не уловило. Технике совершенно незачем стремиться построить такой телефон, который мог бы звучать от действия этих быстрых колебаний, так как звука он дать все равно не сможет.



— Ты так подчеркнул, что при слишком быстром колебании мембраны ухо все равно не уловит звука, что не надо быть очень догадливым для того, чтобы понять, в чем дело. Наш орган слуха может воспринимать звуковые колебания, частота которых не превышает 30 тысяч в секунду. Понятно, что более частые колебания не могут быть вообще восприняты как звук, если даже они существуют. А ты,—обратились мы к товарищу, предложившему нам использовать телефон,—ты вместе со своим проектом позорно провалился.

— Если я провалился, то что же сделалось с профессором Михельсоном, — ядовито заметил товарищ.

— Профессор Михельсон остался на своем месте, а вот фраза его оказалась действительно неладно сказанной: нельзя противопоставлять телефонный приемник когереру. Телефонный приемник — это сложный аппарат, в котором лишь ламповый или кристаллический детектор можно сравнивать в известной мере с когерером.

— Позвольте же и мне,—сказал я,—высказать свое мнение. Я убежден, что о самой-то главной причине молчания телефона мы так и не догадались. Знаете почему молчал телефон? Нет? Ну, так я вам скажу об этом в

Задаче 60

В которой механика уступает место электричеству.

Телефон молчал, потому что в нем не было тока. Конечно и соображения нашего товарища, который „думал, когда мы слушали“, и соображения председателя

правильны. Но очевидно они могут быть справедливы лишь в том случае, если радиоток проходит через обмотку электромагнитов телефона. Однако я утверждаю, что несмотря на то, что в антенне возникала разность потенциалов, в телефоне токов не было.

Члены кружка молча и серьезно выслушали мое сообщение и не набросились на меня с протестами, как это бывало раньше при подобных парадоксальных утверждениях. И хотя после обсуждения выяснилось, что мое утверждение несколько преувеличено, однако основная мысль была найдена правильной и интересной. Уже в прошлом году мы разбирали вопрос о самоиндукции и связанным с ней кажущимся сопротивлением проводника. Это кажущееся сопротивление будет тем больше, чем больше перемен в секунду будет у проходящего через проводник тока. Самоиндукция телефона весьма велика, благодаря тому, что его катушки имеют очень большое число витков проволоки и снабжены стальными сердечниками. Переменные токи радиочастоты вызывают в телефоне такое огромное, кажущееся сопротивление, что фактически проходящий ток будет настолько слаб, что не сможет привести в движение мембраны. Ток будет проходить через телефон, но его сила в тысячи раз окажется меньшей силы радиотока, могущего возникнуть в антенне без телефона. Практически при большой самоиндукции телефонов можно считать, что действительно в них не существует тока.

— Все это прекрасно, — сказал один из присутствующих, — но сегодня вечером наша городская ширококвещательная станция дает концерт и поэтому я срочно предлагаю разрешить

Задачу 61

Как заставить говорить телефон.

Мы разобрали с вами три причины молчания телефона. Однако все они существуют лишь потому, что радиотоки — токи переменные. Исходя из этого соображения, не предложит ли кто-нибудь средство для того, чтобы заставить работать телефон под действием радиотоков.

— Предлагаем средство, — закричало несколько человек, — предлагаем использовать выпрямитель тока.

Действительно, если бы удалось выпрямить радиоток, то все „три причины“ были бы устранены.

Электролитический выпрямитель тока, с которым мы работали в прошлом году, был в полном порядке.

Решено было выпрямитель включить последовательно с телефоном в радиосеть. Однако и после такого включения мы ровно ничего не слышали в телефонную трубку. Тогда я сказал, что если бы мы помнили достаточно хорошо наши беседы прошлого года, то вообще не теряли бы попусту время на этот опыт

Задача 62

Почему алюминиевый выпрямитель не выпрямляет радиотока?

Выпрямитель в таком виде, как мы его сейчас применили, никогда не сможет выпрямить радиотока, возникающего в антенне. Мне кажется, что если несколько изменить его конструкцию, то он будет вполне удовлетворительно работать.

Мы действительно вспомнили о наших опытах с алюминиевой кружкой и поняли, почему выпрямитель не может выпрямлять радиотоков. Когда мы наливали раствор двууглекислой соды в большую алюминиевую кружку и погружали в него железный или свинцовый электрод, то такой прибор также выпрямлял переменный ток осветительной сети, но при этом выяснилось одно любопытное обстоятельство. Когда переменный ток хотят пропустить через раствор соды и при этом одним из электродов служит алюминий, то через раствор проходят лишь те токи, которые направляются от свинца (или железа) к алюминию. Обратный ток, при котором на алюминии будет выделяться кислород, не проходит потому, что окисляющаяся поверхность алюминия представляет весьма дурной проводник. Понятно, что полное прекращение этого обратного тока возможно только при условии достаточно сильного окисления поверхности алюминия.¹ И вот, когда нашим выпрямителем была алюминиевая кружка, мы заметили, что ток в 1 А выпрямляется, а в 0,1 А — нет. Очевидно этот слабый ток оказывается недостаточным для того, чтобы покрыть большую поверхность алюминиевой кружки слоем окисла необ-

¹ На самом деле, как это указывалось еще в прошлых наших работах, процессы в выпрямителе протекают более сложно.

ходимой толщины за тот небольшой промежуток времени в течение которого длится ток. Тогда мы сделали выпрямитель, сначала из алюминиевой чайной ложки, а затем из узкой полоски листового алюминия. Этим последним выпрямителем мы и воспользовались сейчас. Однако могли ли радиотоки, измеряемые миллионными долями ампера, покрыть нашу алюминиевую пластинку достаточным слоем окисла.



Рис. 18. Вместо алюминиевой пластинки можно взять проволоку с остро заточенным кончиком. Электролитический детектор будет при такой замене лучше работать.

Это было трудно предположить, и опыт подтвердил, что алюминиевая пластинка отказывается работать. Выход из этого затруднения был ясен: надо было уменьшить поверхность алюминия до микроскопических размеров.

