

$\lim_{k \rightarrow \infty} x_{2k} = a$ и $\lim_{k \rightarrow \infty} x_{2k+1} = a$, что невозможно. Значит, последовательность $\{x_n\}$ не имеет предела. Например, для последовательности $\{x_n = \sin n \frac{\pi}{2}\}$ такими подпоследовательностями будут $\{x_{4k-1} = -1\}$ и $\{x_{4k-3} = 1\}$, так что последовательность $\{\sin n \frac{\pi}{2}\}$ расходящаяся.

Приведенные выше приемы моделирования учебной деятельности способствуют профессионализации процесса обучения и выработке потребности и навыков в планировании, постановке стратегических и тактических целей в изучении разделов математического анализа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гальперин П.Я. Типы ориентировки и типы формирования действий и понятий // Доклады АПН РСФСР. 1958. N2. С.75–79.
2. Леонтьев А.Н. Деятельность, сознание, личность. М.: ИПЛ, 1975. 304с.
3. Эрдниев П.М. Укрупнение дидактических единиц как технология обучения. Ч.1. М.: Просвещение, 1992. 175с.
4. Смирнов Е. И. Технология наглядно-модельного обучения математике. Ярославль, 1997. 323 с.

А. Д. Кондратюк

ЭЛЕКТРЕТНЫЕ СВОЙСТВА ДИЭЛЕКТРИКОВ

Принято считать, что диэлектрики способны поляризоваться в электрическом поле, но не сохраняют остаточный заряд после снятия внешнего электрического поля и поэтому не создают в окружающем пространстве электрического поля.

В статье приводится информация о диэлектриках, которые сохраняют остаточную поляризацию (электреты) при определённом режиме поляризации.

Статья предназначена для практических учителей. Материал может быть использован при изучении темы «Проводники и диэлектрики в электрическом поле», а также в более подробном изложении при углублённом изучении темы в факуль-

тативном курсе 10 класса «Электрические свойства твёрдых тел».

Известно, что к диэлектрикам относят вещества, плохо проводящие электрический ток по сравнению с проводниками. При помещении во внешнее электрическое поле диэлектрики поляризуются: результирующий электрический момент диэлектрика становится отличным от нуля, на поверхности диэлектрика образуются связанные заряды. При снятии внешнего поля заряды перераспределяются.

За последние годы в научной и популярной литературе появилось немало работ, посвящённых электретному состоянию вещества.

Электреты — это диэлектрики, обладающие свойством сохранять электрическую поляризацию, вызванную внешним электрическим полем. Такая поляризация называется остаточной. Поэтому, говоря об электрете, можно сказать, что это постоянно наэлектризованный диэлектрик, несущий на одной стороне положительный заряд, а на другой — отрицательный и способный создавать электрическое поле в окружающем его пространстве.

Такое состояние вещества было впервые открыто японским физиком М. Егучи в 1922 году. История открытия электретов есть в конечном счёте история поиска электрического аналога постоянного магнита. На возможность создания электрического аналога постоянного магнита указывал в конце прошлого столетия английский физик О. Хевисайд, предположивший, что, подобно постоянным магнитам, в природе должны существовать «постоянно заполяризованные диэлектрики», которые он назвал электретами. Однако с самого начала было ясно, что эта аналогия ограничена отсутствием в природе свободных магнитных зарядов, в то время как свободные электрические заряды существуют. Это хорошо известное обстоятельство, принятое во внимание в теории Максвелла, приводило к тому, что внутреннее электрическое поле, созданное в диэлектрике искусственно или существующее в нём спонтанно, будет экранироваться свободными электрическими зарядами, существующими в самом диэлектрике или вне его, в результате чего такой заряженный диэлектрик, или «электрет», должен разряжаться. Это соображение является существенным при исследовании природы устойчивости электретов.

Электретные свойства обнаружены во многих диэлектрических материалах: полимерах, керамике, фторопластах, в некоторых монокристаллах.

