

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ»
им. В.И. Ульянова (Ленина), г. Санкт-Петербург, Россия

Аннотация. Рассматриваются на конкретных примерах эффективность применения метода аналогий в преподавании вакуумной электроники. Данный подход позволяет не только давать более глубокое понимание предмета, но в условиях гибридного обучения компенсировать проблемы, связанные с отсутствием прямого контакта между преподавателем и студентом.

Ключевые слова: метод аналогий; преподавание; вакуумная электроника

Использование метода аналогий для более глубокого понимания и усвоения нового материала известно со времен Древней Греции [1]. Кроме того, в науке этот метод широко использовался учеными с целью познания единой картины мира. В своей знаменитой книге [2] великий физик и естествоиспытатель Эрнст Мах говорит о том, что Максвелл писал: «Под физической аналогией я подразумеваю, то частичное сходство между законами одной области явлений и законами другой области, которое приводит к тому, что одна иллюстрирует другую». В современных условиях мы наблюдаем, что при исследовании сложных проблем все время возникает необходимость в объединении нескольких научных направлений (биофизика) и, следовательно, значение этого метода аналогий как метода познания возрастает. Само словосочетание «вакуумная электроника» уже объединяет несколько направлений современной физики. Как показала практика, у студентов при изучении процессов вакуумной электроники возникают определенные проблемы в понимании изучаемого материала. В качестве решения этих проблем был применен метод аналогий, который смог хорошо себя зарекомендовать и в этом случае.

Электронные потоки с резко очерченными границами имеют большое значение для науки и техники. Сфера их применения довольно обширна. Они используются во всех видах электроннолучевых приборов (в том числе в электронно лучевых технологических установках), мощных радиолампах и электронной микроскопии. Для формирования электронного потока применяется так называемые электронно оптические системы. Эти системы состоят из различных видов электронных линз [3].

При изучении этого вопроса проводят аналогию между обычной геометрической оптикой и электронной оптикой. Однако такой подход обладает следующими двумя особенностями. Фотоны заменяются на электроны, а граница раздела двух сред на электрическое или магнитное поле.

Для более легкого понимания можно проводить не такую резкую замену. Для начала можно рассмотреть гравитационную линзу. В ней преломляются те же фотоны что и в обычной оптической линзе, но преломляются в гравитационном поле, а не на границе раздела двух сред.

Этот переходный пример иллюстрирует преломление еще пока света, а не электронов, но уже в поле, а не на границе раздела двух сред. После того как показано что поле может преломлять луч света можно переходить к случаю когда поле может преломлять также и электронный луч.

Такой поэтапный переход помогает лучше осознать аналогию между световой оптикой и электронной оптикой.

В мощных электровакуумных приборах и устройствах применяются интенсивные электронные потоки, в отличие от маломощных приборов, где применяется неинтенсивные электронные потоки. Интенсивные электронные потоки отличаются тем, что обладают более высоким первенсом электронного потока по сравнению с неинтенсивными электронными потоками. Для предотвращения расхождения потока за счет взаимного расталкивания электронов используются системы транспортировки интенсивных электронных потоков. При этом добиваются того, чтобы электроны двигались по параллельным траекториям, создавая ламинарный поток электронов. Ламинарный поток электронов – это гидродинамическая аналогия с ламинарным потоком жидкости, в котором не происходит перемешивания между слоями жидкости в отличие от турбулентного потока, в котором движение происходит с завихрением жидкости.

При изучении распределения потенциала в межэлектродном пространстве плоскопараллельного диода обычно пользуются графиком распределения потенциала с семейством прямых и семейством кривых. Семейство прямых соответствует случаю, когда отсутствует пространственный заряд во всем промежутке между анодом и катодом. Семейство кривых соответствует случаю, когда в промежутке между анодом и катодом имеется пространственный заряд.

Если построить распределение потенциала между анодом и катодом плоскопараллельного диода, то график зависимости значения потенциала от пространственной координаты при отсутствии электрических зарядов в промежутке между анодом и катодом будет представлять собой отрезок прямой линии. Начало этого отрезка располагается в точке с нулевыми координатами. Эта точка определяет положение катода в пространстве вдоль оси x и значение потенциала на катоде (координата y). Координаты конечной точки отрезка будут соответствовать месту расположения анода в пространстве (координата x) и значению потенциала на аноде (координата y).

При появлении пространственного заряда прямая превращается в кривую лежащую ниже исходной прямой. При этом координаты начальных и конечных точек не меняются. Таким образом, при появлении пространственного заряда происходит провисание исходной прямой и превращение её в кривую и, соответственно, потенциал всех точек кроме начальной и конечной точек уменьшается.

При рассмотрении вопроса о провисании потенциала используется аналогия с провисанием веревки, концы которой закреплены в определенных точках соответствующих потенциалам на аноде и катоде. Не провисающая веревка соответствует отсутствию пространственного заряда. Провисающая веревка соответствует наличию пространственного заряда.

Таким образом, при изучении процессов вакуумной электроники метод применения аналогий позволяет заострять внимание студентов на тонких моментах и может быть эффективно использован для достижения студентами более глубокого понимания материала.

Список литературы:

1. Материалисты Древней Греции: собрание текстов Гераклита, Демокрита и Эпикура / Гераклит, Демокрит, Эпикур; АН СССР. Институт философии; под общей редакцией, вступительная статья М. А. Дынника; перевод М. А. Дынника, А. О. Маковельский, С. И. Соболевский. – Москва: Политиздат, 1955. – 238 с.

2. Мах Э. Познание и заблуждение. Очерки по психологии исследования; Москва; БИНОМ Лаборатория знаний; 2003, 456 с.

3. Сушков А.Д. Вакуумная электроника: Физико-технические основы: Учебное пособие. – СПб.: Изд-во «Лань», 2004.

S. A. Kalinin, A. K. Shanurenko

The use of analogues in teaching the processes of vacuum electronics

Saint Petersburg Electrotechnical University, Russia

***Abstract.** The effectiveness of the application of the analogy method in teaching vacuum electronics is considered on specific examples. This approach allows not only to give a deeper understanding of the subject, but in the context of hybrid learning to compensate for the problems associated with the lack of direct contact between the teacher and the student.*

Keywords: analogy method; teaching; vacuum electronics