Н. В. Кочергина, А. А. Машиныан, Е. В. Ломакина

Методика применения структурно-логических схем при изучении общей физики в техническом вузе

Структурно-логическая схема – это наглядный образ логической связи основных элементов знаний в рамках учебного курса, раздела или темы. При изучении физики как прикладной дисциплины в техническом вузе на первое место выходят ее профессиональная направленность и соответствующие этой функции прикладные знания. Но прикладных знаний как следствий физических теорий недостаточно для развития современного квантово-релятивистского мировоззрения.

Идея нашего исследования состоит в том, чтобы предвзято систематическое изучение общей физики системными представлениями о месте и значении каждой физической теории, а именно: перед изучением классической физики показывать ее связь с квантовой и релятивистской физикой. Для этого необходимо на разных этапах изучения физики применять предвзятое и итоговое обобщение с помощью соответствующих структурно-логических схем.

При реализации этой идеи использовались: метод структурно-логического анализа курса общей физики с выделением элементов знаний, метод систематизации, основанный на выяснении связи между физическими теориями и метод обобщения, приводящий к построению новых обобщенных схем этого курса. В предлагаемых нами схемах «Связь механических теорий» и «Масштабы Вселенной – Скорости» мы выделяем структурные элементы, раскрывающие специфику методологических представлений теории в соответствии с ее местом во Вселенной и скоростями ее объектов.

В основе предлагаемой методики используются два вида обобщения: предвзятое и итоговое. Предвзятое обобщение показывает место физической теории в системе физических знаний в курсе общей физики, итоговое обобщение используется для осознания студентами специфики всего ряда методологических представлений, применяемых в данной физической теории. Методика направлена на формирование у студентов системных знаний по общей физике и на развитие у них современного квантово-релятивистского мировоззрения.

Ключевые слова: общая физика, технический вуз, структурно-логическая схема, классические теории, квантовые теории, релятивистские теории, масштабы Вселенной, скорости, предвзятое обобщение, итоговое обобщение

Ссылка для цитирования:

Кочергина Н. В., Машиныан А. А., Ломакина Е. В. Методика применения структурно-логических схем при изучении общей физики в техническом вузе // Перспективы науки и образования. 2021. № 6 (54). С. 211-225. doi: 10.32744/pse.2021.6.14

N. V. KOCHERGINA, A. A. MASHINYAN, E. V. LOMAKINA

Methodology of applying structural and logical schemes in the study of general physics in a technical university

A structural and logical scheme is a visual image of the logical connection of the main elements of knowledge within the framework of a training course, section or topic. When studying physics as an applied discipline in a technical university, its professional orientation and applied knowledge corresponding to this function come out in the first place. But applied knowledge as a consequence of physical theories is not enough for the development of a modern quantum-relativistic worldview.

The idea of our research is to precede the systematic study of general physics with systematic ideas about the place and meaning of each physical theory, namely: before studying classical physics, to show its connection with quantum and relativistic physics. To do this, it is necessary to apply a preliminary and final generalization at different stages of the study of physics with the help of appropriate structural and logical schemes.

When implementing this idea, the following methods were used: the method of structural and logical analysis of the course of general physics with the allocation of knowledge elements, the method of systematization based on clarifying the connection between physical theories and the method of generalization, leading to the construction of new generalized schemes of this course. In the proposed schemes "Connection of mechanical theories" and "Scales of the Universe-Velocities", we identify structural elements that reveal the specifics of the methodological representations of the theory in accordance with its place in the Universe and the velocities of its objects.

The proposed methodology is based on two types of generalization: preliminary and final. The preliminary generalization shows the place of physical theory in the system of physical knowledge in the course of general physics, the final generalization is used to make students aware of the specifics of the entire range of methodological concepts used in this physical theory. The methodology is aimed at forming students' systematic knowledge of general physics and at developing their modern quantum-relativistic worldview.

Keywords: general physics, technical university, structural and logical scheme, classical theories, quantum theories, relativistic theories, scales of the universe, velocities, preliminary generalization, final generalization

For Reference:

Kochergina, N. V., Mashinyan, A. A., & Lomakina, E. V. (2021). Methodology of applying structural and logical schemes in the study of general physics in a technical university. *Perspektivy nauki i obrazovaniya – Perspectives of Science and Education*, 54 (6), 211-225. doi: 10.32744/pse.2021.6.14

Введение

для работы на современном производстве в условиях индустриальной революции и цифровой экономики будущему инженеру, в первую очередь, необходима фундаментальная теоретическая подготовка. Она составляет базу для профильной подготовки и развития междисциплинарного, критического, системного мышления. Эти требования к качествам выпускника вуза отражаются на преподавании всех дисциплин в образовательной программе высшего образования [23]. Особое место в данной подготовке занимает физика как основа производства, техники и технологии, а также современного научного мировоззрения.

