РЕЗОНАНСЪ И ЗАТУХАНІЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХЪ ВОЛНЪ.

Проф. А. СЛАБИ.

MATHESIS

http://mathesis.ru

http://mathesis.ru

19 14/V 09

Профессоръ А. СЛАБИ.

Резонансъ и затуханіе электрическихъ волнъ.

Переводъ съ нѣмецкаго подъ редакціей „Вѣстника Опытной Физики и Элементарной Математики“.

ОДЕССА.
Типографія Акц. Южно-Русскаго Общества Печатнаго Дѣла,
Пушкинская ул., соб. д., № 18.
1909.

http://mathesis.ru

http://mathesis.ru

Резонансъ и затуханіе электрическихъ волнъ.

Со времени первыхъ опытовъ Маркони въ 1897 г. безпроволочное телеграфированіе развилось въ особую отрасль технической науки; многое, что тогда казалось почти чудеснымъ, теперь заняло прочное мѣсто въ кругу нашихъ идей. Несмотря на спеціальный характеръ выбранной мною темы, я надѣюсь, что слушатели мои поймутъ меня безъ особаго труда, если мы станемъ на точку зрѣнія инженера, наблюдающаго лишь явленія и изслѣдующаго ихъ законы, знаніе которыхъ даетъ возможность использовать силы природы въ опредѣленномъ направленіи. Это именно и значитъ изобрѣтать. Мы стараемся подчинить себѣ владычицу-природу подобно умному слугѣ, который подчиняетъ себѣ своего господина. Полезность—это единственно, чѣмъ долженъ руководиться инженеръ, если онъ не желаетъ сбиться съ прямого пути. Вопросы „почему“ и „какъ“ мы предоставляемъ другимъ изслѣдователямъ, которыхъ мы оставимъ, напомнивъ имъ только въ напутствіе предостереженіе Гёте: „Это одинъ изъ старыхъ грѣховъ: они полагаютъ, что считать значитъ изобрѣтать“.

Нашими знаніями электрическихъ явленій мы обязаны немногимъ естествоиспытателямъ, прокладывавшимъ новые пути. Имя перваго изъ нихъ теряется въ туманѣ древнѣйшихъ временъ: то былъ человѣкъ, впервые замѣтившій притягательную силу натертаго янтаря. Это явленіе обнаруживаетъ намъ силу напряженія электричества. Съ наибольшей мощью въ природѣ проявляется она въ грозѣ, въ этомъ „накопленномъ пламени“ древнихъ.

http://mathesis.ru

Этотъ терминъ оказывается подходящимъ, такъ какъ рѣчь дѣйствительно идетъ о накопленномъ запасѣ того, что мы называемъ электричествомъ. Банка пастора Клейста, которую совершенно несправедливо называютъ лейденской банкой, показываетъ намъ то же самое явленіе. На двухъ металлическихъ обкладкахъ, отдѣленныхъ другъ отъ друга стекломъ, мы можемъ накопить электричество совершенно такъ, какъ оно собирается на грозовыхъ тучахъ, пока чрезмѣрное напряженіе не разрѣшится молніеноснымъ разрядомъ; такъ, долго сдерживаемый гнѣвъ человѣка разражается неожиданнымъ взрывомъ, очищая душную атмосферу. И здѣсь и тамъ мы видимъ ясно выраженный дуализмъ: съ одной стороны,— состояніе перевозбужденнаго раздраженія, съ другой стороны, съ той, надъ которой разражается гнѣвъ,—состояніе пониженное, угнетенное. Первыми техническими средствами для полученія большихъ разностей электрическаго напряженія мы обязаны изобрѣтательному магдебургскому бургомистру Отто ф.-Герике.

Ближе къ нашему времени дѣятельность второго изслѣдователя, знаменующаго собою новую эпоху—Вольты, который, исходя изъ наблюденій Гальвани надъ бедромъ лягушки, открылъ въ концѣ XVIII столѣтія способъ искусственнаго воспроизведенія новаго, дотолѣ неизвѣстнаго электрическаго явленія—электрическаго тока. Такъ какъ этотъ способъ имѣлъ химическій характеръ, то указанное открытіе, обратно, содѣйствовало развитію нашихъ знаній о химическихъ силахъ природы, и конецъ столѣтія ознаменовался появленіемъ близнецовъ, имѣвшихъ одинаково важное значеніе для новаго времени: химіи и электротехники.

Токъ представляетъ собою выравниваніе электрическихъ напряженій по предуказанному пути, составленному, большей частью, изъ металлическихъ проводниковъ. Для объясненія новаго электрическаго явленія, которое происходитъ при этомъ на связующей проволокѣ и вокругъ нея, представляютъ себѣ „нѣчто“ текущее, нѣчто, природа чего, несмотря на всѣ изысканія, остается неизвѣстной. Натурфилософія древнихъ здѣсь совершенно безсильна, ибо древніе вовсе не знали этого явленія. Философія XIX столѣтія въ данномъ вопросѣ также не проявила особенной проницательности. Одинъ изъ первыхъ ея представителей опредѣлялъ электрическій токъ, какъ „разломанный магни-

http://mathesis.ru

тизмъ". Все это принесло намъ мало пользы: врядъ ли наступилъ бы вѣкъ электричества, если бы техника, вмѣсто того, чтобы способствовать развитію нашихъ познаній о новыхъ явленіяхъ и отыскивать способы цѣлесообразнаго ихъ примѣненія, старалась лишь придумывать лучшія объясненія.

Дѣйствія электрическаго тока, которыя быстро развертывались передъ изслѣдователями, имѣютъ отношеніе, помимо упомянутыхъ уже химическихъ силъ, также къ теплотѣ и къ свѣту. Всякая проволока, по которой протекаетъ токъ, нагрѣвается и, при увеличеніи силы тока, испускаетъ свѣтовые лучи, какъ эта длинная желѣзная проволока, которая тянется здѣсь по залу подобно огненному змѣю.

Черезъ двадцать лѣтъ послѣ Вольта датчанинъ Эрстедъ открылъ новое поразительное дѣйствіе тока: онъ впервые замѣтилъ отклоненіе магнитной стрѣлки и такимъ образомъ обнаружилъ появленіе магнитныхъ силъ внѣ проволоки, по которой протекаетъ токъ. Для техники опять открылся цѣлый новый міръ. Араго изобрѣлъ электромагнитъ, пустивъ токъ по многочисленнымъ оборотамъ проволоки, обмотанной вокругъ желѣзнаго сердечника. Дѣйствіе его весьма сильно. Сквозь толстый картонъ онъ дѣйствуетъ на безпорядочную массу желѣзныхъ опилокъ, которыя я посыпаю сверху изъ склянки, какъ тягучую жидкость: онѣ располагаются въ видѣ взъерошенной гривы, которую я могу расчесывать помощью скребницы (фиг. 1). Электромагнитъ вырываетъ изъ моихъ рукъ связку ключей, она летитъ и пристаетъ къ нему, принимая причудливую форму (фиг. 2). Опилки, наполняющія толстую стеклянную трубку, затвердѣваютъ въ видѣ сплошного стержня (фиг. 3), такъ что я могу снять съ него стеклянную трубку. Но какъ только я прерываю токъ, опилки вновь спадаются въ безпорядочномъ хаосѣ (фиг. 4). Эти явленія живо привлекли къ себѣ вниманіе молодого американскаго художника, который сталъ передавать съ помощью тонкихъ проволокъ магнитныя дѣйствія на большія разстоянія и изобрѣлъ названный по его имени телеграфъ Морза.

Мы будемъ исходить отъ основного явленія и разсмотримъ прямолинейный проводникъ, по которому проходитъ токъ. По какимъ законамъ располагаются вызываемыя токомъ магнитныя силы въ окружающемъ воздушномъ пространствѣ? Здѣсь кругомъ

http://mathesis.ru

проволоки помѣщенъ рядъ магнитныхъ стрѣлокъ (фиг. 5). Онѣ располагаются извѣстнымъ образомъ, по направленію къ сѣверному магнитному полюсу земли. Когда я пропускаю токъ, всѣ

Фиг. 1.

стрѣлки испытываютъ отклоненіе, онѣ группируются въ видѣ замкнутой желѣзной линіи вокругъ проволоки (фиг. 6). Отсюда слѣдуетъ, что магнитная сила охватываетъ проволоку, по которой проходитъ токъ, подобно вихрю, сила котораго убываетъ съ удаленіемъ отъ проволоки. Но мы здѣсь наблюдаемъ не только направляющую силу, которая дѣйствуетъ на имѣющіеся уже на лицо магниты въ родѣ этихъ стрѣлокъ, но также и силу намагничивающую. Если бы эти стрѣлки были изъ дѣвственнаго желѣза, молекулы котораго ни разу еще не испытывали воздѣйствія со стороны магнитной силы, онѣ бы также приняли указанное направленіе, а стрѣлки изъ стали надолго сохранили бы свой магнитизмъ. Явленіе пріобрѣтетъ еще большую отчетливость, если стрѣлки замѣнить частичками ненамагниченнаго желѣзнаго порошка, посыпая ими стеклянную пластинку, сквозь

которую перпендикулярно проходитъ проволока, проводящая токъ. При помощи электрическаго фонаря мы будемъ проектировать этотъ опытъ въ весьма увеличенномъ видѣ на экранъ (фиг. 7). Вы видите, какъ желѣзныя опилки при осторожномъ постукиваніи располагаются кругомъ проволоки въ видѣ концентрическихъ круговъ: всѣ какъ бы становятся во фронтъ передъ командующимъ токомъ. Отсюда мы заключаемъ, что магнитныя силы всегда располагаются перпендикулярно къ электрическимъ силамъ, дѣйствующимъ въ проволокѣ; желѣзныя звенья стоятъ смирно, какъ будто съ ружьями на караулъ.

Фиг. 2.

Фиг. 3.

Но какую жизнь мы можемъ вдохнуть въ ихъ ряды, если вмѣсто постояннаго тока Вольты мы будемъ пропускать перемѣнный токъ Фарадэя! Этотъ сынъ простого кузнеца въ первую треть прошлаго столѣтія показалъ изумленнымъ представителямъ школьной науки чудесныя дѣйствія токовъ новаго рода и открылъ способы по-

http://mathesis.ru

лученія этихъ токовъ. Характерна исторія этого открытія. Фарадэй разсказываетъ, что его въ теченіе многихъ лѣтъ преслѣдовала мысль о томъ, чтобы найти способъ полученія электрическаго тока помощью магнита; это дополнило бы открытіе Араго—полученіе магнита помощью электрическаго тока, ибо всѣ явленія природы подчинены принципу двойственности. Въ карманѣ своего жилета онъ всегда носилъ магнитъ Араго; въ часы досуга онъ вдумчиво присматривался къ маленькому желѣзному сердечнику

Фиг. 4.

Фиг. 5.

Фиг. 6.

и къ его проволочной обмоткѣ. Наконецъ пришелъ часъ вдохновенія; онъ открылъ, что недостающимъ моментомъ является

http://matesis.ru

движеніе. Открытый имъ законъ природы выражается чрезвычайно просто. Когда проволока движется надъ магнитомъ, то въ ней возникаетъ электрическій токъ; слѣдующій опытъ подтвердитъ намъ этотъ фактъ и въ то же время докажетъ намъ еще другое положеніе: при обратномъ движеніи также возникаетъ токъ, который, однако, оказываетъ противоположное дѣйствіе; мы объясняемъ это противоположностью направленія тока.