Величина плотности поверхностного остаточного заряда, время сохранения этого заряда в относительно устойчивом состоянии зависят от режима предварительной поляризации электрета и условий его хранения.

Первый электрет был изготовлен Егучи из расплавленной смеси воска и смолы, которая застыла в сильном электрическом поле. После снятия поля застывшая смесь обнаруживала внутреннюю электрическую поляризацию, причём на поверхности образца, обращённой к аноду, возникал отрицательный заряд, а на поверхности, обращённой к катоду, — положительный. Такого рода заряд в дальнейшем получил название гетерозаряд. После приготовления электрета его гетерозаряд уменьшается в течение первых нескольких дней, а затем остаётся практически постоянным, так как процесс дальнейшего его спада происходит очень медленно. В том случае, когда напряжённость поляризующего поля достаточно велика, для ряда веществ наблюдается явление изменения полярности электрета. Оно заключается в том, что первоначальный гетерозаряд спадает в течение нескольких дней до нуля, а затем, приобретая противоположную полярность, снова достигает максимальной величины. При этом поверхность электрета, обращённая к аноду, приобретает положительный заряд, а противоположная поверхность — отрицательный. Такого рода заряд получил название гомозаряда. Исследования показали, что гомозаряд электрета обладает, как правило, большим постоянством и заметно не изменяется в течение длительного времени.

Егучи также установил, что свойства термоэлектрета не исчезает при срезании или соскабливании слоёв с его поверхности, то есть, что термоэлектретный эффект является объёмным эффектом.

Было установлено, что облучение электрета рентгеновскими лучами приводит к уменьшению его поверхностного заряда. Однако через некоторое время заряд термоэлектрета восстанавливается. Расплавление электрета приводит к уничтожению в нём электретного состояния.

В дальнейшем исследование свойств электретов, отработка оптимальных режимов поляризации в разных диэлектрических материалах, попытки дать объяснение этому явлению, а также найти ему применение были предприняты многими исследователями. В нашей стране ведущей кафедрой по изучению физики электретов является кафедра общей физики Московского института электронного машиностроения, многие годы возглавляемая замечательным учёным, профессором А. Н. Губки-

ным. (В настоящее время кафедрой руководит О. Н. Попов).

Чтобы получить электрет из какого-либо диэлектрического материала, надо экспериментально подобрать к этому материалу режим поляризации, при котором остаточный заряд будет наибольшим при максимальном времени спада заряда (время релаксации).

Различают несколько способов приготовления электретов, и в соответствии с этим несколько видов электретов: термоэлектреты, фотоэлектреты, коронозлектреты.

Экспериментально было установлено, что при напряжённости поляризующего поля ниже 10 кВ/см образуются термоэлектреты с гетерозарядом, а при напряжённости поляризующего поля значительно выше этой — электреты с гомозарядом. Для промежуточных значений напряжённости поля имеет место переход гетерозаряда, образующегося непосредственно после поляризации, в гомозаряд.

Для получения термоэлектретов обычно задают следующий режим поляризации: диэлектрик нагревают до определённой температуры, затем выдерживают некоторое время в сильном электрическом поле, после чего охлаждают в поле. Электрет помещается между металлическими электродами. В качестве источника напряжения используется стабилизированный высоковольтный выпрямитель (например, ВС-23). Образец с электродами помещается в термостат. Диаметр образца обычно несколько больше, чем диаметр электродов. Это связано с возможностью пробоя между электродами при поляризации диэлектрика. Удлиняя путь искры, можно повысить пробивное напряжение и тем самым увеличить напряжённость поля поляризации. Этого как раз и достигают, уменьшая диаметр электродов.

При получении коронозлектретов диэлектрик подвергается воздействию поля коронного разряда. В качестве источника высокого напряжения используется прибор «Разряд-1», позволяющий повышать напряжение, подаваемое на иглу от 0 до 20 кВ.

