

УДК 53:001.102

**Смык Александра Федоровна**, д-р физ.-мат. наук, доц.,  
МАДИ, Россия, 125319, Москва, Ленинградский пр., 64, afsmyk@mail.ru

## **ИСТОРИКО-ИНДУКТИВНЫЙ И ЛОГИКО-ДЕДУКТИВНЫЙ МЕТОДЫ В КУРСЕ ФИЗИКИ**

**Аннотация.** В статье представлен ретроспективный взгляд на использование методов познания – индукции и дедукции при формировании учебного курса физики, предназначенного для инженерных специальностей высших учебных заведений. Выявлены характерные черты использования индукции и дедукции как методологической базы учебных курсов физики в разные периоды развития физики и изменений в системе инженерной подготовки.

**Ключевые слова:** индукция и дедукция, историко-индуктивный метод, гипотетико-дедуктивный метод, курс физики, высшее техническое образование, философия инженерии.

**Smyk Alexandra F.**, Doctor of Science, professor,  
MADI, 64, Leningradsky Prosp., Moscow, 125319, Russia, afsmyk@mail.ru

## **HISTORIC-INDUCTIVE AND LOGIC-DEDUCTIVE METHODS IN THE PHYSICS COURSE**

**Abstract.** In this article presents a retrospective view on the use of cognition methods – induction and deduction in the formation of a physics curriculum intended for engineering specialties of higher educational institutions. The characteristic features of the use of induction and deduction as a methodological basis of physics courses in different periods of the development of physics and the system of engineering training are revealed.

**Key words:** induction and deduction, historical-inductive method, hypothetical-deductive method, physics course, higher technical education, philosophy of engineering.

### **Введение**

Сегодня для очень многих школьников и студентов различных образовательных учреждений высшего образования, для которых физика не является будущей специальностью, эта учебная дисциплина представляется одной из самых сложных в понимании и от этого

нелюбимой. Часто в связи с этим вспоминают об «ужасно скучном» преподавании физики. Обращая внимание на проблемы преподавания физики, один из величайших физиков А. Эйнштейн говорил о том, что если после изучения физики в школе и университете у человека сохранилось желание заниматься этой наукой, значит это его призвание.

Проблему методики формирования учебного курса физики можно рассматривать с точки зрения его предназначения: для подготовки специалистов по физическим направлениям, для которых физика как наука является областью профессиональной деятельности, либо для подготовки специалистов в области профессионального физического образования, или для подготовки специалистов в различных областях техники и технологий. Исходя из приобретаемых компетенций в ходе обучения этих специалистов, курс физики имеет свою логику построения, глубину изложения. Объектом нашего рассмотрения являются вопросы формирования учебного курса физики для инженерно-технических специальностей в разные исторические периоды.

### **Развитие технического образования и трансформация отечественного курса физики**

Современное значение термина «инженер» происходит от латинского слова *ingenium*, что означает природные склонности, ум. Сегодня под этим термином прежде всего понимают человека, имеющего высшее техническое образование. В конце XIX – начале XX вв. в России сформировалась уникальная модель и концепция физико-технического образования, когда фундаментальное научное образование (изучение на высоком научном уровне математики, физики, химии и других естественно-научных дисциплин) заняло основное место в программах подготовки инженеров [1–3]. В этот период физика вошла в число основных дисциплин, а методика ее преподавания стала фундаментом

для изучения специальных инженерных дисциплин. Единой программы и учебника по физике не существовало, но цели, которые стояли перед авторами курсов физики, были наиболее полно сформулированы О.Д. Хвольсоном во введении к «Краткому курсу физики для медиков, естественников и техников», изданному в 1899 году. «Изучая явления, происходящие в неорганизованной материи, физика имеет три задачи: открыть, исследовать и объяснить явления» [4]. На этой триаде строились учебные курсы физики, в которых акцент делался, прежде всего, на эмпирический уровень познания. Внимание уделялось представлениям о внутреннем смысле эксперимента как научного опыта, воспроизводящего явление в идеализированной обстановке, допускающего обобщение, а не просто единичное наблюдение. Принципу индукции и индуктивных умозаключений уделялось особое внимание.

