

Использование инновационных технологий при изучении магнитных явлений

The using of innovation technologies during magnetic phenomena study

Ильина Л.Ф., Тажибаева Д.К.

Карагандинский государственный университет им. Е.А.Букетова (e-mail: 1191173@mail.ru)

Қазіргі кезде ақпараттың көлемі мен қиындық деңгейі арта береді, сондықтан оны ұғу процесі мен адамның интеллектуалдық даму процесі жаңа жолдар мен технологияларды жасау мен интенсификациялауды мәжбүр етеді. Дж. Максвелл ашқан макроскопиялық электродинамика теорияны түсіну үшін, материяның табиғатын кеңейту қажет. Сондықтан электродинамикада материяның басқа түрі енгізіледі — өрістік материя, демек, электромагниттік өріс. Инновациялық технологиялар мен электрондық ресурстар тез дамитын жағдайда тек дәстүрлі технологияларды қолдануға болмайды. Бұл жағдаймен сәйкес «Электрлік күші мен магнетизм» бөлімін өткенде, инновациялық технологиялар мен электрондық білім беру ресурстар қолдануда әдістерге тексеру жүргізілді. Бұл технологиялар мен ресурстар материалды оқу деңгейін физикалық процестер мен заңдарын визуализациялау арқылы арттыруға септігін тигізеді.

The range and level of information complexity continually increase at present time, and so its learning process and process of person intellectual development demand intensification and using of new methods and technologies. Before understanding the heart of macroscopic electrodynamics theory, the creator of which was J.Maxwell, it is necessary to widen and extend matter concept. Just one kind of matter — substance has in view in the classical variant. Another form of matter — field substance, i.e. electrodynamics field, is introduced exactly in electrodynamics. It is impossible to limit by only traditional technologies in conditions of fast developing innovation technologies and electronic resources. In conformity with it the approbation of methods on basis of innovation technologies and electronic educational resources using was carried out. This methods allow to raise learn activity, quality of material mastering by the visualization of physics processes and physics regularities.

Введение

Раздел «Электричество и магнетизм» — один из наиболее сложных разделов физики, где рассматриваются электрическое и магнитное поля и их характеристики, электромагнитная индукция, электромагнитные колебания и волны. Именно в электродинамике вводится другая форма материи — полевая, т.е. электромагнитное поле.

Если рассматривать логическую структуру раздела «Электричество и магнетизм», то в нем надо выделить формирование понятий электрического заряда и электромагнитного поля, изучение взаимодействия поля и вещества, электрических и магнитных свойств веществ; анализ экспериментального исследования и практического применения электромагнитных явлений.

Современный период развития общества характеризуется сильным влиянием на него компьютерных технологий, которые проникают во все сферы человеческой деятельности, обеспечивают распространение информационных потоков в обществе, образуя глобальное информационное пространство. Неотъемлемой и важной частью этих процессов является глобальная компьютеризация всех сфер жизни.

Применение инновационных технологий и электронных ресурсов вносит ряд преимуществ, среди которых: организация процесса познания на базе деятельностного подхода; индивидуализация процесса развития личности. В последнее время во многих учреждениях стали появляться новые универсальные информационные технологии, среди которых незаменимым помощником при проведении лекционных, семинарских, практических и лабораторных занятий по физике является интерактивная доска. Дидактические принципы использования интерактивной доски базируются на системе деятельности, основной целью которой является становление позиции субъекта личности. Интерактивная доска — средство, позволяющее реализовать поставленные задачи на базе деятельностного подхода в процессе развития личности. При работе с интерактивной доской должны быть выработаны такие дидактические принципы, как активность, динамичность, субъектность.

В процессе решения задач и выполнения физпрактикума по теме неизбежно использование и других технологий из группы личностно-ориентированных, таких как технология коллективной мыслительной деятельности, технология познания как исследования и т.д. [1].

Теоретический материал включает в себя магнитное поле и его характеристики (\vec{H} и \vec{B}), силу Ампера, силу Лоренца, контур с током в магнитном поле, магнетики, электромагнитную индукцию с выделением самоиндукции. Анализировать теоретический материал нецелесообразно, так как он вполне классический. Можно только отметить, что необходимо вводить две векторные характеристики магнитного поля — напряженность \vec{H} и вектор магнитной индукции \vec{B} , хотя есть тенденция даже в вузе из курса физики исключать напряженность магнитного поля.

