

В. Р. Соболев, В. В. Дорофейчик, А. А. Худолева

V. Sobol, V. Dorofeychik, A. Khudoleeva

*УО «Белорусский государственный педагогический университет
имени Максима Танка» (Минск, Беларусь)*

ЗАКОН ФАРАДЕЯ И НАСУЩНОСТЬ ЕГО ОБОБЩЕНИЯ ПРИ ПРЕДСТАВЛЕНИИ УЧАЩИМСЯ ЯВЛЕНИЙ ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМА

FARADAY'S LAW AND THE URGENCY OF ITS GENERALIZATION IN PRESENTING THE PHENOMENA OF ELECTROMAGNETISM

Рассматриваются методологические аспекты изложения физики по разделу общей электродинамики за курс учреждений общего среднего образования. По ходу анализа содержания материала по учебникам физики за 10 и 11 класс обосновывается целесообразность привлечения расширенной интерпретации соотношений Максвелла с конкретизацией в рамках системы единиц СИ векторов электрического и магнитного поля.

The methodological aspects of the presentation of physics in the section of general electrodynamics for the course of institutions of general secondary education are considered. In the course of analyzing the content of the material in physics textbooks for grades 10 and 11, the feasibility of using an expanded interpretation of Maxwell's relations with specification within the framework of the SI units of electric and magnetic field vectors is substantiated.

Ключевые слова: вектор напряженности; вектор индукции; электрическое поле; магнитное поле; интенсивность волны; вектор Пойтинга; магнитный поток; поток индукции электрического поля.

Keywords: electric field; magnetic field; tension vector; induction vector; wave intensity; Poynting vector; magnetic flux; electric field induction flux.

Вводные замечания. Обоснование проблематики. Развитие знания в области фундаментальной физики неизменно приводит к усовершенствованию учебных планов и программ за курс учреждений общего среднего образования. Соответственно, в учебниках и более раннего выпуска и современного цикла, например [1–4], наличествуют разделы, посвященные релятивистской механике Эйнштейна, ее обоснованию на основе интерференционных экспериментов Майкельсона. Рассматривается лоренцевское сокращение длины, релятивистские основы процессов деления-синтеза, ранее обозначаемые через дефект массы, основы корпускулярно-волнового дуализма, другие аспекты физики, выявляющие актуальность и значимость этой области знания для человечества в последние десятилетия.

Попутно следует отметить, что применяемая при изложении физики система единиц СИ (Система интернациональная) весьма привлекательна к усвоению с точки зрения удобства ее размерности. Подразумевается широта и доступность к осмыслению используемых в ней единиц, как для обыденной жизни, так и в изложении фундаментальных аспектов физического знания. Особенно понятны термины из области электричества: например “ампер”, “вольт”, “фарада”, “генри”, “ом”, “ватт”, “джоуль” и производные от них. При этом термины из механики, например “ньютон”, вполне понятны и более убедительны в сравнении с устаревшим “килограмм-сила”. Тем не менее наличие высказанных фактов относительно физических величин не позволяет излагать основы физики за курс средней школы надлежащим, отвечающим сегодняшнему времени, образом ввиду то ли недоста-

точной внимательности, то ли низкой ответственности составителей учебных планов, программ, учебников.

В сообщении обсуждаются аспекты недолжной корректности изложения физики в школьных учебниках по разделам электричества и магнетизма, электромагнитных, световых явлений. В целом рассматривается концептуальное противоречие исходных посылок построения методологии – привлечения только закона Фарадея для интерпретации пере численного спектра вопросов, что приводит к не совсем грамотному обоснованию целого раздела физики по электричеству в широком смысле слова.

Сущность проблемы и мер, требуемых для улучшения изложения физики за курс учреждений общего среднего образования. Удивляет, что в настоящее время при достаточно множественном и подробном описании явлений электромагнетизма в широком смысле слова авторы целого ряда учебников в основу рассмотрения электромагнитного поля, которое может быть и постоянным во времени, и переменным (квазистатическим), в том числе, оптического диапазона частот, используют только закон электромагнитной индукции Фарадея. Представляется, что для настоящего уровня развития человеческого знания и в области фундаментальной физики, и физики как учебной дисциплины такого подхода совершенно недостаточно. Ведь, как уже упоминалось, используемая в школьных программах система единиц СИ, в рамках которой правило размерностей может так благоприятно способствовать систематизации знания, совершенно не участвует в образовательном процессе. В данном случае интенсивность электромагнитной волны, как плотность потока энергии за единицу времени через единичную площадку вдоль нормали к ней, равна по численности половине амплитудного значения вектора Пойтинга. Сам вектор Пойтинга, как векторное произведение напряженности электрического поля волны (размерность В/м) на напряженность магнитного поля (размерность А/м) – дает корректное Вт/м².

Однако в учебниках поперечная электромагнитная волна представлена как совокупность поперечных векторов E (напряженность электрического поля В/м, что, несомненно, правильно) и B (индукция магнитного поля, что некорректно). Игнорируется, что в системе единиц СИ напряженность и индукция магнитного поля и по сущности, и по размерности есть не одно и то же. По сути напряженность это А/м, а индукция это Тесла, то есть это А/м, умноженный на Гн/м. Очевидно, что, перемножив А/м с Тл, размерности для плотности потока энергии в виде Вт/м² никак не получить.

