

МОЗАИЧНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАРЯДОВ НА ПОВЕРХНОСТИ ДИЭЛЕКТРИКОВ

Введение. Долгое время ни у кого не вызывало сомнений одно интересное физическое явление — равномерное распределение зарядов по поверхности двух взаимодействующих тел, которое называют электризацией трением или контактной электризацией. Традиционно электризацию описывают так: если соприкоснутся два любых электронейтральных тела или же между ними произойдет трение, то эти тела приобретут, соответственно, положительный и отрицательный заряды, которые равномерно распределятся по их поверхности. Однако ученые из США подвергли сомнению корректность данного утверждения.

Основная часть. Явление электризации было замечено еще в древности, но тем не менее оно до сих пор вызывает вопросы у научного сообщества. Выделяют три основных способа электризации, на которые направлено пристальное внимание ученых: 1) электризация металла металлом; 2) электризация диэлектрика металлом; 3) электризация диэлектрика диэлектриком.

По поводу электризации металла металлом уже нет никаких сомнений. Распределение зарядов, происходящее при контакте двух металлов, уже хорошо изучено, ему дано следующее объяснение: совершается обмен электронами до тех пор, пока не выровняются уровни Ферми двух металлов. Уровнем Ферми называют самый высокий энергетический уровень потенциальной ямы металла при температуре, равной нулю. Под потенциальной ямой следует подразумевать положительно заряженные ионы, образующие решетку металла, являющиеся барьером для электронов при их выходе из металла. Пройти через эту преграду электрон сможет при его достаточно большой кинетической энергии. Таким образом, при сближении двух металлов с разными уровнями Ферми появляются два идущих друг другу навстречу электронных потока. Поток, идущий с поверхности металла, характеризующийся меньшей работой выхода электронов, также будет меньше второго потока, идущего из металла с большей работой выхода. В результате поверхность первого металла будет заряжаться отрицательно, поверхность второго — положительно [1].

Мнение ученых по вопросу процесса электризации металла диэлектриком уже не так однозначно. До конца не известно, как происходит перенос электронов между металлом и диэлектриком, какой фактор прерывает эту передачу — электрическое поле или количество электронов, которое может принять/отдать данный диэлектрик.

И, наконец, практически ничего не известно об электризации диэлектрика диэлектриком. Правда, есть предположение, что, если удастся до конца изучить электризацию металла диэлектриком, то станет понятным и механизм электризации двух диэлектриков.

Следует подробнее рассмотреть диэлектрики, чтобы понять, что они из себя представляют. Диэлектриками называют вещества, которые плохо проводят электрический ток. Обусловлено это тем, что в диэлектриках отсутствуют свободные заряженные частицы, под которыми подразумевают электроны. Электроны прочно связаны с ядрами атомов, поэтому они не могут перемещаться по всему объему диэлектрика. Но можно разорвать эту связь под влиянием высокой температуры. Благодаря этой уникальной особенности диэлектрики широко применяются в технике. Из диэлектриков изготавливают электроизоляционные материалы, конденсаторы, тепловые детекторы. Диэлектрики используют в качестве преобразователей механических сигналов (перемещений, деформаций, звуковых колебаний) в электрические и наоборот.

В 2011 году в журнале “Science” была опубликована статья, в которой коллектив ученых из США приводит доказательства того, что для некоторых веществ электризация протекает не так, как принято считать. Американские специалисты провели ряд экспериментов над полимерными соединениями-диэлектриками, в ходе которых было установлено следующее: контакт этих веществ приводит к появлению на их поверхности мозаики из наноскопических областей, имеющих разные по знаку заряды. Мозаика была обнаружена при использовании метода зонда Кельвина. Данный метод предназначен для измерения контактной разности потенциалов между зондом и исследуемым веществом и позволяет визуализировать распределение зарядов на поверхности вещества. Эксперимент был поставлен над полидиметилсилоксаном, поликарбонатом, политетрафторэтиленом, обладающими диэлектрическими свойствами. Подробнее рассмотрим эти вещества. Полидиметилсилоксан (E900) представляет собой бесцветную жидкость, которая меняет свои физические характеристики в зависимости от температуры. Вязкость материала меняется в диапазоне от -60 до $+300^{\circ}$, что позволяет использовать E900 в различных сферах деятельности.

