

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.

Основная часть. Сверхтекучесть — это свойство вещества полностью терять свою вязкость. Сверхтекучий гелий не имеет вязкости. Он не испытывает никакого сопротивления при вытекании из какого-либо капилляра. Процесс образования сверхтекучего гелия непростой. Гелий в состоянии кипения (при температуре около двух градусов по шкале Кельвина) переходит в сверхтекучее состояние, которое является фазовым переходом второго рода. То, что наблюдается фазовый переход второго рода, можно понять по тому факту, что при понижении температуры скачкообразным образом увеличиваются текучесть, теплоемкость и теплопроводность гелия. В состоянии сверхтекучести теплоемкость гелия возрастает на несколько порядков.

Существует множество экспериментов, демонстрирующих свойство сверхтекучести. К примеру: обычные жидкости при движении испытывают трение как со стенками сосуда, так и внутреннее трение частиц жидкости между собой. Но когда пробирку со сверхтекучим гелием медленно поднимают над гелиевой ванной, то на стенках пробирки образуется подвижная плёнка толщиной около 100 атомных слоев, позволяющей жидкости подниматься по внутренним стенкам, переливаться через край и стекать обратно в ванну. Через некоторое время пробирка останется пустой.

Получается, что сверхтекучий гелий течет вдоль плёнки всегда, когда существует разность уровней между двумя объёмами жидкости, т. е. плёнка работает как сифон, причём движущую силу для сверхтекучей части жидкости создает разность гравитационного потенциала между концами плёнки.

При переходе гелия в сверхтекучее состояние его текучесть увеличивается в 1 000 000 раз. Интересно то, что данная сверхтекучесть проявляется при измерении вязкости капиллярным методом. Но при измерении вязкости методом крутильных весов сверхтекучесть зафиксировать не удаётся.

При измерении вязкости жидкости используют капиллярный метод и метод крутильных колебаний. Суть капиллярного метода в следующем: в капилляр помещают жидкость и измеряют то, как быстро эта жидкость истекает из этого капилляра. Чем больше скорость истекания жидкости, тем более текучей является сама жидкость.

Метод крутильных колебаний основан на измерении амплитуды колебаний крутильного маятника, помещённого в жидкость. Крутильный маятник представляет собой твердое тело, подвешенное на упругой нити, колебания совершаются путём вращения этого тела вокруг своей неподвижной оси [1].

Объяснение двойного поведения гелия дал физик-теоретик Лев Ландау. Дело в том, что при охлаждении гелия до температуры около двух градусов по шкале Кельвина в нем происходит фазовый переход, при этом гелий нужно рассматривать как жидкость, состоящую из двух компонентов: гелий-1 и гелий-2. Гелий-1 — это обычный компонент гелия, который имеет такую же текучесть, как и обычный гелий, а гелий-2 полностью сверхтекуч. При понижении температуры компонента гелий-2 в гелии становится всё больше, и в теории при достижении гелием температуры 0 градусов по шкале Кельвина он становится полностью сверхтекучим и перейдет в гелий-2 [2].

В экспериментах с капилляром проявлялась сверхтекучесть компонента гелий-2. Она и вытекала из капилляра без трения. А в эксперименте с крутильными весами сопротивление создавалось несверхтекучим компонентом гелий-1. Пространственное разделение двух компонентов — гелий-1 и гелий-2 — отсутствует. Нельзя разделить сверхтекучий компонент от несверхтекучего.

Почему гелий сверхтекучий? Все потому, что атом гелия-4 представляет собой соединение двух протонов и двух нейтронов. Это обеспечивает величину спина, равного нулю. При охлаждении происходит явление, когда все атомы гелия-4 устанавливаются на каком-то низком энергетическом уровне, т. е. они все вместе начинают обладать низкой энергией.

Данная ситуация справедлива потому, что атомы гелия (бозоны) — это частицы с целым спином. Если сравнивать их с электронами, у которых полуцелый спин, то они крайне плохо скапливаются в одном и том же энергетическом состоянии.

Сверхтекучим может быть гелий-3, а также водород при температуре 0,15 градусов по шкале Кельвина.

Только гелий способен оставаться жидким вплоть до нулевой температуры по шкале Кельвина, все другие вещества переходят в твердую фазу, так и не достигнув температуры фазовых переходов.

В 2009 г. физики из Калифорнийского университета в Беркли получили газ рубидия в состоянии сверхтекучего квантового кристалла. Был получен способ, который заставлял атомы образовывать кристалл, но оставаясь при этом разреженным газом. И именно в таком состоянии он проявлял сверхтекучесть.

Заключение. Сверхтекучий гелий нашёл свое применение в космических аппаратах, в частности, для охлаждения сверхчувствительных гироскопов, которые позволяют измерять данные некоторых гравитационных эффектов общей теории относительности. Сверхтекучестью занимались такие выдающиеся физики, как Виталий Гинзбург, Николай Боголюбов, Ричард Феймон. Эта тема является интересной и познавательной как в теоретическом, так и в экспериментальном плане.

Список цитируемых источников

1. *Бородинский, В. М.* От твердой воды до жидкого гелия (история холода) / В. М. Бородинский. — М. : Энергоатомиздат, 1995. — 336 с.
2. Наука. Величайшие теории: выпуск 49: Физика низких температур. Ландау. Сверхтекучесть / пер. с итал. — М. : Де Агостини, 2015. — 160 с.