

К МЕТОДИКЕ ПРЕПОДАВАНИЯ ТЕМЫ «УРАВНЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА МАГНИТОСТАТИКИ ВАКУУМА» В КУРСЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ

Введение. Раздел «электродинамика» является неотъемлемой составляющей вузовского курса теоретической физики. При этом изложение ряда вопросов математически сложно по сравнению с курсом общей физики. Это касается, в частности, вывода дифференциального уравнения второго порядка для векторного потенциала магнитного поля $\vec{A}$ в вакууме [1, с. 147] при изучении раздела «магнитостатика»:

$$\Delta \vec{A} = -\frac{4\pi}{c} \vec{j} \quad (1)$$

где $\vec{j}$ — плотность тока;

c — скорость света в вакууме.

Наличие ряда промежуточных подстановок, преобразований и вспомогательных доказательств затрудняет восприятие материала учащимися при обычном повествовательном изложении.

Сказанное выше стимулирует поиск новых методических идей для повышения компактности изложения материала и четкости логической структуры. Одним из вариантов решения проблемы является подход к изложению, основанный на использовании схем, а также параллелей (аналогий) между идентичными вопросами в виде сравнительных таблиц. Такие таблицы и схемы не призваны заменить существующие учебники (тем более, что учебник [1] в вузовском курсе физики на I ступени обучения, как правило, не используется), но призваны дополнять их.

Основная часть. При выводе уравнения (1) предполагается, что учащиеся уже знакомы с законом полного тока в виде (2) [1, с. 146; 2, с. 240], с определением векторного потенциала $\vec{A}$ в виде (3) [1, с. 146; 2, с. 293], а также с известными соотношениями векторного анализа (4), (5) [3, с. 308, 312], где Δ — оператор Лапласа:

$$\text{rot} \vec{B} = \frac{4\pi}{c} \vec{j} \quad (2)$$

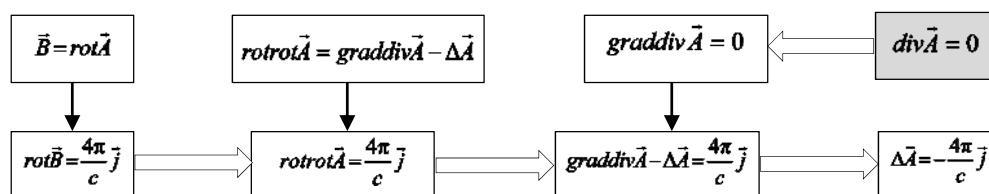
$$\vec{B} = \text{rot} \vec{A} \quad (3)$$

$$\text{rot} \text{rot} \vec{A} = \text{grad} \text{div} \vec{A} - \Delta \vec{A} \quad (4)$$

$$\text{div}(\psi \vec{G}) = \psi \text{div} \vec{G} + \vec{G} \text{grad} \psi \quad (5)$$

Для вывода уравнения (1) можно составить следующую схему на основе (2)–(4) (рисунок 1).

Формула в закрашенном прямоугольнике требует отдельного доказательства, перед началом которого сделаем предположение об отсутствии поверхностных токов, а также введем обозначения (рисунок 2): O — начало координат; $\vec{\xi}$ — радиус-вектор точки наблюдения относительно начала координат; $\vec{\eta}$ — радиус-вектор элемента объема V с токами относительно начала координат, $\vec{r} = \vec{\xi} - \vec{\eta}$ — радиус-вектор точки наблюдения относительно элемента объема с токами. При этом $\vec{A} = \vec{A}(\vec{\xi})$, $\vec{j} = \vec{j}(\vec{\eta})$.



Примечание. ↓ — подставки; ↘ — следствия.

Рисунок 1 — Блок-схема алгоритма вывода уравнения (1)

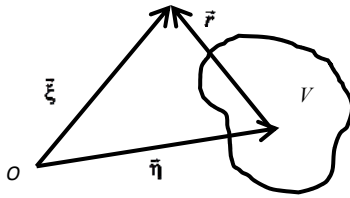


Рисунок 2 — Пояснение смысла векторов, используемых при доказательстве соотношения $\text{div} \vec{A} = 0$

Доказательство указанного соотношения можно оформить, как и на рисунке 1, в виде схемы.

С другой стороны, поскольку здесь уже потребуются более раз. вернутые пояснения каждого шага, а отдельный шаг потребует более подробное оформить отдельно, можно вместо схемы использовать таблицу (причем не сравнительную, а пояснительную, хотя если структура всех шагов оформлена одинаково, то пояснительную таблицу также можно считать сравнительной). Таким образом, будем использовать таблицы 1 и 2.

В таблице 1 каждый последующий этап опирается на предыдущий, перестановка каких-либо двух этапов недопустима.