1. Применение новых электронных ресурсов

Рассмотрим некоторые возможности применения новых электронных средств, рассчитанных на работу с интерактивными досками.

Можно ли сказать, что интерактивная доска — новое инновационное средство развития? Да, можно. В принципе возможности интерактивной доски интуитивно понятны. В них совмещены возможности обычной доски и видеопроектора, следовательно, на ее поверхности можно писать обычным образом и проектировать любое изображение, например, интерактивную модель, анимацию, видеофрагмент. Почему же тогда все так громко говорят о необыкновенных возможностях этих устройств? Интерактивность досок заключается в возможности вносить пометки и замечания в демонстрируемый материал, изменять последовательность кадров, сохранять кадры для последующей работы. Фактически интерактивная доска (далее — ИД) — это монитор с возможностью ввода данных в компьютер непосредственно с рабочей поверхности доски с дополнительной возможностью сохранения всех записей, сделанных в течение рабочего процесса.

На обычной доске возможны записи только мелом. На белой поверхности ИД возможны записи фломастерами-маркерами 3–4 цветов. Она может показывать изображения в цвете (видео, анимации и т.п.), можно писать поверх изображения и запоминать данный кадр.

ИД имеет возможность затемнять изображения и делать их видимыми в нужный момент. Это очень важный эффект, который называется «шторка» и входит в программное обеспечение ИД, (вспомните, как удобно на обычной доске написать заранее текст контрольной работы и открыть его только в нужный момент).

При объяснении можно на изображении схемы, чертежа делать любые поясняющие записи или использовать только чистый экран ИД и полностью процесс объяснения проводить с записями формул, графиков. К доске можно вызвать студентов, которые при ответе могут проводить самостоятельные записи формул, решения задач, чертить графики, схемы.

Традиционные технические средства делятся на звуковые (магнитофон, радиоприемник), экранные (кодоскоп, эпидоскоп, диапроектор) и экранно-звуковые (кинопроектор, телевизор, видеоманитофон). ИД соединяет в себе возможности всех данных технических устройств. Но возможности у нее больше: она соединяет функции компьютера с видеопроектором и тактильно-интерактивные функции пользователя. Именно поэтому ИД является новым интерактивным техническим средством [2].

Во время работы с интерактивными досками возможна дифференцированная деятельность, например, различные способы постановки задач: текстом, графиком, интерактивной моделью и т.п.

С помощью ИД намного проще создание ситуаций, стимулирующих:

- познавательную деятельность;
- самостоятельную формулировку познавательных задач;
- разработку метода решения познавательной задачи.

В таблице представлены способы формирования познавательного интереса с помощью ИД [3].

Компьютерные модели легко вписываются в любую форму рабочего процесса и позволяют организовать новые, нетрадиционные виды деятельности. Приведём в качестве примеров три вида такой деятельности.

1. Решение задач с последующей компьютерной проверкой

Предлагаются для самостоятельного решения на местах или в качестве домашнего задания индивидуальные задачи, правильность решения которых можно проверить, поставив компьютерные эксперименты. Самостоятельная проверка полученных результатов при помощи компьютерного эксперимента усиливает познавательный интерес, а также делает работу творческой, а зачастую приближает её по характеру к научному исследованию. В результате многие начинают придумывать свои задачи, решать их, а затем проверять правильность своих рассуждений, используя компьютерные модели. Более того, составленные таким образом задачи можно использовать в работе или предложить остальным для самостоятельной проработки в виде домашнего задания.