Выполнили мы это следующим образом. Налили в рюмку, раствор двууглекислой соды и закрыли ее пробкой (рис. 18), сквозь которую просунули алюминиевую пластинку с отточенным (возможно более тонко) кончиком и широкую свинцовую пластинку. Алюминиевая пластинка держалась в пробке благодаря трению, и мы могли, по нашему желанию, как угодно приподымать и опускать ее. Когда подкисленной воды касался лишь кончик острия пластинки, то ее окисляющаяся поверхность оказывалась весьма малой.

— Скорее, скорее включайте выпрямитель в антенну, — торопили нас самые нетерпеливые, — уже семь часов. Концерт уже начался.

Делом нескольких минут было включить наш прибор вместе с телефоном в сеть антенны. Мы принялись слушать и регулировать контакт между острием алюминия и поверхностью жидкости (рис. 19).

Телефон стрекотал, шумел, пощелкивал, и вдруг в нем, на фоне этого шума, мы услышали какую-то мелодию.

Наконец-то победа. Мы передавали головной телефон от одного к другому и прослушали в величайшем волнении, какого мы никогда не испытывали сидя в театре, весь концерт до конца. Однако я должен признаться, что мне пришлось впервые слышать такой необычайный концерт. Звуки были настолько слабые, что еле прослушивались. Одни утверждали, что это играет оркестр, другие говорили: „поет хор“, третьи были уверены, что исполняется сольный номер и только невозможно понять, поет ли это мужчина или женщина. В моих ушах кроме

того раздавались какие-то гудки заводов и пароходов, стук ломовой телеги и другие непонятные звуки. Хотя мои товарищи и утверждали, что они выслушали концерт до конца, но я, спустя четверть часа, уже перестал понимать загадочный язык головного телефона. Хаос звуков сгустился больше все и больше и единственно, что можно было еще уловить в нем, — это работу радиотелеграфных станций, чьи долгие и короткие сигналы я принял было за пароходные гудки.

Наша победа была очень относительной победой, так как во всем этом звуковом хаосе виноваты были мы, а не ширококвещательная станция.

В связи с этим председатель предложим нам

Задачу 63,

Из которой выясняется, в чем мы были виноваты.

— Наш в высшей степени плохой прием радиопередачи я объясняю двумя причинами: несовершенством нашего выпрямителя и главным образом тем, о чем мне хочется, чтобы вы догадались сами.

В несовершенстве нашего выпрямителя мы конечно несколько не сомневались; его конструктивные недостатки слишком бросались в глаза. Однако сама идея нам казалась вполне правильной и мы были очень довольны тем, что опыт подтвердил это. Подобные выпрямители, или, как их принято называть, электролитические детекторы применялись с большим успехом в радиотелеграфии, пока не были найдены иные, более удобные и надежные. В электролитическом детекторе вместо раствора соды применялся раствор серной кислоты, а вместо алюминиевой проволоки — чрезвычайно тонкая платиновая. Платиновая проволока конечно не покрывается окислами при выделении на ней кислорода, но тем не менее она также выпрямляет радиотоки, благодаря иным причинам. Токи, возникающие в антенне, настолько слабы, что для них представляет существенное препятствие тот

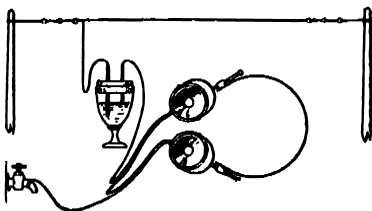


Рис. 19. Такой „приемник“ уже дает возможность слушать местную ширококвещательную станцию, если она расположена недалеко от приемника.

тончайший слой газа, который выделяется на кончике платиновой проволоки в результате электролиза. Вызываемая этими токами поляризация еще усугубляет явление, в результате чего такой электролитический детектор действует, как клапан: пропускающая через себя токи только одного направления.

Детектором вообще называют тот существеннейший орган радиоприемника, который тем или иным способом дает возможность так выпрямить радиоток, чтобы все его изменения точно воспроизводились выпрямленным током или, как его обычно называют, током низкой частоты. Их существует весьма большое разнообразие. Одни из них основаны на тепловом действии радиотоков, другие на магнитном, третьи, как указывалось уже, на электролитическом, и т. д.

Из всех этих детекторов наиболее распространенным является кристаллический детектор. Рабочим местом нашего детектора был контакт между раствором соды и алюминиевой проволокой, а рабочим местом кристаллического детектора — контакт между некоторыми минералами и например стальной проволокой. Такой детектор также выпрямляет ток и действует как клапан. Устройство его настолько просто, и он стал в настоящее время настолько известным, что описывать его конструкцию не стоит. Мы просто купили в радиомагазине галеновый детектор.¹

Однако недостатки нашего электролитического детектора, как правильно указал председатель, были лишь одной причиной несовершенного приема. Другая заключалась в том, что антенна принимала все радиоволны, какие только доходили до нее, и обладали достаточной мощностью для того, чтобы действовать на телефон. Они одновременно приводили в колебание мембрану телефона и создавали тот хаос звуков, который лишил нас возможности слушать радиоконцерт. Мало того, наш приемник, отзываясь на радиоволны всех станций, откликался на них очень слабо. Радиотелеграфные станции военных и коммерческих судов посылали сигналы более мощные, чем наша широкопередаточная станция, и поэтому заглушали ее. Мы вообще могли ее слушать только потому, что наша антенна была расположена сравнительно близко от нее. Приемник откликался на все электрические колебания потому, что любое из них почти одинаково легко могло возникнуть в нем и ни одного он не был в состоянии ни поддержать, ни тем более усилить.

¹ Галеновым детектором называется детектор, в котором в качестве кристалла применяется галенит, иначе свинцовый блеск.

Как же оградить свой приемник от всех радиоволн и принять только те, которые желательны?

Если все радиоволны будут иметь один и тот же период колебаний или, как чаще говорят, одну и ту же волну, то нам не удастся никакими мерами освободиться от них. Мы примем все их зараз и даже опытное ухо не в состоянии будет разобраться в том звуковом сумбуре, который получится в телефоне. Однако отправительные станции строятся на различную длину волны, т. е. на различный период колебаний, и благодаря этому открывается возможность принимать сигналы только той станции, которую предполагают слушать.

