

# Эксперимент Томсона. Определение удельного заряда электрона

Выполнил:  
Леонтьев Роман,  
Студент ЯрГУ им. П.Г.  
Демидова  
группа Ф-31 БО  
Кафедра теоретической  
физики  
руководитель:  
Проказников А.В

Ярославль  
2017 г.

# Цель работы

- Исследование теоретической картины явлений, позволяющих определить величину отношения элементарного заряда к его массе, а также экспериментальных методов измерения соответствующих параметров.
- Изучение исторического контекста установления дискретной природы элементарных носителей заряда.
- Исследование развития физических и технологических идей, заложенных в основу методологии измерения и трактовки удельного элементарного заряда, в ходе дальнейшего развития науки и аналитической техники.

# Список литературы

- 1) J.J. Thomson, *Philosophical Magazine*, **44**, 293 (1897). [facsimile from Stephen Wright, *Classical Scientific Papers, Physics* (Mills and Boon, 1964).]
- 2) Some of these experiments have already been described in a paper read before the Cambridge Philosophical Society (Proceedings, vol. ix. 1897), and in a Friday Evening Discourse at the Royal Institution ('Electrician,' May 21, 1897).

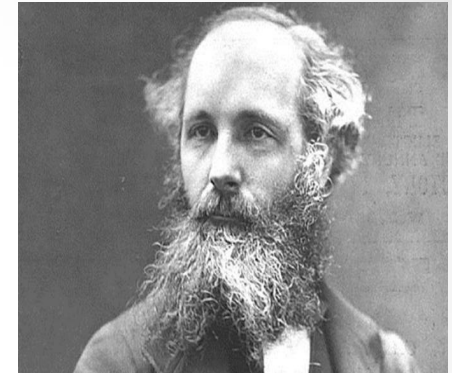
# История открытия электрона



Майкл Фарадей

Заряд, как непрерывная жидкость:

$$\begin{aligned}\operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \\ \operatorname{div} \vec{H} &= 0\end{aligned}$$



Джеймс Максвелл

Заряд, как непрерывная жидкость:

$$\begin{aligned}\operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \\ \operatorname{div} \vec{H} &= 0\end{aligned}$$

Заряд, как непрерывная жидкость:

$$\begin{aligned}\operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \\ \operatorname{div} \vec{H} &= 0\end{aligned}$$

Заряд, как непрерывная жидкость:

$$\begin{aligned}\operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \\ \operatorname{div} \vec{H} &= 0\end{aligned}$$

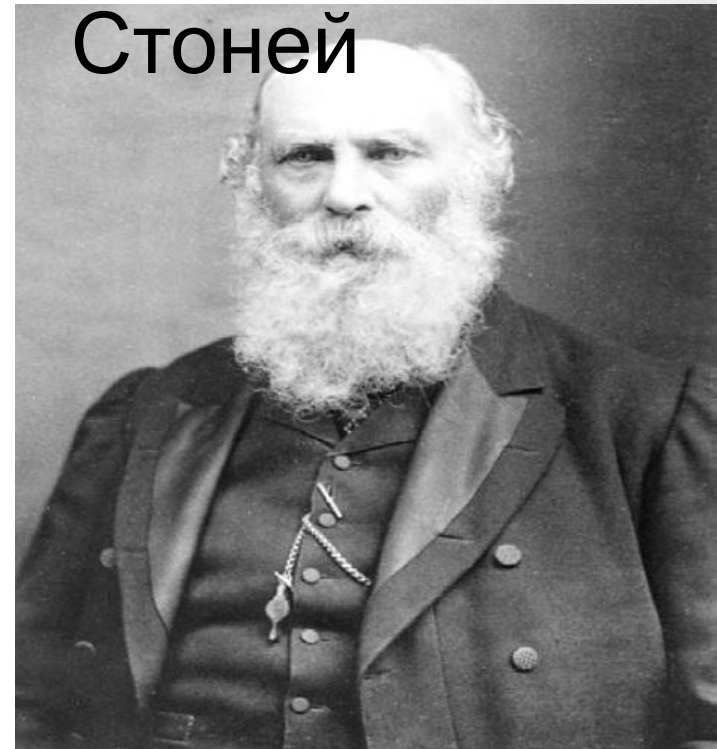
# История открытия электрона

В 1874 году впервые численно  
рассчитал значение квантованного  
электрического заряда