Для формирования всех названных выше профессиональных и личностных качеств будущего инженера требуется преподносить знания общей физики *системно и структурировано*, выделять связи между основными понятиями курса. В российских учебниках общей физики знания систематизированы в соответствии с физическими теориями, именно им соответствуют разделы (и темы курса): Физические основы механики, Основы молекулярной физики и термодинамики, Электричество и магнетизм, Колебания и волны, Оптика. Квантовая природа излучения, Элементы квантовой физики атомов, молекул и твердых тел, Элементы физики атомного ядра и элементарных частиц [16]. Системность должна отражаться и в преподавании курса, каждого ее раздела и темы. В методике преподавания физики созданы и обоснованы схемы фундаментальных физических теорий, физических картин мира, фундаментальных физических идей [2-4]. Они позволяют структурировать знания курса физики на любом уровне, главным образом, на уровне целого раздела или темы.

Особое значение структурирование знаний общей физики приобретает при проведении очных и дистанционных занятий в вузе [25]. Современный преподаватель помогает студентам получать информацию структурировано, доступно, быстро, наглядно, заставляя их думать и выстраивать логические связи. Для дистанционных лекций ценно предоставлять студентам возможность видеть подробный конспект на протяжении всей лекции, благодаря этому, они становятся более структурированы и наглядны [5; 18].

В модели курса физики для общего образования на первом месте стоит реализации принципа системности, который предполагает обобщение материала вокруг фундаментальных физических теорий, а также создание системы средств обучения по всему курсу физики и комплектов средств обучения по каждой теории [11; 14].

Различные способы структурирования материала представлены в структурно-логических схемах (СЛС). В ходе исследования в первую очередь мы выясняли, какие виды СЛС существуют в теории и практике обучения физике в настоящее время; какие виды структурно-логических схем необходимы, но на данный момент отсутствуют.

Цель статьи – создание структурно-логических схем, отражающих связь классических, релятивистских и квантовых теорий (на примере механики); показывающих значение и место физических теорий в соответствии с масштабами и скоростями их объектов; обоснование методики применения данных схем при обучении студентов общей физике, построенной на основе предваряющего обобщения для осознания студентами места физической теории в системе физических знаний, и итогового обобщения для понимания ими специфики методологических представлений данной физической теории.

Материалы и методы

При решении вышеописанной проблемы использовались: метод структурно-логического анализа курса общей физики с выделением элементов знаний, метод систематизации, основанный на выяснении связи между физическими теориями и метод обобщения, приводящий к построению новых обобщенных схем этого курса.

Использовались статьи российских и зарубежных авторов, раскрывающие требования к современным выпускникам вузов, в том числе технических вузов, в рамках современной парадигмы высшего образования [1; 5; 19] и др. Применялись монографии, посвященные реализации системного подхода к построению содержания курса физики для средней школы, технологий и методик обучения физике в школе и вузе [4; 11; 14].

Анализировались монографии и учебные пособия, раскрывающие различные способы систематизации физических знаний в науке и образовании. К ним относятся классические работы по систематизации естественнонаучных знаний [2], обобщению физических знаний вокруг фундаментальных физических теорий [3], структурированию знаний физических картин мира [12; 14] и фундаментальных физических идей [4]. Использовались статьи философов естествознания по проблемам эволюции физических теорий и современные модели их построения с учетом всех фундаментальных физических взаимодействий [13; 17].

Анализировались учебные пособия по элементарной и общей физике для технических вузов и созданные российскими авторами опорные конспекты и систематические схемы их изучения [10; 15; 16], а также учебно-методические пособия по отдельным разделам курса физики для различных специальностей технических вузов [6-9]. Применялись российские и зарубежные исследования, показывающие значение структурно-логических схем в современных условиях дистанционного образования [20; 21; 23-25] и др.

Схемы в преподавании курса общей физики

Применение СЛС широко обсуждается в отечественной дидактике и методике преподавания физике. В учебных курсах физики и других естественнонаучных дисциплин используются схемы разного уровня обобщения и систематизации. Для курса школьной и общей физики наиболее распространены *систематические схемы*, которые последовательно в соответствии с логикой изложения материала раскрывают основные понятия и законы каждой темы курса [15; 20]. *Систематические схемы, как правило, используются преподавателями и студентами в качестве опорных конспектов на любом этапе процесса обучения.*

Наряду с систематическими в методике преподавания физике выделяют *обобщенные схемы, материал в которых представлен в соответствии со структурой крупных методологических образований: фундаментальной физической теории, физической картины мира, фундаментальной физической идеи и т.п.* В обобщенных схемах представлено системное изложение курса физики, например для каждой физической теории определены: основание, ядро и следствия. Для фундаментальных естественнонаучных и физических теорий такие схемы созданы Л.Я. Зориной [2], И.С.

Карасовой [3] и др. В рамках разделов применяется структурирование знаний вокруг частных физических теорий. Такие обобщенные схемы для отдельных разделов курса общей физики представлены в методическом пособии [3].

Схемы изучения физических картин мира, созданы Г.Я. Мултановским [12] и Н.С. Пурышевой [14]. Для каждой физической картины мира (механической, электродинамической и квантово-релятивистской) структуру образуют: основные философские понятия, фундаментальные физические теории и обеспечивающие связь этих теорий методологические принципы. Для каждой ФКМ показаны фундаментальные физические взаимодействия и методологические принципы, связывающие классические, релятивистские и квантовые физические теории. Показана эволюция науки физики как переход от механической картины мира к электродинамической, а затем к квантово-релятивистской. В исследовании [4] раскрыты схемы изучения фундаментальных физических идей.