— Мне кажется, — сказал председатель, — что мы могли бы теперь ближе подойти к делу и решить

Задачу 64

От чего зависят электрические колебания.

— Товарищи, я беру короткий кусок звонковой проволоки и протыкаю ее через резинку. Держа резинку в руке, я придаю проволоке для удобства наших дальнейших рассуждений вертикальное положение. Мы уже говорили с вами, что стены дома не преграждают пути радиоволнам, — следовательно, если в настоящий момент на территории нашего города проносятся радиоволны, они должны вызвать в этой проволоке радиоток, т. е. колебательные токи. Проволочка, которую я держу в руке, представляет собой не что иное, как маленькую антенну.

Однако, если в этой проволоке возникает ток, то потенциалы одного и другого ее конца не могут быть равны, иначе никакого тока вообще не могло бы существовать. Допустим, что на верхнем ее конце получился положительный потенциал, а на нижнем отрицательный, тогда ток в проволоке пойдет сверху вниз и будет течь до тех пор, пока положительный и отрицательный потенциалы не сравняются. Если как раз в этот момент полного выравнивания потенциалов на отправительной станции возникнет ток обратного направления, то на верхнем конце моей проволоки окажется отрицательный потенциал, а на нижнем положительный. Они дадут ток обратного направления и в моей маленькой антенне: от нижнего ее конца к верхнему. Подобные колебательные токи в прием-

ной антенне будут существовать до тех пор, пока будут существовать радиоволны и колебательные токи в отправительной антенне.

Однако представьте себе такой случай: колебания радиотока совершаются с огромной быстротой, положительный потенциал верхнего конца нашей проволоки не успевает понизиться даже на тысячную долю, как благодаря новому колебанию радиоволны на нем возникает отрицательный потенциал. Иначе говоря, чуть только успевают возникнуть ток в проволочке по направлению сверху вниз, как в ней уже появляется обратный ток — снизу вверх. Никто из нас не будет ни минуты сомневаться в том, что при этих условиях в проволоке никакого тока не будет, или если будет, то весьма малой силы. Мне хочется в связи с тем, что я сейчас сказал, предложить вам один вопрос:

Как при этих неблагоприятных условиях можно добиться того, чтобы в нашей проволоке все же возникли достаточно сильные радиотоки?

Вопрос был для всех вполне ясен. Колебания тока в отправительной радиостанции совершались быстрее, чем могли совершаться колебания в проволоке. Время, необходимое для передвижения положительного и отрицательного зарядов, возникающих на концах нашей проволоки, было слишком велико. Таким образом вопрос председателя сводился к тому, чтобы найти средство для более быстрого возникновения и нейтрализации электрических зарядов в проволоке.

Наконец-то мы подошли к самой сути дела, и наших знаний оказалось достаточно для того, чтобы ответить на поставленный вопрос. Почему вообще требуется известное время для того, чтобы положительный и отрицательный потенциалы двух крайних точек проводника могли нейтрализоваться? Время требуется на передвижение зарядов, которое может происходить лишь с той же скоростью, с какой протекает падение или выравнивание потенциала вдоль проводника. Нарастание же или убывание потенциала совершается тем быстрее, чем меньшей емкостью обладает проводник. Итак, нам было необходимо уменьшить емкость нашей проволоочки — антенны. Сделать конечно это было очень просто: надо было взять более короткую проволоку. В такой короткой проволоке возникновение необходимой разности потен-

циалов и нейтрализация электрических зарядов протекали бы быстрее, чем в длинной.

— Теперь нам осталось, — сказал председатель, — только вычислить, какой же емкости должна быть антенна для того, чтобы она была настроена на волну нашей ширококвотательной станции.

— Ничего подобного, — возразил один из знатоков радио, — период колебаний будет зависеть не только от емкости антенны, а и еще от одной причины.

Задача 65

О новом препятствии.

— Я воспользуюсь опять той звонковой проволокой, на которой председатель разъяснял свойства антенны и радиотоков. Скажите, каким образом, не меняя ни толщины, ни длины этой проволоки и ничего не присоединяя к ней, можно уменьшить период ее собственных колебаний? ¹

После простых и понятных предыдущих задач эта последняя показалась нам такой невероятной, что мы даже усомнились, знает ли ее решение сам автор.

— Удивительная задача, — сказал кто-то, — ничего не изменяй в проволоке, а сделай так, чтобы она получила иные свойства. Сомневаюсь, чтобы это возможно было выполнить.

Однако на это возразил автор задачи:

— Разве я сказал: не изменяй проволоки, т. е. например не меняй ее формы? Я этого не говорил.

Бывает часто так, что маленькая подсказка моментально превращает самую трудную задачу в легко разрешимую. Мы взяли отрезок звонковой проволоки и часть ее свернули в спираль (рис. 20).

— Правильно решена твоя задача? — спросили мы.

¹ Под собственными колебаниями антенны отнюдь не следует подразумевать чисто механические колебания самой проволоки. Это колебания радиотоков, вызванных в ней электромагнитными волнами.

— Правильно, — отвечал товарищ.

Тем, что мы свернули проволоку в соленоид, мы увеличили ее самоиндукцию. Вопрос о самоиндукции достаточно разбирался и в прошлом и в этом году и поэтому нам не стоило большого труда вспомнить, что в подобном соленоиде переменный ток наводит „экстратоки“, или токи самоиндукции. Эти токи обязаны своим происхождением магнитному полю, возникающему в соленоиде. Они в свою очередь влияют на основной ток: они замедляют как его возникновение, так и исчезновение. Следовательно, колебательные процессы в проводе будут замедляться не только от увеличения емкости антенны, но и от увеличения

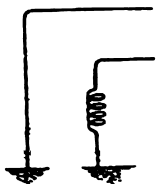


Рис. 20. Оба провода одинаковой длины, но у правого — самоиндукция больше.