Толстый мѣдный стержень представляетъ собою часть проволочной петли, внутри которой находится чувствительный приборъ для обнаруженія появляющихся токовъ (фиг. 8). Токъ отклоняетъ магнитную стрѣлку, движеніе и направленіе которой указываются зеркаломъ, отбрасывающимъ на стѣну свѣтовое пятно. Когда я передвигаю мѣдный стержень взадъ и впередъ надъ полюсомъ

Фиг. 7.

магнита, то колебательное движеніе свѣтового пятна указываетъ на соотвѣтственныя колебанія электрической силы; при этомъ возникаетъ токъ перемѣннаго направленія, или перемѣнный токъ, какъ его называютъ для краткости. Это открытіе имѣетъ

http://mathesis.ru

огромнѣйшее значеніе: оно даетъ способъ получать механическимъ путемъ сильные токи и, такимъ образомъ, служитъ осно-

Фиг. 8.

ваніемъ электротехники, то есть примѣненія электричества, получаемаго помощью машинъ.

Вращающіяся массы проволки, обмотанной вокругъ такъ называемыхъ якорей динамомашинъ, то приближаются, то отдаляются отъ полюсовъ сильныхъ электромагнитовъ и порождаютъ токъ перемѣннаго направленія, который проводятъ по широкоразвѣтвленной кабельной сѣти, откуда онъ можетъ быть использованъ для различныхъ цѣлей. Нужно замѣтить, что наши машины всегда даютъ лишь Фарадэевскіе перемѣнные токи; но для различныхъ цѣлей мы путемъ различныхъ приспособленій можемъ превратить ихъ въ токи Вольты, имѣющіе постоянное направленіе.

Явленія, которыми мы теперь займемся, имѣютъ отношеніе лишь къ перемѣннымъ токамъ; для облегченія ихъ пониманія

http://mathesis.ru

прибѣгаютъ обыкновенно къ наглядному изображенію. Представимъ себѣ (фиг. 9), что въ какомъ-нибудь мѣстѣ проволоки AB, по которой протекаетъ перемѣнный токъ, при точкѣ 0 включенъ аппаратъ, который указываетъ и даетъ возможность измѣрить силу тока въ каждый моментъ. Силу тока мы будемъ наносить на перпендикуляръ въ точкѣ 0; она возрастаетъ отъ 0 черезъ 1 до 2, падаетъ затѣмъ до 3 и ниже до 0. Если перемѣну направленія тока мы выразимъ такимъ образомъ, что послѣдующіе токи будемъ наносить книзу, то токъ возрастаетъ отъ 0 черезъ

Фиг. 9.

4 до 5, затѣмъ падаетъ черезъ 6 снова до 0; послѣ этого тотъ же процессъ начинается сызнова. Мы замѣчаемъ, что сила тока то наростаетъ, то падаетъ; эти измѣненія, продолжясь нѣкоторое время, получаютъ форму волны. Промежутокъ времени, соотвѣтствующій одному гребню и слѣдующей за ней долинѣ волны, называется періодомъ, а число періодовъ въ одну секунду называется числомъ колебаній, или разрядка перемѣннаго тока.

Открытіе Эрстеда сдѣлало наши чувства болѣе тонкими: мы знаемъ, что вокругъ проволоки появляются магнитныя силы, которыя увеличиваются съ возрастаніемъ тока, уменьшаются съ его убываніемъ и мѣняютъ свое направленіе всякій разъ, когда измѣняется направленіе тока. Вопреки утвержденіямъ магнитопатовъ, у человѣка нѣтъ магнитнаго чувства, мы не можемъ непосредственно наблюдать нарастаніе и паденіе магнитной силы: намъ нужны для этой цѣли искусственные магнитные глаза. Эту

http://mathesis.ru

роль могла бы играть магнитная стрѣлка, но вслѣдствіе инертности своей массы она не можетъ поспѣть за быстрыми колебаніями тока. Геній Фарадэя открылъ другой практичный способъ основанный на упомянутомъ принципѣ дуализма. Колебанія тока вызываютъ магнитныя волны во внѣшнемъ пространствѣ; это магнитное волненіе, въ свою очередь, обусловливаетъ въ другой проволокѣ, не входящей въ составъ той же цѣпи, электрическія волны съ тѣмъ же числомъ колебаній; это называется трансформаціей. Колеблющіяся въ пространствѣ силы переносятъ токъ отъ проволоки къ проволокѣ безъ посредства связующаго металлическаго проводника.

Опытъ покажетъ намъ это явленіе. Здѣсь передъ нами стоитъ электромагнитъ Араго. Черезъ его спиральную обмотку мы пропускаемъ сильный перемѣнный токъ, который производится въ машинномъ залѣ (фиг. 10). Въ рукѣ я держу другую проволочную катушку; когда я приближаю ее къ электромагниту и тѣмъ ввожу ее въ поле магнитныхъ колебаній, то она также пронизывается перемѣнными токами. Чтобы обнаружить ихъ присутствіе, я соединилъ обороты катушки съ лампочкой накаливанія: вспыхиваніе ея указываетъ на появленіе такъ называемаго вторичнаго тока.

Здѣсь мы впервые встрѣчаемся съ поражающей насъ возможностью передачи силы черезъ пространство. Опытъ съ неменьшимъ успѣхомъ удался бы и въ безвоздушномъ пространствѣ; стало быть, магнитныя волны возникаютъ не въ воздушномъ океанѣ; но тогда гдѣ же?—до сихъ поръ эта тайна пророды скрыта отъ насъ непроницаемой завѣсой, предъ которой техника отступаетъ съ благоговѣніемъ и робостью; пытливый физикъ оказался смѣлѣе: онъ уже коснулся этой завѣсы. Удастся ли когда-нибудь снять ее совсѣмъ? Но мощныя дѣйствія этой таинственной силы природы составляютъ удѣлъ инженера. Онъ тотчасъ усматриваетъ возможность полезнаго ихъ примѣненія. Въ трансформаторныхъ будкахъ, которыя вы встрѣчаете такъ часто на улицахъ Шарлоттенбурга (ихъ можно узнать по подымающимся надъ ними громоотводамъ), находятся двѣ такія катушки, одна надъ другой или рядомъ съ ней, но безъ металлическаго соединенія. Перемѣнный токъ, который получается помощью мощныхъ паровыхъ машинъ въ центральной станціи на берегу Шпре, течетъ черезъ первич-

http://mathesis.ru

ную обмотку, и посредствомъ вибрирующаго магнитнаго поля вторичная обмотка получаетъ нужное для даннаго участка количество электричества.

Фиг. 10.

Генрихъ Герцъ расширилъ законы, найденные Фарадэемъ. Герцъ показалъ намъ, что магнитное волненіе пространства, потрясаемаго электрическими пульсаціями, передается тѣмъ дальше, чѣмъ быстрѣе совершаются пульсаціи. Вмѣстѣ съ тѣмъ онъ нашелъ способъ получать электрическія колебанія, скорость которыхъ въ милліоны разъ превышаетъ скорость Фарадэевскихъ колебаній. Этой задачи нельзя разрѣшить механическимъ движеніемъ проволокъ. Этому мѣшаетъ инертность вещества, его треніе и возникающая при быстромъ вращеніи центробѣж-

http://mathesis.ru

ная сила. Мы разсмотримъ открытіе Герца въ томъ видѣ, какой придали ему знаменитые первые опыты Маркони.

Проволока виситъ перпендикулярно къ проводящей поверхности, не касаясь ея; представимъ себѣ, что проволока получила зарядъ, будучи временно соединена съ какимъ-нибудь источникомъ электрическаго напряженія (фиг. 11); по существу, совершенно безразлично, возьмемъ ли мы для этой цѣли кусокъ натертаго янтаря или же машину, приводимую въ движеніе силой какой-нибудь стихіи. Мы говоримъ о зарядѣ проволоки; этимъ мы выражаемъ, что проволока какъ бы наполнена извѣстнымъ количествомъ электрическаго свойства такъ, какъ резиновая трубка или кишка—водой. Подобно тому, какъ трубка способна вмѣстить въ себѣ лишь опредѣленное количество воды, такъ и проволока можетъ вмѣстить въ себѣ лишь ограниченное количество этого электрическаго свойства. Такъ какъ трубка эластична, то ея емкость зависитъ отъ давленія воды; если мы поэтому пожелаемъ выразить вмѣстительность трубки числомъ, то послѣднее имѣло бы значеніе только для одного опредѣленнаго давленія. Точно такъ же и электрическая емкость зависитъ отъ давленія, или отъ электрическаго напряженія. При данномъ давленіи соотвѣтствующая емкость есть величина постоянная: она называется электроемкостью. Но представимъ себѣ, что давленіе воды въ трубкѣ превыситъ допустимые предѣлы; что произойдетъ тогда? Трубка лопнетъ, именно въ томъ мѣстѣ, гдѣ она имѣетъ наименьшую прочность, а вода хлынетъ изъ трубки. Проволока также допускаетъ лишь опредѣленную степень электрическаго напряженія; если мы перейдемъ границу, то электричество, т. е. электрическое свойство какъ бы вытекаетъ изъ наиболѣе слабаго мѣста; таковымъ здѣсь является нижній конецъ проволоки, такъ какъ лежащая снизу проводящая поверхность производитъ какъ бы всасывающее дѣйствіе, напряженіе въ ней всегда ниже, чѣмъ въ проволокѣ. Нѣчто подобное представила бы намъ наполненная водой каучуковая трубка, если бы ея нижній конецъ охватывался капсулой, въ которой разрѣженъ воздухъ. Истеченіе

Фиг. 11.

http://mathesis.ru

электрическаго свойства происходитъ подъ сильнымъ давленіемъ; воздухъ, черезъ который протекаетъ электричество, нагрѣвается, увлеченныя теченіемъ частички проволоки накаляются, и мы наблюдаемъ свѣтовое явленіе: электрическую искру. Теченіе электричества мы называемъ токомъ.

При весьма сильномъ напряженіи процессъ протекаетъ, однако, со всѣми признаками, характерными для упругости. Подобно тому, какъ натянутая пружина, когда мы ее отпустимъ, т. е. внезапно устранимъ натяженіе, подымается выше положенія равновѣсія и лишь послѣ цѣлаго ряда колебаній въ обѣ стороны приходитъ въ состояніе покоя, такъ и здѣсь электрическое свойство принимаетъ форму пульсирующаго движенія, переходя въ перемѣнный токъ, но съ столь огромнымъ числомъ колебаній, котораго мы даже приблизительно не можемъ достичь съ помощью механическаго движенія. Электрическое напряженіе проволоки безпрерывно переходитъ отъ избытка къ недостатку, а то мѣсто, по которому въ видѣ раскаленной ленты пробѣгаетъ искра, служитъ сообщеніемъ проволоки съ землей.

Фиг. 12.

Самое теченіе при этомъ принимаетъ своеобразную форму; такъ какъ зарядъ стекаетъ одновременно со всѣхъ частей проволоки, то сила тока должна возрастать по направленію книзу. Поэтому въ нѣкоторый моментъ распредѣленіе тока будетъ такое, какъ изображено на кривой AB (на фиг. 12), гдѣ сила тока въ каждомъ мѣстѣ представлена горизонтальнымъ отрѣзкомъ соотвѣтствующей длины. При этомъ зарядъ постепенно уменьшается, такъ что въ ближайшій моментъ распредѣленіе тока будетъ представлено не кривой AB, но кривой AB'. Послѣ полнаго исчезновенія заряда, сообразно колебательному характеру явленія, наступаетъ обратное теченіе. Чтобы выразить перемѣну направленія, мы можемъ представить силу новаго теченія, откладывая горизонтальные отрѣзки слѣва. Нарастанію теченія соотвѣтствуетъ переходъ отъ кривой AC' къ кривой AC.

