

**О МЕТОДЕ АНАЛОГИИ В КУРСЕ
ФИЗИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА**
Ю.И. САВИЛОВА, Г.Ф. СМЕРНОВА

*Белорусский государственный университет информатики и
радиоэлектроники*

Рассмотрена роль метода аналогии в развитии физики. Показано, что аналогия как метод научного познания, может быть эффективно использована для междисциплинарных связей.

Ключевые слова: метод познания, аналогия, сходство, форма умозаключения, моделирование, метод обучения.

«Аналогия, по-видимому, имеет долю во всех открытиях, но в некоторых она имеет львиную долю»

Д. Пойа

Важнейшей задачей курса физики в техническом университете является культивирование у обучаемых методов научного познания, среди которых наиболее эффективным представляется метод аналогии. Аналогия – понятие, выражающее сходство объектов, процессов, явлений по какому-либо признаку, позволяющее сделать вывод об их сходстве и по другим признакам. Умозаключение по аналогии дает возможность перенести знания из одной области на менее изученные, но сходные по существенным признакам области как в рамках одной дисциплины, так и установить взаимосвязи между дисциплинами. Такие умозаключения порой служат источником научных гипотез – достаточно вспомнить гипотезу де Бройля, приведшую к фундаментальному синтезу полевого и корпускулярного подхода к объектам и процессам.

В данном сообщении рассматриваются два аспекта метода аналогии: как форму умозаключения, используемую наряду с индукцией и дедукцией в процессе обучения;

как метод, расширяющий междисциплинарный подход за счет объединения знаний из различных областей.

В курсе физики представлено значительное количество примеров успешного использования метода аналогии: от метода решения задач

посредством рассуждений по аналогии (подобно соображениям симметрии или размерностей) до исторических примеров решения инженерных задач. Так в классической механике эффективно применяется аналогия между поступательным и вращательным движениями, а один из основателей термодинамики французский инженер Сади Карно предложил знаменитую модель теплового двигателя, используя аналогию между переходом теплоты от более нагретого тела к менее нагретому и падением воды с высокого уровня на низкий. Физические системы или явления могут быть аналогичными или по своему поведению (например, фазовые переходы II рода), или по математическому описанию (например, одинаковые по структуре математические выражения описывают колебательные и волновые процессы в механике и электромагнетизме). В тех случаях, когда в качестве аналога используется искусственно созданная система, метод аналогии называется моделированием. Метод аналогии позволяет представить сложные или недоступные наблюдению объекты и явления в более доступной образной форме (например, планетарная модель атома). Автор классической электродинамики, английский физик Джеймс Максвелл сопоставлял созданную им теорию электромагнетизма с гидродинамикой несжимаемой жидкости, понимая под физической аналогией «... то частное сходство между законами двух каких-либо областей науки, благодаря которому одна из них является иллюстрацией другой». Аналогия между уравнениями Максвелла, описывающими электромагнитное поле, и акустическими волновыми уравнениями позволила предсказать существование электромагнитных волн. В последующем процессе развития физической науки волновая оптика стала прообразом квантовой механики – механики микромира. Как отметил автор квантовой гипотезы немецкий физик Макс Планк: «Законы новой механики найдены просто прослеживанием аналогии механики с оптикой». Отправной точкой в создании квантовой механики явилось подобие уравнений Гельмгольца и стационарного уравнения Шрёдингера:

$$\nabla^2 A(\vec{r}) + K^2_{em} A(\vec{r}) = 0 \quad \text{и} \quad \nabla^2 \Psi(\vec{r}) + K^2_{qm} \Psi(\vec{r}) = 0 ,$$

где ∇^2 – оператор Лапласа – типичный признак любого волнового уравнения; $A(\vec{r})$ – напряжённость электрического или магнитного поля; $\Psi(\vec{r})$ – волновая функция, квадрат модуля которой даёт вероятность найти частицу в данной точке пространства;

$$K^2_{em} = \frac{n^2(\vec{r})}{c^2} \omega^2 , \quad K^2_{qm} = \frac{2m}{\hbar^2} (E - U(\vec{r})) , \quad \text{где}$$

n – показатель преломления среды; E – полная энергия частицы; $U(\vec{r})$ – потенциальная энергия поля, в котором движется частица [1]. Интересным аналогом туннельного эффекта является нарушение полного внутреннего отражения при распространении плоской электромагнитной волны через слой вещества с меньшим показателем преломления подобно

прохождению микрочастицей области, где ее энергия меньше высоты потенциального барьера.

Полвека спустя после создания квантовой механики метод оптической аналогии квантовых явлений претерпел удивительную метаморфозу. Достижения квантовой теории твёрдого тела (зонная теория) стимулировали открытие аналогичных явлений в оптике, что привело к формированию концепции «фотонных кристаллов» - трёхмерных сред с периодическим изменением показателя преломления $n(x, y, z)$, в которых образуются запрещённые зоны для распространения света, подобно запрещённым зонам для электронов в кристаллах [2]. Перенос представлений из квантовой теории твёрдого тела в оптику стал одним из факторов появления новой области науки – нанофотоники, изучающей испускание, поглощение, распространение и преобразование оптического излучения в наноструктурах.

История науки и техники показывает, что метод аналогии послужил основой многих научных и технических достижений. Поиск аналогий между физической наукой и специальными дисциплинами в техническом вузе можно рассматривать как элемент начальной профессиональной подготовки. Наиболее наглядным методом аналогии является для физики электромагнетизма и радиоэлектроники, которые связаны общими принципами и методами (в первую очередь, Фурье-анализом сигналов). Появление и успехи лазерной техники напрямую связаны с прогрессом в СВЧ-электронике. Оптическая обратная связь в лазерах аналогична радиоэлектронным системам с положительной обратной связью. На стыке этих областей возникло новое научное направление – радиооптика. При обучении студентов IT- специальностей можно предложить поиск аналогий между информационным пространством и электромагнитным полем, в частности, обсудить целесообразность использования таких понятий теории поля, как поток, циркуляция, градиент и связанных с ними теорем для описания «информационного поля». Плодотворным представляется анализ аналогий между энтропией и информацией, являющейся антиподом энтропии. Переход от хаоса к состоянию порядка в сложных системах, наступающий в случае преобладания положительных обратных связей, описывает математический аппарат синергетики. Синергетика – междисциплинарная наука, в которой рассматриваются закономерности самоорганизации в системах разной природы, в том числе, физических и технических.

В заключение отметим мировоззренческую ценность метода аналогии, помогающего осознать единство окружающего нас мира.

Список литературы

[1] Гапоненко, С.В. Применение метода аналогии в преподавании курса «Квантовая механика» в высшей школе / С.В. Гапоненко, В.Н. Хильманович // Выш. шк. – 2008. - №5 (67). – С. 43-47.

[2] Yablonovich, E. Inhibited Spontaneous Emission in Solid-State Physics and Electronics / E. Yablonovich // Phys. Rev. Lett. – 1987.–Vol. 53.–P. 2059-2062.

**ABOUT THE METHOD OF ANALOGY IN THE
COURSE OF PHYSICS AT A TECHNICAL UNIVERSITY**

Yu.I. SAVILOVA, G.F. SMIRNOVA

Belarusian State University of Informatics and Radioelectronics

The role of the analogy method in the development of physics is considered. It is shown that analogy as a method of scientific research can be effectively used for interdisciplinary communications.

Key words: method of cognition, analogy, similarity, form of inference, modeling, method of teaching.