ее самоиндукции, которая будет тем больше, чем больше будет число витков в антенне. Мы конечно вполне присоединились к этому мнению, но сочли своим долгом все же задать один вопрос:

— Мы понимаем, что с самоиндукцией антенны приходится считаться, если она имеет форму соленоида или электромагнита, но почему ты заговорил о самоиндукции и не дал нам вычислить емкости антенны, если мы предполагали иметь дело с самой обыкновенной прямой антенной. Ты прав: если мы свернем спирально антенну, то придется принять во внимание и ее самоиндукцию, но для чего, скажи пожалуйста, мы станем добровольно тратить лишнее время и на закручивание ее и на более сложные вычисления? Мы предполагали и раньше, а теперь особенно, никаких узоров из антенны не устраивать, и следовательно ни с какой ее самоиндукцией нам считаться не приходится.

— Вывод замечательный, — сказал товарищ, — сразу видно, что вопрос о самоиндукции достаточно разбирался в прошлом году. Вместо возражений я предложу вам решить

Задачу 66

О формуле-путеводителе.

Если при постройке приемника или антенны можно было бы обойтись без самоиндукции, почему же в ту единственную формулу, по которой рассчитываются период колебаний антенны или длина волны, входит, как посто-

янная и обязательная величина, самоиндукция? Взгляните сами на эту формулу

$$\lambda K = \sqrt{LC}$$

и вы убедитесь, что я прав.

●

Мы взглянули и ровно ничего не поняли. Однако кто-то из нас сообразил более важную вещь, а именно, что и без всякой формулы ясно: какой бы антенной ни пользоваться, хотя бы представляющей из себя самую короткую и прямую проволоку, все равно придется считаться с ее самоиндукцией, так как магнитное поле всегда возникает вокруг провода, несущего ток независимо от его формы. Самоиндукция прямой антенны будет конечно меньше свернутой в спираль, но она все же будет существовать. Конечно, самоиндукция прямой антенны может быть столь незначительна, что в практическом расчете ее можно будет не принимать во внимание, однако решение этого вопроса требовало численных данных.

Формула, приведенная товарищем, была непонятна для нас, потому что мы не имели ни малейшего представления о значении тех символов - букв, которые в нее входили.

Оказалось, что: λ — длина волны радиоколесаний, воспринимаемых антенной; K — коэффициент, величина которого может меняться в зависимости от того, в каких единицах мы определяем λ , L и C и от некоторых других причин; L — самоиндукция антенны. C — емкость антенны.

Зная любые две из этих величин (не считая K), мы всегда вычислением найдем третью.

Прежде всего мы заметили товарищу, предложившему нам эту формулу, что нас интересовал вопрос о периоде колебаний, а не о длине волны. Его же формула дает возможность определить волну, а не период колебания.

В ответ на это он заявил, что нам не мешало бы вспомнить весьма простую зависимость между периодом колебаний и длиной волны, а именно:

$$T = \frac{\lambda}{v},$$

где T — период колебания; λ — длина волны; v — скорость распространения волны.

Очевидно, зная длину волны, мы всегда легко найдем период колебания, так как скорость распространения радиоволн — величина постоянная. Она равна 300000 км в 1 сек.

— Я нарочно предложил вам формулу, в которую входит именно длина волны, а не период колебаний, так как большинству из нас привычнее употреблять термины волна, а не период. Теперь наконец мы сможем выяснить величину емкости антенны, необходимой для нашего „приемника“.

— По-моему, — сказал председатель, — прежде чем приступить к вычислению, необходимо выяснить, в каких единицах мы будем измерять наши величины.

Длину волны можно измерять километрами, метрами, сантиметрами и т. д.

Емкость — фарадами, микрофарадами, сантиметрами.

Самоиндукцию — генри, микрогенри, сантиметрами.

Можно выбрать любые единицы и подставить их в формулу.

— Вздор! Вздор! — завопили некоторые из нас. — Ты говоришь нелепость: не говори таких диких слов про сантиметр. Сантиметр — это единица длины и ничего больше.

— К сожалению, — сказал председатель, — сантиметр не только единица длины. Это малоудачный, но очень распространенный термин в применении к емкости и самоиндукции.

Когда мы с вами в прошлом году говорили об емкости, то указывали лишь на практическую единицу ее — фарад. Емкость проводника равна 1 фараду, тогда, когда при сообщении ему 1 кулона электричества его потенциал становится равным 1 вольту. Однако есть и теоретическая, или электростатическая единица емкости. Она равна емкости металлического шарика, радиус которого равен 1 сантиметру. Емкость шара, как вам известно, будет пропорциональна его радиусу и следовательно численно будет равна стольким теоретическим единицам, сколько сантиметров насчитывается в радиусе.

$$1 \text{ фарад} = 9 \cdot 10^{11} \text{ теоретических единиц} = 9 \cdot 10^{11} \text{ см.}$$

Самоиндукция измеряется теми же единицами, как и вообще индукция, именно генри. Если в проводнике в каждую секунду ток увеличивается или уменьшается на 1 ампер, причем от этого и проводнике возникает индукционная электродвижущая сила, равная 1 вольту, то величину самоиндукции такого проводника принимают за единицу — генри.

Это единица практическая, но существует и теоретическая единица, которая так же, как и емкость, может быть выражена сантиметрами.

1 генри = 10^9 теоретических единиц = 10^9 см.

Нам будет удобнее вести наши вычисления, измеряя волну в метрах, а емкость и самоиндукцию в сантиметрах, т. к. это упростит работу, а потому давайте решать

Задачу 67

О фантастической антенне.

Для нашего случая величина $K=0,06$.

Наша широкопередаточная станция посылает волны в 1000 метров длиной. Если мы для простоты положим, что самоиндукция нашей приемной антенны равна 1 см, то чему же тогда должна быть равна емкость антенны?

●

Такой простой задачи еще ни разу никто из нас не предлагал. Она сводилась к простому вычислению.

— Почему же ты предлагаешь принять величину самоиндукции антенны за 1 см? — спросили мы.

— Да просто так, — отвечал председатель. — Можно было бы ее принять и за 10 и за 100000. От этого, как вы понимаете, изменилась бы только величина емкости. Чем больше взять самоиндукцию, тем меньшей понадобится емкость. Однако мне думается, что самоиндукция прямой проволоки будет очень мала и, приняв ее за 1 см, мы вероятно не сделаем большой ошибки. Итак приступим к вычислениям.

