



ISSN 2074-5303

научно-практический журнал

ФИЗИКА **для школьников**

2
2012



Они были солдатами
К столетию открытия сверхпроводимости
Что такое антирезонанс?



ЭКСПЕРИМЕНТ Р. МИЛЛИКЕНА И СЫПУЧАЯ СРЕДА

В.Л. Рыппо,
г. Москва
А.А. Орлов,
г. Москва



В статье рассматривается опыт, схема которого близка к схеме экспериментов Р. Милликена, но позволяющий только качественно оценить особенности поведения заряженных частиц.

Наиболее известные эксперименты по определению заряда электрона проведены американским физиком Р.А. Милликеном (1909–1914). В 1923 г. ученый был удостоен Нобелевской премии за работу по определению элементарных электрических зарядов, а также за ряд работ по фотоэлектричеству. По результатам экспериментов показано, что «заряд электрона представляет собой не какую-либо средне-статистическую величину, но является истинным атомом электричества» [1, 2].

На рисунке 1 представлен прибор Р. Милликена в схематическом виде.

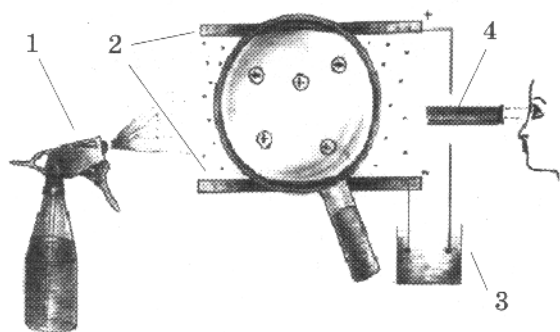


Рис. 1. (1) — пульверизатор,
(2) — пластины плоского конденсатора,
(3) — источник постоянного тока,
(4) — микроскоп

При проведении опыта Милликена, с помощью пульверизатора (1) создают облачко мелких капелек масла, величиной в несколько микрон. Капельки масла направляют в конденсатор, во внутреннее пространство между пластинами (2), которые соединены с источником тока (3). Капельки масла получают электрические заряды в результате трения масла о стенки выходного сопла пульверизатора (1). Направив микроскоп (4) в пространство между пластинами (2), и наблюдая за «долгоживущими каплями», Р. Милликену удалось установить, что капелька масла способна воспринимать и отдавать только кратные электрические заряды. Заряды попадают на каплю и уходят с нее дискретно, наименьший заряд, воспринимаемый и отдаваемый каплей равен 1,610 кулона. Наиболее полно и доступно технология измерений и обработки результатов подобного эксперимента представлена в учебнике физики [2], при этом оценивается движение пластмассовых микрошариков под действием силы тяжести с учетом электрического поля конденсатора и вязкости воздуха.

В 1912 г. академик А.Ф. Иоффе исследовал движение мельчайших металличе-

ких пылинок в электрическом поле конденсатора, получив аналогичные результаты [3].

В статье рассматривается опыт, схема которого схожа с экспериментом Милликена, но она позволяет осуществить только качественные особенности поведения заряженных частиц. На рисунке 2 представлена схема установки, где бункер с сыпучей средой (комнатой влажности) закреплен на штативе. В качестве сыпучей среды применяется мелкий песок, содержащий пылеватые частицы. Частицы песка имеют размер от 1 до 80 мкм. Кварцевая трубка (2) диаметром 20 мм и длиной 1,5 м присоединена к выходу бункера (1). Трубка направлена в пластмассовый сосуд (3) с диаметром 11 см и высотой 15 см. Сосуд размещен на текстолитовом столе. Расстояние между нижним срезом трубки и верхним срезом сосуда не менее 40 см. Зрительная труба (4) с расстояния 1,5–2 м может направляться как на трубку, так и на сосуд для проведения наблюдений.

