



117296 Москва, Ленинский проспект, 64-А, «Квант»
тел. : [095] 930-56-48
e-mail: bquantum@sovam.com (с пометкой «Квант»).

№ 3 - 2000 г. / Калейдоскоп «Кванта»

А. Леонович

**А так ли хорошо знакома вам
взаимосвязь вещества
и электрического поля?**

© «Квант»

*Использование или распространение этого материала
в коммерческих целях
возможно лишь с разрешения редакции*



Образовательный сетевой выпуск
VIVOS VOCO! - ЗОВУ ЖИВЫХ!

<http://www.accessnet.ru/vivovoco>

<http://www.ibmh.msk.su/vivovoco>

<http://vivovoco.rsl.ru>

...обыкновенная материя по отношению к электрической жидкости является как бы своеобразной губкой...

Бенджамин Франклин

...тело благодаря одному лишь приближению к другому наэлектризованному телу само может стать наэлектризованным.

Франц Эпинус

В диэлектрике, находящемся под действием электродвижущей силы, мы можем представлять, что электричество в каждой молекуле так смещено, что одна сторона молекулы делается положительно наэлектризованной, а другая – отрицательно.

Джеймс Клерк Максвелл

А так ли хорошо знакома вам взаимосвязь вещества и электрического поля?

На этот раз разговор о взаимодействии двух видов материи, как ясно из эпиграфов, коснется электричества. Из этой необъятной области физики сегодня мы выберем прежде всего вопросы, связанные с поведением в электрических полях непроводящих тел – изоляторов, или диэлектриков. Кстати, именно их движение во внешнем неоднородном поле было первым в истории отмеченным людьми электрическим явлением.

За тысячи лет наблюдений и экспериментов были изучены свойства множества диэлектриков, открыты такие необычные эффекты, как пьезоэлектричество – электризация кристаллов при нагреве, сегнетоэлектричество – самопроизвольная электрическая поляризация, пьезоэлектричество – электризация под действием механического напряжения. Каждое из этих явлений со временем нашло свое применение в науке, технике или быту – в чувствительнейших приборах для обнаружения дефектов в деталях машин и для прослушивания сердца; в производстве малогабаритных конденсаторов и сенсорных устройств; в микрофонах и телефонах; в получении теплового изображения объектов и изготовлении зажигалок. С диэлектриками связывают развитие акусто- и оптоэлектроники – элементной базы будущих компьютеров. В науке даже возник термин «умные диэлектрики».

Однако важно подчеркнуть, что успешное исследование свойств

разнообразных диэлектриков было бы невозможно без глубоких знаний о структуре вещества. В свою очередь, понимание особенностей электрических процессов, протекающих на микроуровне, дает ключ для получения новых сведений о строении атомов и молекул.

Присоединяйтесь, пусть пока и на школьных примерах, к этому увлекательному поиску.

Вопросы и задачи

1. Почему маленькие кусочки бумаги притягиваются к заряженной пластмассовой расческе, но не притягиваются ни к одной из параллельных пластин заряженного конденсатора?

2. Отчего заканчиваются неудачей попытки «отвести» в землю заряд диэлектрика?

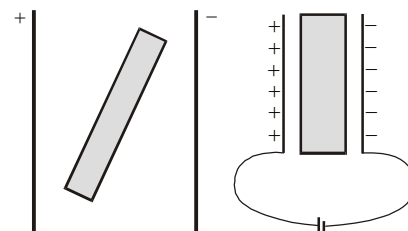
3. Обкладки вертикального воздушного конденсатора, заряженного и отключенного от источника, частично погружают в жидкий диэлектрик. Где напряженность электрического поля между обкладками оказывается больше: в воздухе или в диэлектрике?

4. Почему электролитические конденсаторы обладают большой емкостью?

5. В пространство между разноименно заряженными обкладками конденсатора вставляется металлическая пластина. Изменяется ли заряды, наведенные на пластине, если пространство внутри конденсатора заполнить керосином?

6. В пространстве между обкладками плоского заряженного

конденсатора расположена пластина из диэлектрика, как изображено на рисунке слева. Нарисуйте силовые линии электрического поля, пренебрегая его искажением у краев пластин.



7. Металлический заряженный шар окружен толстым сферическим слоем диэлектрика. Изобразите картину силовых линий внутри и вне диэлектрика. Почему электрическое поле меняется на границе диэлектрика?

8. Два небольших металлических шарика подключены к удаленному источнику напряжения. Как изменится сила притяжения между шариками, если их погрузить в жидкий диэлектрик, не меняя расстояния между ними?

9. Когда обкладки плоского воздушного конденсатора присоединили к электрической батарее, они стали притягиваться друг к другу. Как изменится сила их притяжения, если ввести в конденсатор пластинку из диэлектрика, как показано на рисунке справа?

10. Почему из двух конденсаторов одинаковой емкости и с одинаковыми диэлектриками больший размер имеет тот, который рассчитан на большее напряжение?

11. Разность потенциалов заряженного и отсоединенного от батареи конденсатора удвоилась, когда вытек наполнявший его диэлектрик. Чему равна диэлектрическая проницаемость диэлектрика?