Нашу основную формулу $\lambda = K\sqrt{LC}$ удобнее представить в таком виде:

$$C = \frac{\lambda^2}{K^2 L}.$$

Так как $\lambda = 1000$ м; $K = 0,06$; $L = 1$ см;

то:

$$C = \frac{1.000^2}{0,06^2 \cdot 1} = \frac{1.000.000}{0,0036 \cdot 1} = 280000000 \text{ см}$$

(в круглых числах).

Величина емкости антенны была найдена, но она мало что говорила нам, так как мы все равно не знали, какой же длины должна быть антенна? Один из наших радиоспецов сказал:

— Для приблизительного подсчета, а нам такой пока и нужен, — можно руководствоваться весьма простым правилом: емкость всей антенны (выраженная в *см*) равняется упятеренной длине ее, выраженной в метрах.

Из этого правила следовало, что длина антенны будет в 5 раз меньше ее емкости, т. е. она будет равна:

$$280000000 : 5 = 56000000 \text{ м} = 56000 \text{ км.}$$

Пятьдесят шесть тысяч километров!? Подобная длина антенны была совершенно неосуществима не только для нас, но и для самых мощных специальных радиостанций.

Окружность всего земного шара приблизительно равна 40000 км, стало быть эта чудовищная антенна в северных широтах могла бы обогнуть землю несколько раз, и несомненно проще было бы употребить вместо радио обыкновенный проволочный телеграф.

С величайшим почтением и даже робостью мы взирали на это число, явившееся в результате наших математических „заклинаний“.

Однако к великому огорчению кружковцев оказалось, что мы провели совершенно нелепый расчет: мы крайне преуменьшили величину самоиндукции нашей антенны. Школа говорила нам о том, что прямой провод имеет самоиндукцию, но всегда подчеркивала, что величина ее исчезающе мала. Мы лишний раз могли убедиться, что определение: „малая величина“ очень относительно: та самоиндукция, которая в приборах переменного тока городских электростанций действительно не имеет практического значения, в условиях высокочастотного радиотока приобретает часто решающее значение.

Самоиндукцию антенны можно приближенно подсчитать по такой формуле:

$$L = \frac{l^2}{C},$$

где: L — самоиндукция антенны в *см*; l — полная длина антенны в *см*, C — емкость антенны в *см*.

Самоиндукция нашей антенны по подсчету оказалась равной около 80000 *см*, хотя полная длина антенны была всего 40 метров.

Итак, наш расчет привел нас не только к фантастическим, но и к неверным результатам.

Тогда была выдвинута

Задача 68

О двух способах решения одного вопроса.

Какими двумя приемами можно добиться того, чтобы нашу приемную радиостанцию все же удалось построить на прием волны 1000 м, не удлиняя для этого антенны?

Первый способ очевидно заключается в том, чтобы увеличить самоиндукцию приемника, а второй — чтобы сообщить ему необходимую емкость не за счет емкости самой антенны а например при помощи включения конденсатора.

Мы остановились на первом способе: решили увеличить самоиндукцию приемника, т. е. включить в сеть антенны катушку самоиндукции.

Пришлось решать новую

Задача 69

О катушке самоиндукции.

Чему должна равняться величина самоиндукции, если мы в нашей приемной станции хотим обойтись без всякого конденсатора?

— Без конденсатора мы конечно можем обойтись, но с емкостью нам придется посчитаться, — заметили некоторые из присутствующих.

Если даже не принимать во внимание емкости отдельных частей приемника, то с емкостью самой антенны считаться придется. Горизонтальная часть нашей антенны равнялась 30 м, а вертикальная 10 м. Следовательно полная емкость антенны:

$$C = (30 + 10) \cdot 5 = 200 \text{ см.}$$

Для вычисления самоиндукции основной формуле удобнее придать такой вид:

$$L = \frac{\lambda^2}{K^2 C}$$

Так как $\lambda = 1\,000\text{ м}$; $K = 0,06$; $C = 200\text{ см}$, то:

$$L = \frac{1000^2}{0,06^2 \cdot 200} = \frac{1000000}{0,0036 \cdot 200} = \frac{1000000}{0,72} = 1400000\text{ см.}$$

Величину самоиндукции мы получили, но так же, как это было с емкостью, мы совершенно не представляли себе величины той катушки, которая дала бы эту самоиндукцию. Для разрешения вопроса пришлось обратиться к книге, которая, кроме весьма сложных формул, дала нам одну, хотя и приближенную, но очень простую:

$$L = 12 n^2 D,$$

где: L — самоиндукция в см ; n — число витков одинакового диаметра и D — радиус витков (и катушки).

Прежде всего из этой формулы следовало, что проще всего будет построить катушку, если мы сделаем на какой-нибудь трубке или цилиндрической коробке всего один ряд витков. В этом случае радиус всех витков будет один и тот же.

Случайно у нас нашлась картонная коробка из-под трубочного табака, диаметр которой оказался равным 10 см .

Произвести расчет числа витков проволоки было нетрудно.

$$L = 1\,400\,000\text{ см}, D = 10\text{ см.}$$

Придав формуле более удобный вид:

$$n^2 = \frac{L}{12 D}$$

получаем для числа витков следующую величину:

$$n^2 = \frac{1400000}{12 \cdot 10} = 12000 \text{ (в круглых числах).}$$

Откуда:

$$n = \sqrt{12000} = 110 \text{ витков.}$$

Намотать сотню витков звонковой проволоки на коробку было делом очень нетрудным. Через четверть часа катушка самоиндукции была готова. Оставалось только разрешить практическую

Как соединить части радиоприемника.

— Теперь мы можем проверить на опыте, — сказал председатель, — как будет работать наш приемник с помощью двух новых приборов: детектора и катушки самоиндукции. Предлагаю сейчас же соединить воедино все необходимые части приемника и получить наконец хороший прием.



Включив галеновый детектор последовательно с телефоном в сеть антенны, мы присоединили катушку самоиндукции параллельно телефону и детектору (рис. 21). Было 8 часов вечера — время, когда работала широкопередаточная станция, и поэтому не было ничего удивительного в том, что лица начали по очереди расплываться от удовольствия по мере того как мы надевали телефон и слушали какую-то очень малоинтересную для нас радиоинформацию.