Но предложенных обобщенных СЛС недостаточно для курса общей физики, так как они не показывают различия между классическими, релятивистскими и квантовыми теориями и их место в описании Вселенной. Необходимо показать принципиальные отличия в этих теориях, с одной стороны, и преемственность, с другой стороны. Такие схемы позволили бы сформировать у студентов современное научное квантово-релятивистское мировоззрение, которое не ограничивается знаниями общей физики. Конечно, элементы этих знаний отражены в учебниках по общей физике, но не во всех и недостаточно подробно для решающего влияния на мировоззрение.

Очень мало обобщенных СЛС, чей вклад позволяет понять связи, эволюцию и развитие объектов и теорий в разных областях естествознания. К таким схемам относятся: в химии периодическая система Д.И. Менделеева, в астрономии схема Гершпрунга-Рассела, в физике куб Зельманова и др. Периодическая система Д.И. Менделеева позволяет объяснить строение и свойства химических элементов, закон периодического изменения свойств элементов в зависимости от строения атомов. На основании периодической системы можно предсказывать физические и химические свойства новых элементов.

Вторая схема – диаграмма Герцшпрунга – Рассела объясняет свойства звезд в зависимости от их расположения в системе координат Спектр-Светимость и дает практически полное представление о многообразии и эволюции звезд. Положение звезд по вертикальной оси зависит от силы свечения, а по горизонтальной – от температуры. На диаграмме звезды делятся на три четко выраженные последовательности: главную последовательность, выше которой находятся красные гиганты и сверхгиганты и ниже ее – белые карлики. Эволюция звезд протекает в направлении от белых карликов к звездам главной последовательности, затем к красным гигантам.

В физике и космологии достаточно много схем, *показывающих эволюцию физических теорий.* Развития физических теорий подчиняется принципу соответствия: новая теория превращается в старую при стремлении фундаментальных постоянных к нулю или бесконечности. В настоящее время считают, что предельный переход должен осуществляться по безразмерным параметрам: отношению физических величин к фундаментальным постоянным.

К СЛС, интерпретирующим эволюцию физических теорий, относятся модели, авторами которых являются: М. Планк (1914 г.), Г. Гамов, Д.Д. Иваненко, Л.Д. Ландау (1927 г.), М.П. Бронштейн (1932), В. Паули (1934 г.), А. Зельманов (1964 г.), М. Штраус (1966 г.) [14]. Длительное время приоритет принадлежал модели «куб

Зельманова». Однако эта модель учитывала только гравитационное взаимодействие, в ней не отражались другие, уже известные, электромагнитное, слабое и сильное взаимодействия.

В своем исследовании К.А. Томилин предложил более современную модель эволюции физических теорий. В его модели учтена теория взаимодействий и логическая структура современных разделов физики [17]. Эволюция физических теорий в этой модели показана на рис. 1.

Рисунок 1 Эволюция физических теорий

На рисунке 1 представлены основные физические теории, в скобках показаны физические константы, которые играют фундаментальную роль в этих теориях, стрелки показывают направление перехода от старой теории к новой.

«I – классическая механика, II – релятивистская механика, III – квантовая механика, V – релятивистская квантовая теория; далее теории взаимодействия – VII – ньютоновская теория тяготения, IV – максвелловская электродинамика, VIII – релятивистская теория тяготения (ОТО), X – теория слабого взаимодействия, XII – квантовая хромодинамика, VI – квантовая электродинамика (КХД), XI – теория электрослабого взаимодействия, а также пока несуществующие теории – IX – релятивистская квантовая теория гравитации, XIII – квантовая теория поля, объединяющая теорию электрослабого и сильного взаимодействий, XIV – единая теория» [18].

«Точка с запятой отделяет два класса фундаментальных постоянных друг от друга – фундаментальные постоянные, являющиеся абсолютными масштабами Природы, и константы связи, характеризующие «силы» взаимодействий. k_g , k_e , k_w , k_s – размерные константы связи, соответственно, гравитационного, электромагнитного, слабого и сильного взаимодействий: $\Lambda \approx 0,3$ ГэВ – энергия конфайнмента кварков (фундаментальный масштаб энергии, связанный с развитием квантовой хромодинамики). С учетом существования в КХД этой фундаментальной размерной постоянной Λ , следует ожидать, что эта постоянная будет играть фундаментальную роль также и в объединенной теории, описывающей электромагнитные, слабые и сильные взаимодействия, которая, возможно, будет построена в ближайшие годы» [17].

Таких схем в вузовских учебниках общей физики, по понятным причинам, нет. В самом деле, осмыслить все константы и переходы от одной теории к другой можно лишь имея все необходимые знания основ этих теорий.

Результаты исследования

Мы предлагаем *обобщенную* схему «Структура механики». В ней отображаются методологические представления классической, релятивистской и квантовой механики. С ее помощью можно осознать связь классической и современной физики, наглядного и понятного всем макромира с недоступными непосредственному восприятию микро- и мега- мирами, осознать законы микро- и мега- миров, убедиться в их справедливости. Эта схема представлена в таблице 1.