Способы формирования познавательного интереса

Способы познавательной деятельности	Реализация при работе с интерактивными досками
Актуальность и новизна содержания	Продуктивно используется в процессе постановки целей и задач, актуализации ранее пройденного материала
Раскрытие значимости значений	Используется для эффективного отбора информационного и контрольного материала
Наглядность	Существенно расширяется иллюстративная база
Занимательность	Способствует занимательности
Эмоциональность	Существенно повышается эмоциональность при специальном построении рабочего процесса
Сравнения и аналогии	Существенно расширяется иллюстративная база для изучения аналогий как одного из методов активного познания
Проведение дискуссий	Используется для существенных записей при проведении дискуссий, возможно, на фоне иллюстраций
Игровые технологии	Возможно применение игровых технологий при специальном построении рабочего процесса с помощью электронных ресурсов
Практические работы исследовательского характера	Возможность проведения работ исследовательского характера с помощью интерактивных моделей и компьютерных средств
Проблемное обучение	Возможно проблемное обучение с помощью электронных ресурсов

2. Самостоятельная работа с элементами исследования

Предлагается самостоятельно провести небольшое исследование, используя компьютерную модель, и получить необходимые результаты, тем более, что многие модели позволяют провести такое исследование буквально за считанные минуты. Конечно, на этапах планирования и проведения экспериментов нужно оказывать необходимую помощь.

3. Виртуальные лабораторные работы

Для проведения таких работ необходимо разработать соответствующие раздаточные материалы. Задания в бланках лабораторных работ следует расположить по мере возрастания их сложности. Вначале имеет смысл предложить простые задания ознакомительного характера и экспериментальные задачи, затем расчетные задачи и, наконец, задания творческого и исследовательского характера. При ответе на вопрос или при решении задачи каждый может поставить необходимый компьютерный эксперимент и проверить свои соображения. Расчетные задачи рекомендуется вначале решить традиционным способом на бумаге, а затем поставить компьютерный эксперимент для проверки правильности полученного ответа. Можно использовать готовые программы, полностью моделирующие процесс выполнения лабораторной работы.

Можно отметить, что задания творческого и исследовательского характера существенно повышают заинтересованность в предмете и являются дополнительным мотивирующим фактором. По этой причине виды деятельности последних двух типов приближаются к идеалу, так как знания приобретаются в процессе самостоятельной творческой работы, ибо они необходимы для получения конкретного, видимого на экране компьютера, результата. Преподаватель в этих случаях является лишь помощником в творческом процессе овладения знаниями [4].

Насыщенный материал, удобство и простота в использовании — это характерные признаки мультимедийных приложений и интерактивных наглядных пособий. Живой интерес вызывает компьютерное моделирование на интерактивной доске. Компьютерную модель можно рассматривать как аналог действующей экспериментальной установки, в которой можно изменять условия опыта, вмешиваясь в ход эксперимента. Динамические ситуации, развивающиеся на экране, часто показывают новую проблему, которую многим интересно решать самим. В созданной интерактивной среде студенты могут самостоятельно проводить исследования, моделировать различные события, выполнять практические задания.

ИД можно использовать на различных занятиях: лекционных, семинарских, практических, лабораторных.

При использовании ИД и специально разработанных для нее курсов открываются широкие возможности по совершенствованию структурирования занятия. В зависимости от уровня подготовки и материала можно подобрать из курса иллюстрации физических процессов и явлений, задачи, тесты, лабораторные работы. Можно организовать новые, нетрадиционные виды деятельности, например, решение экспериментальных задач с использованием анимационных экспериментов. Можно предложить сформулировать самостоятельно задачу и проверить ее компьютерным экспериментом.

Всё сказанное выше позволяет сделать вывод, что эффективность современного рабочего процесса определяется уровнем интерактивности [3, 4].

2. Программа «Открытая физика»

Приведем примеры из программы «Открытая физика», моделирующей различные эксперименты [5, 6].

Модель «Взаимодействие параллельных токов»

Компьютерная модель (рис. 1) является иллюстрацией эксперимента по магнитному взаимодействию параллельных токов. Этот эксперимент положен в основу определения ампера (А) — единицы силы тока в системе СИ. Можно изменять силы токов, текущих в параллельных проводниках, а также расстояние между ними. На дисплее высвечиваются значения индукции магнитного поля B (синий цвет) и сил Ампера F (красный цвет), действующих на единицу длины каждого из проводников.