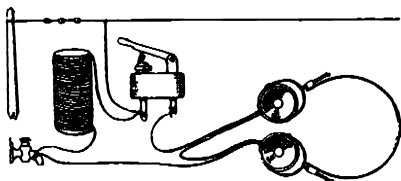


Рис. 21. Это совсем хороший приемник для приема одной местной станции.

Мы были довольны, но один из членов кружка заметил, что речь в нашем телефоне слышна не громче „шопота человека сквозь войлочный намордник“.

Мы вспомнили о том, что недостаточно ткнуть кончик стальной проволоочки в кристалл, а что необходимо отыскать на нем наиболее чувствительную точку и отрегулировать силу нажима проволоочки, но сколько мы ни старались, к каким точкам кристалла мы ни прикладывали пружинку, прием от этого мало улучшался. Правда, были такие точки, которые совершенно не давали звука в телефоне, а были и такие, в которых слышимость становилась наилучшей. Но даже эта лучшая слышимость уступала приему настоящего радиоприемника.

— Не в детекторе дело, — сказал кто-то из нас, — а в том, о чем я расскажу вам в

О досадном недоразумении.

— Я удивляюсь не тому, что у нас сравнительно плохой прием, а тому, что мы вообще можем при таком соединении самоиндукции получить какой бы то ни было прием. Катушка самоиндукции включена у нас параллельно детектору и телефону. Следовательно радиотоки разветвляются и идут по двум направлениям: часть через катушку, часть через детектор и телефон. Так как сто оборотов звонковой проволоки имеют очень малое сопротивление, а сопротивление детектора и телефона в сотни тысяч раз больше, то понятно, что через телефон пройдут

в тысячи раз более слабые токи, чем через катушку. Как же надо включить катушку самоиндукции?

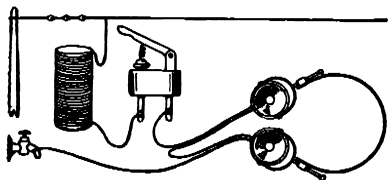


Рис. 22. Так никогда не следует включать катушку самоиндукции.

— Последовательно, — хором ответили мы на вопрос товарища.

Мы включили самоиндукцию последовательно с детектором и телефоном, но к крайнему нашему удивлению прием после этого резко ухудшился (рис. 22). Мы недоумевали и не знали, чем это объяснить. Председатель наконец не выдержал:

— Недаром говорят, что самоиндукция причина вечных недоразумений начинающих электриков. Наша катушка представляет малое сопротивление для постоянного тока, но для быстропеременного ее кажущееся сопротивление благодаря самоиндукции вырастает до огромной величины. Понятно, что через катушку, включенную параллельно детектору и телефону, проходит лишь незначительная часть радиотоков, которые главным образом проходят через телефон. Наш неудачный опыт лишний раз подчеркивает все глубокое различие между свойствами переменного и постоянного тока. Разве он не говорит о том, что огромная самоиндукция телефона, в тысячи раз превышающая самоиндукцию катушки, только потому не препятствует прохождению радиотоков, что они предварительно превращены детектором в токи постоянного направления.

Когда мы включали катушку самоиндукции последовательно с детектором и телефоном, то через нее проходил выпрямленный ток. Для него катушка не представляла почти никакой самоиндукции. Мы просто вводили в цепь маленькое ненужное добавочное сопротивление. Вместо шага вперед, мы опять вернулись к схеме приемника из задачи 62 (см. рис. 19). Весь смысл включения катушки самоиндукции потерял всякое значение. Она уже не могла служить для настройки приемника. Запомните:

Самоиндукцию следует включать параллельно детектору и телефону.

— Причина же нашего плохого приема, — продолжал председатель, — заключается совершенно в ином:

Задача 72

Об одном недостатке нашего аппарата.

— Мы произвели с вами очень грубый подсчет емкости и самоиндукции, так как пользовались лишь приближенными формулами и округленными числами. Можно ли предполагать, что сейчас емкость и самоиндукция нашего приемника в точности соответствуют тем, которые необходимы? Конечно нет. А поэтому следует сооружать приемник таким образом, чтобы можно было менять либо величину самоиндукции, либо величину емкости, либо и то и другое вместе. Мой вопрос заключается в следующем: каким образом можно достигнуть подобного регулирования самоиндукции, не усложняя конструкции нашего приемника? О регулировании емкости я не говорю, так как у нас вообще нет конденсатора, а регулировать емкость антенны конечно невозможно.

●

Уменьшать самоиндукцию катушки можно весьма простым приемом: пропускать радиоток только через часть ее витков. Мы разрешили этот вопрос таким способом: на каждом из 10 крайних витков мы зачистили в одном месте изоляцию и припаяли к этим местам короткие проводники. При помощи их мы могли по нашему желанию включать любое число витков от 100 до 110 и тем самым в некоторых пределах менять самоиндукцию. Кроме того, параллельно телефону, мы включили конденсатор емкостью в 1 000 см (его называют блокировочным конденсатором) для усиления звука в телефоне (рис. 23).

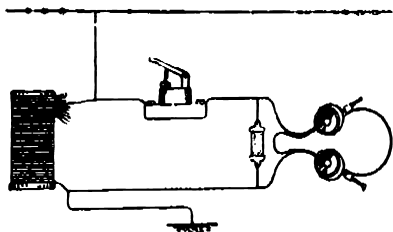


Рис. 23. Конденсатор, блокирующий телефон, далеко не всегда улучшает прием местной станции.

Прием получился прекрасный!

Конструкция приемника была найдена, но это был приемник с кристаллическим детектором, а мы мечтали о ламповом.

ХII. Наша электронная лампа.

— Хотя бы познакомиться и усвоить физические явления в электронной лампе, — сказал кто-то, — понять сущность ее действия...

— А ведь, пожалуй, сущность-то ее действия, — сказал наш радиоспец, — можно усвоить и без лампы.

— Это мы и без тебя знаем: теоретически конечно любой вопрос можно разобрать, но ведь мы решили все проверять опытом и даже, где возможно, исходить из опыта.

— Зачем без опытов, — возразил радиоспец, — я сказал: без электронной лампы, а опыты будут в новой

Задаче 73

Что может дать спиртовка радиолюбителю.