Таблица 1

Схема «Структура механики»
(классическая, релятивистская и квантовая механика)

Элементы структуры физических теорий	Классическая механика	Релятивистская механика (СТО)	Квантовая механика
Основания теорий			
Объекты теории	Объекты макромира	Пространство и время	Объекты микромира (микрочастицы)
Предмет изучения теории	Механическое движение	Событие – релятивистское физическое явление	Квантово-механическое движение
Границы применимости	$v \ll c$	$v \rightarrow c$	$v \ll c, \lambda_{\text{б}} \geq L$
Эмпирический базис или система аксиом	Опыты Галилея и Кеплера	Опыты по определению скорости света Майкельсона и Морли	Постулаты Бора, опыты Резерфорда, постулат Планка
Ядро теорий			
Идеализированные объекты	Материальная точка, абсолютно твердое тело, абсолютное пространство и время	Идеальное, точечное событие, собственная система отсчета, собственное и координатное время	Волна де Бройля, волновая функция, действие, волновой пакет, свободная частица, связанная частица
Группа понятий	Механическое движение и его виды, кинематические и динамические величины	Событие, относительность, абсолютность, собственная СО, скорость света, интервал	Квантово-волновой дуализм, волна и частота микрочастицы, энергия и импульс микрочастицы, волна вероятности
Основные законы и принципы	Три закона Ньютона, закон Всемирного тяготения, принцип относительности Галилея, законы сохранения	Постулат постоянства скорости света, Принцип относительности Эйнштейна	Дискретность, корпускулярно-волновой дуализм, соотношение неопределенностей Гейзенберга, уравнение Шредингера
Приложения теорий			
Следствия	Движение тел под действием нескольких сил	Относительность одновременности и расстояний, релятивистский закон сложения скоростей	Квантование энергии объектов, туннельный эффект, квантово-механический осциллятор
Практические приложения	Механизация производства	Космонавтика и ядерная физика	Полупроводники и лазеры. Нанотехнологии и nano-машины.

На схеме, представленной в Таблице 1, показаны основания физических теорий: объект, предмет, границы применимости и эмпирический базис. Объекты теорий характеризует отнесенность к определенным масштабам Вселенной. Предметы теорий характеризуют явления, которые этой теорией описываются. Границы применения теорий показывают их связь. Известно, что релятивистские и квантовые теории переходят в классические при определенных условиях перехода: $v \ll c$ и $\lambda_b < L$, где v – скорость объектов, c – скорость света, λ_b – длина волны де Бройля, L – размер области, в которой объект находится.

В основания физических теорий входят идеализированные объекты, группа понятий, основные законы и принципы. Приложения физических теорий образуют уравнения – следствия основных законов и практические приложения. Заполнение всех структурных элементов физических теорий представлено в таблице 1.

Обобщенные схемы, показывающие связи между классическими, квантовыми и релятивистскими теориями необходимо показывать студентам в начале и в конце изучения соответствующих разделов курса общей физики. Такие приемы помогут проще объяснять различия между элементами структуры этих теорий и выходить за рамки обыденных представлений об окружающем нас мире, будить интерес к современной физике и формировать научное квантово-релятивистское мировоззрение.

Схема «Масштабы Вселенной – Скорости» представлена в таблице 2. Эта схема показывает место классических, квантовых и релятивистских физических теорий в системе «Масштабы Вселенной – Скорости». Отметим, что рассматриваются только физические теории, изучаемые в курсе общей физики технического вуза [7-9]. В горизонтальной строке представлены размеры (в метрах) объектов Вселенной в виде степеней числа 10. Им соответствуют определенные численные значения, начиная с 10^{-17} м и заканчивая 10^{25} м, достигаемые человеком нижняя и верхняя границы Вселенной, соответственно.

Таблица 2

Схема «Масштабы Вселенной – Скорости»

V, км/ч	Физические теории									
10 ⁹	Квантовая физика, в том числе квантовая механика, физика атома и атомного ядра, физика элементарных частиц. Специальная теория относительности. Классическая электродинамика	Классическая электродинамика Специальная теория относительности					Квантовая физика. Специальная теория относительности Общая теория относительности			
10 ⁸										
10 ⁷										
10 ⁶										
10 ⁵		Молекулярно-кинетическая теория. Классическая электродинамика	Классическая механика. Классическая термодинамика. Геометрическая оптика. Волновая оптика Классическая электродинамика							
10 ⁴										
10 ³										
10 ²										
10										
0										
10 ⁻¹⁷	10 ⁻¹⁵ -10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹⁰ -10 ⁻⁵	10 ⁻⁵	10	10 ⁵	10 ¹⁰	10 ¹⁰ -10 ¹⁵	10 ²⁰	10 ²⁵	L, м
Нижняя граница	Ядро – атом	Атом – молекула	клетка	человек	Земля	звезда	Звезда – созвездие	Галактика	Верхняя граница	
	микромир		макромир			мегамир				

– миру молекул и атомов и имеют масштабы от 10^{-5} до 10^{-10} м. Когда говорят о скорости в статистической теории, имеют в виду одну из средних скоростей объектов. Так, средняя квадратичная скорость молекул газа определяется исходя из возможных температур. Нулевая температура абсолютной шкалы – это абсолютный ноль $0\text{ K} = -273^\circ\text{C}$, самая низкая температура в природе. В настоящее время достигнута самая низкая температура – $0,0001\text{ K}$. При обычной температуре (0°C) средняя квадратичная скорость молекулы водорода примерно 2 км/с , то есть $7,2 \cdot 10^3\text{ км/ч}$, и чем массивнее молекула, тем меньше ее скорость. При повышении температуры среднеквадратичные скорости молекул увеличиваются. А при понижении скорость уменьшается. У молекул водорода при $T = 0,1\text{ K}$ скорость меньше 10 км/ч . Следовательно, в молекулярной физике нижняя граница соответствует скоростям меньшим этой скорости, но не равным нулю. Верхняя граница порядка 10^5 км/ч , что соответствует скоростям молекул газа в недрах звезд и в эпицентре термоядерного взрыва. Как видно из таблицы 2, границы размеров объектов и скоростей довольно условны и практически везде перекрываются.