Материал является отличным диэлектриком вне зависимости от температуры нагрева. Ароматические поликарбонаты имеют хорошие диэлектрические свойства и широко применяются в электротехнической промышленности в виде литых изделий, покрытий, пленок, волокон и т. д. Пленочный политетрафторэтилен широко используется для изоляции обмоточных нагревостойких проводов в электродвигателях, генераторах, трансформаторах, для диэлектрических прокладок конденсаторов, для изоляции токовых выводов в химических источниках тока [2].

Также дополнительно были исследованы кремний (полупроводник) и алюминий (металл). Исследование подтвердило, что на поверхности этих веществ при контактной электризации не появляется мозаика из разноименных зарядов. Достичь такого результата можно лишь при контакте двух диэлектриков. Можно отметить, что длительность трения диэлектриков, прикладываемое давление, способ трения и неоднородности поверхностей не оказывают существенного влияния на появление мозаики. Поняв процесс появления мозаики, можно выявить принцип, по которому он протекает. Для этого используется романовская и рентгеновская спектроскопия, результаты которой позволяют сделать вывод, что к причинам возникновения мозаики можно отнести разрушение химических связей между наноскопическими областями с разным знаком заряда, изменения химического состава поверхности и переход вещества от одного контактирующего тела к другому. Данный факт указывает на то, что не для всех тел процесс электризации протекает по стандартной схеме [3].

В современном мире свойства электризации широко применяются в человеческой деятельности. Приведем несколько примеров. В промышленности для очистки газов от твердых частиц применяются электрофильтры. В состав таких фильтров входят два электрода, с концов которых идут потоки электронов, передающих заряд твердым частицам в газе. Наэлектризованные частицы, в свою очередь, оседают на электродах, имеющих противоположный знак заряда. Другой пример. Электризация лежит в основе одного из методов получения отпечатков пальцев. Когда человек касается банкноты, на ней остаются положительно заряженные частицы белка с его пальцев.

Безусловно, люди могут с большой пользой для себя использовать особенности электризации. Но обращаться с электризацией следует очень осторожно, так как она может привести к большой опасности. Например, в полете при трении о воздух самолет электризуется, поэтому после посадки его «разряжают»: опускают на землю металлический трос, прикрепленный к обшивке самолета. Только после этого к самолету приставляют металлический трап, не опасаясь разряда, который может вызвать пожар.

Заключение. В настоящее время люди очень часто могут наблюдать электризацию в своей повседневной жизни. Принцип электризации используется в промышленности, технике, медицине. Но несмотря на то, что об электризации известно очень давно, найдены способы ее применения, это явление все еще таит в себе загадки, разгадать которые только предстоит.

Список цитируемых источников

1. *Орир, Дж.* Популярная физика : учеб. пособие / Дж. Орир ; пер. со 2-го амер. изд. — М. : Мир, 1969. — 557 с.
2. *Элементы.* Новости науки [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://elementy.ru/novosti_nauki. — Дата доступа: 27.03.2019.
3. *Справочник химика 21.* Химия и химическая технология [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.chem21.info>. — Дата доступа: 29.03.2019.

УДК 537

В. В. Бык

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи

УДИВИТЕЛЬНЫЕ СВОЙСТВА СВЕРХТЕКУЧЕГО ГЕЛИЯ

Введение. Квантовая механика имеет много удивительных эффектов. Не все эффекты происходят на микроуровне, существуют эффекты, которые проявляются на макроуровне. Одним из них является сверхтекучесть.

С развитием технологий понижения температуры физик-экспериментатор Хейке Камерлинг-Оннес получил жидкую фазу гелия. Это было значимое событие в области низких температур. За это открытие ученый был удостоен Нобелевской премии.

Если мы понижаем температуру газа, например метана или азота, то газ переходит в жидкую фазу. Продолжая понижать температуру, мы добиваемся перехода в твердую фазу, например: вода, пар, лед — это три фазы одного и того же вещества.

Гелий относится к классу инертных газов. Он, как правило, не вступает в реакцию с другими веществами, поэтому дальнейшее изучение гелия было неактивным.

Все изменилось, когда советский физик Пётр Леонидович Капица открыл удивительные свойства сверхтекучего гелия.