Я ничего не изменяю в конструкции приемника, но убираю кристаллический детектор и вместо него ставлю на стол спиртовку.

Вам предлагаю соорудить приемник с помощью спиртовки.



Хотя подобное предложение и было очень неожиданным, но мы догадались, что очевидно пламя спиртовки должно заменить кристаллический детектор. С большим недоверием мы внесли в пламя спиртовки кончики тех двух проволок, которые были приключены к детектору ¹.

Пламя оказалось детектором! Телефон заговорил!

Однако причины этого любопытного явления были нам не-

¹ Этот опыт возможен при достаточно сильных радиосигналах.

понятны, а особенно мы не могли понять, что общего между пламенем и электронной лампой.

Тот, кто предложил нам эту задачу, признался, что он сам хорошо не знает тех физических процессов, которые происходят в пламени и превращают его в детектор. Ему рассказал об этом опыте учитель физики в школе.

Мы перенесли работу нашего кружка, как это мы часто и раньше делали, в школьный физический кабинет и просили преподавателя физики помочь нам в наших исследованиях. Он дал нам выполнить несколько практических задач.

Задача 74

О замечательном проводнике.

— Взгляните на мою простую установку, — сказал преподаватель физики. — Вместо спиртовки я взял бензиновую лампу, которая дает пламя более длинное и с более высокой температурой, чем спиртовка. С таким пламенем удобнее работать. Я включаю это пламя в цепь электрического тока, состоящую из двух карманных батареек и гальванометра (рис. 24). В верхнюю часть пламени я ввел небольшую железную пластинку, которая служит мне электродом. Вторым электродом служит сама металлическая горелка, к которой примотана проволока, соединяющая ее с отрицательным полюсом батареи. Следовательно верхний электрод соединен через гальванометр с положительным полюсом батареи, а горелка с отрицательным. Теперь я замыкаю ток. Стрелка гальванометра отклоняется на пятнадцать делений и показывает, что ток проходит через пламя от верхнего электрода к горелке. Меняю полюса батареи: электрод соединяю с отрицательным полюсом, а горелку с положительным. Посмотрите на гальванометр: его стрелка почти совершенно не отклонилась. Ток не проходит через пламя.

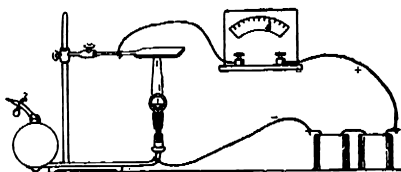


Рис. 24. Калильная лампа, изображенная на рисунке, называется у нас среди специалистов: „чижик“. Несмотря на это смешное название, она очень хорошая и дешевая лампа.

Почему же пламя проводит ток в одном направлении и почти не проводит в обратном?

Строго говоря, нельзя вообще сказать: „пламя проводит ток“. В пламени, как мы уже выяснили в задаче 54, образуются положительные и отрицательные ионы, которые притягиваются к заряженным электродам и нейтрализуют их. Очагом ионизации пламени является область, расположенная вблизи горелки — та область, в которой протекают наиболее энергично термохимические процессы горения. Когда железный электрод имел положительный потенциал, то к нему устремлялись от очага ионизации отрицательные ионы, когда же он имел отрицательный заряд, к нему шли положительные ионы. Сила тока была в сотни раз большая в первом случае, чем во втором. Это говорит о том, что количество отрицательных ионов, проходящих в единицу времени через сечение пламени, было в сотни раз больше количества положительных ионов. Однако общее количество образующихся в пламени ионов обоих знаков одинаковое, и следовательно разница в силе токов, направленных в разные стороны, может зависеть только от разной скорости движения ионов. Очевидно отрицательные имеют большую скорость. Почему? Потому, что отрицательные ионы пламени в большем количестве состоят из электронов, масса которых в тысячи раз меньше массы иона. Понятно, что меньшая масса будет двигаться с большей скоростью к электроду. Благодаря этому в единицу времени будет проноситься через пламя значительно большее количество электронов, чем положительных ионов.

— В связи с этим, — сказал наш руководитель, — я могу предложить вам

Задачу 75

О пламенном кенотроне.

Вам известно, что переменный ток, например ток осветительной сети, не может отклонить стрелку гальванометра, но попробуйте включить в цепь переменного тока пламя и посмотрите, что при этом произойдет с гальванометром?

Действительно, когда мы вместо карманных батареек включили штепсель осветительной сети, гальванометр показал суще-

ствование постоянного тока. Его направление было именно такое, какое можно было ожидать на основании теории (рисунок 25).

Пламя выпрямило ток! Оно „пропускало через себя“ только токи одних направлений от железного электрода к горелке. В ламповом выпрямителе — кенотроне, употребляющемся в радиотехнике для выпрямления переменного тока, имеют место подобные же процессы. Только в нем почти исключительно образуются одни электроны.

Мы сожалели о том, что токи, проходящие через пламя, очень слабые и требуют для своего обнаруживания чувствительных гальванометров, но наш учитель выручил нас и в этом вопросе, сказав:

— Ток слаб потому, что в пламени образуется мало ионов и электронов. Мы можем увеличить их количество очень просто: для этого достаточно ввести в пламя какую-нибудь соль, атомы которой достаточно легко ионизируются. Беру маленький железный цилиндр, который я свернул из жести, смачиваю его и погружаю в порошок обыкновенной поваренной соли и, затем, вынув, ставлю цилиндр на горелку. Того ничтожного количества соли, которое пристало к поверхности цилиндра, достаточно для усиления ионизации. Смотрите, пламя окрасилось в желтый цвет и гальванометр указал значительное возрастание силы тока. Если увеличивать кроме того напряжение батареи, то сила возрастет еще больше. Максимальный ток получится тогда, когда скорость образования новых электронов (или ионов) будет равна скорости их перехода от очага ионизации к электроду, т. е. когда количество электронов, возникающих у горелки, будет равно количеству электронов, нейтрализующихся у электрода. Тогда мы получим так называемый ток насыщения.

Все, что мы узнали о свойствах пламени, было достаточно для того, чтобы понять его детектирующие свойства.

