

К ВОПРОСУ ИЗУЧЕНИЯ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ФИЗИЧЕСКИХ ПОСТОЯННЫХ

Волкова Марина Геннадьевна
кандидат психологических наук, доцент кафедры физики
ФГКВОВУ ВО Ярославское высшее военное училище
противовоздушной обороны, г. Ярославль, Россия

ON THE ISSUE OF STUDYING FUNDAMENTAL PHYSICAL CONSTANTS

Volkova Marina Gennadiyevna
candidate of psychological Sciences, associate Professor
of the Department of physics Yaroslavl higher military school
Of Air Defense, Yaroslavl, Russia

Аннотация. В статье анализируются наиболее глубокие и основополагающие свойства окружающего нас мира, проявляющиеся в смысле фундаментальных физических констант. Рассмотрены этапы изучения и формирования представлений о фундаментальных константах.

Annotation. The article analyzes the most profound and fundamental properties of the world around us, manifested in the sense of fundamental physical constants. The stages of studying and forming ideas about fundamental constants are considered.

Ключевые слова: фундаментальная физическая константа, этапы изучения, теория, принцип соответствия.

Key words: fundamental physical constant, stages of study, theory, correspondence principle.

При изучении физики школьники, а потом и студенты знакомятся с фундаментальными постоянными такими, как скорость света в вакууме, постоянная Планка, гравитационная постоянная, элементарный электрический заряд, масса электрона, постоянная Больцмана и др. Все эти константы отличны от других постоянных тем, что не зависят от внешних условий. «...они вкпе с некоторыми математическими константами призваны играть весьма значительную роль не только в физической, но и будущей научной картине мира» [1, с. 7-8].

Опыт преподавания приводит к выводу, что знания о фундаментальных постоянных даются учащимся фрагментарно, не раскрывая общих черт этих констант, не показывая и то, что данные понятия – особая группа, занимающая одно из основных мест в системе физических понятий.

Какие же общие признаки и функции фундаментальных констант, которые можно отметить в процессе преподавания? Каждая постоянная определяется только экспериментальным путем; играет стимулирующую роль в разработке экспериментальных основ физической теории; входит в ядро фундаментальной физической теории и задает границы ее применимости; сохраняет свой статус и в более общих физических теориях; отражает связь между различными физическими явлениями между микро-, макро- и мега- миром.

В рамках военно-научной работы на кафедре физики курсантам предлагается выполнение заданий и изучение фундаментальных физических постоянных с последующим доведением информации на заседаниях секции ВНО и на курсантской конференции.

Формирование общего понятия фундаментальной физической постоянной следует осуществлять поэтапно в процессе изучения конкретных задач. Выделим основные этапы.

Первый этап состоит в повторном обращении к опорным понятиям, явлениям, величинам, которые необходимы для раскрытия понятия смысла физической постоянной. Например, понятия «сила», «взаимодействие», «масса», явление тяготение повторяем перед введением понятия «гравитационная постоянная». Из формулы для силы тяжести $\vec{F} = m\vec{g}$ следует, что коэффициентом пропорциональности между силой и массой выступает ускорение свободного падения g – величина постоянная при определенных условиях. Указываем, что величина характеризует меру зависимости силы тяжести от массы. Это одна из ступенек к пониманию роли гравитационной постоянной. Аналогично, при формировании понятия «скорость света в вакууме» следует обратить внимание на вспомогательные понятия «скорость», «относительность движения», «система отсчета». Скорость тела – величина относительная, зависящая от выбора системы отсчета. Но в природе существует единственная скорость, не зависящая от выбора системы отсчета c – это скорость света в вакууме.

Второй этап подразумевает мотивированное введение какой-либо константы в физическую науку, раскрытие взаимосвязи ее с другими величинами и понятиями. Одновременно показываем, что введение данных постоянных стимулировало изменение научных взглядов и создание новых теорий. Фундаментальные постоянные часто вводятся как коэффициенты пропорциональности в важнейших физических законах.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}, \bar{E}_{k1} = \frac{3}{2} kT, E = h\nu, E = mc^2 \text{ и т.д.}$$

Необходимо сконцентрировать внимание на том, что константы не только связывают между собой разные физические величины, но и позволяют производить количественные расчеты. Для иллюстрации «стимулирующей» функции констант можно привести несколько примеров. Введение постоянной Планка являлось предпосылкой появления квантовой теории. Открытие таких свойств скорости света в вакууме как инвариантность и предельность послужило основой создания специальной теории относительности.

Из общего количества физических постоянных выделяем фундаментальные постоянные. Например, сравнивая ускорение свободного падения g и гравитационную постоянную G , делаем вывод, что константа G более универсальна, она не зависит от того, в каком месте Земли ее измеряют, чего нельзя сказать о константе g . Аналогичным образом сравниваем скорость света в вакууме c , которая неизменна при любых условиях, скорость звука $u_{зв}$, которая зависит от состояния среды.

Третий этап отводится определению фундаментальной постоянной и раскрытию ее физического смысла. Приведем примеры определений.

Постоянная всемирного тяготения G – фундаментальная физическая постоянная, характеризующая гравитационные взаимодействия и численно равная силе притяжения двух единичных масс (1 кг), расположенных на единичном расстоянии друг от друга (1 м).

Элементарный электрический заряд q – фундаментальная физическая постоянная, численно равная наименьшему по модулю электрическому заряду, существующему в свободном состоянии, и отражающая дискретную природу электричества.

Скорость света в вакууме c – фундаментальная физическая постоянная, характеризующая предельную скорость передачи любых физических взаимодействий или сигналов.