Классическая электродинамика изучает движение и взаимодействие электрических зарядов, причем взаимодействие осуществляется посредством электромагнитного поля. Носителем электрического заряда являются элементарные частицы. Самая маленькая из них – электрон – имеет классический радиус $2,82 \cdot 10^{-15}\text{ м}$. К заряженным частицам относятся также положительные и отрицательные ионы, поэтому на первый взгляд можно утверждать, что объекты классической электродинамики занимают области микромира от 10^{-10} до 10^{-15} м . Однако, согласно шкале электромагнитных волн, предмет классической электродинамики – электромагнитное поле – занимает все области Вселенной от микромира до мегамира. И объекты электродинамики движутся со скоростями от нуля до скорости света.

Квантовые теории описывают объекты микромира от молекул до элементарных частиц (от 10^{-15} – 10^{-5} м). Нижней границей микромира, достигаемой в науке в настоящее время, является размеры 10^{-17} м . Это на два порядка меньше размеров атомного ядра. Объекты квантовых теорий могут иметь нерелятивистские скорости (как объекты квантовой механики), и релятивистские скорости с большими энергиями (как объекты квантовой электродинамики). Квантовые теории являются более общими и, в определенном пределе, переходят в классические теории.

Квантовая физика в учебнике общей физики представлена частными теориями, которые являются основами описания атома, атомного ядра, микрочастиц, их взаимодействий и превращений. Для этих теорий скорости объектов находятся в широких пределах, вплоть до скорости света. В курсе общей физики технического вуза изучаются только элементы квантовой теории поля.

Квантовая механика изучает явления, происходящие с микрочастицами в диапазоне размеров атома (10^{-10} м). Движущаяся частица обладает волновыми свойствами, если длина волны де Бройля частицы ($\lambda_B = \hbar/p$) сравнима или больше размера области движения частицы (L). К характеристикам объектов квантовой механики относятся корпускулярно-волновой дуализм и нерелятивистские скорости. Предметом изучения квантовой механики является квантово-механическое движение: движение частицы в ящике (потенциальной яме), преодоление частицей потенциального барьера, квантово-механический осциллятор. В условиях $\lambda_B \ll L$ выводы квантовой механики совпадают с результатами классической механики. Корпускулярно-волновой дуализм приводит к неопределенности в описании параметров частиц, ко-

торая фиксируется в соотношении неопределенностей Гейзенберга ($\Delta x \cdot \Delta p \geq \hbar$ или $\Delta E \cdot \Delta t \geq \hbar$, где $\hbar = h/2\pi$).

Мегамир (от 10^5 до 10^{25} м) описывают в основном общая и специальная теории относительности и квантовые теории. В общей физике рассматриваются две релятивистские теории – специальная и общая теории относительности. Объектом этих теорий является пространственно-временной континуум. В специальной теории относительности изучается изменение метрики пространства-времени при движении объектов с релятивистскими скоростями. В общей теории относительности исследуется изменение метрики пространства-времени в связи с действием гравитации.

Специальная теория относительности – релятивистская теория пространства и времени, которые и являются объектами данной теории. Более того, пространство и время относительны (зависят от скорости движения) и связаны друг с другом и движущейся материей. Поэтому предмет СТО – событие – представляет собой изменение метрики пространства и времени в зависимости от скорости движения, которая стремится к скорости света $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. Нужно отметить, что СТО охватывает области микро-, макро- и мега- миров, но их материальные объекты и явления не являются объектами изучения данной теории. В условиях $v \ll c$, законы специальной теории относительности преобразуются в законы классической механики.

Общая теория относительности (ОТО) – теория тяготения, созданная А. Эйнштейном и связанная с областями микро- и мега- миров и любыми скоростями, вплоть до релятивистских. В основе ОТО находятся принцип эквивалентности и общий принцип относительности. Согласно принципу эквивалентности действие силы инерции локально эквивалентно действию силы тяжести для любых физических процессов. В силу этого принципа действие гравитации приводит к изменению метрики пространства-времени. Общий принцип относительности требует, чтобы математические уравнения движения были инвариантны относительно любых преобразований координат, задающих переход из одной системы отсчета в другую.

ОТО подтверждается наблюдениями в астрономии. Первым подтверждением ОТО стало объяснение аномальной прецессии перигелия Меркурия. Затем в наблюдении было зафиксировано отклонение света от прямолинейного вблизи Солнца в момент полного солнечного затмения и гравитационное красное смещение. ОТО также предсказала существование черных дыр – областей с колоссальной гравитацией. Практическими приложениями ОТО являются системы спутниковой навигации. Изменение частоты радиоволн под действием гравитационного поля учитывают при работе с космическими кораблями.

