

Из книги М.П. Бронштейна «Солнечное вещество»

...

Видели ли вы когда-нибудь электрические искры, которые вылетают из наэлектризованных предметов? Блестящие электрические искорки, вспыхивающие на одно мгновение и сейчас же угасающие снова? Вот с этих-то искорок и началась история радио.

Много десятилетий физики наблюдали электрическую искру, делали с ней опыты, изучали ее свойства. Наконец они захотели узнать: какой срок проходит от рождения искры до ее смерти? Сколько времени живет электрическая искра?

Вопрос был трудный. Обыкновенно на него отвечали так: она вспыхивает и сейчас же угасает, она живет всего только одно мгновение. Но что такое мгновение? Сотая доля секунды или тысячная доля, или миллионная? Как узнать это, как измерить?

Течение времени ощущает всякий человек. Все мы отличаем минуту от двух минут, секунду от двух секунд и даже десятую часть секунды от целой секунды. Но все, что меньше одной десятой, одной пятнадцатой доли секунды, — все это для нас уже неразлично, все это — и сотая, и тысячная, и миллионная доля секунды — кажется нам совершенно одинаковым. Органы чувств у нас не такие уж быстрые, точные, изощренные.



Во всяком промежутке времени, который меньше одной пятнадцатой части секунды, мы не улавливаем никакой длительности. Поэтому-то в нашем ощущении сотая доля секунды сливается с тысячной, тысячная с миллионной. Миг — и все тут.

Ну а часы? Ведь они для того и сделаны, чтобы измерять время. Не могут ли часы измерить длительность одного мгновения?

Зайдем на фабрику, изготовляющую точные приборы. Мы увидим там и стенные часы, и башенные, и карманные. Мы найдем там и хронометры, которые берут с собой моряки, отправляясь в далекое плавание-, и сверхточные часы для астрономических наблюдений, и электрические хронографы, и секундомеры. Но часов, измеряющих миллионные доли секунды, на фабрике мы не найдем.

И все же такие часы существуют. Семьдесят пять лет тому назад их изобрел и построил немецкий физик Вильгельм Феддерсен. Он изобрел их специально для того, чтобы измерить, сколько времени живет электрическая искра.

Он и не подозревал, что, создавая эти часы, он начинает историю радио.

ЧАСЫ ФЕДДЕРСЕНА

Часы, построенные Феддерсеном, дожили до нашего времени. Они хранятся в музее в немецком городе Мюнхене.

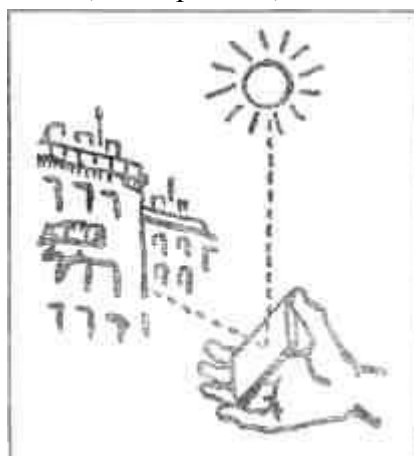
На обыкновенные наши часы они ничуть не похожи. Ни часовой, ни минутной, ни даже секундной стрелки у них нет. О каких стрелках может идти речь, когда нужно мерить миллионные доли секунды? Где найти стрелку, которая успевала бы сделать в секунду миллион заметных глазу шажков? А шажки эти должны быть заметны — ведь к этому и сводилась задача Феддерсена.

И вот Феддерсен после долгих раздумий сообразил, какая стрелка нужна его часам. Он смастерил ее не из бронзы, не из стали, а из материала, которого до него не употреблял ни один часовщик.

Он построил ее из лучей света.

Возьмем маленькое карманное зеркальце и вынесем его на улицу, на солнечный свет. Лучи солнца отразятся от зеркальца, отскочат от него блестящим ярким зайчиком.

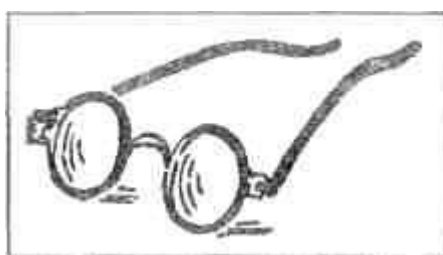
Начнем поворачивать зеркальце. Как быстро забегает зайчик, как затанцует он и запрыгает, отражаясь от зеркальца, которое дрожит у меня в руке! Только что он был совсем близко, но вот зеркальце чуть-чуть повернулось, и зайчик уже перебежал на другую сторону улицы и прыгает по стенам, по карнизам, по балконам домов.