Апологеты применяемого подхода могут утверждать, что это сложилось исторически, что таковы традиции, что таким образом излагают физику и в школах России. Российская школа образования, конечно, авторитетна по общим достижениям, но ведь и наша страна, является заслуженной правопреемницей фундаментального знания. В том числе и великих предков, включая естествоиспытателей на примере Казимира Семеновича в Средние века, равно как и в более поздние периоды, например, нашего земляка, нобелевского лауреата Ж. Алферова. Здесь вполне уместно говорить о суверенности, что означает право и достоинство двигаться собственным путем, не воспроизводя ошибки и подходы в дидактике от соседей. Умные коллеги-соседи, безусловно, согласятся, но будут и такие, которые, к примеру, как и наши некоторые дидакты, в ряде учебников норовят представить электроны проводимости в металле в приближении классической статистики.

В развитие высказанного можно констатировать, что привлекать один только закон Фарадея для описания большого класса рассматриваемых явлений – электродинамики не вполне подходяще к нынешнему времени. Электричество в широком смысле слова ничуть не менее значимо, чем оптика, поскольку оптические явления тем более объясняются с позиций переменного электромагнитного поля. Школьной детворе вполне разумно сразу начинать доводить с помощью системы СИ положения, что “электричество”, в том числе и то, которое окружает нас в быту, представлено двумя полями, каждое из которых описывается двумя векторами – напряженностью и индукцией (рисунок 1).

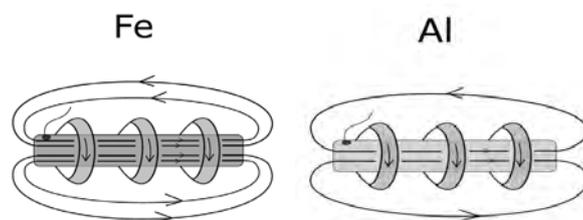


Рисунок 1 – Отображение материального соотношения связи между напряженностью и индукцией магнитного поля на примере электромагнита, сердечника трансформатора

Электрические напряженность и индукция связаны материальным соотношением через электрическую постоянную и диэлектрическую проницаемость (применяется в конденсаторе). Два магнитных вектора связаны через магнитную постоянную и магнитную проницаемость среды (используется в сердечнике трансформатора) (рисунок 1). Отсюда первое соприкосновение с системой Максвелла при расчете параметров электрического поля через поток его индукции. Для геометрии высокой симметрии легко показывается напряженность электрического поля от сферического заряда, с расшифровкой магического коэффициента, обоснование поля среди обкладок конденсаторе и т. д.

Соотношение связи напряженности и индукции магнитного поля позволяет раскрыть суть магнетизма вообще, включая диа-, пара-, ферро-, ферри- и иные типы магнитного упорядочения, виды и требования к магнетикам для трансформаторов, дросселей, постоянных магнитов и т. д. Сам процесс генерирования электродвижущей силы, лежащий в основе действия трансформатора, будет более доступным для усвоения при рассмотрении действия сердечника и обмотки. Легко показать, почему один и тот же переменный ток через обмотку создает ЭДС большей силы именно для сердечника на основе железа, у которого магнитная проницаемость больше, чем у меди, алюминия, графита, свинца, олова и т. д.

По существу, введение в рассмотрение основ электромагнетизма наряду с законом индукции Фарадея некоего аналога, созвучного с электродвижущей силой, вполне целесообразно. На основе начальных понятия о законе полного тока можно оперировать термином некой “магнитодвижущей” силы, определяемой быстротой изменения потока вектора электрической индукции в совокупности с величиной тока свободных, связанных зарядов.

Закключение. Учебники за курс физики для учреждений общего среднего образования, которые по характеру рассматриваемого материала по разделам волновой, квантовой оптики, релятивистской механики обновляются и совершенствуются, вполне заслуживают расширения понятий по разделу “электричество” в широком смысле слова. Опыт проведения занятий, общение, дискуссии со школьниками убеждают, что привлечение только одного из уравнений Максвелла при интерпретации явлений электричества и магнетизма в настоящее время неприемлемо. Это касается как обычного выпускника, так и, тем более, будущего студента, поскольку ему приходится “переучиваться”, встречаясь с более совершенными представлениями, в сравнении с уже усвоенными.

Список использованных источников

1. Жилко В.В. Физика : учебное пособие для 11 класса учреждений общего среднего образования с русским языком обучения / В.В.Жилко, Л.Г.Маркович, А.А.Сокольский. – Минск : Народная асвета. – 2021. – 288 с.
2. Мякишев Г.Я. Физика: учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б.Буховцев. – 6-е изд. – М. : Просвещение, 1998. – 222 с.
3. Жилко В.В. Физика : учеб. пособие для 11-го кл. учреждений общ. сред. образования с руск. яз. обучения. / В.В.Жилко, Л.Г.Маркович. – 2-е изд., пересмотр. и доп. – Минск : Народная асвета, 2014. – 287 с.
4. Жилко В.В. Физика : учеб. пособие для 11-го кл. общеобразоват. шк. с рус. яз. обучения / В.В. Жилко, А.В. Лавриненко, Л.Г. Маркович. – Мн.: Нар. асвета, 2002. – 382 с.