При более подробном рассмотрении этапа 4 сделаем предположение о том, что токи являются только стационарными. Кроме того, в (5) положим

$$\psi = 1/|\vec{\xi} - \vec{\eta}|, \quad \vec{G} = \vec{j}(\vec{\eta}) \quad (6)$$

Т а б л и ц а 1 — Этапы вывода соотношения $\text{div} \vec{A} = 0$

Этап	Соотношение	Пояснение
1	$\text{div} \vec{A} = \text{div}_{\vec{\xi}} \vec{A}$	Векторный потенциал определяется в точке наблюдения, наличие токов в которой не является обязательным, поэтому дифференцирование имеет смысл по координатам точки наблюдения
2	$\text{div} \vec{A} = \text{div}_{\vec{\xi}} \left(\frac{1}{c} \int_V \frac{\vec{j}(\vec{\eta})}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } dV \right)$	Используется соотношение $\vec{A} = \frac{1}{c} \int_V \frac{\vec{j}(\vec{\eta})}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } dV$, которое должно быть получено ранее по ходу изложения курса (наряду с (2)–(5))
3	$\text{div} \vec{A} = \frac{1}{c} \int_V \text{div}_{\vec{\xi}} \frac{\vec{j}(\vec{\eta})}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } dV$	Вектор $\vec{\xi}$ не относится к координатам объема V , поэтому операцию нахождения дивергенции можно внести под знак интеграла
4	$\text{div} \vec{A} = -\frac{1}{c} \int_V \text{div}_{\vec{\eta}} \frac{\vec{j}(\vec{\eta})}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } dV$	Соотношение $\text{div}_{\vec{\xi}} \frac{\vec{j}(\vec{\eta})}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } = -\text{div}_{\vec{\eta}} \frac{\vec{j}(\vec{\eta})}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} }$ доказывается отдельно (см. таблицу 2)
5	$\text{div} \vec{A} = -\frac{1}{c} \oint_S \frac{\vec{j}(\vec{\eta}) \vec{n}}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } dS$	Применена теорема Остроградского—Гаусса, в соответствии с которой $\int_V \text{div}_{\vec{\eta}} \frac{\vec{j}(\vec{\eta})}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } dV = \oint_S \frac{\vec{j}(\vec{\eta}) \vec{n}}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } dS$, где S — замкнутая поверхность, охватывающая объем V , $\vec{n}$ — единичный вектор нормали к поверхности
6	$\text{div} \vec{A} = 0$	Использовано предположение об отсутствии поверхностных токов, в результате чего интеграл по поверхности обращается в ноль

Т а б л и ц а 2 — Подробности этапа 4 (см. таблицу 1)

Дифференцирование в (5)	По координатам вектора $\vec{\xi}$	По координатам вектора $\vec{\eta}$
А. Запись (5) с учетом (6)	$\text{div}_{\vec{\xi}} \frac{\vec{j}(\vec{\eta})}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } = \frac{1}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } \text{div}_{\vec{\xi}} \vec{j}(\vec{\eta}) + \vec{j}(\vec{\eta}) \text{grad}_{\vec{\xi}} \frac{1}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} }$	$\text{div}_{\vec{\eta}} \frac{\vec{j}(\vec{\eta})}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } = \frac{1}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } \text{div}_{\vec{\eta}} \vec{j}(\vec{\eta}) + \vec{j}(\vec{\eta}) \text{grad}_{\vec{\eta}} \frac{1}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} }$
Б. Первое слагаемое в правой части равно нулю, поскольку	$\vec{j} = \vec{j}(\vec{\eta})$, а дифференцирование осуществляется по координатам вектора $\vec{\xi}$, поэтому $\text{div}_{\vec{\xi}} \vec{j}(\vec{\eta}) = 0$	Токи, в соответствии со сделанным предположением, стационарные, поэтому $\text{div}_{\vec{\eta}} \vec{j}(\vec{\eta}) = 0$ (условие стационарности)
В. Соотношение между градиентами	$\text{grad}_{\vec{\xi}} \left(\frac{1}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } \right) = -\text{grad}_{\vec{\eta}} \left(\frac{1}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } \right)$ поскольку знак вектора $\vec{\eta}$ противоположен знаку вектора $\vec{\xi}$ (соотношение можно проверить и непосредственным дифференцированием)	
Г. Переписываем (А) с учетом (Б) и (В) через один и тот же градиент	1-й вариант $\text{div}_{\vec{\xi}} \frac{\vec{j}(\vec{\eta})}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } = \vec{j}(\vec{\eta}) \text{grad}_{\vec{\xi}} \frac{1}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} }$	$\text{div}_{\vec{\eta}} \frac{\vec{j}(\vec{\eta})}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } = -\vec{j}(\vec{\eta}) \text{grad}_{\vec{\xi}} \frac{1}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} }$
	2-й вариант $\text{div}_{\vec{\xi}} \frac{\vec{j}(\vec{\eta})}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } = -\vec{j}(\vec{\eta}) \text{grad}_{\vec{\eta}} \frac{1}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} }$	$\text{div}_{\vec{\eta}} \frac{\vec{j}(\vec{\eta})}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } = \vec{j}(\vec{\eta}) \text{grad}_{\vec{\eta}} \frac{1}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} }$
Д. Таким образом	$\text{div}_{\vec{\xi}} \frac{\vec{j}(\vec{\eta})}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} } = -\text{div}_{\vec{\eta}} \frac{\vec{j}(\vec{\eta})}{ \vec{\xi} - \vec{\eta} }$	