Напряженіе распредѣляется въ обратномъ порядкѣ. Тамъ, гдѣ теченіе наиболѣе слабо, т. е. на верхнемъ концѣ проволоки, зарядъ накопляется, напряженіе здѣсь наибольшее; внизу зарядъ

http://mathesis.ru

все время течетъ, поэтому напряженія здѣсь вовсе нѣтъ. Распредѣленіе напряженія представлено на фиг. 13, гдѣ избыточныя напряженія отложены справа, недостаточныя — слѣва. Всякому бросается въ глаза сходство этой картины съ колеблющимся стержнемъ, нижній конецъ котораго неподвижно закрѣпленъ. Электрическія напряженія соотвѣтствуютъ боковымъ отклоненіямъ стержня отъ положенія равновѣсія.

Фиг. 13.

Цѣлое колебаніе соотвѣтствуетъ одной такъ называемой стоячей волнѣ. Это станетъ намъ ясно, когда мы разсмотримъ какую-нибудь волну,— напримѣръ, волну, получаемую на растянутомъ канатѣ. Если бы длина каната была безпредѣльно велика, то каждое сотрясеніе одного конца его распространялось бы по немъ въ видѣ волны. Разсмотримъ канатъ ограниченной длины. Распространяющаяся волна отражается у конца каната, она возвращается обратно, и мы получаемъ явленіе стоячей волны. Благодаря бѣгущей впередъ волнѣ каждая частица каната выпячивается то вверхъ, то внизъ; такое же дѣйствіе оказываетъ и отраженная волна; въ однихъ мѣстахъ дѣйствія обѣихъ волнъ благодаря одинаковому направленію взаимно усиливаются, въ другихъ, гдѣ направленія ихъ противоположны, они взаимно ослабляются. Есть мѣста, гдѣ перемѣщенія, вызываемыя обѣими волнами, равны и противоположны; частицы каната здѣсь остаются поэтому въ покоѣ: эти мѣста называются узловыми точками; мѣста же наибольшихъ отклоненій называются пучностями. Разстояніе между двумя узловыми точками (фиг. 14) равно длинѣ полуволны. Если мы выдѣлимъ

Фиг. 14.

мысленно участокъ AB, то мы сейчасъ же замѣтимъ полное сходство съ колеблющимся стержнемъ; мы замѣчаемъ, что колебанія, имъ совершаемыя, составляютъ одну четверть стоячей

http://mathecats.ru

волны. Это обстоятельство указываетъ намъ на возможность примѣнить понятіе стоячей волны и къ случаю электрическихъ колебаній въ проволокѣ. Внизу у земли, т. е. на проводящей поверхности, мы находимъ узловую точку электрическаго напряженія, въ верхнемъ же концѣ—пучность. Колебанія тока происходятъ въ обратномъ порядкѣ: здѣсь узелъ вверху, а пучность внизу.

Проволока, разряжающаяся въ землю, пронизывается электрическими пульсаціями, которыя постоянно мѣняютъ свое направленіе. Вслѣдствіе этого въ окружающемъ пространствѣ возбуждается магнитизмъ, т. е. кругомъ проволоки возникаютъ магнитные вихри, которые въ томъ же темпѣ мѣняютъ свою силу и направленіе. Если мы въ какомъ-нибудь мѣстѣ электрически колеблющейся проволоки проведемъ черезъ нее горизонтальную плоскость и отложимъ отрѣзки, изображающіе колебанія магнитной силы, перпендикулярныя къ направленію тока, не въ самой плоскости, но перпендикулярно къ ней, то эти отрѣзки будутъ увеличиваться и уменьшаться. При измѣненіи направленія тока сила также мѣняетъ свое направленіе, и мы откладываемъ соотвѣтствующіе перпендикуляры книзу. Итакъ, въ каждомъ мѣстѣ плоскости магнитная сила совершаетъ колебанія въ одну и въ другую сторону. Если мы бросимъ на спокойную поверхность воды камень, то возникаютъ волны въ видѣ круговъ, которыя распространяются съ извѣстной скоростью. Съ ними вполнѣ сходны и магнитныя волны, которыя, какъ показалъ Генрихъ Герцъ, увеличиваютъ свой радіусъ со скоростью 300 000 километровъ въ секунду, т. е. со скоростью свѣта. Если онѣ встрѣчаютъ на своемъ пути препятствіе, —напримѣръ, въ видѣ проволоки,—то часть ихъ отбрасывается обратно, и въ тоже время въ проволокѣ образуются стоячія волны. Напряженность волненія зависитъ отъ порождающаго его тока; поэтому въ горизонтальныхъ плоскостяхъ, расположенныхъ ниже, возникаютъ болѣе сильныя волны, чѣмъ въ расположенныхъ выше; такимъ образомъ, въ проволокѣ, воспринимающей колебанія, сила тока распредѣляется такъ же, какъ и въ той проволокѣ, которая ихъ посылаетъ. Электрическія напряженія распредѣлены въ обратномъ порядкѣ: наверху они наиболѣе сильны. Проводящую поверхность или землю, которую мы до сихъ поръ противоставляли колеблющейся проволокѣ, нужно разсма-

http://mathesis.ru

тривать, какъ резервуаръ, который воспринимаетъ электрическія свойства, приходящія черезъ посредство искры, и, въ свою очередь, отдаетъ его проволокѣ при обратномъ колебаніи. Мы можемъ также замѣстить ее проволокой равной длины. Для опытовъ въ комнатѣ проволокѣ слѣдуетъ отдать предпочтеніе, такъ какъ изолированныя проволоки можно протянуть легче, чѣмъ проводящія поверхности. Тамъ, позади, въ залѣ протянута такая проволока на изолирующихъ нитяхъ между двумя противоположными стѣнами. Посрединѣ проволока прерывается. Если мы будемъ заряжать проволоку до значительнаго напряженія, пока не появится искра, то напряженіе будетъ колебаться въ предѣлахъ, изображенныхъ пунктирными линіями на фиг. 15. Вся проволока теперь совершаетъ колебанія, соотвѣтствующія половинѣ стоячей волны. Здѣсь спереди находится пріемная проволока такой же длины, но неразомкнутая посрединѣ; подъ вліяніемъ притекающихъ магнитныхъ волнъ, напряженіе здѣсь распредѣляется такимъ же образомъ, какъ и на первой проволокѣ. Когда я приближаю палецъ къ свободному концу проволоки, то я вижу небольшія искры и ощущаю легкіе уколы. Чтобы сдѣлать эти искры видимыми для всѣхъ, я постараюсь съ помощью ихъ привести въ дѣйствіе бо́льшую электрическую силу. Съ этой цѣлью я помѣстилъ тамъ дуговую лампу, угли которой отдѣлены другъ отъ друга небольшимъ промежуткомъ. Несмотря на то, что угли соединены съ полюсами сильной батареи, токъ не можетъ пройти, потому что напряженіе батареи недостаточно для того, чтобы соединить искрой разобщенные угли. Когда же я вызываю колебанія, то электрическое напряженіе между углями возрастаетъ болѣе, чѣмъ въ тысячу разъ, искры въ изобиліи перескакиваютъ отъ одного угля къ другому, и сильно раскаленный воздушный путь искръ образуетъ мостъ для перехода тока отъ батареи. Въ этотъ моментъ лампа начинаетъ горѣть ослѣпительнымъ свѣтомъ. Одного тока, вызываемаго колебательными искрами, было бы недостаточно, чтобы зажечь лампу; на помощь

Фиг. 15.

http://mathesis.ru

должна придти батарея. Но такая установка не даетъ намъ еще возможности телеграфировать: если бы мы пожелали воспроизвести точки и черточки телеграфа Морза посредствомъ болѣе и менѣе продолжительнаго горѣнія лампы, то мы еще должны были бы умѣть прерывать функціонированіе лампы съ мѣста отправленія. Такой автоматическій прерыватель изобрѣлъ недавно умершій русскій профессоръ Поповъ. Это открытіе сдѣлало возможнымъ осуществленіе безпроволочнаго телеграфа въ первой его стадіи. Еще при жизни изобрѣтателя его открытіе нашло себѣ великолѣпное примѣненіе во время русско-японской войны. Возложимъ вѣнокъ славы на его свѣжую могилу.

Фиг. 16a.

Я выставилъ здѣсь модель подобнаго телеграфа (фиг. 16a и 16b), посредствомъ котораго мы безъ помощи проволоки можемъ посылать телеграммы съ одного конца залы въ другой; при соотвѣт-

http://mathesis.ru

ственномъ увеличеніи такого прибора мы могли бы посылать посредствомъ него телеграммы на разстояніе цѣлыхъ миль.

Мы воспользуемся теперь изобрѣтеніемъ французскаго изслѣдователя Бранли (Branly), замѣняющимъ дуговую лампу, которою мы пользовались раньше. Маленькая стеклянная трубочка содержитъ металлическій порошокъ, а съ боковъ закрыта двумя металлическими наконечниками (фиг. 17). Такъ какъ отдѣльныя частички порошка соприкасаются другъ съ другомъ лишь своими остріями или чрезвычайно острыми краями, то онѣ представляютъ огромное сопротивленіе прохожденію тока Если трубочка (ее называютъ теперь когереромъ*) находится въ томъ мѣстѣ пріемнаго проводника, гдѣ въ прежнемъ опытѣ помѣщалась дуговая

Фиг. 16b.

*) Въ Германіи „Fritter“.

http://mathesis.ru

лампа, то въ этомъ случаѣ источникъ постояннаго тока, соединенный съ обоими наконечниками не можетъ дать тока (фиг. 18). Огромное сопротивленіе порошка когерера дѣйствуетъ подобно перерыву въ проводникѣ. Если же мы помощью притекающихъ магнитныхъ волнъ вызовемъ въ пріемной проволокѣ электрическое напряженіе, то въ когererѣ начнутъ перескакивать маленькія искорки, которыя можно различить подъ микроскопомъ; онѣ образуютъ такимъ образомъ проводящій мостъ для посылаемаго батареей тока постояннаго направленія. Высокаятемпература, которую перескакивающія искры вызываютъ на соприкасающихся остріяхъ и краяхъ опилокъ, спаиваетъ ихъ вмѣстѣ, образуя металлическій мостъ, по которому какъ бы переходятъ готовые въ путь электрическіе резервы источника постояннаго тока. Этотъ сравнительно сильный токъ проходитъ тогда черезъ обмотку электромагнитнаго будильника, язычекъ котораго ударяетъ по стеклянной трубкѣ когерера и сотрясаетъ мостикъ. Легкая постройка не выдерживаетъ сотрясенія, мостъ ломается, и токъ опять не можетъ пройти. Такимъ образомъ, электрическія колебанія можно уподобить саперамъ, наведшимъ мостъ, который обрушился подъ тяжестью первой марширующей колонны; нѣкоторые все же достигали спасительнаго берега. Однако же электрическія колебанія превосходятъ въ ловкости саперовъ; разрушенный мостъ они починяютъ въ теченіе небольшой доли секунды. Теперь сигнализація становится возможной. Единичная искра, которую я вызову въ мѣстѣ отправленія, строитъ мостъ, который тотчасъ же рушится; мы слышимъ одиночный ударъ язычка, соотвѣтствующій точкѣ Морзова алфавита. Повторнымъ испусканіемъ искръ мы можемъ повторить явленіе произвольное

Фиг. 17.