12. Плоский воздушный конденсатор после зарядки отключают от источника напряжения и погружают в керосин. Как изменится энергия, накопленная в конденсаторе?

13. Обкладки заполненного диэлектриком и заряженного конденсатора соединяют друг с другом на очень короткое время. Когда разность потенциалов между обкладками уменьшается в три раза, их разъединяют. После этого разность потенциалов медленно возрастает до $2/3$ своего первоначального значения. Почему?

14. Какие вещества лучше отражают электромагнитные волны: металлы или диэлектрики?

15. Будет ли электрон взаимодействовать с нейтральным атомом?

16. Какой должна быть структура молекулы: а) двуокиси углерода, если известно, что она не имеет дипольного момента, т.е. является неполярной; б) воды, если известно, что она обладает дипольным моментом, т.е. является полярной молекулой?

Микроопыт

Наэлектризуйте пластмассовую расческу трением и наблюдайте, как она притягивает маленькие кусочки бумаги. Однако, если вы поместите те же кусочки вблизи клемм заряженного аккумулятора или полюсов электрической батарейки, то никакого притяжения не обнаружится. Почему?

Любопытно, что...

...английский физик Стефан Грей в начале XVIII века установил, что электризация тел трением происходит лучше, если их предварительно нагреть. Это было связано с испарением с них влаги, т.е. ухудшением проводимости, что внешне проявлялось как усиление их диэлектрических свойств.

...первое упоминание о пьезоэлектричестве относится к 300-м годам до новой эры. Особенности же этого явления подробно исследовал в середине XVIII века немецкий физик Франц Эпинус. Он

показал, что электризация кристаллов турмалина, возникающая при нагреве, принципиально отличается от общеизвестной тогда электризации трением.

...понятие диэлектрической проницаемости, характеризующей ослабление электрического поля в диэлектрике, было введено Майклом Фарадеем в 1837 году под названием «удельной индуктивной способности».

...Фарадей способствовал распространению теории магнетизма Кулона и Пуассона на теорию диэлектриков. А позже, обосновав теорию диэлектриков, Джеймс Максвелл перенес ее понятия на магнетизм.

...по всей видимости, Фарадею принадлежит предсказание электростатических аналогов постоянных магнитов. Такие диэлектрики, обладающие неизменным внешним электрическим полем, были названы в конце прошлого века английским физиком Оливером Хевисайдом «электретами». Первый искусственный электрет был получен примерно 80 лет назад из смеси пальмовой смолы с канифолью.

...в начале XIX века французский минералог Рене Аюи обнаружил, что пьезоэлектрические кристаллы способны электризоваться и под действием давления, что позволило ему создать чувствительный электроскоп. Этот эффект, присущий многим кристаллам, впоследствии стал именоваться пьезоэлектрическим.

...достижение предельно возможной поляризации диэлектрика было открыто в 1918 году на кристаллах сегнетовой соли, давшей название сегнетоэлектрическому эффекту. Сегодня в некоторых специально изготовленных керамиках величина диэлектрической проницаемости может достигать огромных значений – до 20000.

...наведенная поляризация неполярного диэлектрика значительно менее интенсивна, чем ориентационная поляризация диэлектрика, обладающего дипольным моментом. Дело в том, что даже самые сильные постоянные электрические поля, получаемые в лабораториях, в сотни тысяч раз уступают полю ядра атома в области электронной оболочки, из-за

чего смещение зарядов в атоме незначительно по сравнению с его размерами.

...в постоянных и низкочастотных полях диэлектрическая проницаемость воды равна 81. Но при частотах оптического диапазона она падает примерно до 2. Дело в том, что при высоких частотах молекулы диэлектрика «не успевают» поворачиваться вслед за полем.

...чувствительность современных пьезоэлектрических термометров достигает одной миллионной кельвина.

...благодаря использованию пьезоэлектриков удалось построить телескопы с управляемой геометрией поверхности зеркала, что позволяет легко изменять его фокусное расстояние.

...большинство диэлектриков не способны длительное время находиться в электретном состоянии, однако некоторые виды керамики или полимерных пленок способны сохранять его десятки и даже сотни лет.

...многие ткани живого организма, например кровеносные сосуды, являются электретами. Учитывать это необходимо при использовании искусственных сосудов – если их не обработать в электрическом поле, они вызовут повышенную свертываемость крови, что создает опасность появления тромбов.

Что читать в «Кванте» о взаимосвязи вещества и электрического поля

(публикации последних лет)

1. «Энергия электрического поля» – 1994, Приложение №5, 23;

2. «Электрический диполь и его электрический момент» – 1995, Приложение №4, с.77;

3. «Зачем погружать конденсатор в воду?» – 1996, №1, с. 39;

4. «Диэлектрики, полупроводники, полуметаллы, металлы» – 1996, Приложение №4, с.65;

5. «Электризация капель жидкости – от истории до практического использования» – 1996, №5, с. 44;

6. «Поляризованный диэлектрик и его энергия» – 1999, №1, с. 37.

*Материал подготовил
А.Леонovich*