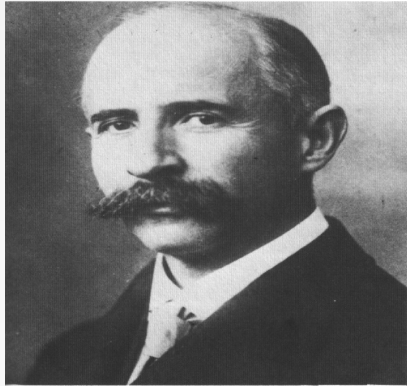
Доклад был опубликован в 1881  
году

В 1891 году предложил термин  
“электрон” для этого заряда

Джордж  
Стойней



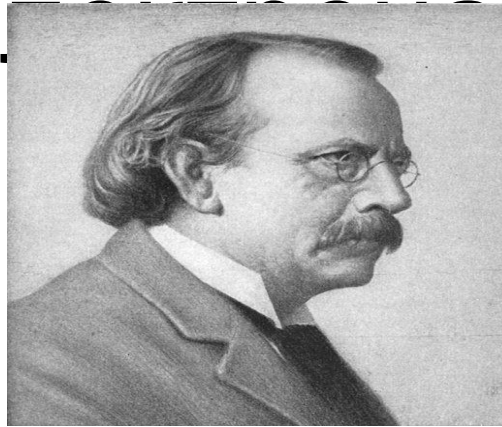
# История открытия



**Вальтер  
Кауфман**

Удельный заряд  $e/m$  уменьшается по мере возрастания скорости электронов. Уменьшение этого значения он объяснил тем, что возрастает именно масса движущихся электронов, а величина заряда остается неизменной.

Э.



**Джозеф Джон  
Томсон**

Атомы не неделимы, т.к. из них вырываются отрицательно заряженные частицы.

- Эти частицы все одинаковой массы, несут одинаковый заряд отрицательного электричества.
- Масса этих частиц меньше, чем одна тысячная массы атома водорода.