Фиг. 18.

http://mathesis.ru

число разъ; мы услышимъ болѣе продолжительный стукъ, это есть черточка Морзова алфавита. Привычное ухо телеграфиста разбираетъ эти знаки съ такой же легкостью, какъ глазъ — буквы алфавита. Можно также ввести въ цѣпь еще одинъ аппаратъ, который доставитъ намъ возможность воспользоваться содѣйствіемъ еще болѣе сильной батареи; съ помощью послѣдней мы приведемъ въ дѣйствіе пишущій аппаратъ Морза, фиксирующій получаемые знаки на бумагѣ въ видѣ черточекъ и точекъ.

Это и есть тотъ простой методъ, который Маркони примѣнилъ въ 1897 г. въ своихъ первыхъ опытахъ телеграфированія, составившихъ эпоху въ этомъ дѣлѣ. Однако, наибольшее разстояніе, которое тогда было доступно его телеграфу, не превышало немногихъ километровъ. Причина этого намъ теперь ясна, но въ то время техника еще не знала многихъ важныхъ свойствъ электрическихъ колебаній. Чтобы вполнѣ овладѣть этими послѣдними, потребовалось глубокое научное изученіе ихъ. Съ тѣхъ поръ надъ вопросами безпроволочнаго телеграфированія работало множество изслѣдователей, и было бы несправедливо приписывать достигнутый успѣхъ заслугамъ немногихъ лицъ.

Для того, чтобы техника вполнѣ овладѣла колебаніями, необходимо было изучить два важныхъ свойства ихъ: такъ называемыя резонансъ и затуханіе.

Понятіе резонансъ заимствовано, какъ показываетъ самое названіе, изъ акустики. Высота тона, издаваемаго камертономъ, соотвѣтствуетъ числу его колебаній въ 1 секунду. Это есть основной тонъ камертона.

Вмѣсто того, чтобы ударить камертонъ или провести по немъ смычкомъ, мы можемъ заставить его колебаться помощью незначительныхъ импульсовъ, напримѣръ, сотрясеніями воздуха. Но опытъ удается лишь въ томъ случаѣ, когда темпъ этого сотрясенія соотвѣтствуетъ основному тону камертона. Я ударяю второй такой же камертонъ и затѣмъ, придержавъ, прекращаю его колебанія (фиг. 19). Вы все-таки слышите звукъ, но онъ исходитъ отъ перваго камертона, приведеннаго въ колебаніе сотрясеніемъ воздуха. Стоитъ мнѣ уничтожить резонансъ, для чего я разстрою камертонъ, прикрѣпивъ къ нему маленькій грузъ, и звукъ, какъ вы убѣждаетесь, болѣе не передается.

Съ особенной ясностью свойство резонанса можно увидѣть на спиральной пружинѣ, на которой подвѣшенъ грузъ (фиг. 20).

Фиг. 19.

Если мы выведемъ пружину изъ состоянія равновѣсія и тѣмъ приведемъ ее въ движеніе, то мы увидимъ свойственное ей основное колебаніе. Положимъ теперь, что мы поставили себѣ цѣлью помощью незначительныхъ импульсовъ вызвать самое интенсивное колебаніе пружины. Для этого я осторожно ударяю карандашемъ по привѣшенной чашкѣ. Если я ударяю быстро, то пружина почти не движется; она лишь слабо дрожитъ. Если же темпъ ударовъ черезчуръ медленный, то мы опять-таки достигнемъ тѣхъ же незначительныхъ результатовъ, что и прежде. Если же я буду ударять въ томъ же темпѣ, какой соотвѣтствуетъ основному колебанію пружины, то чашка начнетъ танцовать вверхъ и внизъ все сильнѣе и сильнѣе; несмотря на незначительную силу каждаго отдѣльнаго удара, мы можемъ довести колебаніе до такой

Фиг. 20.

http://vofem.ru

интенсивности, что пружина лопнетъ. Какое нужно огромное напряженіе силы, чтобы вывести церковный колоколъ изъ положенія равновѣсія и ударить въ него языкомъ; но и ребенокъ можетъ заставить колоколъ звенѣть, если только онъ своими слабыми руками будетъ размахивать веревкой въ тактъ основному колебанію колокола.

Во всѣхъ упругихъ тѣлахъ мы наблюдаемъ явленіе резонанса; сила его иногда можетъ повлечь роковыя послѣдствія. Такъ, напримѣръ, когда войска проходятъ черезъ мостъ, не слѣдуетъ итти маршемъ въ ногу: темпъ марша можетъ совпасть съ

Фиг. 21.

основнымъ колебаніемъ моста, и это можетъ разрушить мостъ. Такимъ же образомъ объясняется опустошительное дѣйствіе вѣтра въ лѣсной чащѣ. Если удары вѣтра хотя бы въ теченіе короткаго времени имѣютъ тотъ же темпъ, что и колебанія вѣтвей, то они сваливаютъ лѣсныхъ гигантовъ, какъ соломинку.

Посмотрите на этотъ тяжелый дубовый столъ (фиг. 21). Онъ можетъ испытать двоякаго рода колебанія: во-первыхъ, онъ можетъ колебаться около точекъ опоры своихъ ножекъ; во-вторыхъ, верхняя доска можетъ придти въ сотрясеніе подобно туго натяну-

http://mathesis.ru

той перепонкѣ. Число колебаній въ этихъ основныхъ тонахъ различно; я вызову такія сотрясенія, чтобы движеніе было видимо издалека. На столѣ находится электрическій моторъ съ эксцентрической нагрузкой на валѣ. Благодаря центробѣжной силѣ вала столъ испытываетъ толчки по направленіямъ обоихъ возможныхъ колебаній. При опредѣленномъ темпѣ, т. е. когда вращательная скорость электромотора получаетъ нѣкоторую опредѣленную величину, доска стола и весь столъ начинаютъ быстро колебаться въ горизонтальной плоскости вокругъ основаній ножекъ стола. При большей скорости получается число колебаній, соотвѣтствующее лишь доскѣ стола; она колеблется подобно мембранѣ, укрѣпленной по своей окружности, напримѣръ, какъ пластинка телефона. Если же скорость электромотора не совпадаетъ ни съ одной изъ этихъ обѣихъ критическихъ скоростей, то тяжелый столъ находится въ состояніи почти полнаго покоя. Соединенный съ электромоторомъ счетчикъ оборотовъ позволяетъ намъ замѣтить, что при достиженіи критическаго числа колебаній притокъ электрической энергіи сильно возрастаетъ, не вызывая, однако, ускоренія электромотора. Увеличенный притокъ энергіи идетъ исключительно на повышеніе энергіи колебанія, пока, наконецъ, число оборотовъ не увеличится сразу скачкомъ, когда столъ снова придетъ въ состояніе покоя. Сообразно съ этимъ, каждая работающая машина съ вращающимися частями имѣетъ, по крайней мѣрѣ, одну критическую скорость, при наличности которой значительная часть всей энергіи превращается въ колебанія фундамента и, такимъ образомъ, способствуетъ расшатыванію его. Поэтому инженеру приходится тщательно разсчитать всѣ вращающіяся части машины; если же такой расчетъ представляется невозможнымъ, онъ долженъ выбирать скорости, возможно болѣе далекія отъ основныхъ колебаній, которыя свойственны всей машинѣ совмѣстно съ ея фундаментомъ. Чтобы лучше показать такой поучительный опытъ многочисленной аудиторіи, можно поставить на столъ большой круглый стеклянный сосудъ, наполненный ртутью. Волнообразныя движенія зеркальной поверхности ртути, которыя соотвѣтствуютъ обоимъ случаямъ резонанса, даютъ чрезвычайно характерную картину, хорошо видную издали.

Во время опытовъ со скорой электрической тягой въ 1904 г. вода, наполнявшая стаканы на столѣ, переливалась черезъ ихъ

http://mipesk.ru

края лишь при опредѣленной скорости движенія; собственныя колебанія сотрясеннаго вагона въ тотъ моментъ совершались въ тактъ съ толчками, которые рельсы сообщали колесамъ. Я могъ бы привести еще множество примѣровъ. Ограничусь однимъ лишь еще примѣромъ, когда явленіе резонанса привело къ особенно роковымъ послѣдствіямъ: поломка вала на суднѣ „Deutschland“ была вызвана упругими колебаніями вала, которыя пришли въ созвучіе съ толчками, обусловленными смѣннымъ движеніемъ паровыхъ машинъ. Обыкновенный счетчикъ оборотовъ, механически приводимый въ движеніе, не годится для этихъ опытовъ, такъ какъ благодаря сотрясеніямъ онъ не можетъ правильно функціонировать. Удобенъ дально-счетчикъ Фрама (Frahm), устройство котораго также основано на принципѣ резонанса (фиг. 22). На валъ,

Фиг. 22.

число оборотовъ котораго мы желаемъ измѣрить, набито небольшое желѣзное колесо съ широкими выдающимися зубцами; вплотную къ окружности колеса придвинутъ электромагнитъ съ магнитнымъ сердечникомъ. Когда отдѣльные зубцы проходятъ мимо полюсовъ электромагнита, въ обмоткѣ его возникаютъ кратковременные прерывистые токи, частота которыхъ зависитъ отъ скорости вращенія вала. Возникшіе такимъ образомъ пульсирующіе токи передаются черезъ проводники счетчику оборотовъ, который можетъ находиться на произвольно далекомъ разстояніи. Къ этому счетчику прилаженъ другой электромагнитъ, магнитная сила котораго непрерывно мѣняется благодаря прерывистымъ то-

http://mathesis.ru

камъ, и оказываетъ дѣйствіе на желѣзный гребень, который можетъ совершать упругія колебанія около горизонтальной оси. Соотвѣтственно пульсаціямъ тока весь этотъ желѣзный гребень приходитъ въ малое колебаніе такой же частоты. Благодаря остроумному приспособленію сотрясенія становятся видимыми лишь въ опредѣленномъ мѣстѣ, соотвѣтствующемъ числу колебаній; именно, отдѣльные зубцы гребня имѣютъ подобно металлическимъ язычкамъ музыкальнаго ящика различную длину и обладаютъ, поэтому, различными основными тонами. Когда весь гребень приводится въ сотрясеніе съ опредѣленнымъ числомъ колебаній, то лишь тотъ язычокъ начинаетъ колебаться съ особенной быстротой, который имѣетъ такой же основной тонъ, какой въ данный моментъ имѣетъ весь гребень. Загнутый конецъ язычка выкрашенъ въ бѣлый цвѣтъ; при колебаніи онъ образуетъ

Фиг. 23.

отчетливую свѣтлую черту, и по отмѣткѣ на находящейся при немъ скалѣ можно узнать число оборотовъ мотора.

Электрическія колебанія подчиняются тѣмъ же законамъ резонанса. Вызовемъ электрическія колебанія простѣйшимъ способомъ, именно, съ помощью банки Клейста. Тотъ же результатъ даетъ стеклянная пластинка съ металлическими обкладками по обѣимъ сторонамъ. Мы соединимъ ихъ проволоками; концы

http://mathesis.ru

послѣднихъ не соприкасаются, и между ними остается неболь-

Фиг. 24.

