

УДК 53:378.147.091.32

В. Р. Соболев¹, В. В. Дорофейчик¹, В. Ю. Каравай¹, М. С. Пайзуллаханов²

V. R. Sobol¹, V. V. Dorofeychik¹, V. Y. Karavay¹, M. S. Paizullakhanov²

¹ УО «Белорусский государственный педагогический

университет имени Максима Танка»

(Минск, Беларусь)

¹ Институт материаловедения НПО «Физика-Солнце» АН РУ

(Ташкент, Узбекистан)

О РЕАЛИЗАЦИИ ЧИСЛЕННОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ПО ОПТИКЕ В ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ ПРОЕКТАХ СТАРШЕКЛАССНИКОВ

ON THE IMPLEMENTATION OF A NUMERICAL EXPERIMENT ON OPTICS IN RESEARCH PROJECTS OF HIGH SCHOOL STUDENTS

Рассмотрен ряд аспектов развития когнитивных способностей учащихся старших классов средствами электронного компьютерного моделирования закономерностей отражения и преломления света на границе раздела изотропных сред.

A number of aspects of the development of cognitive abilities of senior school students by means of electronic computer modeling of the patterns of reflection and refraction of light at the interface of isotropic media are considered.

Ключевые слова: Угол Брюстера; закон Снеллиуса; виртуальный эксперимент.

Keywords: Brewster's corner; Snellius law; virtual experiment.

Введение. Сущность проблемы. В физике, как области знания, в значительной мере формируемой на основе обобщения результатов опытной, практической деятельности человечества, при усвоении и закреплении её положений в рамках учебной дисциплины по программам высшей, средней школы предусмотрена фаза эмпирического воспроизведения и осмысления фундаментальных положений в лабораторном эксперименте с элементами варьирования, отвечающими уровню индивидуальной подготовки, профильной направленности юных эмпириков. Широкое распространение электронных средств преобразования, отображения данных, включая интерфейсы, ресурсы, позволяющие осуществлять вычисления и показывать результаты в табличных/графических массивах создает предпосылки к расширению традиционных подходов в изучении физики сочетанием их с новыми приемами. В данном случае речь идет не только о качественном, созерцательном уровне изложения основ преломления, отражения света, но и о возможностях количественного анализа и графического отображения рассматриваемой картины. Численный эксперимент, как фактор оценки и уяснения нового знания, привлекательный в серьезных исследованиях фундаментального характера в системе отраслевых и академических учреждений, может быть полезен при подготовке новой генерации абитуриентов по направлениям исследовательской,

технической деятельности, включая аспекты преподавания физики в средних и высших учебных заведениях.

В сообщении представлены меры расширения познавательного потенциала, когнитивных способностей учащихся старших классов путем привлечения их к исследованиям творческого плана в формате численного эксперимента. Предполагается, что на примере формирования с поддержкой учителя рабочих расчетных соотношений (из условий неразрывности на интерфейсе), вычисления параметров процессов взаимодействия электромагнитной/световой волны со средой и графической интерпретации учащиеся сумеют более проникновенно прочувствовать и ощутить значимость глубинного знания, собственную сопричастность с ним. По сути, отображая в графике закон преломления, амплитудный, энергетический коэффициенты отражения линейно-поляризованной волны при двух типичных положениях вектора электрического поля будущие исследователи способны усвоить и закрепить знания как в варианте традиционных представлений о действии показателя преломления света, так и в более современных понятиях о воздействии магнетизма на распространение световых волн.

Методология постановки и проведения виртуального эксперимента на мониторе компьютера. Персональный компьютер, начиная с IBM серии в восьмидесятых годах прошлого века оказал существенное влияние на развитие приборов и техники физического эксперимента, по сути, автоматизировав ранее рутинные измерения в ручном режиме по так называемым “точкам”. Развитие интерфейса и программных приложений также стимулировало прогресс компьютерного эксперимента как средства отображения новых аналитических представлений, получаемых как говорят «на кончике пера». В настоящем случае рассмотрены аспекты организации численного экспериментального исследования в школьной индивидуальной / коллективной лаборатории по аспектам взаимодействия световой волны с оптической средой. То есть по воспроизведению закономерностей преломления и отражения на основе традиционных соотношений фундаментальной физики [1–3].

Экспериментальной площадкой в данном случае является монитор компьютера, совместимого с платформами Mathcad, Origin, Maple. Учащиеся в своих исследованиях, по сути, выявляют в количественном масштабе закономерности преломления света на границе раздела. В дополнение к реальному приборному эксперименту с малым количеством границ раздела типа воздух / стекло (в лучшем случае двух-трех видов), в случае компьютерного моделирования возможно широко варьировать условия преломления как по углу падения, так и по свойствам преломляющей среды.