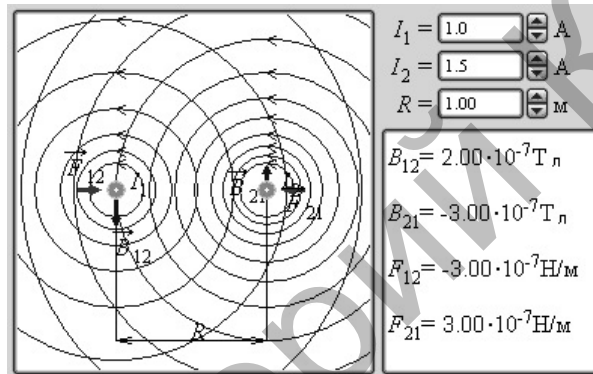


Рис. 1. Модель «Взаимодействие параллельных токов»

Модель «Магнитное поле кругового витка с током»

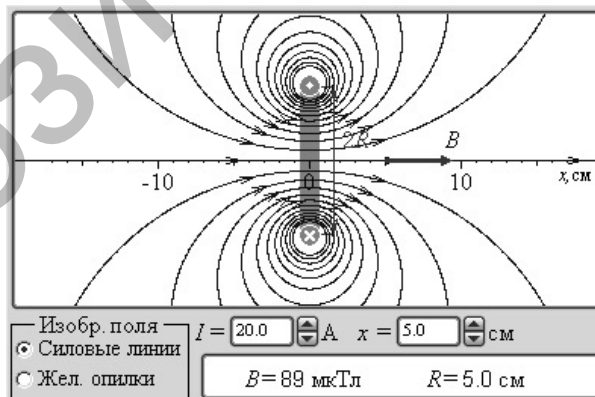


Рис. 2. Модель «Магнитное поле кругового витка с током»

Магнитное поле кругового тока имеет сложную структуру. Сравнительно просто оно рассчитывается с помощью закона Био-Савара только для точек, лежащих на оси витка. Компьютерная модель (рис. 2) иллюстрирует структуру магнитного поля кругового тока и позволяет количественно измерять магнитное поле на оси. Качественная структура может быть показана в демонстрационном эксперименте с железными опилками.

Модель «Масс-спектрометр»

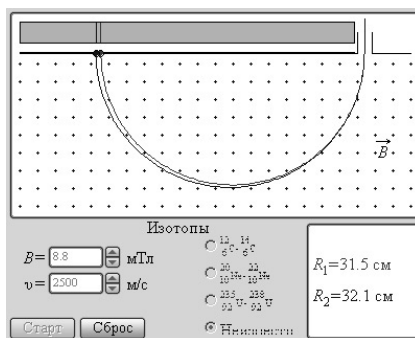


Рис. 3. Модель «Масс-спектрометр»

Масс-спектрометрами называют устройства, с помощью которых можно измерять массы заряженных частиц, например, ядер различных атомов. Масс-спектрометры используются для разделения изотопов, т.е. ядер атомов с одинаковым зарядом, но разными массовыми числами, например, ${}_{92}^{235}\text{U}$ и ${}_{92}^{238}\text{U}$.

В масс-спектрометрах заряженные частицы движутся в камере, в которой создан высокий вакуум, в однородном магнитном поле. Частицы влетают в камеру, предварительно пролетев через селектор скоростей. Траектории частиц представляют собой дуги окружностей радиусов:

$$R = \frac{mv}{qB}. \tag{1}$$

Компьютерная модель (рис. 3) позволяет изменять индукцию магнитного поля B и скорость частиц v . Опыт по разделению изотопов может быть выполнен для изотопов углерода, неона и урана, а также для изотопов неизвестного вещества.

Модель «Селектор скоростей»

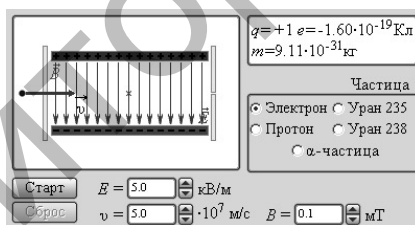


Рис. 4. Модель «Селектор скоростей»

В целом ряде устройств, например, в масс-спектрометрах, необходимо выполнить предварительную селекцию заряженных частиц по скоростям. Этой цели служат так называемые селекторы скоростей.