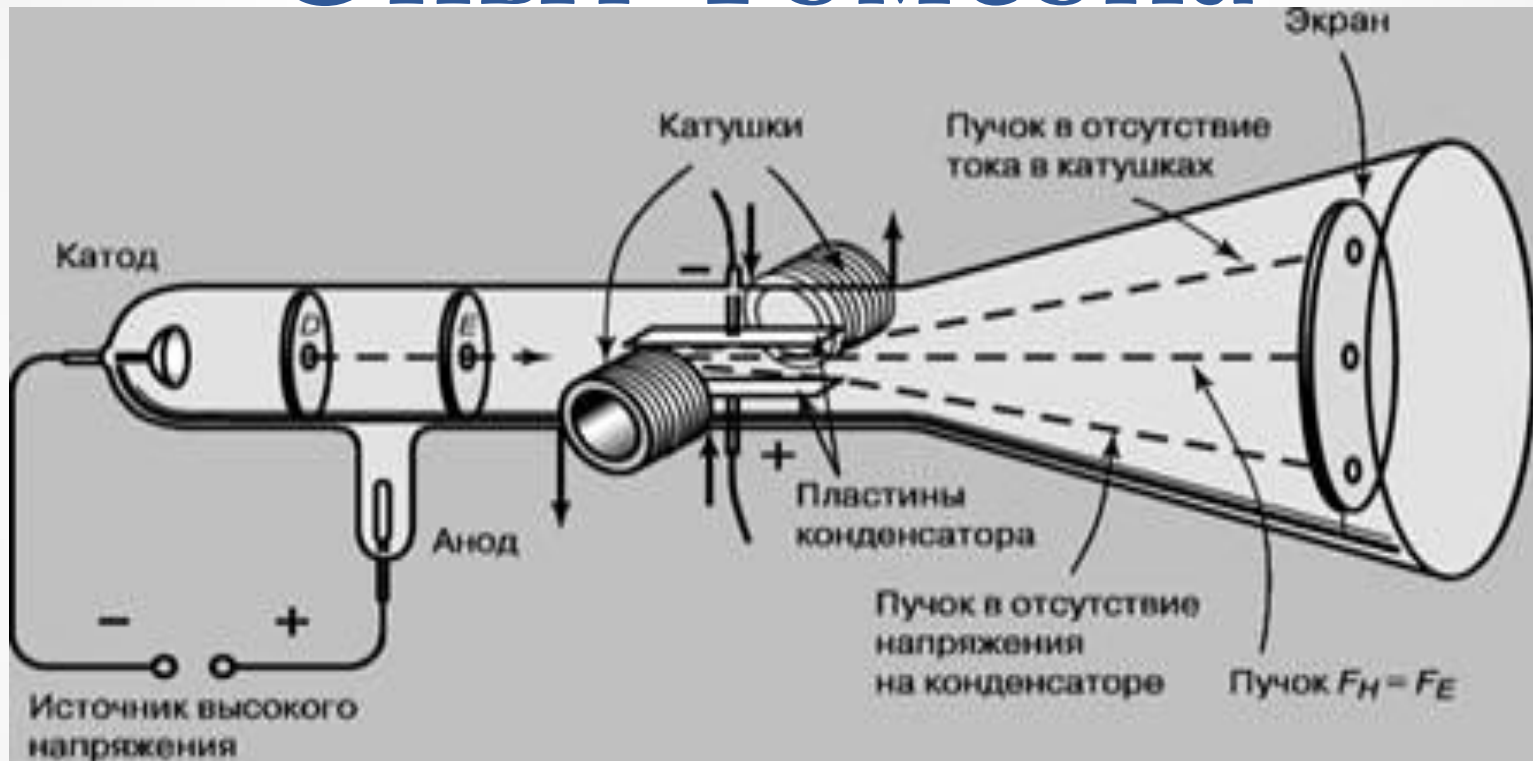
**Эмиль Вихерт**

Пришел к заключению, что значение  $e/m$  находится между  $1,55 \cdot 10^7$  и  $1,01 \cdot 10^7$ . Как наиболее вероятное значение он дал  $1,26 \cdot 10^7$

# Нобелевская премия за открытие Электрона

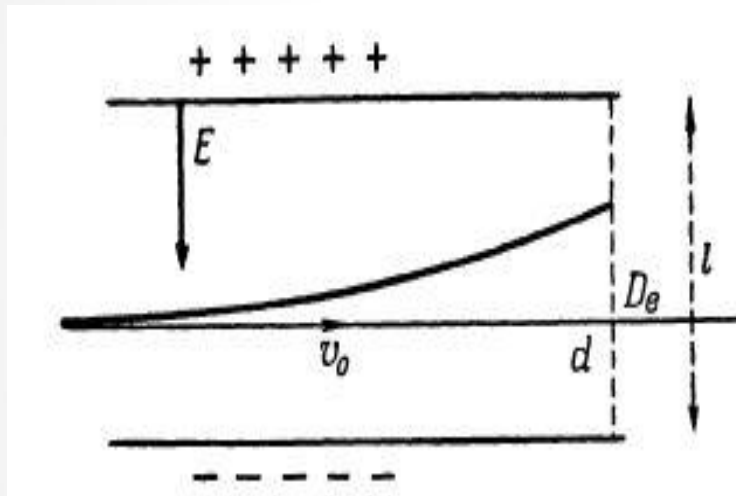
- Даже самые крупные авторитеты, вплотную занимающиеся проблемами атомной физики, пребывают в полной растерянности, кому же принадлежит честь первооткрывателя?
- В журнале Кенигсбергского университета за январь 1897 года в томе 38 на странице 12 была помещена статья немецкого физика Эмиля Вихерта, недвусмысленно утверждающая приоритет в экспериментальном открытии электрона за ним.
- Томсон доложил о том же самом открытии ученому совету Королевского института Англии двумя месяцами позже — 30 апреля 1897 года, а первая его публикация с подробным изложением этого вопроса вообще появилась только в мае.
- Таким образом, Вихерт на пять месяцев опередил великого Джозефа Томсона. Но кого интересовала хронология событий, когда речь шла о работе непререкаемого в научном мире авторитета?
- В итоге Томсон в 1906 году получил нобелевскую премию с формулировкой «за исследования прохождения электричества через газы»