В случае изготовления фотоэлектретов диэлектрик, помещённый в сильное электрическое поле, освещается светом в течение нескольких минут, после удаления источника света напряжение выключается. При этом верхний электрод делается из лёгкой металлической сетки, которая хорошо пропускает лучи света, или из полупроводящего стекла.

Для измерения заряда электретов пользуются методом электростатической индукции, вибрационным методом или методом деполяризации [1].

Время жизни электретов может составлять несколько лет. Оно зависит от свойств диэлектрика и от условий хранения электрета. Одним из важных условий сохранения свойств электретов является закорачивание его обкладок, что устраняет деполяризацию заряда. Заряд электретов зависит также от влажности воздуха. Хранение электрета во влажной атмосфере приводит к резкому снижению величины его заряда. Однако при высыхании электрета его заряд может восстановиться.

Первые объяснения свойств электретов были даны в 1927 году американским физиком Е. Адамсом, сформулировавшим основные положения феноменологической теории электретов. Адамс предположил, что в электретах имеется остаточная поляризация, медленно изменяющаяся со временем вследствие дезориентирующего действия теплового движения, а также свободные заряды, экранирующие остаточную поляризацию. Основные свойства электретов объяснялись присутствием двух зарядов различной природы, изменяющихся со временем по различным законам.

В дальнейшем феноменологическая теория электретов была развита Свэнном в США и А. Н. Губкиным в России. Основные современные положения феноменологической теории сводятся к следующему.

Считается, что электрет имеет остаточную поляризацию, а также свободный заряд. Делается предположение, что остаточная поляризация электретов состоит из «внутренней» и «внешней». Внутренняя остаточная поляризация может быть создана за счёт ориентированных полей диполей и квазидиполей и за счёт смещённых к электродам ионов и электронов. Внешняя остаточная поляризация возникает вследствие перехода зарядов из электродов или междуэлектродных промежутков в диэлектрик с последующим закреплением их на глубоких ловушках.

Кроме этого, в электрете имеются свободные заряды, обуславливающие его электропроводность. Электрет может иметь также начальный свободный заряд, например, за счёт пробоев воздуха в зазорах электрет-электроды во время поляризации. В общем случае как «внутренняя», так и «внешняя» остаточные поляризации могут быть разного вида. У готового электрета остаточная поляризация не остаётся постоянной. Тепловое движение постоянно выбрасывает заряженные частицы из ловушек, в которые они были захвачены во

время поляризации. Кроме этого, остаточная поляризация и свободный заряд, возникшие во время поляризации, будут создавать сильное внутреннее электрическое поле. Поэтому у готового электрета будет наблюдаться движение свободных носителей заряда во внутреннем поле электрета, а также образование релаксационной поляризации под действием внутреннего поля.

Наличие остаточной поляризации и свободного заряда приведёт к тому, что электрет будет создавать электрическое поле в окружающем его пространстве, а на поверхности электрета будет регистрироваться эффективный поверхностный заряд.

Способность создавать практически постоянное электрическое поле в окружающем пространстве является основным свойством электретов, и поэтому электреты могут найти и в ряде случаев (и уже нашли) широкое применение в различных областях техники в качестве источников постоянного электрического поля.

Действительно, электрет всегда окружён электрическим полем. У «свободного» (незакороченного) электрета электрическое поле сложным образом распределено в пространстве, поле закороченного электрета сосредоточено в воздушном зазоре между поверхностью электрета и металлическими электродами.

Постоянное поле электрета можно использовать либо непосредственно, либо путём индукции переменного тока в поле электрета. Большинство известных применений электретов — это так называемые электретные датчики сигналов или электретные преобразователи различного рода. Их работа основана на индуцировании переменного тока в поле электрета. Непосредственно электростатическое поле электрета используется в таких приборах, как фильтры для газов, электретные электрометры и вольтметры, фокусирующие и сортирующие системы и другие приборы и устройства.