В простейшем селекторе скоростей заряженные частицы движутся в скрещенных однородных электрическом и магнитном полях. Электрическое поле создается между пластинами плоского конденсатора, магнитное — в зазоре электромагнита. Начальная скорость \vec{v} заряженных частиц направлена перпендикулярно векторам \vec{E} и \vec{B} .

На заряженную частицу действуют две силы: электрическая сила qE и магнитная сила Лоренца qvB . При определенных условиях эти силы могут точно уравновешивать друг друга. В этом случае заряженная частица будет двигаться равномерно и прямолинейно. Пролетев через конденсатор, частица пройдет через небольшое отверстие в экране.

Условие прямолинейной траектории частицы не зависит от заряда и массы частицы, а только от ее скорости:

$$qE = qvB, v = E/B. \tag{2}$$

В компьютерной модели (рис. 4) можно изменять значения напряженности электрического поля E индукции магнитного поля B и начальную скорость частиц v . Опыт по селекции скоростей можно

выполнять для электрона, протона, α -частицы и полностью ионизированных атомов урана-235 и урана-238.

3. Виртуальный фонд естественнонаучных и научно-технических эффектов «Эффективная физика»

Эта программа представляет собой описание различных эффектов из указанного раздела общей физики [6]. Щелчок мыши по названию открывает информационное окно, включающее следующие элементы:

- 1) полное и краткое название физического явления;
- 2) красочную цветную анимацию, иллюстрирующую явление;
- 3) теоретическое описание;
- 4) разное (различные характеристики, параметры, техническое применение);
- 5) рекомендуемая литература.

Приведем примеры.

Магнитоупорядоченное состояние ферромагнетиков (ферромагнетизм)

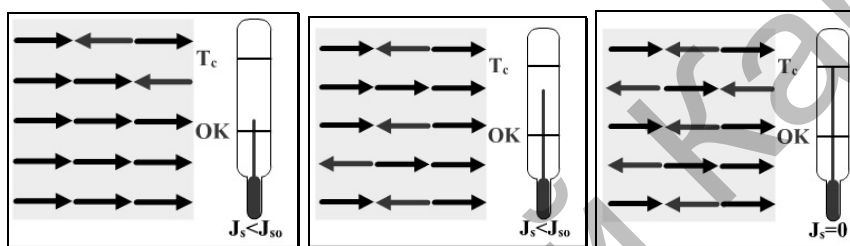


Рис. 5. Анимация, иллюстрирующая магнитоупорядоченное состояние ферромагнетиков

Описание

Ферромагнетизм — магнитоупорядоченное состояние вещества, в котором большинство атомных магнитных моментов параллельны друг другу, так что вещество обладает самопроизвольной (спонтанной) намагниченностью.

В более широком смысле ферромагнетизмом называется совокупность физических свойств вещества в указанном выше состоянии.

Вещества, в которых возникает ферромагнитное упорядочение магнитных моментов, называются ферромагнетиками. К их числу относятся кристаллы переходных металлов (железо, кобальт, никель), некоторых редкоземельных элементов и ряда сплавов, ферриты, а также некоторые металлические стекла (рис. 5).

Для ферромагнитных кристаллов характерно наличие внутренних незаполненных электронных слоев. Например, для железа, никеля и кобальта незаполненным является $3d$ -подслой, для гадолиния — подслой $4f$.

Появление в ферромагнетиках атомного магнитного порядка обусловлено обменным взаимодействием, стремящимся установить спины соседних атомов или ионов параллельно друг другу.

Обменное взаимодействие характеризуется так называемым интегралом обмена, который сильно зависит от расстояния между атомами в кристаллической решетке.

При положительном значении интеграла обмена взаимодействие приводит к параллельной ориентации спинов, которая устанавливается при температурах ниже температуры Кюри в отсутствие внешнего магнитного поля. Выше температуры Кюри ферромагнитные свойства ферромагнетика исчезают, вещество становится парамагнетиком.

В отсутствие внешнего магнитного поля ферромагнитный образец разбит в магнитном отношении на домены — области однородной спонтанной намагниченности. В пределах каждого домена ферромагнетик намагничен до насыщения и обладает определенным магнитным моментом. Направления этих моментов для разных доменов различны, так что в отсутствие внешнего поля суммарный момент всего тела равен нулю (см. рис. 6).