# Опыт Томсона

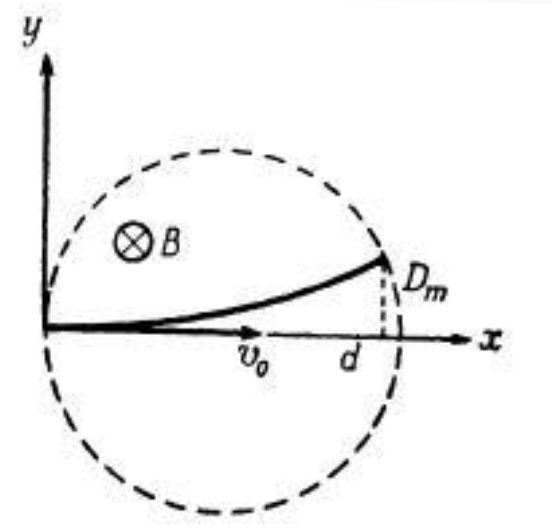




# Электрон в однородных ПОСТОЯННЫХ ПОЛЯХ



**Электрическое  
поле**



**Магнитное поле**

# Однородное поперечное электрическое поле

В нём электроны движутся по  
параболе определенной  
системой уравнений:

Заряд, как непрерывная жидкость:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \\ \operatorname{div} \vec{H} &= 0 \end{aligned}$$

Или

уравнением:

Заряд, как непрерывная жидкость:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \\ \operatorname{div} \vec{H} &= 0 \end{aligned}$$

Пучок электронов в  
однородном  
электростатическом  
поле отклонится на :

Где  $V$ - разность  
потенциалов,  $l$ -расстояние  
между обкладками

Таким образом, пройдя  
путь  $x=d$ , пучок отклонится

на:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \\ \operatorname{div} \vec{H} &= 0 \end{aligned}$$

# Однородное поперечное магнитное поле

В этом поле электрон описывает окружность с радиусом R

Уравнение круговой траектории имеет вид:

Заряд, как непрерывная жидкость:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \\ \operatorname{div} \vec{H} &= 0 \end{aligned}$$

Для Заряд, как непрерывная жидкость:  
 $\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$   
 $\operatorname{div} \vec{H} = 0$  следует:

Заряд, как непрерывная жидкость:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \\ \operatorname{div} \vec{H} &= 0 \end{aligned}$$

Отсюда получаем равенство:

Заряд, как непрерывная жидкость:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \\ \operatorname{div} \vec{H} &= 0 \end{aligned}$$

Таким образом, пройдя путь  $x=d$ , пучок отклонится на

Заряд, как непрерывная жидкость:

$$\begin{aligned} \operatorname{rot} \vec{E} &= -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t} \\ \operatorname{div} \vec{H} &= 0 \end{aligned}$$

# Однородное поперечное магнитное поле

Заряд, как непрерывная жидкость:

$$\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$$

$$\operatorname{div} \vec{H} = 0$$

Заряд, как непрерывная жидкость:  
 $\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$   
 $\operatorname{div} \vec{H} = 0$

Заряд, как непрерывная жидкость:  
 $\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$   
 $\operatorname{div} \vec{H} = 0$

Заряд, как непрерывная жидкость:  
 $\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$   
 $\operatorname{div} \vec{H} = 0$

Заряд, как непрерывная жидкость:  
 $\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$   
 $\operatorname{div} \vec{H} = 0$

Заряд, как непрерывная жидкость:  
 $\operatorname{rot} \vec{E} = -\frac{1}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}$   
 $\operatorname{div} \vec{H} = 0$

# Масс-спектрометрия



Вторичный ионный масс-спектрометр IMS-4F (САМЕСА, Франция) — 1986 г. Выпуска (технологические приложения)

# Вторичный ионный масс-спектрометр

## IMS-4F (CAMECA, Франция)

- Может работать в двух режимах: Ионный микроскоп и ионный микрозонд.
- Ионный микроскоп: в фокальной плоскости анализатора создается отсепарированное по массе ионное изображение подобно оптическому и просвечивающему микроскопу.
- Ионный микрозонд- принцип растрового электронного микроскопа, где электронный пучок заменен ионным

# Выводы

- 1) Исследован один из распространенных методов измерения удельного заряда электрона, основанный на определении скорости пучка электронов путем компенсации воздействий электрического и магнитного полей. Проанализированы различные методики определения удельного заряда в этом случае.
- 2) Продемонстрировано, что установление факта наличия наименьшего дискретного электрического заряда (электрона) и измерение его удельного заряда явилось результатом исследований различных ученых и научных коллективов.
- 3) Развитые технологические методы и научные идеи, используются вплоть до настоящего времени в различных научных аналитических установках, в частности, в методе вторичной ионной масс спектроскопии (ВИМС).