Быстро движется зайчик — в сто, в тысячу раз быстрее секундной стрелки часов. А нельзя ли как-нибудь заставить его кружиться не в сто, а в миллион раз быстрее?

Можно. Стоит только сильнее завертеть зеркальце. Лучше вертеть не руками, а машиной, — ведь машина проворнее человеческих рук и к тому же точнее: какую скорость закажешь ей, с такой она и будет работать.

В машине, устроенной Феддерсеном, тяжелая многопудовая гиря, опускаясь, тянула за собой канат. Канат поворачивал вал, на который было насажено зубчатое колесо. Это колесо, вращаясь, цеплялось зубцами за другое зубчатое колесо, другое — за третье, а третье — за нарезку большого стального винта. Постепенно переходя от колеса к колесу, движение все усиливалось, все убыстрялось: первое колесо поворачивалось не очень быстро — делало всего только несколько оборотов в секунду, второе вращалось быстрее, третье еще быстрее.



А быстрейшее всех был стальной винт: каждую секунду он успевал совершить целых сто оборотов вокруг своей оси.

Для того чтобы весь этот прибор, набирая скорость, не дрожал и не трясся, Феддерсен решил укрепить его на прочной подставке. В капитальную стену комнаты он вделал две чугунные балки, а к ним привинтил массивную чугунную коробку, открытую спереди и с боков. Вращающийся винт своего прибора он пропустил сквозь дно и крышку коробки.

Оставалось теперь приделать к винту зеркало, от которого отскакивали бы зайчики. Феддерсен купил два вогнутых стекла для очков — обыкновенных очков, какие носят близорукие люди. Эти стекла Феддерсен посеребрил — каждое с одной только стороны

Получилось два блестящих вогнутых зеркальца. Феддерсен укрепил их на своем винте так, чтобы одно смотрело в одну сторону, другое — в другую. Когда гиря падала, их винт приходил в движение, оба зеркальца, прикрепленные к винту, равномерно и быстро кружились вместе с ним.

Механизм новоизобретенных часов был готов. Но это еще не все.



Ведь для часов нужен не только часовой механизм, заставляющий вращаться стрелку, нужен еще и циферблат, чтобы измерять пройденный стрелкой путь.

Если стрелка сделана из света, из чего же должен быть сделан циферблат?

Долго думал Феддерсен, долго искал он подходящий для этого дела материал. Наконец нашел: фотопластинка, чувствительная к свету фотопластинка, будет циферблатом необыкновенных часов. На этом циферблате электрическая искра сама, своими собственными лучами, отметит начало и конец своей короткой жизни. Лучи искры упадут на вращающееся зеркало, стремительный зайчик скользнет по фотографической пластинке и оставит на ней свой след. Чем дольше будет гореть искра, тем длиннее окажется след зайчика. А по длине следа, зная скорость зайчика, уже нетрудно будет сосчитать, сколько времени бежал он по пластинке, — сколько времени горела электрическая искра.

Прибор Феддерсена был закончен. Стальной винт был установлен в чугунной раме, вращающееся зеркало работало исправно, фотографическая пластинка лежала наготове. Наготове была и лейденская банка — источник электрических искр. Банка эта состоит из трех стаканчиков, вставленных друг в друга: наружный — металлический, средний — стеклянный, а внутренний — опять металлический.

Феддерсен зарядил банку: наружный металлический стаканчик положительным электричеством, а внутренний металлический — отрицательным. Затем проводами он соединил банку с двумя металлическими шариками, поставленными друг против друга. Эти шарики называются разрядником. Внутренний стаканчик банки Феддерсен соединил с одним шариком разрядника, наружный — с другим. Теперь оставалось только нажать на кнопку, замыкающую и размыкающую электрическую цепь, чтобы заряд электричества устремился из банки по проводам. Положительный заряд побежит навстречу отрицательному, и между шариками разрядника вспыхнет блестящая тонкая искра.

ИСТОРИЯ ИСКОРКИ

Феддерсен приступил к опытам со своими необыкновенными часами (рис. 1). Он отпустил гирю, приводившую в движение зубчатые колеса и винт.

