

ИЗ ТЕКУЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЫ**ИНЕРЦИЯ НОСИТЕЛЕЙ ЭЛЕКТРИЧЕСТВА В МЕДИ
И АЛЮМИНИИ**

Использование инерции для доказательства электронной природы носителей электричества в металлах, как известно, было осуществлено впервые Толмэном и Стюартом¹. Кеттеринг и Скотт² выполнили другой опыт, также основанный на инерции электронов, но являющийся как бы обращением опыта Толмэна и Стюарта. В этом последнем наблюдалось возникновение электродвижущей силы при торможении вращающейся катушки, тогда как в опыте Кеттеринга и Скотта наблюдалось изменение момента количества движения подвешенной катушки при изменении силы тока в ней. Опыт был произведен с применением всех средств современной техники и был использован для точного определения $\frac{m}{e}$ носителей тока в металлах. Полученный авторами результат отличается от принятого значения $\frac{m}{e}$ (по Бэрджу) всего на 0,2%.³

Идея опыта чрезвычайно проста. Катушка проволоки (были использованы три медные катушки различной величины и формы и одна алюминиевая) подвешивалась в качестве крутильного маятника. При переключении тока в катушке, вследствие инерции электронов, амплитуда колебания менялась. Измеряя величину этого изменения, можно было определить $\frac{m}{e}$ на основании следующих простых соображений.

Электрон, движущийся в проволочном витке со средним радиусом r при средней угловой частоте ω обладает моментом количества движения $Z = mr^2\omega$. Число оборотов электрона в секунду будет $\frac{\omega}{2\pi}$, а переносимый им ток $e \frac{\omega}{2\pi} = i$. Отсюда $\omega = \frac{2\pi i}{e}$, а $Z = 2\pi r^2 i \frac{m}{e}$. Если катушка имеет N таких витков и средняя величина их сечения есть A , то $Z = 2AiN \frac{m}{e}$. При изменении тока в катушке на величину Δi момент количества движения меняется на $\Delta Z = 2A\Delta i N \frac{m}{e}$. Можно показать, что если это изменение момента количества движе-

ния происходит, когда маятник проходит через центр качания, то вызываемое им изменение амплитуды будет $\Delta\theta = \Delta Z \frac{P}{2\pi I}$, где P — период катушки, а I — её момент количества движения. Подставляя выражение для ΔZ , получаем

$$\Delta\theta = \frac{\Delta i ANP}{\pi I} \cdot \frac{m}{e}.$$

На самом деле изменение тока осуществлялось путём обращения его направления, так что $\Delta i = 2i$; наблюдалось не само изменение амплитуды $\Delta\theta$, но, условно говоря, перемещение d зайчика, отражённого от зеркальца, соединённого с катушкой при повороте на двойную амплитуду на шкале, отстоящей от зеркальца на расстоянии a , так что $\Delta\theta = \frac{d}{2a}$. Окончательная формула, таким образом, имеет вид:

$$d = \frac{4A \cdot N i P \cdot a}{\pi I} \cdot \frac{m}{e}.$$

Ввиду малости эффекта и необходимости защитить прибор от возмущений, значительно превосходящих эффект, опыт очень труден. Однако, он был поставлен настолько тщательно и в таких хороших условиях, что результаты получились весьма устойчивые. Прибор был установлен на специальной станции, построенной исследовательскими лабораториями фирмы General Motors для наблюдений, которые требуют возможно полного устранения вибраций и магнитных возмущений. Станция расположена приблизительно на расстоянии 1000 футов от ближайшей дороги и почти полностью свободна от всех искусственных колебаний и магнитных возмущений. Она состоит из небольшого строения и подвала для установки чувствительного прибора. Наблюдатель делает отсчёты, находясь в верхнем помещении при помощи особой системы телеуправления.

Авторы характеризуют подвал как идеальное помещение для точных измерений. В нём нет никаких потоков воздуха, он абсолютно тёмный, изменение температуры в нём за 24 часа не превосходит $1,4^\circ \text{F}$. В подвале расположены три взаимно перпендикулярных системы катушек с общим центром. Эти катушки использовались для нейтрализации и контролирования различных составляющих земного магнитного поля. Особое приспособление, расположенное в верхнем помещении и состоявшее из магнитной стрелки, подвешенной внутри соленоида и несущей зеркальце, оптической осветительной системы и управляющих фотоэлементов автоматически компенсировало вариации западно-восточной компоненты земного поля, которая одна только и создавала затруднения в этих опытах.

Схема прибора изображена на рис. 1. Здесь J — катушка, F — зеркальце, при помощи которого регистрировались отклонения крутильного маятника. Эти ничтожно малые отклонения усиливались при

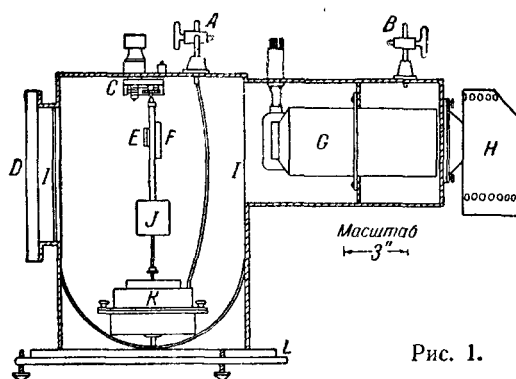


Рис. 1.