шое пространство. Мы зарядимъ одну обкладку, сообщивъ ей

http://vofem.ru

электричество высокаго напряженія или, лучше, доводя одновременно другую обкладку до отрицательнаго напряженія. Маленькіе шарики въ мѣстѣ перерыва проволоки получаютъ ту же разность напряженій. Когда эта разность достигаетъ опредѣленной величины, то обкладки разряжаются посредствомъ искры, и электрическія колебанія пронизываютъ теперь уже замкнутую цѣпь. Еще 50 лѣтъ тому назадъ было найдено, что частота этихъ колебаній зависитъ отъ двухъ величинъ: отъ вмѣстительности, или емкости, банки и отъ длины и формы проволоки, образующей цѣпь, отъ такъ называемой самоиндукціи ея. Обѣ эти величины поддаются измѣренію и вычисленію. Число колебаній всегда опредѣляется произведеніемъ этихъ величинъ; мы назовемъ послѣднее величиной колебанія. Отсюда слѣдуетъ, что вторая подобная цѣпь должна имѣть такое же число колебаній, если только величина колебанія ея такова же, какъ и первой.

Здѣсь установлены рядомъ двѣ такихъ цѣпи (фиг. 23); въ одной находятся двѣ лейденскія банки; короткая проволочная дуга ведетъ къ промежутку, по которому пробѣгаетъ искра; это мѣсто помѣщается въ закрытомъ эбонитовомъ ящичкѣ, чтобы не видно было яркаго сіянія искры. Вторая передняя цѣпь содержитъ лишь одну банку, такъ что емкость ея вдвое меньше; проволочная дуга, соединяющая обѣ обкладки, длиннѣе, и посредствомъ перемѣщенія передвижной проволоки, эту дугу можно удлинять по произволу. Чтобы электрическія колебанія второй цѣпи совершались въ унисонъ съ колебаніями первой, проволочная дуга второй цѣпи должна быть въ два раза длиннѣе, чѣмъ въ первой, такъ какъ емкость ея вдвое меньше. Пульсирующее магнитное поле, возникшее вслѣдствіе разряда банки, вызываетъ во второй цѣпи при наличности резонанса столь энергичныя колебанія, что банка заряжается, и между обѣими обкладками, сближенными посредствомъ дуги, переходящей черезъ край банки, появляется снопъ искръ, электричество какъ бы переливается черезъ край банки. Какъ видите, опытъ удается лишь при опредѣленной длинѣ соединительной дуги. Этотъ опытъ слѣдовательно вполнѣ аналогиченъ вышеописанному опыту съ камертонами.

Точно такъ же и опытъ съ зажиганіемъ дуговой лампы удается лишь при условіи существованія резонанса: обѣ проволоки, взятыя нами, были одинаковой длины и, слѣдовательно, имѣли оди-

http://mathesis.ru

наковыя величины колебаній. Стоитъ намъ укоротить одну проволоку, и опытъ не удается; если снова дадимъ имъ одинаковую

Фиг. 25.

длину, то резонансъ возстановляется, и лампа во́-время зажигается. Въ этомъ случаѣ емкость и самоиндукція проволокъ равны

http://

другъ другу. Чтобы показать, что существеннымъ условіемъ является равенство этихъ произведеній, я воспроизведу одинъ случай резонанса, гдѣ емкости относятся примѣрно, какъ 10000 къ 1, а самоиндукціи находятся въ обратномъ отношеніи.

Здѣсь большая батарея банокъ образуетъ цѣпь для колебаній, замкнутую короткой дугой. Мы соединимъ ее съ проволочной катушкой; емкость ея мала, самоиндукція же чрезвычайно велика, такъ какъ обмотанная проволока очень длинна (фиг. 24). Регулируя длину проволоки замкнутаго круга, мы легко добьемся равенства величинъ колебаній. Снопъ мощныхъ искръ на катушкѣ обнаружитъ намъ наступленіе резонанса. Это весьма понятно: емкость катушки столь мала, что она не въ состояніи вмѣстить колеблющагося электричества, послѣднее выбрасывается подъ большимъ давленіемъ въ пространство: это явленіе можно уподобить бьющему фонтану. Я произвелъ передъ вами этотъ опытъ лишь въ небольшихъ размѣрахъ; дѣйствуя аналогичнымъ образомъ, Николай Тесла получилъ поразительные результаты въ своей лабораторіи, воздвигнутой высоко въ горахъ Колорадо. На фотографіяхъ, которыя онъ подарилъ мнѣ въ знакъ своихъ дружескихъ чувствъ, мы видимъ искусственныя молніи въ 4 м. длины (фиг. 25).

Мы займемся теперь примѣненіями описанныхъ явленій къ безпроволочному телеграфу. Въ прежней установкѣ Маркони проволока, испускающая колебанія, колебалась одной четвертью волны; пріемная проволока такой же длины, какъ и испускающая, имѣетъ на своемъ концѣ когереръ, который разъединяетъ проволоку съ землей, пока онъ не подвергается дѣйствію электрическихъ волнъ; пріемная проволока можетъ колебаться только половиной волны, такъ что волны относятся, какъ 1 къ 2 (фиг. 26a и 26b). Мы не получаемъ полнаго резонанса. Пріемную проволоку нужно взять вдвое большей длины, чѣмъ испускающую, что сопряжено съ техническими затрудненіями.

Фиг. 26a.

Фиг. 26b.

Въ 1900 году былъ найденъ пріемъ, который, несмотря на свою простоту, имѣлъ рѣшающее значеніе для успѣха безпрово-

http://mathesis.ru

лочнаго телеграфированія. Присоединяя къ проволокѣ горизонтальный придатокъ въ одну четверть волны, удалось получить резонансъ при той же длинѣ пріемной проволоки. Далѣе удалось показать, что одна и та же пріемная проволока даетъ резонансъ на различную длину волнъ, если длина пріемной проволоки и горизонтальнаго придатка въ общей сложности составляютъ длину полуволны (фиг. 27). Впослѣдствіи этому придатку дали форму катушки; вмѣстѣ съ когереромъ и двойнымъ отводомъ въ землю она составила замкнутую цѣпь; емкость когерера и самоиндукція были разсчитаны такимъ образомъ, что величины колебаній замкнутой цѣпи, съ одной стороны, и соединенной съ землей пріемной проволоки, съ другой,— были равны, т. е. обладали полнымъ резонансомъ. Впервые и съ полнымъ успѣхомъ рѣшающій экспериментъ былъ выполненъ 22 дек. 1900 г. въ присутствіи германскаго императора. Посредствомъ одной и той же пріемной проволоки были одновременно приняты двѣ телеграммы изъ различныхъ мѣстъ съ различными длинами волны (фиг. 28). Впослѣдствіи Маркони утверждалъ, что такой же опытъ онъ произвелъ на островѣ Уайтѣ (Wight); но метода своего онъ тогда не опубликовалъ.

Фиг. 27.

Такимъ образомъ было дано техническое рѣшеніе задачи кратнаго телеграфированія и настройки одной пріемной станціи на различныя длины волнъ. Германское Общество безпроволочнаго телеграфированія развило этотъ методъ съ помощью другихъ остроумныхъ изобрѣтеній и довело его до высокой степени техническаго совершенства. Военныя суда нѣмецкаго флота имѣютъ теперь въ своемъ распоряженіи пять различныхъ длинъ волны, имѣющихъ каждая свое спеціальное назначеніе. Нынче, всякій разъ когда императоръ присутствуетъ при маневрахъ эскадры, многочисленныя береговыя станціи позволяютъ

Фиг. 28.

http://mathesis.ru

установить непрерывное телеграфное сообщеніе съ Берлиномъ. Во время послѣдняго пребыванія императора въ Даніи телеграмма, посланная изъ копенгагенскихъ водъ, была доставлена въ руки императрицѣ въ Берлинъ черезъ 25 минутъ послѣ отправленія. Эти и другія усовершенствованія имѣютъ большое значеніе на серьезный случай морской войны, такъ какъ они даютъ германскому флоту орудіе, превосходящее по своему совершенству все, чѣмъ располагаютъ флоты другихъ державъ. Французы и англичане пока оперируютъ лишь съ одной длиной волны. Благодаря возможности быстро мѣнять волну нѣмецкому телеграфу почти не грозитъ опасность перерыва. Въ англійской прессѣ мы постоянно встрѣчаемся съ утвержденіемъ, что опасность перерыва сильно обезцѣниваетъ безпроволочный телеграфъ для военныхъ цѣлей; по отношенію къ телеграфу германскаго флота это положеніе несомнѣнно неправильно.

Болѣе глубокая научная разработка вопроса объ искровомъ телеграфѣ вызвала необходимость въ изобрѣтеніи приборовъ для быстраго и точнаго измѣренія величины получаемыхъ электрическихъ волнъ. И это удалось при помощи того же принципа резонанса. Изъ множества употребляемыхъ нынѣ волноизмѣрителей я опишу здѣсь лишь одинъ, какъ наиболѣе простой. Этотъ небольшой стержень, который я держу въ рукахъ, покажетъ мнѣ длину волны, какъ только я приближусь съ нимъ къ цѣпи электрическихъ колебаній (фиг. 29). Я назвалъ его мультипликаторомъ, такъ какъ многочисленные обороты тончайшей проволоки, обмотанной вокругъ стеклянной трубки, по достиженіи резонанса съ поступающими колебаніями, въ такой же сильной степени увеличиваютъ электрическое напряженіе, можно сказать, умножаютъ его, какъ и показанная мною раньше катушка, испускающая искры. Тамъ нижній конецъ примыкалъ къ лейденской банкѣ съ большой емкостью, разряженіе которой служило источникомъ электрическаго напряженія. Здѣсь ту же роль банки играетъ мое собственное тѣло, которое я ввожу въ цѣпь, когда беру концами двухъ пальцевъ тонкую катушку. По отношенію къ весьма слабымъ токамъ, пронизывающимъ тонкую проволоку, емкость моего тѣла достаточно велика, чтобы на мѣстѣ соприкосновенія образовалась узловая точка колеблющагося напряженія. Передвигая пальцы, я перемѣщаю узловую точку, пока ле-

http://mathesis.ru

жащіе надъ ней завитки проволоки не будутъ настроены въ унисонъ съ приходящими колебаніями. Въ этотъ моментъ свободное остріе проволоки на верхнемъ концѣ стержня испускаетъ пучекъ электрическаго свѣта; этотъ свѣтъ, правда, не столь силенъ, какъ извивающіяся на протяженіи цѣлыхъ метровъ молніи, которыя даетъ большая резонирующая катушка; но я могу увеличить силу свѣта, подкладывая листочекъ бумаги, покрытый ціан-

Фиг. 29.

платинатомъ барія; тогда незначительный свѣтовой пучокъ расширяется и переходитъ въ огненные языки яркаго зеленаго цвѣта, ясно видные во всей залѣ. Стержень градуированъ, и длину волны я отсчитываю въ томъ мѣстѣ, гдѣ мои пальцы касаются катушки. Измѣримъ теперь длину волны тѣхъ колебаній, кото-

http://mathesis.ru

рыя пронизываютъ большую брызжущую искрами катушку,—эта длина составляетъ 800 метровъ. Уже осязаніе указываетъ мнѣ правильную установку на резонансъ: мои пальцы испытываютъ явственные уколы, которые становятся болѣе чувствительными, когда я приближаюсь къ большой катушкѣ. На разстояніи двухъ метровъ уколы даютъ себя настолько чувствовать, что я вынужденъ отвести пальцы отъ положенія резонанса. Сдѣланная мною установка соотвѣтствовала колебаніямъ въ одну четверть стоячей волны.