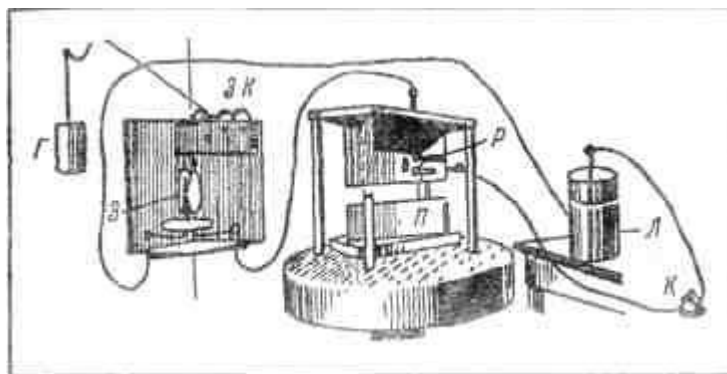


Рис 1. Часы Феддерсена: Л — лейденская банка; Г — гиря; ЗК — зубчатые колеса. З — зеркала; П — фотографическая пластинка; Р — разрядник; К — кнопка. Под зеркалами укреплено на оси винта маховое колесо, а под ним — два длинных и тонких латунных крылышка. Когда винт вращается, крылышки задевают за проволоочки, расположенные слева и справа от винта. В это мгновение замыкается цепь, соединяющая внутреннюю сторону лейденской банки с наружной, вспыхивает искра, и лучи света, отражаясь от зеркала, падают на фотографическую пластинку. (Этот чертеж взят из немецкого журнала, в котором была напечатана статья Феддерсена)

Сейчас же винт и зеркальце начали поворачиваться так быстро, что у Феддерсена замелькало в глазах. С тонким свистом вращалось насаженное на винт маховое колесо. Прислушиваясь к этому свисту, Феддерсен убедился в том, что прибор его действует исправно: звук был все время одной и той же высоты, — значит, ось вращается равномерно, не замедляя и не убыстряя своего движения.

Тогда Феддерсен погасил свет и приоткрыл кассету, в которой была приготовлена фотографическая пластинка, а затем нажал кнопку, замыкавшую электрическую цепь. И сейчас же в темноте между шариками разрядника проскочила искра: это электрический заряд

устремился из одного металлического стаканчика лейденской банки в другой. Во мгновение ока пробежал он по проводам и яркой электрической искрой пробил себе дорогу от одного шарика к другому.

Искра горела всего только миг, но в течение этого неуловимого мига быстрый отблеск от зеркальца успел упасть на фотографическую пластинку. Он пробежал по пластинке со скоростью артиллерийского снаряда и вычертил на ней свой путь.

Тут же на месте, не отходя от прибора, Феддерсен проявил пластинку и отпечатал фотографический снимок. На снимке была явственно видна узкая полоска — след, оставленный зайчиком.

Феддерсен измерил длину полоски — полтора сантиметра. Скорость зайчика была ему известна — 60 000 сантиметров в секунду. Сколько же времени бежал зайчик по пластинке? Длину полоски — 1,5 нужно разделить на скорость движения зайчика — 60 000. Получается

$$\frac{1,5}{60.000} = 0,000025$$

Итак, значит, двадцать пять миллионных долей секунды — вот сколько времени бежал зайчик по пластинке и столько же времени жила электрическая искра.

Часы Феддерсена с честью выполнили возложенное на них дело. Продолжительность искры была измерена. Задача, которую поставил себе Феддерсен, была решена.

Но, взглядевшись в свой снимок повнимательнее, Феддерсен убедился, что часы его совершили еще одно открытие. Они не только измерили длину жизни искры, но еще и узнали, чем наполнена эта короткая жизнь, составили подробную биографию искры.

След, вычерченный зайчиком на снимке, оказался не сплошным, а прерывистым. Он состоял из нескольких светлых пятен, отделенных друг от друга темными промежутками.

Значит, электрическая искра, проскочившая между шариками разрядника, вовсе не горела равномерным отблеском. В течение всей своей жизни, продолжавшейся всего только 25 миллионных долей секунды, она вспыхивала и угасала несколько раз. Короткие вспышки шли одна за другой так быстро, что человеческий глаз не мог уследить за ними, — несколько вспышек казались глазу одной. И только чудесные часы Феддерсена сумели расчленить мгновение, разложить искру не несколько отдельных вспышек.

Феддерсен сосчитал число вспышек на своем снимке. Их оказалось восемь, и каждая последующая была чуть-чуть слабее предыдущей. Восемь вспышек за двадцать пять миллионных долей секунды! Значит искра состояла из отдельных искр, загоравшихся и угасавших через каждые три миллионные доли секунды!

Так по записи, сделанной зайчиком, Феддерсен прочитал историю электрической искры, — историю, которая от начала до конца продолжалась всего только одно мгновение.