На четвертом этапе рассматриваем методы измерения фундаментальных констант на основе изучения классических и современных опытов, знакомим обучаемых с главными выводами экспериментов. Так при рассмотрении опытов Иоффе и Милликена по измерению заряда электрона, подчеркиваем, что важнейшим результатом исследований ученых явилось не только достаточно точное определение фундаментальной постоянной, но и неоспоримое доказательство дискретности электрического заряда.

При знакомстве с идеей Галилея по измерению скорости света акцентируем внимание на том, что он впервые основывался на предположении о независимости скорости света от направления его распространения. Лишь через 300 лет это предположение легло в основу СТО, войдя во второй ее постулат.

Стоит обратить внимание и на необходимость постоянного уточнения значений фундаментальных постоянных, нужно понимать цель и важность этих экспериментальных исследований. Увеличение точности их значений повышает достоверность наших знаний о законах природы и точность расчетов на их основе [2, с. 291].

Пятый этап раскрывает место, роль и значение изучаемой постоянной в физических теориях и физической картине мира. Даже теории могут называться по имени констант, которые входят в ядро теории. Так ньютоновскую теорию гравитации называют *G-теорией*, специальную теорию относительности – *c-теорией*, квантовую механику – *h-теорией* и т.д.

Кроме того, следует рассмотреть связь фундаментальных констант с границами применимости физической теории: теории, в которых содержится константа h , применимы для описания квантовых явлений; теории, в которых используется константа G , рассматривают гравитационные взаимодействия; теории с константой e характеризуют электромагнитные взаимодействия. Как следствие, делаем вывод, что чем больше фундаментальных постоянных входит в физическую теорию, тем шире границы ее применимости [3, с. 310].

Систематизация и обобщение знаний о конкретных постоянных их общих свойствах и роли в развитии физических теорий происходит на шестом этапе. Так, например, о скорости света в вакууме обучаемые должны уяснить, что она обладает следующими признаками: конечна, предельна, постоянна, инвариантна. Для элементарного заряда такие признаками будут: элементарность, инвариантность, характеристика электромагнитных свойств элементарных частиц. Одновременно просматриваем эволюцию физических теорий (рисунок 1).

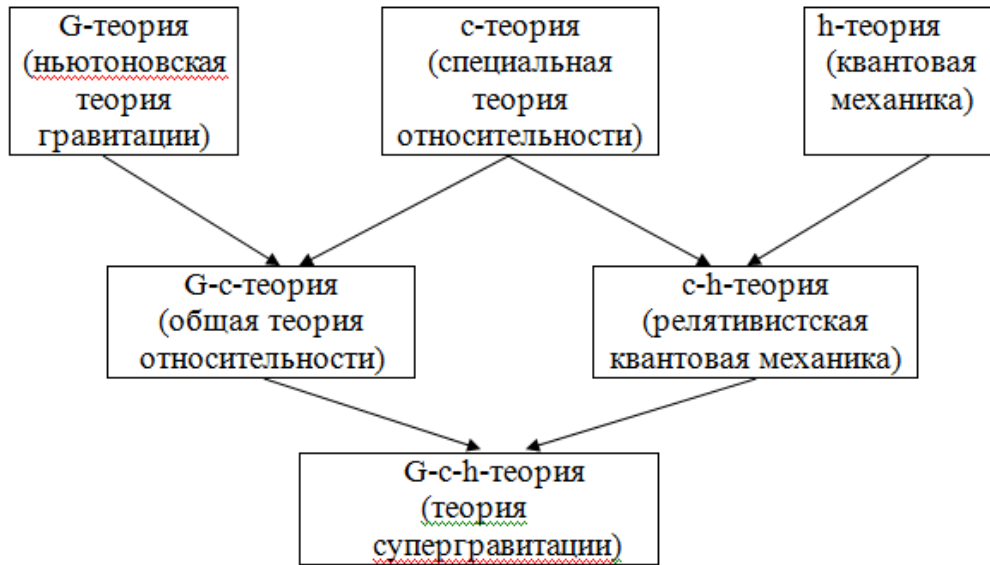


Рисунок 1 – Схема иллюстрирующая принцип соответствия

Процесс развития физики по сей день сопровождается созданием новых теорий, имеющих более широкие границы применимости, чем существовавшие. Принцип соответствия в [методологии науки](#) - утверждение, что любая новая научная [теория](#) должна включать старую теорию и ее результаты как частный случай. Таковой по отношению к G- и с-теориям оказалась G-с-теория – общая теория относительности. Релятивистская квантовая механика (с-h-теория) обобщила специальную теорию относительности и квантовую механику. Единая теория супергравитации призвана установить единство всех четырех известных типов взаимодействия: гравитационного, электромагнитного, ядерного (сильного) и слабого.

При подготовке материала для представления на заседании секции ВНО или на конференции курсантам предлагается руководствоваться следующим обобщенным планом: определение и физический смысл константы; причины введения ее в науку; основные признаки и свойства; идея, схема и результаты опыта по измерению постоянной; значение константы в единицах СИ; объяснение зависимостей и законов, в которые входит рассматриваемая константа; роль константы в физических теориях и современной картине мира. Несомненно, такая дополнительная работа с курсантами формирует их научное мировоззрение, способствует развитию навыков теоретического обобщения и переноса знаний.

Список источников:

1. Аракелян Г. Б. Фундаментальные безразмерные величины: Их роль и значение для методологии науки / Отв. Ред. С.А. Аветисян. – Ереван: Изд-во АП АрмССР, 1981. – 160 с.
2. Томилин К. А. Фундаментальные физические постоянные в историческом и методологическом аспектах. – М. ФИЗМАЛИТ, 2006. – 368 с.
3. Сивухин Д. В. Общий курс физики. Механика. Том 1, М.: Наука, 1979. – 520 с.