В связи с глубокими изменениями в физических представлениях на рубеже XIX и XX вв. учебный курс физики претерпел изменения, он расширился за счет включения новых разделов, таких как атомная и ядерная физика, квантовая физика. Новые разделы современной физики преимущественно были построены на основе дедуктивного метода с привлечением обширного математического аппарата. В этот период произошло четкое структурирование курса общей физики и теоретической физики. Собираемый термин «общая физика» стал применяться для обозначения курса физики, представляющего собой совокупность ряда вводных основных разделов физики. Обычно он разделен на 6 основных разделов: механика, молекулярная физика и термодинамика, электричество и магнетизм, оптика, атомная или квантовая физика и ядерная физика.

В середине XX в. один из первооткрывателей квантовой механики Л. де Бройль писал о том, что по мере развития науки инженер будет играть все более важную роль, поэтому для современного инженера возникает «необходимость знать последние научные результаты и всю

совокупность прошлых достижений..., что выражается в обязательном и постоянном повышении уровня обучения в инженерных школах... Чтобы высшее техническое образование было верно своей задаче, оно должно постоянно оставаться в контакте с реальностью» [5]. Именно в 1940-е гг. связь науки и техники становится более тесной благодаря революционным изменениям в физике и возникновению релятивистской и квантовой физики, способствовавшей быстрому развитию компьютерных технологий, реализации в США «Манхэттенского проекта», спутниковой программы в СССР. В этот исторический период науку и технику стали отождествлять, вводя понятие «научно-технический». В связи с этим курс физики, предназначенный для изучения в высших технических учебных заведениях, претерпел существенные изменения: в него вошли разделы теоретической физики, насыщенные вопросами теории вероятности, математической статистики, теории поля. Большую роль сыграл десяти томный «Курс теоретической физики» Л.Д. Ландау и Е.М. Лифшица (издание начато в 1930 г., а завершилось уже после смерти Ландау в 1979 г.), который был рассчитан на хорошо образованного читателя с основательной математической подготовкой и представлял собой образец использования дедуктивного метода. Кроме того, что этот курс стал интернациональным учебником, в нашей стране он приобрел канонический статус, ему стали следовать многие авторы, в нем показано, «как блестящее владение техникой решения задач способствует развитию плодотворных идей, как из нормы возникает что-то новое» [6]. Историк науки Карл Холл, изучая феномен «Курса теоретической физики» Ландау и Лифшица в культурно-историческом контексте, пришел к выводу: «Авторам Курса теоретической физики удалось скомпоновать цикл учебников, который стал универсальным, не будучи фундаментальным, и в то же время был скорее сборником повседневно используемых методов, чем исчерпывающим их собранием» [6, с. 162]. Хорошо известно

высказывание самого Ландау: «надо меньше думать об основах. Главное, чем надо овладеть, – это техникой работы, а понимание тонкостей само придёт потом» [7].

В СССР, с момента образования государства, издание учебников было объявлено «делом государственной важности». В периодической печати обсуждались вопросы создания новых «подлинно научных советских книг» для учебных заведений, в частности, преподавания физики в вузах. В этом обсуждении участвовали известные физики [8, 9], к вопросам преподавания физики в высших технических учебных заведениях подключилась Академия наук СССР [10]. Целенаправленная работа, которую возглавляли государственные и партийные органы, привела к унификации учебного курса физики, предназначенного для инженерно-технических специальностей. К характерным чертам стиля отечественных учебников можно отнести отказ от исторического подхода к изложению с описанием открытий и их авторов, наглядного подхода и описания эмпирических фактов, и подчинение структуры и содержания в целом логико-дедуктивному подходу.

В начале XXI в. в системе подготовки инженерно-технических кадров накопились определенные проблемы, требующие своего решения. Сегодня инженерное мышление и деятельность выделяются в особую область изучения, которую называют философией инженерии, отличной от философии техники [11]. Вопросы философии инженерии стали обсуждаться в конце XX в. в связи с переходом общества в новую фазу – фазу потребления товаров, что неизбежно влияет на инженерную деятельность, изменяет ее, инициирует развитие инженерной деятельности по созданию вещей. «Все инженерное сообщество трудится над производством благ, придумывая более прибыльные и уникальные проекты для привлечения клиентов» [12]. Исследователи в области философии инженерии считают, что в прошлом научные знания ошибочно

подменялись техническими и инженерными. Это породило убеждения в том, что техника является «прикладной наукой», или что инженерные знания «производны» от научных. История науки и техники содержит примеры, подтверждающие самостоятельное развитие технической и инженерной деятельности, которая предшествовала научной деятельности и способствовала формированию научных знаний [13, 14, 15].