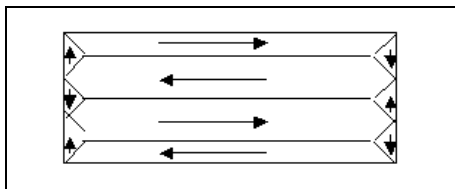


Рис. 6. Схематическое изображение доменной структуры

Для ферромагнетиков во внешнем магнитном поле характерны: нелинейность кривой намагничивания и магнитный гистерезис при перемагничивании; сильная зависимость магнитной восприимчивости от направления магнитного поля.

При намагничивании ферромагнетиков изменяются их размеры и форма (магнитострикция). В ферромагнитных кристаллах наблюдается магнитная анизотропия, т.е. различие магнитных свойств по разным кристаллографическим направлениям.

Магнитные и другие физические свойства ферромагнетиков обладают ярко выраженной зависимостью от температуры, особенно вблизи температуры Кюри (см. рис. 7).

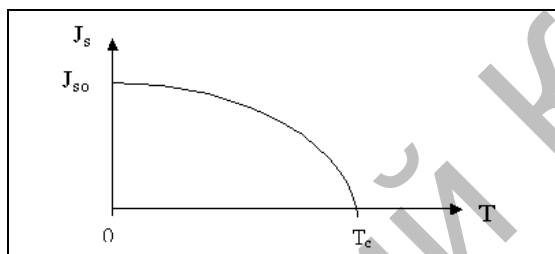


Рис. 7. График зависимости спонтанной намагниченности от температуры

Намагничивание ферромагнетиков при их вращении в отсутствие магнитного поля (эффект Барнетта)

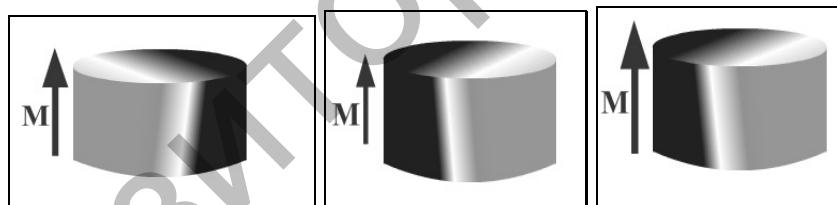


Рис. 8. Анимация, иллюстрирующая эффект Барнетта

Описание

Эффект Барнетта заключается в намагничивании тел путем их вращения при отсутствии внешнего магнитного поля. Эффект реализуется в ферромагнетиках (рис. 8).

Во вращающемся с постоянной угловой скоростью вокруг неизменной оси z образце (рис. 9) элементарные магнетики его материала представляют собой своеобразные гироскопы, обладающие механическим моментом количества движения и магнитным моментом.

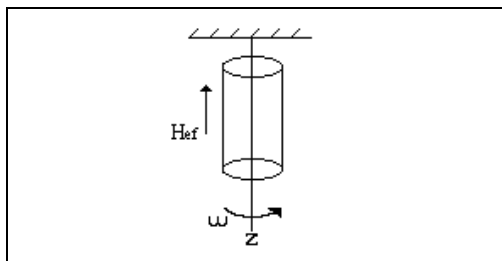


Рис. 9. Геометрия наблюдения эффекта Барнетта (вращающийся цилиндр сделан из ферромагнетика)

Техническая реализация эффекта

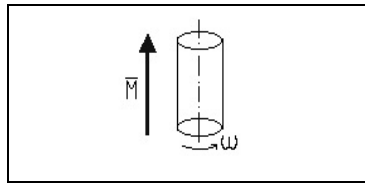


Рис. 10. Намагничивание вращающегося стержня

Возникающее магнитное поле, порождаемое намагниченностью, измеряется стандартным магнетометром.

Применение эффекта

Физический эффект применяется для исследования природы и строения ферромагнитных веществ. Он позволил установить, что в некоторых ферромагнитных металлах (Fe, Co, Ni, Cd) элементарными магнетиками являются спиновые магнитные моменты электронов, тогда как в других ферромагнитных телах и парамагнетиках — спиновые и орбитальные магнитные моменты электронов (рис. 10, 11).