Фиг. 30.

Приведя въ сотрясеніе канатъ, я могу получить на немъ нѣсколько волнъ, т. е. нѣкоторое число пучностей и узловъ; то же самое я могу получить и въ мультипликаторъ. Здѣсь я установилъ мультипликаціонный стержень значительной длины; мы распознаемъ на немъ послѣдовательныя пучности напряженія по искрамъ на маленькихъ мѣдныхъ проволокахъ, укрѣпленныхъ поперекъ длины катушки на тонкой деревянной пластинкѣ. Затемнивъ залъ, мы распознаемъ резонансъ для 1, 3 и 5 четвертей волны (фиг. 30, 31, 32). Такимъ образомъ, мы обнаружили электрическія колебанія, которыя исходятъ изъ катушки и заполняютъ все пространство, и измѣрили длину ихъ волны.

Дальнѣйшее усовершенствованіе открытія Маркони явилось результатомъ тщательнаго изученія явленій такъ назы-

http://mathesis.ru

ваемаго затуханія; этотъ вопросъ разрабатывали почти исключительно германскіе изслѣдователи. Если мы будемъ вызывать колебанія исключительно механическимъ путемъ,—напримѣръ, помощью динамомашины съ перемѣннымъ токомъ,—то возникающія колебанія тока могутъ повторяться съ неизмѣнной силой произвольное число разъ (фиг. 33).

Иначе обстоитъ дѣло съ быстрыми колебаніями, возникающими благодаря искровому разряду опредѣленной емкости; съ такого рода колебаніями мы имѣемъ дѣло въ искровомъ телеграфѣ (фиг. 34). Въ виду потерь двоякаго рода интенсивность колебанія здѣсь непрерывно убываетъ.

Фиг. 31.

Во-первыхъ, потеря обусловливается нагрѣваніемъ проволоки, по которой пробѣгаютъ колебательные токи на станціи отправленія. Еще въ началѣ лекціи я показалъ, что каждая проволока, по которой проходитъ токъ, нагрѣвается имъ. Теплота эта излучается въ пространство и не можетъ быть использована для періодическаго возобновленія колебаній тока. Наиболѣе значительныя потери имѣютъ мѣсто въ сильно нагрѣтомъ искровомъ промежуткѣ. Вслѣдствіе этого интенсивность колебаній непрерывно убываетъ. Сила волненія въ окружающемъ пространствѣ быстро ослабѣваетъ до такой степени, что волны болѣе не могутъ привести въ дѣйствіе пріемникъ.

http://mathesis.ru

Вторая потеря имѣетъ совершенно другое значеніе. На возбужденіе магнитныхъ волнъ въ окружающемъ пространствѣ требуется затрата силы электрическаго тока. Поэтому, чѣмъ больше энергіи отправитель излучаетъ для передачи дѣйствія на разстояніе, тѣмъ быстрѣе убываетъ напряженность колебаній.

Фиг. 32.

Это убываніе называется затуханіемъ колебаній: первое называется затуханіемъ черезъ сопротивленіе, второе—затуханіемъ чрезъ излученіе. Въ современномъ безпроволочномъ телеграфѣ тщательно принимаются въ расчетъ оба эти затуханія, каждое въ отдѣльности.

Что касается затуханія черезъ сопротивленіе, то само собою понятно, что его слѣдуетъ свести къ минимуму. Въ каждой моторной машинѣ, каковой, между прочимъ, можно считать и отправитель безпроволочнаго телеграфа, внутреннее треніе и обусловленная ею вредная работа должны быть по возможности уменьшены. Напримѣръ, въ паровой машинѣ мы стараемся довести работу, пропадающую для полезнаго дѣйствія, до минимума тщательнымъ изготовленіемъ подвижныхъ частей и обильнымъ смазываніемъ ихъ. Совершенно такой же смыслъ можно усмотрѣть въ томъ изобрѣтеніи, которое дало возможность существенно ограничить затуханіе черезъ сопротивленіе. Изслѣдованіе показало, что вредное сопротивленіе, пред-

http://mathesis.ru

ставляемое искровымъ промежуткомъ — а онъ и играетъ здѣсь важную роль тѣмъ меньше, чѣмъ сильнѣе пульсирующій токъ. Чтобы увеличить силу колебательнаго тока въ этомъ промежуткѣ, надъ нимъ помѣщаютъ другой сильный токъ, не принимающій участія въ дѣйствіи на разстояніе; съ этой цѣлью искровой промежутокъ, помимо соединенія съ приборомъ для колебанія,

Фиг. 33.

вводится еще въ замкнутую цѣпь, обладающую большой емкостью (фиг. 35). Чѣмъ больше емкость этой присоединенной цѣпи, тѣмъ сильнѣе токъ, проходящій по искровому промежутку, тѣмъ меньше его сопротивленіе. Современный безпроволочный телеграфъ пользуется почти однимъ лишь этимъ средствомъ; хотя оно сопряжено съ увеличеніемъ затраты силы на приведеніе телеграфа въ дѣйствіе, но зато благодаря этому средству затуханіе излучаемыхъ колебаній существенно уменьшается.

Фиг. 34.

Другую роль играетъ затуханіе *черезъ излученіе*; здѣсь надо различать два момента. Чѣмъ болѣе мы усиливаемъ излученіе, тѣмъ большую напряженность получаетъ порождаемое имъ магнитное волненіе, но зато оно тѣмъ скорѣе и ослабѣваетъ. Было бы ошибкой съ нашей стороны, если бы мы, выбирая подходящую форму для отправителя, заботились бы только о томъ, чтобы увеличить напряженность излученія; наоборотъ, въ данномъ случаѣ слѣдуетъ соблюдать разумную мѣру, чтобы колебанія не затухали слишкомъ скоро: для резонанса пріемника всегда выгодно, чтобы изъ числа импульсовъ, испускаемыхъ каждой искрой разряда, возможно большее число ихъ оказало дѣйствіе на пріемный аппаратъ. Примѣръ изъ механики пояснитъ намъ сказанное. Заставить тяжелый колоколъ звонить — легче посредствомъ большого числа легкихъ повторныхъ толчковъ, чѣмъ однимъ сильнымъ размахомъ веревки. Нынѣ путемъ особыхъ приспособленій отправляющему

Фиг. 35.

http://mathesis.ru

аппарату даютъ такой видъ, что затуханіе излученія не превышаетъ извѣстныхъ предѣловъ.

Цѣлесообразному примѣненію развитыхъ здѣсь взглядовъ мы обязаны тѣмъ, что искровой телеграфъ сдѣлалъ за послѣдніе годы поразительные успѣхи, и что германская система достигла перевѣса по сравненію съ другими странами. Маркони и его сотрудники послѣдніе годы работали почти исключительно надъ тѣмъ, чтобы приспособить безпроволочный телеграфъ къ возможно бо́льшимъ разстояніямъ, и сообразно съ этимъ они строили свои станціи такимъ образомъ, чтобы развивать посредствомъ нихъ огромныя силы; нѣмецкіе же изслѣдователи въ это самое время стремились проникнуть возможно глубже въ законы безпроволочнаго телеграфированія и расширить область ихъ примѣненій техническимъ усовершенствованіемъ конструкцій. Эти работы увѣнчались успѣхомъ. Число станцій германской системы во всѣхъ странахъ свѣта достигаетъ 600, превосходя число станцій, построенныхъ другими, не нѣмецкими обществами. Германское Общество теперь проектируетъ и сооружаетъ и гигантскія станціи; величайшія изъ нихъ начнутъ функціонировать этимъ лѣтомъ въ Nauen и Norddeich. Предварительные опыты уже показали, что возможно будетъ отправить телеграмму съ нѣмецкихъ береговъ за 1000 миль черезъ океанъ. Когда эти станціи будутъ въ полномъ ходу, тогда и для „Общества Маркони“ неминуемо настанетъ моментъ, когда они уже вынуждены будутъ согласиться на установленіе международныхъ нормъ по всѣмъ вопросамъ безпроволочнаго телеграфированія въ области океановъ, на что оно пока не шло. Германскія станціи легко могли бы планомѣрно разстраивать дѣятельность ирландской станціи, только что воздвигнутой Марконіевымъ обществомъ въ Ирландіи, и тѣмъ совершенно парализовать ея силу. Давно возникшій споръ разрѣшился бы тогда не дипломатическими конференціями, но борьбой волнъ въ воздушномъ океанѣ.

У слушателей, которые съ благосклоннымъ вниманіемъ слѣдили за всѣмъ тѣмъ, что я говорилъ до сихъ поръ, несомнѣнно возникнетъ слѣдующій вопросъ. Несущіяся въ пространствѣ магнитныя волны, безъ сомнѣнія, обладаютъ запасомъ энергіи, ибо дѣйствіе, которое проявляется въ пріемной станціи въ видѣ тиканія пишущаго рычага и въ видѣ звуковъ телефона, можетъ быть

http://mathesis.ru

выражено въ милліонныхъ доляхъ лошадиной силы. Не окажется ли возможнымъ помощью магнитныхъ волнъ пересылать въ отдаленныя страны и болѣе значительные запасы энергіи? Эта мысль весьма соблазнительна, и удача такого плана вызвала бы переворотъ технической культуры, съ которымъ не могли бы сравниться самыя блестящія открытія прошлаго столѣтія. Инженеръ не привыкъ отвѣчать a priori на предложенный вопросъ абсолютнымъ отрицаніемъ; но одно мы можемъ сказать съ увѣренностью: если когда-либо намѣченная нами задача приблизится къ осуществленію, то къ тому времени мы должны будемъ располагать знаніемъ такихъ законовъ природы, которыя послѣдняя теперь хранитъ отъ насъ за семью замками.

Фиг. 36.

Интересно все-таки разсмотрѣть, насколько мы въ состояніи съ помощью нашихъ теперешнихъ знаній разрѣшить практически поставленную задачу. Я попытался отвѣтить на этотъ вопросъ, насколько это дозволяютъ средства и размѣры лабораторіи. Цѣлесообразно примѣняя всѣ законы, открытые изученіемъ искрового телеграфа, я постарался переслать безъ помощи проволоки отъ задней стѣны зала до передняго стола нѣкоторое опредѣленное количество энергіи, которое было бы замѣтно по своимъ дѣйствіямъ. Между проволоками, которыя вы видите тамъ позади, и между проволочной арфой здѣсь впереди, удаленными другъ отъ друга на разстояніе 9 метровъ, нѣтъ никакого металлическаго сообщенія, и все же посредствомъ сильныхъ электрическихъ колебаній мнѣ удается, въ силу резонанса, привести въ дѣйствіе электрическую

лампу накаливанія (фиг. 36). Во избѣжаніе недоразумѣній я здѣсь подчеркиваю, что этотъ опытъ не надо смѣшивать съ показаннымъ мною прежде зажиганіемъ дуговой лампы. Тамъ я пользовался минимальными импульсами лишь для того, чтобы пустить въ ходъ уже имѣющійся на лицо источникъ работы въ видѣ батареи и пропускать ея токъ черезъ лампу; въ настоящемъ же опытѣ я заимствую всю электрическую энергію, необходимую для горѣнія лампы, исключительно изъ поступающихъ магнитныхъ волнъ.