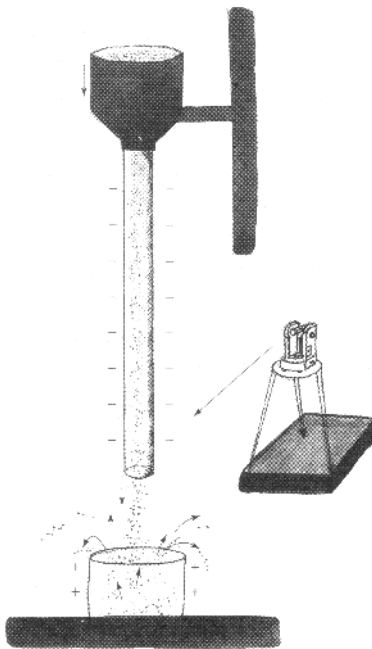


Рис. 2. Схема опыта

В ходе опыта сыпучая среда из бункера через отверстие диаметром 2–3 мм, поступает в трубку, где от трения частиц песка между собой и о стенки бункера и трубки образуется избыток частиц с зарядом одного знака. Накопленный электрический заряд производит электризацию стенок трубки и сосуда. Стенки трубки и сосуда получают противоположный электрический заряд. Электрическое поле значительной величины, возникающее между трубкой и сосудом, выбрасывает заряженные частицы из сосуда, знак заряда которых совпадает со знаком заряда сосуда. Выбрасываемые частицы песка, попадая на горизонтальный текстолитовый стол формируют фигуру, состоящую из четко выраженных концентрических кругов, и представленную на рисунке 3.

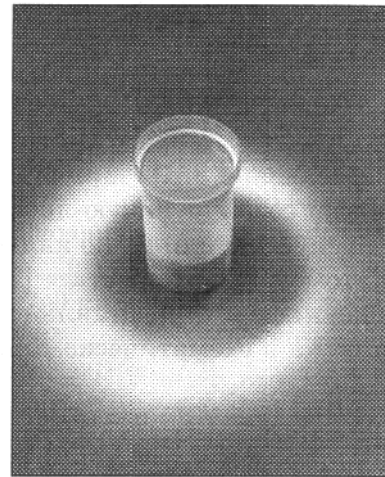


Рис. 3.

Внутреннее кольцо частиц формируется, в основном, из частиц, получивших в результате трения наименьший заряд. Внешнее кольцо состоит из частиц, имеющих более высокий заряд, кратный заряду частиц внутреннего кольца. Шлейф в правой стороне рисунка состоит из легких частиц песка, которые находятся в воздухе более 1 минуты и относятся в сторону

от сосуда под действием магнитного поля Земли. В конкретном опыте при движении частиц песка трубка заряжалась отрицательно, становясь своеобразным катодом, а сосуд — положительно, становясь соответственно анодом. Шлейф частиц растягивается в восточном направлении, что соответствует правилу левой руки. При этом основное воздействие на заряженные частицы песка оказывает горизонтальная составляющая магнитного поля Земли при их падении после вылета из сосуда.

Используя зрительную трубу, и лучше с телекамерой, можно наблюдать за поведением отдельных заряженных частиц в характерных точках (5) на трубке и на сосуде (см. рис. 2). Именно в этих точках хорошо видно как заряженная частица совершает скачки (дискретное движение), после приобретения и потери электрических зарядов. Это демонстрирует дискретную природу электрических зарядов.

Анализируя в рассмотренном опыте поведение заряженных частиц, можно

предположить, что большинство частиц вылетающих и сосуда (анода) приобретает один или два элементарных электрических заряда, хотя можно наблюдать частицы с более высоким зарядом, которые улетают от сосуда на более значительные расстояния.

Результаты проведенных экспериментов позволили разработать авторам рекомендации по защите объектов от статического электричества, а также решению задач по разделению сыпучих сред на отдельные фракции по размеру частиц и качественному перемешиванию сыпучих материалов.

Литература

1. Роджерс Э. Физика для любознательных: Т. 2. — М.: Мир, 1971.
2. Физика / Под ред. А.С. Ахматовой. — М.: Наука, 1965.
3. Путилов К.А. Курс физики: Т. 2. — М.: Гос. изд. техн.-теор. лит., 1954.