Униполярная электромагнитная индукция

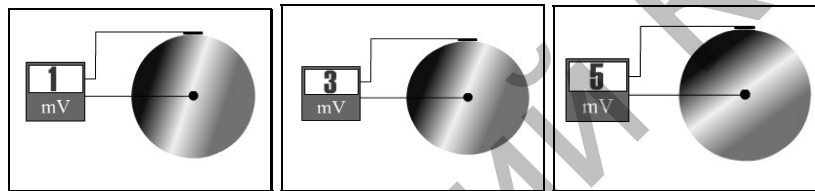


Рис. 11. Анимация, иллюстрирующая униполярную магнитную индукцию

Описание

Явление униполярной индукции является частным случаем электромагнитной индукции и возникает при вращении проводящих тел, обладающих собственной намагниченностью либо помещенных во внешнее магнитное поле. Традиционная схема опыта, иллюстрирующего униполярную индукцию, приведена на рисунке 12.

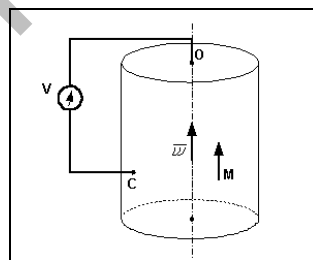


Рис. 12. Геометрия наблюдения униполярной индукции

Техническая реализация эффекта

Схема технической реализации представлена на рисунке 13.

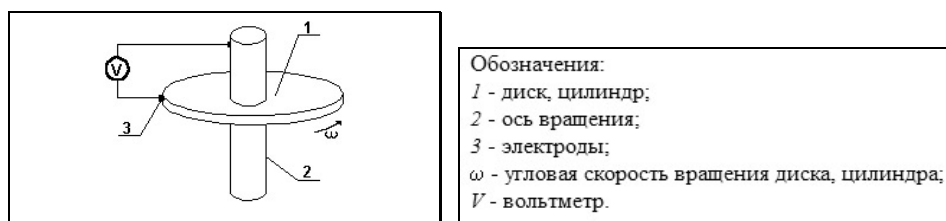


Рис. 13. Вращение намагниченного ферромагнетика (диска, цилиндра)

Намагниченный диск вращается. Чем больше частота вращения, тем большее напряжение показывает вольтметр.

Применение эффекта

Униполярная индукция, являясь частным случаем электромагнитной индукции, проявляется в любых произвольно движущихся намагниченных телах (твердых, жидких, газообразных); это обеспечивает ее широкое использование в электротехнических системах, например, МГД-генераторах, счетчиках электроэнергии и т.п.

4. Виртуальная лабораторная работа

Многие эксперименты, сыгравшие значительную роль в развитии физики и поэтому важные для формирования у учащихся адекватных представлений о Мире, невозможно поставить в учебной физической лаборатории. Причины могут быть различные:

- длительность эксперимента;
- параметры установки (высокие давления, низкие температуры и пр.);
- стоимость и габариты оборудования.

Подобраны следующие виртуальные лабораторные работы — «Изучение намагниченности парамагнетиков» и «Изучение фазового перехода в ферромагнетиках». Первая подробно представлена в дипломной работе А.Х.Нурсултановой [7; 47–50]. Рассмотрим работу «Изучение фазового перехода в ферромагнетиках» [8].

Цель работы — изучение фазового перехода второго рода ферромагнетик-парамагнетик, определение зависимости спонтанной намагниченности от температуры и проверка закона Кюри-Вейсса.

В природе существуют различные скачкообразные изменения состояния вещества, называемые фазовыми превращениями. К числу таких превращений относятся плавление и отвердевание, испарение и конденсация, переход металлов в сверхпроводящее состояние и обратный переход и так далее.

Одним из фазовых переходов является превращение из ферромагнитного в парамагнитное состояние у некоторых веществ, таких как металлы группы железа, некоторые лантаноиды и другие.

Переход ферромагнетик-парамагнетик широко исследуется в настоящее время не только из-за его важности в материаловедении, но и ввиду того, что для его изучения можно применить весьма простую модель (модель Изинга), а следовательно, этот переход можно наиболее детально изучить математически, что важно для создания пока еще отсутствующей общей теории фазовых переходов.