Обсуждение результатов

Результатами нашего исследования являются две структурно-логические схемы: первая иллюстрирует отличия и связи классических, релятивистских и квантовых теорий (на примере механики), вторая – значение и место каждой изучаемой в вузе физической теории в соответствии с масштабами и скоростями ее объектов. Мы согласны с методологами естествознания в необходимости структурирования физических знаний вокруг фундаментальных физических теорий и физических картин мира [2; 3; 12] и др. Однако в нашей структурно-логической схеме «Структура механики» показана и эволюция физических теорий: как изменяются законы и методы механики в зависи-

мости от масштабов объектов. Кроме того, мы с помощью вышеупомянутых схем добиваемся от студентов понимания непостижимого для мышления обычного человека микромира, когда объект может быть одновременно частицей и волной, когда невозможно одновременно определить его координату и импульс. На первом же занятии по общей физике в вузе показываем многообразие объектов, их свойств и законов окружающего нас материального мира.

В схеме «Масштабы Вселенной-скорости» иллюстрируется тот факт, что все области Вселенной от микро- до мегамира и все области скоростей описываются той или иной физической теорией. Следовательно, во Вселенной нет места ненаучным трактовкам и потусторонним силам, т.к. для каждого объекта в зависимости от его масштаба и скорости существуют свои физические законы. Объяснение мира осуществляется по физическим законам, а не по желанию лженаучных толкователей. Этим мы усиливаем вклад физики в научное современное квантово-релятивистское мировоззрение.

Мы не можем в рамках программы по физике для технических вузов описать эволюцию физических теорий с учетом всех фундаментальных физических взаимодействий, как это делают авторы [13; 17]. Однако, наши схемы дают студентам шанс понять эволюцию физических теорий от классических к квантовым и релятивистским.

К результатам нашего исследования относится и методика применения этих схем, предполагающая, в первую очередь, определить значение и место физической теории в системе физического знания – мы назвали это «предваряющее обобщение». Во вторую очередь, методика требует изучение студентами всех элементов физической теории как крупной методологической единицы естествознания. В нашей методике это называется итоговым обобщением. Наш подход, по сути, является реализацией системного подхода в преподавании физики и распространяется и на содержание, и на технологии обучения.

Предлагаемая нами методика предполагает использование систематических схем в процессе изучения курса общей физики. В этом мы согласны с авторами [10; 15].

Мы внесли свой скромный вклад в методическую науку, но в мировоззрении современных студентов технических вузов несмотря на краткость программы по физике должны быть более существенные изменения, связанные с научным пониманием и методологической трактовкой физических теорий, их структуры и содержания, областей действия. Именно эти требования к качествам современного студента освещают в своих трудах российские и зарубежные ученые [1; 19; 22].

Заключение

Будущему инженеру нужны фундаментальные знания физики, но они должны быть хорошо структурированы. При изучении курса общей физики в техническом вузе необходимо применять два вида структурно-логических схем: систематические и обобщенные. Обобщенные схемы нужны в начале и конце изучения разделов, с их помощью осуществляется предварительное и итоговое обобщение. Систематические схемы применяются в процессе изучения разделов и выполняют роль опорных конспектов, усиливая тем самым наглядность темы. В начале и конце изучения курса следует применять обобщенную схему «Масштабы Вселенной – Скорости», показы-

вающая значение и место каждой физической теории во Вселенной и формирующая представление о многообразии материальных объектов, их законов, границ применимости этих законов и формирующее современное квантово-релятивистское мировоззрение.

Благодарности

Выражаем благодарность научному редактору журнала «Перспективы науки и образования»