В русском языке понятие «инженерия» близко к понятиям «технология» и «проект». Сегодня в системе образования мы наблюдаем переход к новой образовательной парадигме, в которой на первый план выходят технологии проектного или проектно-исследовательского обучения. Для успешного внедрения этих технологий необходимо как учебно-методическое обеспечение, так и материально-технические ресурсы, а также кадровое обеспечение. С появлением нового типа инженерного мышления проблемы преподавания физики выходят на новый уровень, отличный от существующих решений. Требуются иные подходы к формированию учебного курса физики, который по-прежнему является фундаментом для освоения узконаправленных, специальных технических дисциплин. Формирование курса физики для высшей школы неразрывно связано с уровнем подготовки по физике в средней школе; такая преемственность была характерна для отечественного образования в конце XIX – начале XX вв., когда профессорами университетов были созданы многие ставшие известными учебники по физике для средних учебных заведений (учебники К.Д. Краевича, А.В. Цингера, А.Ф. Малинина) [16]. Сегодня, основываясь на результатах международного сравнительного исследования качества математического и естественнонаучного образования российских учебников и экзаменационных заданий, сделан вывод о том, что в методике главенствует принцип «заучить как можно больше решений типовых задач» [17]. Эти исследования являются мониторинговыми и говорят

о подготовленности выпускников школы в области изучения физики и математики: самые высокие результаты имеют при выполнении заданий на воспроизведение знаний и самые низкие при выполнении заданий на рассуждение, заданий, требующих высокого уровня самостоятельности мышления, выдвижения научных гипотез и предложения способов их проверки. Преподаватели кафедр физики в технических вузах признают, что программа по физике в настоящее время рассчитана на абстрактно-логический уровень мышления и недоступна подавляющему большинству студентов [18]. Решение данной проблемы видится в изменении подходов обучения в средней школе, а также изменений в формировании учебного курса физики в высшей школе, предназначенного для подготовки бакалавров и специалистов по техническим специальностям.

### **Индукция и дедукция как методы научного познания**

Одной из многочисленных проблем, связанных с преподаванием физики, является соотношение индуктивного и дедуктивного методов познания при формировании учебного курса физики. В основе индуктивного (в переводе с латыни *inductio* – наведение) метода лежит рассмотрение от частного к общему, исторически последовательное изложение того или иного физического явления и его объяснение. Первый в России учебник физики – «Вольфианская физика» – появился в 1746 г. и представлял собой перевод с латинского на русский, выполненный М.В. Ломоносовым. По утверждению известного историка науки П.С. Кудрявцева, эта книга стала не только первым учебником по физике на русском языке, но в ней были заложены основы русского научного языка. Ломоносов перевел книгу, написанную Людвигом Тюммигом, учеником крупного немецкого философа и физика Христиана Вольфа, у которого в Марбургском университете с 1736 по 1739 гг. учился и сам Ломоносов. Обстоятельный учебник Тюммига на латинском языке был

составлен по трехтомному изданию труда Вольфа и является образцом преобладания индуктивного метода.

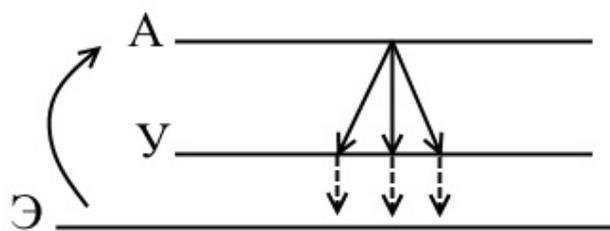
Важно отметить, что началам преобладания индуктивного метода изложения соответствовали успехи экспериментальной физики того времени. Были изобретены приборы, позволяющие проводить точные весовые, температурные, оптические, электрические и магнитные измерения. Среди них устройство для проверки законов свободного падения (Джордж Атвуд), барометр (Эванджелиста Торричелли), гигрометр и воздушный термометр (Гийом Амонтон), крутильные весы (Шарль Кулон), весовой ареометр и гидрометр (Уильям Никольсон). Изучение механики, оптики, тепловых, электрических и магнитных явлений протекало до известной степени обособленно. Шло тщательное количественное изучение отдельных явлений, установление экспериментальных фактов, частных закономерностей. Такого рода закономерности устанавливались при изучении окружающего материального мира еще в древности; дошедшие до нас сведения позволяют говорить о больших достижениях в Древней Греции.