Существенно, что применяемое расчетное соотношение вида

$$\beta = \text{Arcsin} \left(\sin \varphi \frac{\sqrt{\varepsilon_1 \mu_1}}{\sqrt{\varepsilon_2 \mu_2}} \right) \quad (1)$$

(здесь φ и β – углы падения и преломления, $\varepsilon_1, \mu_1/\varepsilon_2, \mu_2$ диэлектрическая, магнитная проницаемости сред) учитывает возможность воздействия магнитной степени свободы в дополнение к традиционной электрической поляризуемости.

Учащиеся под руководством преподавателя знакомятся с исходными положениями теории Максвелла и получают выражение (1) на основе неразрывности для компонент векторов электрического и магнитного поля волны на интерфейсе. Следующее базовое соотношение в численном эксперименте, которое учащиеся формируют с поддержкой преподавателя – это отношение амплитуд вектора напряженности электрического поля отраженной E_r и падающей E_i волны.

$$r = \frac{E_r}{E_i} \quad (2)$$

В соотношении (2) также реализован принцип неразрывности тангенциальных составляющих векторов напряженности электрического и магнитного поля волны. Амплитудный коэффициент отражения записывают в двух представлениях – для поляризации волны в плоскости падения

$$r = \frac{\sqrt{\frac{\varepsilon_2}{\mu_2}} \cos\varphi - \sqrt{\frac{\varepsilon_1}{\mu_1}} \cos\beta}{\sqrt{\frac{\varepsilon_2}{\mu_2}} \cos\varphi + \sqrt{\frac{\varepsilon_1}{\mu_1}} \cos\beta} \quad (3)$$

и для поляризации нормально к плоскости падения

$$r = \frac{\sqrt{\frac{\varepsilon_1}{\mu_1}} \cos\varphi - \sqrt{\frac{\varepsilon_2}{\mu_2}} \cos\beta}{\sqrt{\frac{\varepsilon_1}{\mu_1}} \cos\varphi + \sqrt{\frac{\varepsilon_2}{\mu_2}} \cos\beta} \quad (4)$$

Сущность компьютерного эксперимента, как упомянуто, состоит в формировании массива данных из (1), (2), (3), (4) на платформе Mathcad и графическом отображении в Origin. По сути, совершенно доступные к осмыслению и усвоению соотношения как по их генезису, так и по конечному виду позволяют приобщить юных исследователей к известным понятиям учебных пособий, к новым аспектам фундаментальной физики на примере воздействия магнитного поля на распространение электромагнитной волны.

Ниже представлен ряд примеров по результатам моделирования свойств изотропных сред в задачах падения и преломления электромагнитной волны на границе раздела: непосредственно сам модифицированный закон Снеллиуса (рис. 1), амплитудный коэффициент отражения (3) (рис. 2).

Как следует из анализа графиков, для волны, поляризованной в плоскости падения, общие представления о закономерностях отражения в области угла Брюстера могут нарушаться ввиду воздействия на показатель преломления света магнитной степени свободы среды. Действительно, если для кривых 4, 5 – (тривиальный вариант упорядочения только по электрическому фактору) амплитудный коэффициент отражения изменяет знак в области значений угла

Брюстера, то для других случаев отличии магнитной проницаемости хотя бы в одной из сред от единицы зависимость амплитудного коэффициента отражения (кривые 1, 2, 3) имеет одно значение знака во всем диапазоне изменения угла падения.

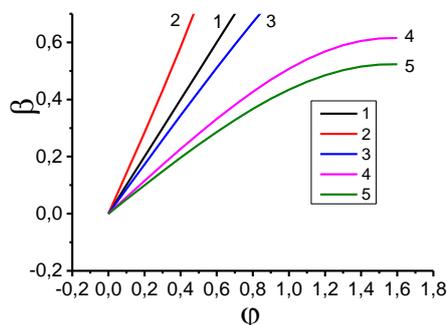


Рис. 1. – Закономерности преломления световой волны на границе раздела двух изотропных сред. 1 – $\varepsilon_1 = 6, \mu_1 = 2, \varepsilon_2 = 3, \mu_2 = 4$; 2 – $\varepsilon_1 = 4, \mu_1 = 2, \varepsilon_2 = 1, \mu_2 = 4$; 3 – $\varepsilon_1 = 1, \mu_1 = 3, \varepsilon_2 = 4, \mu_2 = 1$; 4 – $\varepsilon_1 = 2, \mu_1 = 1, \varepsilon_2 = 6, \mu_2 = 1$; 5 – $\varepsilon_1 = 1, \mu_1 = 1, \varepsilon_2 = 4, \mu_2 = 1$