Теория включает в себя классификацию магнетиков, модель Изинга (предполагает, что атомы располагаются неподвижно, не совершая колебаний, в узлах идеальной кристаллической решетки, и не учитывается тепловое расширение тел), энтропию (полное число микросостояний, соответствующих макросостоянию с данной намагниченностью), приближение Брэгга-Вильямса (не учитывается корреляция в расположении моментов), энергию.

В этой работе рассматривается переход ферромагнетик-парамагнетик в двумерной кристаллической решетке, исследуется зависимость спонтанной намагниченности от температуры, проверяется закон Кюри-Вейсса.

Фрагмент из работы представлен на рисунке 14.

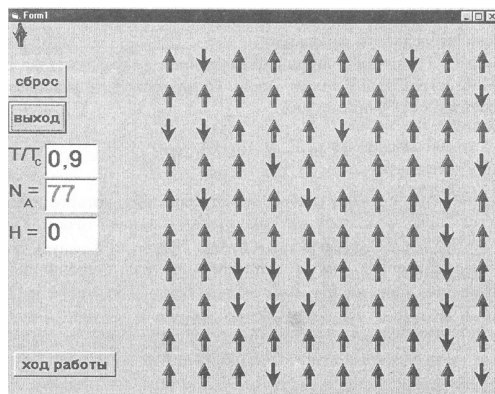


Рис. 14. Фрагмент из виртуальной лабораторной работы «Изучение фазового перехода в ферромагнетиках»

Ферромагнетик моделируется фрагментом простой квадратной решетки из 100 узлов, на которой размещаются магнитные моменты «вверх» и «вниз», изображаемые соответственно направленными стрелками. Задаются температура магнетика в приведенных единицах $x = T/T_c$ и напряженность внешнего магнитного поля.

Необходимо выполнить два упражнения. В первом из них определяется зависимость намагниченности от температуры при отсутствии внешнего магнитного поля; во втором исследуется намагничивание магнетика внешним полем при температуре выше точки Кюри и проверяется закон Кюри-Вейсса.

Заключение

В процессе работы нами был освоен и проанализирован теоретический материал по магнитным явлениям в вузовском курсе, включая нетрадиционные разделы; рассмотрены существующие инновационные технологии и электронные образовательные ресурсы применительно к теме. Использовалась как традиционная технология полного усвоения, так и инновационные технологии: интерактивные технологии, включающие презентации, анимации, видеоролики, виртуальные лабораторные работы, технологии вузовского обучения и технологии смешанной уровневой дифференциации.

При анализе литературы применительно к выбранной теме была, в частности, тщательно изучена и проанализирована дипломная работа А.Х.Нурсултановой [7]. Предлагаемый материал был доложен на XXXIII университетской конференции, обсужден на научно-методическом семинаре кафедры общей и теоретической физики, а его презентация вошла как составная часть в презентацию лекций по разделу «Электричество и магнетизм» в курсе «Физика-1».

References

1. *Krivosheev A.O.* Working and using of computer teaching programs // Informational technologies magazine. — M., 1996. — № 2 — P. 14—17.
2. *Hozyainov G.I.* Jubilee collected articles of scientists devoted to Academy eightieth anniversary. — M.: «RGAFK» publ. — 1998 — Vol. 5. — 567 p.
3. *Chernilevskii D.V.* Didactic technologies higher institutes of learning: Educational book for universities. — M.: UNITY-DANA, 2002. — 437 p.
4. *Shveikin V.F., Krasnyukova V.Y.* Using of interactive technologies in pedagogical processes. — M.: Science, 2006. — 128 p.
5. Physics e-book. <http://ultra.lan>.
6. Virtual fund of natural and technical scientific effects «Effective physics». <http://effects.ru>.
7. *Ilyina L.F., Nursultanova A.H.* Teaching technique of electromagnetism principles in secondary school with using of interactive technologies: Diploma work. — Karaganda, Karaganda State University named after E.A.Buketov, 2009.
8. *Tolstik A.M.* Virtual laboratory of general physics. — Tomsk: TGU publ., 2004.