Не будемъ, однако, предаваться оптимизму относительно будущаго. Вы поймете это, если я скажу вамъ, что рабочая сила, которую я тамъ позади превращаю въ колебанія, составляетъ 3 лошадиныя силы, тогда какъ результатъ, получаемый мною здѣсь впереди, выражается скромнымъ числомъ — $^1/_{300}$ лошадиной силы, что составляетъ тысячную долю затраченной работы.

Все же: In magnis voluisse sat est.

http://mathesis.ru

http://mathesis.ru

Вѣстникъ Опытной Физики и Элементарной Математики

Выходитъ 24 раза въ годъ отдѣльными выпусками, не менѣе 24 стр. каждый.

подъ редакціей приватъ-доцента *В. Ф. Кагана.*

ПРОГРАММА ЖУРНАЛА: Оригин. и перевод статьи изъ области физики и элем. математики. Статьи, посвященныя вопросамъ преподаванія математики и физики. Опыты и приборы. Научн. хроника. Разныя извѣстія. Математ. мелочи. Темы для сотрудниковъ. Задачи для рѣшенія. Рѣшенія предлож. задачъ съ фамиліями рѣшившихъ. Задачи на премію. Библіограф. отдѣлъ: обзоръ спец. журналовъ; замѣтки и рецензіи о новыхъ книгахъ.

Статьи составляются настолько популярно, насколько это возможно безъ ущерба для научной стороны дѣла.

Предыдущіе семестры были **рекомендованы**: Учен. Ком. Мин. Нар. Пр. для гимн. муж и жен., реальн. уч., прогим., город. уч., учит. инст. и семинарій; Главн. Воен. Учебн. Зав.—для воен.-уч. заведеній: Учен. Ком. при Св. Синодѣ—для дух. семинарій и училищъ.

Пробный номеръ высылается БЕЗПЛАТНО по первому требованію.

Важнѣйшія статьи, помѣщенныя въ 1907-8 ак. г.

Проф. *А. Клоссовскій.* Температура и давленіе въ болѣе высокихъ слояхъ атмосферы —Проф. *А. Риги.* Атомныя измѣненія въ радіоактивныхъ тѣлахъ. Проф. *І. Гейбергъ.* Новое сочиненіе Архимеда. Проф. *О. Леманъ.* Жидкіе кристаллы и теоріи жизни.—Лордъ Кельвинъ.—Проф. *А. Риги.* Объ электрической природѣ матеріи – *С. Р*, Замѣтки по кинет. теоріи газовъ.—*А. Турчаниновъ.* Къ великой теоремѣ Фермата. Проф. *Фёпплъ.* Задача о падающей кошкѣ.—Проф. *Пеши.* Задача изъ теоріи соединеній, поставленная лордомъ Кельвиномъ.—*А. Филипповъ.* Замѣтка объ именованныхъ числахъ.—Прив.-доц. *В. Каганъ.* Современная постановка задачи объ обоснованіи геометріи.—*П. С. Флоровъ*, Замѣтка о вычисленіи π—Объ анодныхъ лучахъ.—Проф. *Дж. Дж. Томсонъ.* Корпускулярная теорія матеріи.—*И. Я. Точидловскій* Образованіе зародышевыхъ элементовъ тумана и облаковъ.—*А. Кирилловъ.* Къ геометріи треугольника.—Проф. *В. А. Циммерманъ.* Объ объемѣ шара, шарового сегмента и шарового слоя.—*Т. Бонезенъ.* Реформа преподаванія элемент. математики.—*А. Турчаниновъ.* Нѣкоторыя теоремы о нечетныхъ совершенныхъ числахъ.—*Д. Крыжановскій.* Ученіе о температурѣ по Маху.—Проф. *Г. Цезаро.* Новый выводъ формулъ сферической тригонометріи.—*Т. Леви-Чивита.* Объ электромагнитной массѣ.—*Л. Гюнтеръ.* Опредѣленіе разстояній солнца и луны отъ земли и ихъ параллаксовъ въ прежнія времена и теперь.—*А. Филипповъ.* О періодическихъ дробяхъ.

Условія подписки:

Подп. цѣна съ перес. за годъ **6 руб.** за полгода **3 руб.** Учителя и учительницы низшихъ училищъ и всѣ учащіеся, выписывающіе журналъ **непосредственно изъ конторы редакціи**, платятъ за годъ **4 руб.** за полугодіе **2 руб. Отдѣльные номера** текущаго семестра по 30 коп., прошлыхъ семестровъ по 25 коп. *Адресъ для корреспонд.* **Одесса. Въ редакцію „Вѣстника Опытной Физики“.**

http://mathesis.ru

П. ЛАКУРЪ и Я. АППЕЛЬ.

ИСТОРИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

Пер. съ нѣмецкаго

подъ редакц. „Вѣстника Опытной Физики и Элементарной Математики".

Въ 2-хъ томахъ большого формата, 880 стр. Съ 799 рисунками и 6 отдѣльными таблицами.

СОДЕРЖАНІЕ I ТОМА. §§ 1—74. МІРОЗДАНІЕ. *Свѣдѣнія и открытія до 1630 г.* §§ 75—114. СВѢТЪ. *Отъ древнѣйшихъ временъ до Ньютона.* §§ 115—270. СИЛА. §§ 271—333. МІРОЗДАНІЕ. *Свѣдѣнія и открытія послѣ 1630 года* §§ 334—377. ЗВУКЪ. §§ 378—420. ПРИРОДА СВѢТА. §§ 421—441. СПЕКТРАЛЬНЫЙ АНАЛИЗЪ.

СОДЕРЖАНІЕ II ТОМА. §§ 1—189. ТЕПЛОТА. §§ 190—250. МАГНИТИЗМЪ. §§ 251—303. ЭЛЕКТРИЧЕСТВО ДО 1790 г. §§ 304—408. ЭЛЕКТРИЧЕСКІЙ ТОКЪ. §§ 409—455. ПОГОДА.

Цѣна 7 руб. 50 коп.

Опредѣленіемъ Основного отдѣла Учен. Ком. Мин. Народ. Просв. выпуски I—IV признаны заслуживающими вниманія при пополненіи ученическихъ библіотекъ среднихъ учебныхъ заведеній.

Изъ отзывовъ объ „Исторической Физикѣ".

„Нельзя не привѣтствовать этого интереснаго изданія...

„Книга читается легко; она содержитъ весьма удачно подобранный матеріалъ и обильно снабжена хорошо выполненными рисунками. Переводъ никакихъ замѣчаній не вызываетъ... Представляется весьма желательнымъ, чтобы наши среднія учебныя заведенія подписались на эту интересную книгу". Проф. О. Хвольсонъ. *Журн. М. Н. Пр.*

„Въ изложеніи историческія свѣдѣнія по какому-либо вопросу очень удачно переплетаются съ новѣйшими: мѣстами даются примѣры и вопросы для упражненія. Русскій переводъ книги производитъ хорошее впечатлѣніе.. Мѣсто книги—во всякой благоустроенной учительской и ученической библіотекѣ. Своеобразная прелесть историческаго изложенія, думается мнѣ, можетъ способствовать возбужденію интереса къ физикѣ въ тѣхъ учащихся, у которыхъ преобладаетъ склонность ко всему „историческому" и которымъ нерѣдко физика представляется предметомъ чуждымъ и труднымъ. Кромѣ того, „Историческая физика" можетъ доставить очень пригодное чтеніе взрослымъ, которые полагали бы возобновить и освѣтить забытыя или плохо усвоенныя свѣдѣнія по физикѣ. Нечего и говорить, что для преподаванія физики она доставляетъ превосходный матеріалъ, и что она можетъ быть даваема для чтенія, при содѣйствіи преподавателя, въ руки учащихся". *Педагогическій Сборникъ.* Н. Дрентелѣнъ.

„Разсказы изъ жизни главнѣйшихъ двигателей наукъ подводятъ начинающаго читателя къ пониманію великости научной работы и помогаютъ приблизиться къ истинному смыслу ея результатовъ, такъ какъ заставляютъ слѣдить за ихъ возникновеніемъ. Первый выпускъ заключаетъ въ себѣ свѣдѣнія о мірозданіи и начало ученія о свѣтѣ (оптика) Книга издается тщательно и украшена многочисленными иллюстраціями". В. К. Л. *Вопросы Физики.*

ГЛАВНЫЙ СКЛАДЪ изданій „МАТЕЗИСЪ":

Одесса, ул. Новосельскаго, 66.

МАТЕЗИСЪ

Книгоиздательство научныхъ и популярно научныхъ сочиненій изъ области физико-математическихъ наукъ.

Вышли въ свѣтъ слѣдующія изданія:

АРРЕНІУСЪ, СВ. проф. **Физика неба**. Перев. съ нѣм. подъ ред. прив.-доц. *А. Р. Орбинскаго*. VIII+250 стр. 8°. 66 черн. и 2 цвѣтн. рис. въ текстѣ. Черная и спектральная таблицы. 1905. Ц Р. 2.—

Научность содержанія, ясность и простота изложенія и превосходный переводъ соперничаютъ другъ съ другомъ *Русская Мысль.*

АБРАГАМЪ, Г. проф. **Сборникъ элементарныхъ опытовъ по физикѣ**. Перев. съ франц. подъ ред. прив.-доц. *Б. П. Вейнберга* **Часть I**: Работы въ мастерской—Геометрія и механика—Теплота—XVI+272 стр. 8°. Свыше 300 рис. 2-е изд. 1909 (печатается) Ц. 1 р. 50 к.

Систематически составленный сводъ наиболѣе удачныхъ, типичныхъ и поучительныхъ опытовъ. *Вѣстникъ и Библіотека Самообразованія.*

Часть II: Звукъ—Свѣтъ—Электричество—Магнетизмъ—434 + LXXV стр. 8°. Свыше 400 рисунковъ. 1906. Ц. Р. 2. 75 к.

Мы надѣемся, что разбираемый трудъ станетъ настольной книгой каждой физической лабораторіи въ Россіи. *Русская Мысль.*

УСПѢХИ ФИЗИКИ. Сборникъ статей, подъ ред. *„Вѣстн. Опытной Физики и Элементарной Математики“* 2-е изданіе. VI+157 стр. 8°. 41 рис. и 2 таблицы. 1907. Ц. 75 к.

Нужно надѣяться, что послѣднее...послужитъ къ широкому распространенію этой чрезвычайно интересной книги. *Русская Мысль.*

АУЭРБАХЪ, Ф. проф. **Царица міра и ея тѣнь.** Общедоступное изложеніе основаній ученія объ **энергіи и энтропіи.** Пер. съ нѣм. 3-е изданіе VIII+56 стр. 8°. 1908. Ц. 40 к.

Слѣдуетъ признать брошюру Ауэрбаха чрезвычайно интересной. *Журн. М. Н. Пр. Проф. О. Хвольсонъ.*

НЬЮКОМЪ, С. проф. **Астрономія для всѣхъ.** Перев. съ англ. подъ редакц. прив.-доц. *А. Р. Орбинскаго* XXIV+286 стр. 8°. Съ портр. автора, 64 рис. и 1 табл. 1905. Ц. Р. 1. 50 к.

И вполнѣ научно, и совершенно доступно, и изящно написанная книга .. переведена и издана очень хорошо. *Вѣстникъ Воспитанія.*

ВЕБЕРЪ, Г. и **ВЕЛЬШТЕЙНЪ, I.** проф. **Энциклопедія элементарной алгебры.** Перев. съ нѣм. подъ ред. и съ примѣч. прив.-доц. *В. Ф. Кагана.* XIV+623 стр. 8°. Съ 38 чертеж. 1907. Ц. Р. 3. 50 к.