ОПЫТЫ ПРОДОЛЖАЮТСЯ

Не один раз повторил Феддерсен свой опыт. Он брал то одну лейденскую банку (рис. 2), то целую батарею из десяти, пятнадцати и даже двадцати лейденских банок. То сдвигал шарики почти вплотную, то раздвигал их на целый сантиметр или на полтора. Менял он и самые шарики, — брал то железные, то медные, то свинцовые, то золотые. В одних опытах оба шарика были из одного и того же металла, в других — из разных. Провода, которые шли от лейденских банок к шарикам разрядника, Феддерсен брал то короткие и толстые, то длинные и тонкие. И каждый раз он фотографировал отблеск искры во вращающемся зеркальце.



Рис. 2. Лейденская банка

По фотографическим снимкам измерял он, сколько времени длится искра, узнавал, как она вспыхивает, горит и гаснет.

Искры получились разной яркости, разной длины, разной продолжительности, но каждая состояла не из одной только вспышки, а из многих. Вспышки следовали одна за другой через несколько миллионных долей секунды и становились все слабее и слабее, пока искра не угасала.

Почему же электрический заряд прокладывает себе путь между шариками разрядника не одним скачком, а несколькими судорожными скачками?

Размышляя об этом, Феддерсен вспомнил одну статью о разряде лейденской банки, которую он когда-то читал. Статья эта была написана в 1853 году английским ученым Уильямом Томсоном. Томсон не делал никаких опытов с лейденской банкой, да он и вообще не занимался опытами. Зато он был очень искусным математиком. Он знал физические законы, которые управляют электрическим током, и умел выводить математические следствия из этих законов. И вот Томсон попробовал с помощью вычислений установить — что же собственно происходит с электрическим зарядом, когда разряжают лейденскую банку.

Вычисления Томсона показали: электрический заряд, добежав по проводам от стаканчика лейденской банки до разрядника, совершает прыжок с шарика на шарик и устремляется по проводу снова в банку, но уже в другой стаканчик. Таким образом оба заряда, положительный и отрицательный, меняются местами.

Отрицательный заряд, который был сперва, скажем, во внутреннем стаканчике банки, с разбега перелетит в наружный, а положительный — из наружного во внутренний. Таким образом, банка не разрядится, а только заряжается по-иному, и электрический ток снова помчится к разряднику, но уже в обратном направлении. То взад, то вперед станет бегать электрический заряд, перескакивая с одного шарика на другой, — снова со второго на первый и снова с первого на второй

«Так вот оно в чем дело!» — подумал Феддерсен. Вот почему прибор отметил на снимке не одну искру, а целых восемь. Значит, восемь раз проскакивал электрический ток с шарика на шарик то в одну сторону, то в другую. И каждый раз в разряднике появлялась блестящая вспышка. Кончилась вспышка, и сейчас же появилась другая — это снова прорвался электрический ток, но уже в обратном направлении. Вспышка за вспышкой сверкала в узком пространстве между шариками, пока продолжалась жизнь искры, и с каждой вспышкой менялось направление тока. Пробежал ток в одну сторону — вспышка, пробежал назад — новая вспышка.

Вращающееся зеркало Феддерсена подтвердило догадку Томсона: электрическая искра — это маленький отрезок переменного электрического тока. Через ничтожные промежутки времени, через каждые несколько миллионных долей секунды ток изменяет свое направление.

Так вращающееся зеркало помогло Феддерсену изучить природу электрической искры.

Когда в 1862 году немецкий физический журнал «Annalen der Physik» напечатал описание опытов Феддерсена, многие ученые заинтересовались этими опытами. По приложенным к статье чертежам они построили точно такие же приборы, какими пользовался Феддерсен, повторили и проверили его работу. Физики всего мира с восхищением отзывались о необыкновенной удаче ученого, которому посчастливилось сфотографировать мгновение.

Но, восхищаясь изобретательностью Феддерсена, его современники проглядели самое главное. Никто не понял, какие необыкновенные возможности таятся в его открытии, никто не предвидел, к каким новым открытиям может оно повести.

Ученые, которые повторяли и проверяли опыты Феддерсена, были так поглощены изучением электрической искры, что больше ни о чем не думали. Все их внимание было приковано к тому месту, где загорается и гаснет электрическая искра, — к нескольким миллиметрам пространства, отделяющим один шарик разрядника от другого.

Им и в голову не приходило, что еще более замечательные явления совершаются в тот же самый момент поблизости — не там, где с треском и блеском проскакивает яркая искра, а в пространстве, окружающем искру, где ничего не трещит, ничего не сверкает и как будто не происходит ничего...