ЛИТЕРАТУРА

1. Зеленев В.М., Кустов А.И. Формирование профессиональных качеств выпускников вузов в процессе научно-исследовательской деятельности // Перспективы науки и образования. 2018. № 1 (31). С. 49-59.
2. Зорина М.Я. Дидактические аспекты естественнонаучного образования: Монография. М.: РАО, 1993. 163 с.
3. Карасова И.С., Потапова М.В., Пекин П.В. Фундаментальные физические теории в школе: Учебное пособие. Челябинск: Изд-во Челяб. гос. пед. ун-та, 2016. 336 с.
4. Кочергина Н.В. Система методологических знаний в курсе физики средней школы: Учеб. пособие для студентов педвузов. 2-е изд., исправл. Благовещенск: Изд-во БГПУ, 2007. 227 с.
5. Ломакина Е.В., Герасимова Э.О., Бею В.В. Активные технологии обучения при проведении занятий по курсу физики при подготовке бакалавров по направлению подготовки 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья // Теория и практика современной науки. № 7. 2018. С. 156-160.
6. Ломакина Е.В. Физика. Механика: Учебное пособие. Москва: МГУПП. 178 с.
7. Ломакина Е.В. Физика. Тепловое излучение. Элементы квантовой оптики: Учебное пособие. Курск: ЗАО «Университетская книга», 2020. 87 с.
8. Ломакина Е.В. Физика. Интерференция и дифракция света: Учебное пособие. Москва: МГУПП, 2009. 115 с.
9. Ломакина Е.В. Физика. Поляризация света: Учебное пособие. Москва: МГУПП, 2010. 73 с.
10. Марон Е.А. Опорные конспекты и разноуровневые задания. Физика. 11 класс. СПб.: ООО «Виктория плюс», 2013. 80 с.
11. Машиный А.А. Теоретические основы создания и применения технологий обучения физике: Монография. Москва. 1999. 180 с.
12. Мултановский Г.Я. Физические взаимодействия и картина мира в школьном курсе физики. М.: Просвещение, 1977. 168 с.
13. Окунь Л.Б. О статье Г. Гамова, Д. Иваненко и Л.Ландау «Мировые постоянные и предельный переход» // Ядерная физика, 2002. Т. 65. № 7. С. 1403-1405.
14. Пурешева Н.С. Дифференцированное обучение физике в средней школе. М.: Прометей, 1993. 161 с.
15. Трофимова Т.И. Физика в таблицах и формулах: Учеб. пособие для студентов вузов. М.: Дрофа, 2002. 432 с.
16. Трофимова Т.И. Курс физики: учеб. пособие для вузов. 11-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2006. 560 с.
17. Томилин К.А. Фундаментальные постоянные и модели эволюции физики // Исследования по истории физики и механики, 2000. М.: Наука, 2001. С. 181-204.
18. Филиппова Ю.А., Ломакина Е.В. Особенности преподавания дисциплин физико-математического цикла в условиях дистанционного обучения // в сборнике конференции Актуальные проблемы преподавания математических и естественно-научных дисциплин в образовательных организациях высшего образования. Кострома, 2021. С. 425-432.
19. Balykhin M.G., Stroeve V.V., Babin Yu.V., Udina T.P. Approaches to develop human capital in Russian Science and higher education // EDULEARN 18. Conference proceedings. 2018. С. 8070-8077.
20. Mashinyan A.A., Kochergina N.V. Dynamic means of graphical clarity // The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EpSBS. 2019. С. 432-439.
21. Kochergina N.V. Mashin'ian A.A. Determination of content of distance course of physics for secondary school // International Conference on Education Environment for the Information Age. SHS Web of Conferences. T. 29. 2016. doi: 10.1051/shsconf/20162901034.
22. Subarna Sivapalan, Michael J. Clifford & Sarah Speight (2016) Engineering education for sustainable development: using online learning to support the new paradigms, Australasian Journal of Engineering Education, 21:2, 61-73, DOI: 10.1080/22054952.2017.1307592
23. Pamela Mulhall & Richard Gunstone (2012) Views About Learning Physics Held by Physics Teachers with Differing

- Approaches to Teaching Physics, *Journal of Science Teacher Education*, 23:5, 429-449, DOI: 10.1007/s10972-012-9291-2
24. Engström, S., Carlhed, C. Different habitus: different strategies in teaching physics? Relationships between teachers' social, economic and cultural capital and strategies in teaching physics in upper secondary school. *Cult Stud of Sci Educ* 9, 699–728 (2014). <https://doi.org/10.1007/s11422-013-9538-z>
 25. Paul Gorsky, Avner Caspi & Ricardo Trumper (2004) Dialogue in a distance education physics course, *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 19:3, 265-277, DOI: 10.1080/0268051042000280129