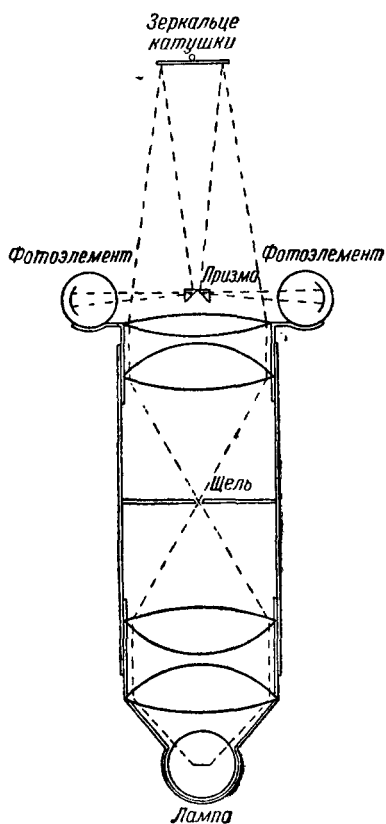


Рис. 2.

помощи оптической системы, построенной по типу так называемых оптических усилителей отклонений. Схема, применённая авторами, своеобразна и заслуживает описания, так как она может быть использована с успехом для отсчётов малых отклонений гальванометров. Свет от 6-вольтовой лампы накаливания (рис. 2) при помощи мощного конденсора концентрировался на щель. Лампа питалась восемью параллельно включёнными аккумуляторными батареями, которые давали очень постоянное напряжение в течение больших промежутков времени. При помощи другой системы линз изображение щели через

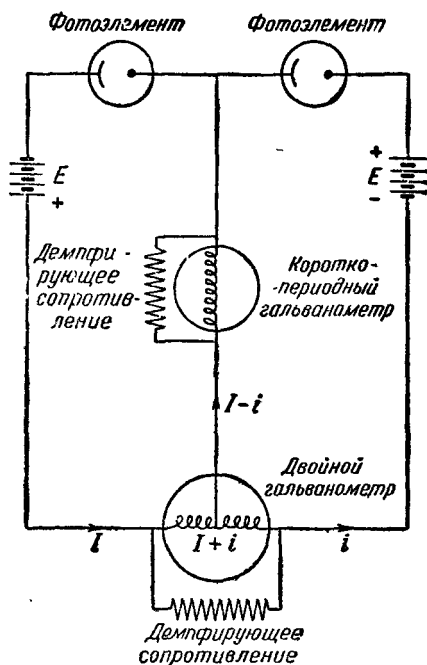


Рис. 3.

зеркальце катушки проектировалось на разделяющую призму, которая делила свет на две части и посылала пучки на два фотоэлемента (применялись вакуумные фотоэлементы с внешним фотоэффектом). Токи этих фотоэлементов непосредственно (т. е. без лампового усиления) направлялись в систему двух гальванометров, схема включения которых показана на рис. 3. Очевидно, что короткопериодный гальванометр, расположенный в центре схемы, измеряет разность фототоков, т. е. даёт отсчёты, пропорциональные повороту зеркальца катушки, а второй гальванометр отсчитывает сумму фототоков, т. е. величину, пропорциональную полному количеству света, падающему

на фотоэлементы. Гальванометры располагались на расстоянии 5 метров от фотографического записывающего устройства.

Усиление, которое давала описанная система, было эквивалентно отсчёту отклонения зеркала на шкале, отстоящей на расстоянии нескольких тысяч метров. При определении $\frac{m}{e}$ усиление регулировалось так, чтобы оно было эквивалентно отсчёту на шкале, отстоящей на 1000 метров.

В работе далее подробно описывается метод подвеса и установки катушки, порядок измерений, систематические ошибки и способы их устранения. Результаты, полученные авторами, можно суммировать в следующей таблице:

Номер катушки	Вещество	$\frac{m}{e}$ в г/кул
1	медь	$5,64 \cdot 10^{-9}$
2	»	$5,67 \cdot 10^{-9}$
3	алюминий	$5,66 \cdot 10^{-9}$
4	медь	$5,79 \cdot 10^{-9}$

Среднее для всех катушек $5,69 \cdot 10^{-9}$ г/кул

Принятое значение $\frac{m}{e}$ для электронов (по Бэрджу) $5,68 \cdot 10^{-9}$ г/кул

Авторы подчёркивают — и рассмотрение их цифр это подтверждает, — что благодаря совершенству постановки опыта результаты характеризуются большой устойчивостью.

Опыт Кеттеринга и Скотта представляет большой интерес не только с точки зрения экспериментальной техники. Его следует рассматривать как самое непосредственное и точное определение массы (инерции) электронов и соответствующее современному уровню техники доказательство тождественности носителей электрического тока в различных проводниках.

Э. Шпольский

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. R. C. Tolman and T. D. Stewart, *Phys. Rev.*, **8**, 97, 1916; R. C. Tolman, S. Karrer and E. W. Guernsey, *Phys. Rev.*, **21**, 525 (1933); R. C. Tolman and L. M. Mott—Smith, *Phys. Rev.*, **28**, 794 (1926). Краткое описание см., напр., Беккер, Электронная теория.
2. C. F. Kettering and G. G. Scott, *Phys. Rev.*, **66**, 257 (1944).