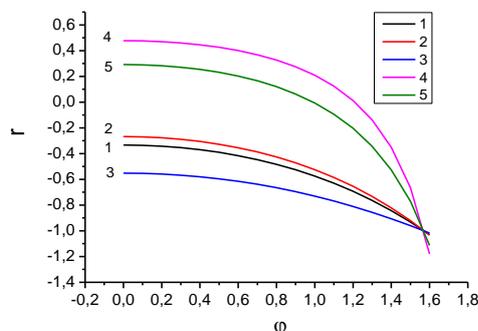


Рис. 2. – Амплитудный коэффициент отражения линейно поляризованной в плоскости падения волны на границе раздела двух изотропных сред, характеризующихся электрическим и магнитным упорядочением: 1 – $\varepsilon_1 = 6, \mu_1 = 2, \varepsilon_2 = 3, \mu_2 = 4$; 2 – $\varepsilon_1 = 4, \mu_1 = 2, \varepsilon_2 = 1, \mu_2 = 4$; 3 – $\varepsilon_1 = 1, \mu_1 = 3, \varepsilon_2 = 4, \mu_2 = 1$; 4 – $\varepsilon_1 = 2, \mu_1 = 1, \varepsilon_2 = 6, \mu_2 = 1$; 5 – $\varepsilon_1 = 1, \mu_1 = 1, \varepsilon_2 = 4, \mu_2 = 1$

Закключение. Электронный виртуальный эксперимент с привлечением доступных ресурсов Mathcad, Origin позволяет приобщить учащихся средних школ к углубленному формированию знания в области традиционной физики на примере простого для понимания графического отображения её положений. Существует также возможность при корректном руководстве со стороны квалифицированного педагога войти глубже в область фундаментального знания, за пределы учебников, пособий, как при обосновании расчетных выражений, так и за счет возможности оценки параметров рассматриваемых задач соответственно с классами новых оптических материалов, отвечающих времени.

Список использованных источников

1. Ландсберг, Г. С. Оптика / Г. С. Ландсберг. – 5-е изд. – М. : Наука, 1976. – 926 с.
2. Физика 11 класс: учеб. Для общеобразовател. организаций с прил. на электрон. носителе: базовый и профил. уровни/Г.Я.Мякишев, Б.Б.Буховцев, В.М. Чаругин; под ред. Н. А. Парфентьевой. – 23-е изд.–М.: Просвещение, 2014. – 399 с.

3. Физика. 11 класс. Дидактические и диагностические материалы (базовый и повышенный уровни) : пособие для учителей учреждений общего среднего образования с бел. и рус. языками обучения/ [В.В.Дорофейчик, Д.В.Жвалевская, Л.А.Исаченкова и др.] – Мозырь : Выснова, 2021. – 111 с.

УДК 37.016:514

Л. Л. Тухолко, К. С. Солдатов

L. L. Tukholko, K. S. Soldatov

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

РЕАЛИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНО-ЛОГИЧЕСКОГО МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ ТЕОРИИ НА ПРИМЕРЕ ГЕОМЕТРИИ И ТЕОРИИ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ

IMPLEMENTATION OF THE CONSTRUCTIVE-LOGICAL METHOD OF CONSTRUCTING A THEORY USING THE EXAMPLE OF GEOMETRY AND THE THEORY OF TEACHING MATHEMATICS

Впервые описан конструктивно-логический метод построения теории; на примере геометрии и теории обучения математике раскрыта сущность процесса идеализации абстрактных объектов, осуществляемого при переходе от эмпирического к теоретическому знанию и идея проектирования системы аксиом на основе анализа простейших геометрических конструкций.

The constructive-logical method of theory construction is described for the first time; Using the example of geometry and the theory of teaching mathematics, the essence of the process of idealization of abstract objects, carried out during the transition from empirical to theoretical knowledge, and the idea of designing a system of axioms based on the analysis of the simplest geometric structures are revealed.

Ключевые слова: методы построения теории; конструктивно-логический метод; геометрия; система аксиом; теория обучения математике; идеализация.

Keywords: theory building methods; constructive-logical method; geometry; axiom system; mathematics learning theory; idealization.

Научные теории, представляя собой «логически организованное множество высказываний о некотором классе идеальных объектов, их свойствах и отношениях» [1, с. 77], являются инструментом компактного отражения многообразия явлений и процессов *действительности*¹, а также средством

¹ *Действительность* – всё существующее независимо от сознания конкретного человека, включая материальный мир и все его идеальные продукты. Различают *реальную действительность* – материальный мир – и *идеальную действительность* – теории и метатеории о материальном мире, проверенные практикой.