— Я вам дам, — сказал учитель, — еще одну, последнюю

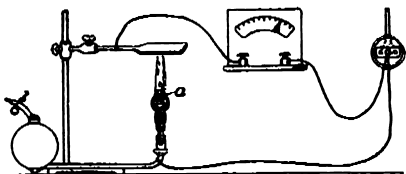


Рис. 25. Жестяной цилиндр, поставленный на горелку, отчетливо виден на рисунке.

Как построить электронную лампу.

— После этой задачи вы вполне поймете принцип действия современной электронной лампы, работающей в качестве детектора.

Когда вы включали ваше пламя (в задаче 73) как обыкновенный кристаллический детектор, оно детектировало благодаря тому, что в те моменты, когда на верхней проволоке возникал отрицательный потенциал, пламя почти не проводило тока и следовательно тока не было и в телефоне (электроны отталкивались от верхней проволоки), когда же на верхней проволоке получался положительный потенциал, электроны ¹ устремлялись к этой проволоке и благодаря этому возникал ток в телефоне приемника. Большой положительный потенциал вызывал более сильный ток, меньший—более слабый. Чем сильнее меняется сила тока при изменении потенциала, тем чувствительнее будет детектор и тем громче будет прием на телефон. Пока потенциал верхнего электрода равен нулю, электроны блуждают в пламени без всякого определенного направления, когда же на электроде появляется положительный потенциал, они начинают двигаться в определенном направлении, именно к электроду, и тем большее количество их будет переноситься на электрод, чем больше будет на нем положительный потенциал. Таким образом мы можем управлять потоком электронов в пламени. Для того чтобы поток электронов сильно изменил свою величину, а это нам нужно для громкости приема, необходимо, чтобы потенциал на верхнем электроде был достаточно больших величин порядка десятков вольт. Наша же широкоэвещательная станция дает нам потенциалы всего лишь порядка нескольких вольт.

Теперь я даю Вам наконец свою последнюю задачу. Она очень проста: возьмите еще вот этот маленький железный электрод с приделанной к нему проволокой и постройте трехэлектродную электронную лампу из

¹ Для простоты везде говорится: „электроны“, на самом деле в пламени по преимуществу, как уже разбиралось, протекают ионные процессы.

пламени так, чтобы слабые потенциалы нашей радиостанции вызывали бы сильные изменения потока электронов.

Задачу эту мы решили быстро, но не потому, что так хорошо усвоили электрические процессы в пламени. Решили мы ее по чисто внешней аналогии с электронной лампой. В электронной лампе источником электронов является раскаленная вольфрамовая

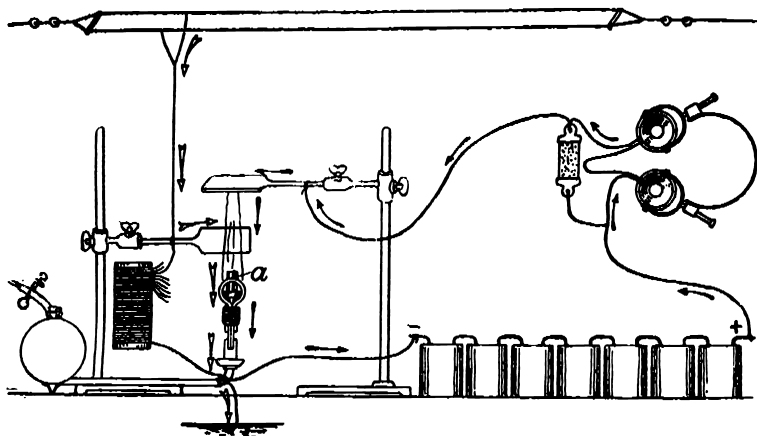


Рис. 26. Наш одноламповый приемник. Светлыми стрелками обозначен путь тока радиостанции, а черными стрелками — ток местной батареи, так называемый анодный ток (а — цилиндр, покрытый солью).

проволочка и кроме нее имеются еще два электрода (анод и сетка).

Мы ввели в среднюю часть пламени, между горелкой и верхним электродом, второй электрод, данный нам учителем, и для того, чтобы этот электрод не мешал подниматься пламени до верхнего электрода, установили его вертикально. Сигналы станции мы подавали на средний электрод, а к верхнему был включен телефон и батарея (рис. 26). Мы получили две замкнутых цепи: по одной шел ток радиостанции (антенна — средний электрод — пламя — горелка — земля), а по другой шел ток от батареи (батарея — телефон — верхний электрод — пламя — горелка — батарея). Так как средний электрод — сетка — расположен значительно ближе к горелке, чем верхний электрод — анод, то ве-

личина потенциала, подводимого к сетке, может дать меньше потенциала анода для получения того же самого изменения силы тока. Действительно, когда мы отрегулировали расстояние между горелкой, средним и верхним электродами и подобрали соответствующее напряжение батареи (около 30 В), мы получили громкий прием.¹

До позднего вечера мы возились с этой своеобразной электронной лампой. Многому она нас научила, но кроме разнообразных специальных вопросов она дала нам возможность почувствовать то, с чем нам не раз уже приходилось сталкиваться на своем исследовательском пути: важность понимания сущности физических процессов.

Думали ли мы, глядя на горящие дрова в печке, на языки пламени костра, разведенного ночью во время путешествий по глухим уголкам нашего Союза, думали ли мы, о той сложной жизни атомно-электронного мира, которая существует в пламени? Единая нить связала такие казалось бы различные вещи, как электронная лампа „микро“ и солнце нашей вселенной. Все марки катодных ламп, все эти „У. Т.“, „П. Т.“ и пр. растворились в потоке электронов. Прибор отодвинулся и уступил свое место захватывающему физическому явлению.

Однако достаточно ли одного понимания физического явления для того, чтобы на практике применять разнообразные конструкции существующих электронных ламп, не выясняя их технических отличий, их специальных свойств? Разве могу я с успехом применить для какой-нибудь цели электронную лампу, если я не знаю, какая из ламп совершеннее?

Нет, не могу.

Но человечество вообще никогда бы не построило не только более совершенной лампы, но вообще ни одной электронной лампы, если бы не воспитывало свою мысль на физическом явлении.

Нашим юным исследователям это особенно следует помнить.

¹ Такая пламенная электронная лампа пригодна лишь для приема местной станции.