Заключение. Предложенные рисунки и таблицы могут быть использованы в образовательном процессе как опорные конспекты, в том числе при подготовке к экзамену по разделу «электродинамика» (в курсе теоретической физики для физических специальностей; для нефизических специальностей углубление в такие вопросы на сегодняшний день не характерно). Внедрение подобных схем и таблиц в образовательный процесс возможно и в виде творческих заданий учащимся на составление таких схем и таблиц по отдельным вопросам курса «электродинамика» на основе материала существующих учебных пособий.

Список цитируемых источников

1. Ландау, Л. Д. Теоретическая физика : учеб. пособие для вузов : в 10 т. / Д. Д. Ландау, Е. М. Лифшиц. — 8-е изд., стер. — М. : ФИЗМАТЛИТ, 2001. — Т. II : Теория поля. — 536 с.
2. Сивухин, Д. В. Общий курс физики : учеб. пособие для вузов : в 5 т. / Д. В. Сивухин. — М. : Наука, 1977. — Т. 3 : Электричество. — 688 с.
3. Воднев, В. Т. Основные математические формулы : справочник / В. Т. Воднев, А. Ф. Наумович, Н. Ф. Наумович ; под ред. Ю. С. Богданова. — Минск : Выш. шк., 1995. — 380 с.

УДК 378.147.88

П. Е. Степуть, Ю. И. Трегуб, Ю. Ф. Мирошникова

Учреждение образования «Барановичский государственный университет», Барановичи, Республика Беларусь

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ ОБУЧАЮЩИМИСЯ ВУЗА

Введение. Признаком человека, понимающего окружающий мир, является постоянное стремление к получению новых знаний и опыта. Если сравнивать традиционное образование в учебных учреждениях с самообразованием, то эффективнее будет именно второе. Почему? Потому что знания, полученные путем проб и ошибок, на собственных исследованиях — бесценны, они становятся частью личности на пути совершенствования. То, чего человек достигает самостоятельно, лучше откладывается в памяти.

Самое главное отличие самообразования — это свободный выбор изучаемого предмета, методов и источников. Главная ценность получаемых таким образом знаний заключается в том, что вы быстро пропускаете их через себя и включаете в повседневную жизнь. Предметом самообразования может быть что угодно — иностранные языки, математика, программирование, кулинария и многое другое.

Основная часть. В настоящее время в образовательный процесс все чаще стали проникать информационные технологии и это неудивительно, ведь развитие системы образования всегда являлось приоритетным направлением. Постепенно происходит трансформация образования в условиях цифровизации [1, с. 86]. Образование всегда занимало важную роль в жизни человека, только благодаря ему люди могут обеспечить себя хорошей работой и интенсивной жизнью. Человек развивается всю жизнь и немаловажную роль здесь играет самообразование, а в современных условиях ему в этом помогают цифровые технологии.

Цифровые технологии развиваются с огромной скоростью. Технология — это определенный способ обучения, в котором основную нагрузку по реализации функций обучения на себя принимает средство обучения под управлением человека [2]. При этом управленческая роль отводится средству обучения, которое без помощи учителя выполняет обучающую функцию. Такие технологии позволяют перейти на качественно новый уровень обучения.

Традиционное обучение — это тип обучения, обеспечивающий репродуктивное усвоение знаний [3]. Преподаватель сообщает тему занятия, цели, что никак не способствует формированию познавательного интереса у слушателей, то есть он просто излагает готовый материал, а это не гарантирует его понимание.

Преимуществами использования цифровых технологий при самообразовании является следующее:

- позволяют работать индивидуально и в связи с этим работать на своем уровне сложности заданий;
- увеличивается количество источников знаний (электронные учебники, презентации, электронные энциклопедии, которые могут использоваться всеми системами восприятия информации);
- дают возможность пользователю вернуться к ранее изученному материалу;
- повышают мотивацию пользователя к обучению

Нами было разработано и проведено анонимное анкетирование, в котором приняло участие 65 человек. Анкетирование проводилось путем распространения анкет среди студентов Барановичского государственного университета.

Данное исследование связано с выявлением эффективных организованно образовательных факторов самообразования с использованием цифровых технологий. Анализ по цели исследования показал, что учет факторов самообразования, влияющих на успешное использование полученных знаний в дальнейшем, является проблемой, которая стоит перед образовательной системой.

Решение данной проблемы зависит от многих факторов, среди них — умения, приобретенные ранее в процессе обучения, к ним относятся самоорганизация своей учебной деятельности и самоконтроль. Главной принципом самообразования является мотивация.