

Учебно-познавательная компетентность - это и умение, и желание, и опыт самостоятельного приобретения новых знаний, выработки и реализации тех или иных идей, освоения новых направлений деятельности. Это готовность выходить за пределы заданного и включаться в не самой стимулированную внешне интеллектуальную деятельность. Переориентация образования на развитие способов самостоятельного приобретения знаний обуславливает постановку проблемы учебно-познавательных компетенций, обеспечивающих способность молодого человека самостоятельно решать учебно-познавательные проблемы, которые могут возникнуть в ее повседневной и будущей профессиональной деятельности. Очевидные предпочтения введение в курс общей физики нестандартных задач (задач) по физике, а именно поисковых, эвристических задач, исследовательских методов познания активизирует познавательную деятельность студента, развивает творческий подход решения задач направленных на развитие физических способностей и физической интуиции студентов, а следовательно формирует и развивает учебно-познавательную компетентность.

**Ключевые слова:** компетентность, учебно-познавательная компетентность, нестандартная задача по физике, эвристические методы, познания, профессиональная деятельность, развитие и формирование компетентности.

### ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

**Гур'євська Олександра Миколаївна** – кандидат педагогічних наук, доцент, доцент кафедри вищої математики та фізики Центральноукраїнського національного технічного університету.

*Коло наукових інтересів:* методика викладання фізики у вищих навчальних технічних закладах.

**Подопригора Наталя Володимирівна** – доктор педагогічних наук, доцент, доцент кафедри методики викладання фізики КДПУ ім. В.Винниченка.

*Коло наукових інтересів:* теорія та методика навчання теоретичної фізики в процесі підготовки майбутніх учителів і викладачів фізики

УДК 53(078)

**Т.П. Желонкина, С.А. Лукашевич, Е.Б. Шершнев**

*Гомельський державний університет імені Франціска Скорины*

### НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИЗЛОЖЕНИЯ ТЕМЫ

### «ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ»

У статті розглядаються питання, пов'язані з викладом основного закону електродинаміки – закону електромагнітної індукції, який входить в систему рівнянь для електромагнітного поля у вакуумі, встановленими Максвеллом.

**Ключові слова:** магнітна індукція, індукційний струм, електромагнітне поле, сила Лоренца.

**Постановка проблеми.** При изучении темы «Электромагнитная индукция обращаем внимание на то, что, электродвижущая сила индукции независимо от причин, вызывающих ее появление, может быть рассчитана по формуле

$$\mathcal{E}_{инд} = - \frac{d\Phi}{dt} \quad (1)$$

В тех случаях, когда рассматривается контур, находящийся в магнитном поле, следует найти магнитный поток, пронизывающий контур, как функцию времени, а производная полученного выражения даст  $\mathcal{E}_{инд}$ .

Кроме того Э.Д.С. индукции можно рассчитать и по второй формуле

$$\mathcal{E}_{инд} = [\vec{v}\vec{B}] \quad (2)$$

Формула (2) дает величину Э.Д.С. индукции на отрезке длины  $l$ , движущемся поступательно в стационарном и однородном магнитном поле, для того частного случая,

когда направления векторов  $\vec{v}$ ,  $\vec{B}$  и  $\vec{l}$  взаимно перпендикулярны.

Целью статьи является изучение закона электромагнитной индукции и его связь с уравнениями Максвелла.

**Изложение основного материала.** Анализируя последние по времени учебные пособия [1, 2] при объяснении явления электромагнитной индукции авторы полностью отказались от представления о пересечении проводником силовых линий. И это надо признать вполне оправданным, т.к. несмотря на наглядность, силовые линии не являются каким-то материальным объектом. Очень четко проводится различие между причиной Э.Д.С. индукции в движущихся телах при постоянном во времени поле и Э.Д.С. индукции в переменном поле.

Однако, вопрос о сторонних силах в явлении электромагнитной индукции изложен на наш взгляд, недостаточно четко. В учебных пособиях, где рассматривается возбуждение электромагнитной индукции в П-образной рамке, замкнутой движущимся стерженьком, утверждается, что на заряды в стерженьке действует сила Лоренца

$$\vec{F}_e^0 = \dot{a}[\vec{U}\vec{B}] \tag{3}$$

где  $\vec{U}$  - скорость стерженька.

