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 Стюартом[1]. Кеттеринг и Скотт[2] 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 произведён 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%.

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:

$$d = \frac{4ANiP \cdot a}{\pi I} \cdot \frac{m}{e}.$$

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 тёмен, изменение температуры в нём за 24 часа не превосходит 1,4° 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

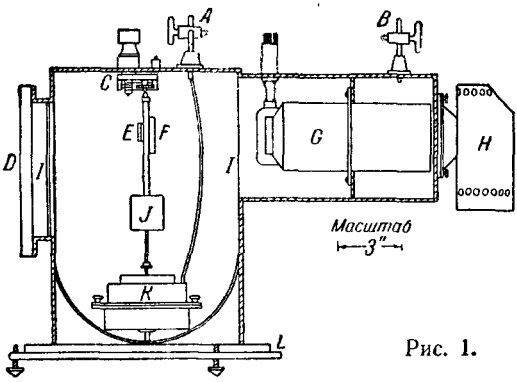
A
B
C
E
F
D
I
I
G
H
J
K
L
Масштаб
3"

Рис. 1.

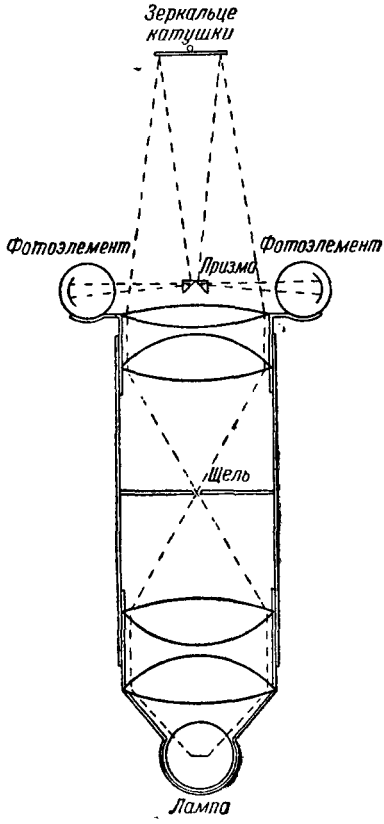
Зеркальце катушки
Фотоэлемент
Фотоэлемент
Призма
Щель
Лампа

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

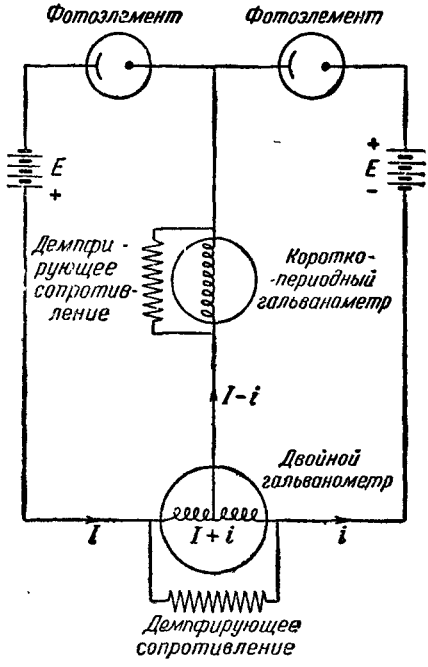

Рис. 3.

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 зеркальца 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. Ketterring and G. G. Scott, *Phys. Rev.*, **66**, 257 (1944).