Вы все время видите передъ собой мастера своего дѣла, который съ любовью показываетъ великія творенія человѣческой мысли, извѣстныя ему до тончайшихъ подробностей. *Педагогическій Сборникъ.*

ДЕДЕКИНДЪ, Р. проф. **Непрерывность и ирраціональныя числа**. Перев. съ нѣм. съ примѣч. прив.-доц. *С. О. Шатуновскаго,* съ присоединеніемъ его статьи: **Доказательство существованія трансцендентныхъ чиселъ**. 2-е изд. 40 стр. 8°. 1909. Ц. 40 к.

Небольшой по объему, но, такъ сказать, законодательный по содержанію трудъ... *Русская Школа.*

ПЕРРИ, ДЖ. проф. **Вращающійся волчекъ.** Публичная лекція. Пер. съ англ. VIII+95 стр. 8°. Съ 63 рис. 2-е изд. 1908. Ц. 60 к.

Книжка, воочію показывающая, какъ люди истиннаго знанія, не цѣховой только науки, умѣютъ распоряжаться научнымъ матеріаломъ при его популяризаціи. *Русская Школа.* *С. Шохоръ-Троцкій.*

ШЕЙДЪ, К. Химическіе опыты для юношества. Перев. съ нѣмецк. подъ ред. лаборант. *Е. С. Ельчанинова.* II+192 стран. 8°. Съ 79 рисунками. 1907. Ц. Р. 1. 20 к.

Превосходная книга, какой намъ давно не хватало. Всюду въ книгѣ сохраняешь благотворное чувство, что находишься въ совершенно надежныхъ рукахъ .. серьезной наукѣ въ болѣе легкой формѣ.

Zeitschrift für Lehrmittelwesen und pädagogische Literatur.

ВИХЕРТЪ, Э. проф **Введеніе въ геодезію.** Перев. съ нѣмецк 80 стр. 16°. Съ 14 рисунк. 1907. Ц. 35 к.

Излагаетъ основы низшей геодезіи, имѣя ввиду пользованіе ею въ школѣ въ качествѣ практическаго пособія... Изложеніе очень сжато, но полно и послѣдовательно. *Вопросы Физики.*

ШМИДЪ, Б. проф, **Философская хрестоматія.** Перев. съ нѣмецк. *Ю. А. Говсѣева* подъ редакц. и съ предисл. проф. *Н. Н. Ланге.* VI+171 стр. 8°. 1907. Ц. Р. 1. —

Философомъ эта хрестоматія не сдѣлаетъ.. но для человѣка, занятаго самообразованіемъ и немного знакомаго съ философіей и наукой, она даетъ разнообразн. и интересн. матеріалъ. *Вопросы философіи и психологіи.*

ТРОМГОЛЬТЪ, С. Игры со спичками. Задачи и развлеченія. Пер. съ нѣм. 146 стр. 16°. Свыше 250 рис. и черт. 1907. Ц. 50 к.

ВЕТГЭМЪ, В. проф. **Современное развитіе физики.** Пер. съ англійск. подъ ред. прив.-доц. *Б. П. Вейнберга* и *А. Р. Орбинскаго.* Съ приложеніемъ рѣчи *А. Бальфура*: **Нѣсколько мыслей о новой теоріи вещества**". VIII+319 стран. 8°. Съ 5 портретами, 6 таблицами и 33 рисунками. Ц. Р. 2. —

Старается представить въ стройной и глубокой системѣ всѣ явленія физическаго опыта и рисуетъ читателю дѣйствительно захватывающую картину грандіозныхъ завоеваній человѣческаго генія. *Современный міръ.*

РИГИ, А. проф. **Современная теорія физическихъ явленій** (іоны, электроны, радіоактивность). Пер. съ III (1907) итальянск. изданія. XII+166 стр. 8°. Съ 21 рис. 1908. Ц. Р. 1.—

Книгу Риги можно смѣло рекомендовать образованному читателю, какъ лучшее имѣющееся у насъ изложеніе новѣйшихъ взглядовъ на обширную область физическихъ явленій. *Педагогическій Сборникъ.*

КЛОССОВСКІЙ, А. проф. **Физическая жизнь нашей планеты на основаніи современныхъ воззрѣній.** 46 стран. 8°. 2-е изданіе, испр. и дополн. 1908. Ц. 40 к.

Рѣдко можно встрѣтить изложеніе, въ которомъ въ такой степени соединялась бы высокая научная эрудиція съ картинностью и увлекательностью рѣчи.

Педагогическій Сборникъ.

АРРЕНІУСЪ, СВ. проф. **Образованіе міровъ.** Пер. съ нѣм. подъ ред. проф. *К. Д. Покровскаго.* 208 стр. 8°. Съ 60 рис. 1908 Ц. Р. 1 75 к.

Книга чрезвычайно интересна и богата содержаніемъ.

Педагогическій Сборникъ.

http://vintheis.ru

УШИНСКІЙ, Н. проф. **Лекціи по бактеріологіи.** VIII+135 стр. 8°. Съ 34 черными и цвѣтными рисунками. 1908. Ц. Р. 1. 50 к.

КАГАНЪ, В. прив.-доц. **Задача обоснованія геометріи въ современной постановкѣ.** Рѣчь, произнесенная при защитѣ диссертаціи на степень магистра чистой математики. 35 стр. 8°. Съ 11 чертеж. 1908. Ц. 35 к.

ЦИММЕРМАНЪ, В. проф. **Объемъ шара, шарового сегмента и шарового слоя.** 34 стр. 16°. Съ 6 черт. 1908. Ц. 25 к.

РИГИ, А. проф. **Электрическая природа матеріи.** Вступительная лекція. Пер. съ итальянскаго. 28 стр. 8°. 1908. Ц. 30 к.

ЛЕМАНЪ, О. проф. **Жидкіе кристаллы и теоріи жизни.** Пер. съ нѣмецк. *П. В. Казанецкаго.* IV+43 стр. 8°. Съ 30 рис. 1908. Ц. 40 к.

ЛАКУРЪ, П. и **АППЕЛЬ, Я. Историческая физика** Пер. съ мѣм. подъ ред. *„Вѣстн. Опытн. Физики и Элементарн. Матем.“.* Въ 2-хъ том. большого формата, 880 стр. Съ 799 рис. и 6 отдѣльными табл. 1908 (Подробнѣе см. 2-ую стр. обложки). Ц. Р. 7. 50 к.

ВЕЙНБЕРГЪ, Б. П. прив.-доц. **Снѣгъ, иней, градъ, ледъ и ледники.** IV+127 стр. 8°. Съ 138 рис. и 2 фототип. табл. 1909. Ц. 1 р.

КОВАЛЕВСКІЙ, Г. проф. **Введеніе въ исчисленіе безконечно-малыхъ.** Перев. съ нѣмецкаго подъ редакц. и съ прим. придв.-доц. *С. О. Шатуновскаго.* VIII+140 стр. 8°. Съ 18 черт. 1909. Ц. Р. 1. —

ТОМСОНЪ, СИЛЬВАНУСЪ, проф. **Добываніе свѣта.** Общедоступная лекція для рабочихъ прочит. на собраніи Британск. Ассоціаціи 1906. Перев. съ англ. VIII+88 стр. 16°. Съ 28 рис. 1909. Ц 50 к.

СЛАБИ, А, проф. **Резонансъ и затуханіе электрическихъ волнъ.** Пер. съ нѣм. подъ ред. *„Вѣстн. Опыт. Физ. и Элемент. Матем.“.* 42 стр. 8°. Съ 36 рис. Ц. 40 к.

Имѣется на складѣ:

ЛИНДЕНМАНЪ, Ф. проф. **Форма и спектръ атомовъ.** Рѣчь ректора Мюнхенскаго университета. 25 стр. 16°. 1907. Ц. 20 к.

МУЛЬТОНЪ, Ф. проф **Эволюція солнечной системы.** Перев. съ англійск. IV+82 стр. 16°. Съ 12 рис. 1908. Ц. 50 к.

Изложеніе гипотезы образованія солнечной системы изъ спиральной туманности съ попутной критикой космогонической теоріи Лапласа.

ЕФРЕМОВЪ, Д кандид. матем. наукъ. **Новая геометрія треугольника.** 334+XIII стр. 8°. 1902 Ц. Р. 2. —

Печатаются и готовятся къ печати:

СНАЙДЕРЪ, проф. **Міровая картина современнаго естествознанія.** Перев. съ нѣм. подъ ред. проф. *В. В. Завьялова.*

КУТЮРА. Л. Алгебра логики. Перев. съ франц. подъ редакціей и съ примѣчаніями проф. *И. В. Слешинскаго.*

http://mathesis.ru

ВЕБЕРЪ и ВЕЛЬШТЕЙНЪ, проф. **Энциклопедія элементарной геометріи**. Пер. съ нѣм. подъ ред. и съ примѣч. прив.-доц. *В. Ф. Кагана.*

РОУ, СУНДАРА. Геометрическія упражнен. съ кускомъ бумаги. Переводъ съ англійскаго.

КЭДЖОРИ, Ф проф. **Исторія элементарной математики** съ нѣкоторыми указаніями для препод. Перев. съ англійскаго подъ ред. и съ примѣч. прив.-доц. *И. Ю. Тимченко.*

ТОМСОНЪ, ДЖ. ДЖ. проф. **Корпускулярная теорія вещества**. Перев. съ англ. подъ ред. „В. Оп. Ф. и Эл. Мат."

КЛОССОВСКІЙ, А. проф. **Основы метеорологіи** (учебникъ). Около 30 печатныхъ листовъ.

ТРЕЛЬСЪ-ЛУНДЪ. Небо и міровоззрѣніе въ круговоротѣ временъ. Пер. съ нѣмецкаго.

БОЛЛЪ, проф. **Вѣка и приливы**. Перев. съ англійскаго.

АДЛЕРЪ, А. Теорія геометрическихъ построеній. Перев. съ нѣмецкаго подъ ред. прив.-доц *С. О. Шатуновскаго.*

ЛОРЕНЦЪ, проф. **Учебникъ физики**. Переводъ съ нѣмецкаго. Два тома. Около 60 печатныхъ листовъ

ПУАНКАРЕ, Г. проф. **Наука и Методъ**. Пер. съ французск. подъ редакц. прив.-доц. *В. Кагана.*

КЛЕЙНЪ, Ф. проф. **Лекціи по элементарной математикѣ для учителей**. Пер. съ нѣм. подъ ред. прив.-доц. *В. Кагана.*

КОВАЛЕВСКІЙ Г., проф. **Курсъ дифференціальнаго и интегральнаго исчисленій**. Пер. съ нѣм. подъ ред. прив.-доц. *С. Шатуновскаго.*

Выписывающіе изъ склада изданій „МАТЕЗИСЪ" (Одесса, Новосельская, 66) на сумму 5 руб. и больше, за пересылку не платятъ.

Каталогъ по требованію высылается безплатно.

ОТДѢЛЕНІЕ СКЛАДА ДЛЯ МОСКВЫ:

книжный магазинъ „Образованіе"

Москва, Кузнецкій мостъ, 11.

http://mathesis.ru

http://mathesis.ru

75

М
Ин-34/Б

http://mathesis.ru

Тип. Акц. Южно-Русскаго
Общества Печатнаго Дѣла.
Одесса, Пушкинская, №18.

Цѣна 40 коп.