В данном случае это не вполне точно и создает ряд трудностей. Действительно, на заряд, движущейся со скоростью  $\vec{U}$ , действует сила Лоренца  $\vec{F}_e = \dot{a}[\vec{U}\vec{B}]$ . Так как  $\vec{v} = \vec{U} + \vec{V}'$ , где  $\vec{V}'$  - скорость зарядов относительно стерженька, то  $\vec{F}_e^0$  является лишь одной из компонент. Как видим, она равна силе Лоренца и внешней силе, уравнивающей силу Ампера. Найдем работу этой силы в единицу времени:

$$\vec{F}^{e0} \cdot \vec{V} = \vec{F}_e \cdot \vec{V} - e[\vec{V}'\vec{B}] \cdot \vec{V} = -e[\vec{V}'\vec{B}] \cdot \vec{E},$$

Таким образом, работа силы  $\vec{F}^{e0} = \vec{F}_e^0$  точно равна работе внешней силы  $-e[\vec{V}'\vec{B}]$  на пути перемещения проводника.

Приведенный способ изложения не только устраняет неточности и противоречия, но и сразу указывает на источник энергии, который поддерживает индукционный ток. При этом становится излишним специальное доказательство того, что закон электромагнитной индукции не противоречит закону сохранения энергии.

Второй вопрос, на который следует обратить внимание, это способ записи уравнения Максвелла, выражающего закон электромагнитной индукции. В [2, 3] и некоторых других пособиях, закон электромагнитной индукции записывается в виде:

$$\oint_e \vec{E} \cdot d\vec{l} = -\frac{1}{dt} \int_s \vec{B} \cdot d\vec{S} \tag{4}$$

Поскольку эта запись получена из выражения

$$\varepsilon_{eia} = -\frac{d\hat{O}}{dt} \tag{5}$$

где употребление полной производной вполне оправдано, то и в (5) появляется полная производная. Однако в законе электромагнитной индукции изменение потока охватывает все случаи, включая и движение контура  $L$  в постоянном магнитном поле, когда  $\varepsilon_{ia}$  обусловлена силой  $e[\vec{U}\vec{B}]$  и никакого электрического поля в лабораторной системе отсчета (л.с.о.) нет. Следовательно, если обозначение полной производной в (5) понимать так, что

контур  $L$  может двигаться и даже при этом деформироваться, а  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$  вычислять силы Лоренца  $\vec{F}_e$  ( $\vec{F}_e = \vec{F}_e^0$  лишь при условии, что  $\vec{V}' = 0$ ). Но, как известно сила Лоренца не совершает работы  $-\vec{F}_e \cdot \vec{V} = 0$ , в то время, как  $\vec{F}_e^0 \cdot \vec{V} = \vec{F}_e^0 \cdot \vec{V} \neq 0$  при  $\vec{V} \neq 0$ .

Если по рамке идет индукционный ток, а  $\vec{V}'$  - относительная скорость направленного движения зарядов стерженька, то  $\vec{F}_e^0$  можно рассматривать, как стороннюю силу, но не как силу Лоренца, поскольку работа последней всегда равна нулю.

Возникает вопрос, почему в качестве сторонней силы мы должны брать лишь одну компоненту силы Лоренца.

Пусть стерженек движется равномерно, а индукционный ток поддерживается постоянным (с помощью реостата). Тогда заряды движутся с постоянной скоростью и силы, действующие на них, должны уравниваться. Одна из компонент силы Лоренца  $e[\vec{V}'\vec{B}]$  после суммирования по всем зарядам дает силу Ампера, для уравнивания которой к заряду должна быть приложена внешняя сила  $-e[\vec{V}'\vec{B}]$ . Таким образом, для системы – движущийся стерженек вместе со свободными зарядами – внешними силами являются  $\vec{F}_e$  и  $-e[\vec{V}' \cdot \hat{a}]$ , а их сумма совершает работу над системой и играет роль сторонней силы. Отсюда видим, что сторонняя сила  $\vec{F}^{nd} = \vec{F}_e - \hat{a}[\vec{V}'\vec{B}] = e[\vec{V}\vec{B}] - e[\vec{V}'\vec{B}] = e[\vec{U}\vec{B}]$ , как раз равна той величине, которую принимают обычно за силу Лоренца. В л.с.о. такая запись будет неверной. Впрочем, в учебных пособиях из дальнейшего текста выясняется, что речь идет о случае неподвижного контура  $L$ . Однако, запись уравнения Максвелла через  $\frac{d}{dt}$  перекочевала и в некоторые учебники электродинамики [4]. Следует во избежание недоразумений всегда уравнения Максвелла записывать через частные произведения.