REFERENCES

1. Zelenev V.M., Kustov A.I. Formation of professional qualities of university graduates in the process of research activity. *Perspectives of science and education*, 2018, no. 1 (31), pp. 49-59. (in Russ.)
2. Zorina M.Y. Didactic aspects of natural science education: Monograph. Moscow, RAO Publ., 1993. 163 p. (in Russ.)
3. Karasova I.S., Potapova M.V., Pekin P.V. Fundamental physical theories at school: Tutorial. Chelyabinsk, Chelyab. gos. ped. univ. Publ., 2016. 336 p. (in Russ.)
4. Kochergina N.V. The system of methodological knowledge in the course of physics of secondary schools: Textbook for students of pedagogical universities. Blagoveshensk, Publishing house of BGPU Publ., 2007. 227 p. (in Russ.)
5. Lomakina E. V., Gerasimova E. O., Beyu V. V. Active learning technology in the course of physics in the preparation of bachelors in training 19.03.02 food products from vegetable raw materials. *The theory and practice of modern science*, 2018, no. 7, pp. 156-160. (in Russ.)
6. Lomakina E.V. Physics. Mechanics: Textbook. Moscow, MSUPP Publ., 178 p. (in Russ.)
7. Lomakina E.V. Physics. Thermal radiation. Elements of quantum optics: Tutorial. Kursk: ZAO "University Book", 2020. 87 p. (in Russ.)
8. Lomakina E.V. Physics. Interference and diffraction of light: Tutorial. Moscow, MSUPP Publ., 2009. 115 p. (in Russ.)
9. Lomakina E.V. Physics. The polarization of light: Textbook. Moscow, MSUPP Publ., 2010. 73 p. (in Russ.)
10. Maron E.A. Reference notes and multilevel tasks. Physics. 11th grade. Saint-Petersburg, Victoria Plus LLC Publ., 2013. 80 p. (in Russ.)
11. Mashinian A.A. Theoretical foundations of the creation and application of physics learning technologies: Monograph. Moscow, 1999. 180 p. (in Russ.)
12. Multanovsky G.Y. Physical interactions and the picture of the world in the school course of physics. Moscow, Prosveshcheniye Publ., 1977. 168 p. (in Russ.)
13. Okun L.B. On the article of G.Gamov, D.Ivanenko, and L.Landau "The World Constants and Ultimate Transition" (in Russian). *Jadernaya Fizika*, 2002, vol. 65, no. 7, pp. 1403-1405. (in Russ.)
14. Puryшева N.S. Differentiated Teaching of Physics at Secondary School. Moscow, Prometheus Publ., 1993. 161 p. (in Russ.)
15. Trofimova T.I. Physics in Tables and Formulas: Textbook for High School Students. Moscow, Drofa Publ., 2002. 432 p. (in Russ.)
16. Trofimova T.I. Physics Course: Textbook for Higher Education Institutions. 11th ed. Moscow, Academia Publishing Center, 2006. 560 p. (in Russ.)
17. Tomilin K.A. Fundamental Constants and Models of Physics Evolution. *Studies in History of Physics and Mechanics*, 2000. Moscow, Nauka Publ., 2001. pp. 181-204. (in Russ.)
18. Filippova Y.A., Lomakina E.V. Features of teaching subjects of physics and mathematics cycle in distance learning. *In the collection of conference Actual problems of teaching mathematics and natural science disciplines in educational institutions of higher education*. Kostroma, 2021. pp. 425-432. (in Russ.)
19. Balykhin M.G., Stroev V.V., Babin Yu.V., Udina T.P. Approaches to develop human capital in Russian Science and higher education. *EDULEARN 18. Conference proceedings*, 2018. pp. 8070-8077.
20. Mashinyan A.A., Kochergina N.V. Dynamic means of graphical clarity. *The European Proceedings of Social & Behavioural Sciences EpSBS*, 2019, pp. 432-439.
21. Kochergina N.V. Mashin'ian A.A. Determination of content of distance course of physics for secondary school. *International Conference on Education Environment for the Information Age. SHS Web of Conferences*, 2016, vol. 29. doi: 10.1051/shsconf/20162901034.
22. Sivapalan S., Clifford M. J., Speight S. Engineering education for sustainable development: using online learning to support the new paradigms. *Australasian Journal of Engineering Education*, 2016, vol. 12, no. 2, pp. 61-73. DOI: 10.1080/22054952.2017.1307592
23. Mulhall P., Gunstone R. Views About Learning Physics Held by Physics Teachers with Differing Approaches to Teaching Physics. *Journal of Science Teacher Education*, 2012, vol. 23, no. 5, pp. 429-449. DOI: 10.1007/s10972-012-9291-2
24. Engström S., Carlhed C. Different habitus: different strategies in teaching physics? Relationships between teachers' social, economic and cultural capital and strategies in teaching physics in upper secondary school. *Cult Stud of Sci Educ*, 2014, no. 9, pp. 699–728. DOI: 10.1007/s11422-013-9538-z
25. Gorsky P., Caspi A., Trumper R. Dialogue in a distance education physics course. *Open Learning: The Journal of Open, Distance and e-Learning*, 2004, vol. 19, no. 3, pp. 265-277. DOI: 10.1080/0268051042000280129

Информация об авторах

Кочергина Нина Васильевна

(Россия, г. Москва)

Профессор, доктор педагогических наук, профессор
кафедры физико-математических дисциплин
Московский государственный университет пищевых
производств

E-mail: kachergina@mail.ru

ORCID ID: 0000-0001-6841-6369

Scopus Author ID: 57211059901

ResearcherID: AAW-8448-2021

Машиньян Александр Анатольевич

(Россия, г. Москва)

Профессор, доктор педагогических наук, профессор
кафедры физики им. В.А.Фабриканта

Национальный исследовательский университет

«Московский энергетический институт»

E-mail: mash404@mail.ru

ORCID ID: 0000-0001-5937-9367

Scopus Author ID: 57211061596;

ResearcherID: AAW-8504-2021

Ломакина Елена Викторовна

(Россия, г. Москва)

Доцент, кандидат технических наук, заведующий
кафедрой физико-математических дисциплин
Московский государственный университет пищевых
производств

E-mail: elomakina@mgupp.ru

Information about the authors

Nina V. Kochergina

(Russia, Moscow)

Professor, Doctor of Pedagogical Sciences,
Professor of Physics and Mathematics Department
Moscow State University of Food Production

E-mail: kachergina@mail.ru

ORCID ID: 0000-0001-6841-6369

Scopus Author ID: 57211059901

ResearcherID: AAW-8448-2021

Alexander A. Mashinyan

(Russia, Moscow)

Professor, Doctor of Pedagogical Sciences,
Professor of the department of physics named after
V.A. Fabrikant

Moscow Power Engineering Institute (MPEI)

E-mail: mash404@mail.ru

ORCID ID: 0000-0001-5937-9367

Scopus Author ID: 57211061596;

ResearcherID: AAW-8504-2021

Elena V. Lomakina

(Russia, Moscow)

Associate Professor,
PhD in Technical Sciences,
Head of Physics and Mathematics Department
Moscow State University of Food Production

E-mail: elomakina@mgupp.ru