Впервые электреты были использованы в Японии для изготовления электретного микрофона. Электреты могут быть использованы в вибродатчиках, тахометрах, а также в простейших запоминающих устройствах, в электрофотографии [1, 2].

Основными преимуществами приборов, использующих электреты, являются большое внутреннее сопротивление и отсутствие дополнительных источников питания. Это обстоятельство даёт возможность значительно уменьшить размеры и вес соответствующих приборов.

Типичным недостатком приборов с термоэлектретами является некоторая нестабильность поля

электретов. Основная задача — найти способ поляризации, при котором повысится поверхностная плотность заряда и увеличится время релаксации заряда. Тогда электреты найдут широкое применение в электромашиностроении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Губкин А. Н. Электреты. М.: Наука, 1978.
2. Сесслер Г. Электреты. М.: Мир, 1983.
3. Луцейкин Г. А. Полимерные электреты. М.: Химия, 1976.
4. Мяздриков О. А., Манойлов В. Е. Электреты. М.–Л.: Госэнергоиздат, 1962.

А. А. ПЕВЗНЕР

СИСТЕМА « ПРОБЕЛ »

Проблема

Крошка-сын к отцу пришел, и сказала кроха: «В школу больше не пойду, в школе очень плохо». Примерно такой, почти по Маяковскому, разговор порой возникает в семьях.

А начиналось все так хорошо — смысленный малыш с большим удовольствием пошел в школу и радовал родителей успехами. Но постепенно они начали замечать, что у ребенка снизился интерес к школе, уроки он делает с трудом и большим нежеланием. Учителя жалуются, что на уроках малыш не хочет работать — либо думает о чем-то своем, либо шалит и мешает работать другим. Стремясь приструнить шалуна, учитель порой использует обидные эпитеты, нелестно характеризуя интеллектуальные способности ребенка. Обидные слова, сказанные учителем в адрес ребенка, иногда подхватываются одноклассниками. Постепенно конфликт ученик-учитель перерастает в конфликт ученик-школа. Социальный статус ребенка снижается, ребенок озлобляется, столкнувшись с непониманием в школе и дома, начинает искать понимание в другой среде. Зачастую такой средой оказывается криминальная, здесь умственные и физические способности ребенка находят соответствующее данной среде применение.

Очевидно, что в этом случае необходим индивидуальный подход к ребенку, но учитель и

так перегружен работой и не может уделить необходимое (немалое) количество времени. Попытка родителей помочь ребенку самостоятельно не дает желаемых результатов в силу недостаточной квалификации родителей, а репетиторство не всем доступно материально, обычное повторение всего материала и натаскивание на решение конкретных ситуаций отнимает много времени, утомляет ребенка и зачастую не приводит к желаемому результату.

Задача

Найти способы и создать систему для решения данной проблемы.

Основное ограничение

Данная система предназначена для детей с нормальным умственным развитием.

Способ и форма решения проблемы

Так как априори мы определились, что причиной отставания в учебе является не умственная отсталость ребенка, логичным будет предположить, что причина кроется в пробелах основополагающих понятий в знаниях. Пробелы приводят к тому, что усвоение дальнейшего материала становится либо затруднительным, либо вообще невозможным. Простое повторение пройденного материала (например, через повторное обучение), как правило, не дает желаемых результатов.

Решение данной проблемы может быть найдено в строго индивидуальном подходе к каждому отстающему.

Необходимо:

- а) точно диагностировать пробелы в знаниях, данного ребенка, являющиеся причиной непонимания дальнейшего материала;
- б) правильно выбрать методику ликвидации пробелов;
- г) руководствуясь выбранной методикой, помочь учащемуся ликвидировать пробелы.

Модель

Для построения модели явления попытаемся реконструировать процесс развития данной проблемы на двух условных примерах.