**Выводы.** Используя закон электромагнитной индукции мы можем определить направление индукционного тока и знак э.д.с. в движущихся проводниках при помощи закона Ленца.

Если у нас имеется в магнитном поле замкнутый проволочный контур, пронизываемый потоком магнитной индукции  $\Phi$ , и поток этот уменьшается до нуля, то мы можем вычислить величину заряда, прошедшего по цепи. На явлении электромагнитной индукции основан простой удобный способ измерения магнитной индукции.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Матвеев, А.И. Курс физики: учебное пособие. В 5 т. Т. 3 Электричество и магнетизм / А.И. Матвеев. – М.: Высшая школа, 1989. 463 с.
2. Сивухин, Д.В. Общий курс физики: в 4 т. Т. 3. Электричество / Д.В. Сивухин. – 2 изд. – М.: Наука, 1983. – 688 с.
3. Калашников, С.Г. Электричество / С.Г. Калашников. – 6 изд. – М.: Наука, 2003. – 624 с.
4. Новожилов, Ю.В., Яппа, Ю.А. Электродинамика / Ю.В. Новожилов, Ю.А. Яппа. – М.: Наука, 1978. – 465 с.

S.A. Lukashevich, T.P. Zhelonkina, E.B. Shershnev  
Gomel State University

### SOME ISSUES OF THE PRESENTATION OF THE TOPIC ELECTROMAGNETIC INDUCTION

*The article considers the issues related to the presentation of the basic law of electrodynamics – electromagnetic induction law, which is included in the system of equations for the electromagnetic field in*

*the vacuum, established by Maxwell.*

**Keywords:** *magnetic induction, induced current, electromagnetic field, Lorentz force.*

**С.А. Лукашевич, Т.П. Желонкина, Е.Б.Шершнев**

*Гомельский государственный университет имени Франциска Скорины*

### **НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ИЗЛОЖЕНИЯ ТЕМЫ «ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ИНДУКЦИЯ»**

*В статье рассматриваются вопросы, связанные с изложением основного закона электродинамики – закона электромагнитной индукции, который входит в систему уравнений для электромагнитного поля в вакууме, установленными Максвеллом.*

**Ключевые слова:** *магнитная индукция, индукционный ток, электромагнитное поле, сила Лоренца.*

#### **СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ**

**Лукашевич Светлана Анатольевна** – старший преподаватель кафедры теоретической физики УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины».

**Желонкина Тамара Петровна** – старший преподаватель кафедры общей физики УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины».

**Шершнев Евгений Борисович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой общей физики УО «Гомельский государственный университет им. Ф.Скорины».

*Научные интересы:* проблемы методики обучения физике.

УДК 372.853

**М.Є. Каліберда, М.О. Баранник, І.П. Стороженко**

*Національний фармацевтичний університет*

### **ПОСТАНОВКА ВІРТУАЛЬНОЇ ЛАБОРАТОРНОЇ РОБОТИ З ФІЗИКИ «ВИЗНАЧЕННЯ ПРИРОДИ ТА ПАРАМЕТРІВ ГАЗУ МЕТОДОМ СТОЯЧИХ ХВИЛЬ»**

*Стаття присвячена розробці та опису віртуальної лабораторної роботи з курсів «Механічні хвилі» та «Молекулярна фізика». У статті розглянуті основні поняття та наведені основні формули за даними темами, знання і володіння якими є необхідними для розуміння і успішного виконання даної роботи. Авторами подано опис віртуальної установки та методичні вказівки до виконання запропонованої роботи.*

**Ключові слова:** *віртуальна лабораторна робота, електронне навчання, молекулярна фізика, газу, звук, акустична хвиля.*

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день освітній процес майже не можливо представити без залучення інформаційно-комунікаційних технологій. Все більшої популярності набуває електронне навчання, зокрема багато вищих навчальних закладів надає послуги дистанційної освіти. Якщо проблеми отримання навчальної інформації в електронному навчанні доволі успішно розв'язані, то набуття експериментальних умінь залишається науково-методичною проблемою, яка вимагає свого розв'язання [1]. Одним з основних засобів для набуття практичних навичок і підтвердження оволодіння теоретичним матеріалом з дисципліни студентом є лабораторна робота. Тому важливою проблемою дистанційного викладання дисциплін, в тому числі фізики, є моделювання експериментів і створення віртуальних лабораторних робіт.

**Аналіз актуальних досліджень.** Аналіз літератури за останні декілька років свідчить про загальну тенденцію до збільшення кількості матеріалів, в тому числі віртуальних