Современная физика ведет свой отсчет со времени зарождения классической физики и первой современной теории – механики Ньютона. В ее основе лежит изобретенный Г. Галилеем «гипотетико-дедуктивный метод». В связи с этим Галилея называют «отцом современной физики», основателем экспериментально-математической науки, который «математизировал» природу [19]. Галилею принадлежат слова о том, что книга природы «написана на языке математики», а также следующее указание: «тот, кто хочет решать вопросы естественных наук без помощи математики, ставит неразрешимую задачу. Следует измерять то, что измеримо, и делать измеримым то, что таковым не является» [20].

Дедукция (латинская форма *deducere*) означает снижение, в этом методе мышления частное заключение выводится из общего.

В энциклопедическом словаре Брокгауза и Эфрона содержится толкование термина «дедукция»: «В состав каждого процесса Д. входят следующие элементы: положение, из которого делается вывод и которое в таком случае называется основанием; самый процесс выведения из основания мысли, в нем заключенной, и, наконец, вывод или мысль, добытая из основания и поставленная как отдельное положение. Положения, из которых делаются выводы, могут быть чрезвычайно разнообразны, но, в конце концов, сводятся к двум родам: самоочевидные истины (аксиомы) и обобщения, добытые из опыта». Здесь представлены основные этапы дедуктивного метода, который начинается с выдвижения гипотезы, поэтому его часто называют гипотетико-дедуктивным.

В области научного знания гипотетико-дедуктивный метод является наиболее универсальным. Очевидно, что индуктивный метод не позволяет вывести общее из единичного, он не позволяет перенести знания от известного к неизвестному. Накопление эмпирических фактов требует их объяснения на основе единообразного начала. Гипотеза или идея, которая выдвигается для этого объяснения, не является логическим следствием наблюдаемых фактов.



*Рис. 1. Схема научного познания А. Эйнштейна*

Рассматривая процесс мышления исследователя, изучающего физический мир, А. Эйнштейн предложил схему, которая сегодня лежит в основе структуры теоретической физики [21]. Схема Эйнштейна получила в работах известного историка науки Вл.П. Визгина название «дуги Эйнштейна» [22]. В основании лежит эмпирический уровень (Э),

от него вверх устремляется по дуге интуиции уровень аксиом (А) – основных понятий и законов теории, а из этих аксиом логически выводятся конкретные утверждения (У), которые согласуются с экспериментальными данными (рис. 1). В этой схеме, наряду с опытом и математикой, существенную роль играют интуиция и воображение. Об этой роли писал Эйнштейн: «Понятия никогда нельзя вывести из опыта безупречным образом... Не согрешив против логики, обычно никуда и не придешь ... Физические понятия суть свободные творения человеческого разума и неоднозначно определены внешним миром, как это иногда может показаться» [23].

Среди факторов, определяющих «дугу Эйнштейна», большую роль играет знание аналогий и их использование при решении задач, имеющих в своем основании различную физическую природу. Для немецких курсов физики, которые переводились на русский язык и рекомендовались в качестве учебных пособий Комитетом по высшему техническому образованию при ЦИК СССР в 1930-е гг., было характерно изложение физических явлений с помощью наглядных аналогий. Так, в учебнике известного немецкого профессора А. Берлинера, чьей памяти в 1947 г. посвятил свою книгу «История физики» Нобелевский лауреат М. Лауэ, раздел «Электричество» полностью построен на аналогиях электрического тока и течения воды: два заряженных тела с разными потенциалами уподобляют двум сосудам с различной высотой водного уровня, а соединяющий эти тела проводник – соединяющей сосудах трубке. Эта аналогия развивает воображение, наглядно позволяет уяснить понятие силы тока, законы Кирхгофа. Опыты Дж. Дж. Томсона, впоследствии усовершенствованные А. Милликенем, которые впервые позволили измерить элементарный заряд, также основывались на аналогии поведения иона служить центром конденсации водяного пара. В учебнике А. Берлинера подробно описывается идея Дж. Дж. Томсона: «Объем

воздуха, наполненный насыщенным водяным паром, ионизируется рентгеновскими лучами, затем резко расширяется, так что водяные капли образуются только на отрицательных ионах. Сначала определяют число этих капель в определенном объеме, зная вес осевших капель и массу одной капли (для этого определяют при помощи микроскопа ее диаметр и используют плотность). Затем измеряют суммарный заряд всех капель, который с помощью электрического поля переносится на пластинку, соединенную с электрометром» [24]. Еще один учебник – «Курс опытной физики» Э. Варбурга, который выдержал 4 издания на русском языке [25]. В одном томе были даны основные физические представления, систематизированные по отдельным частям от «Механики» до «Квантовой теории и атомной физики». К учебникам, которые широко использовались в технических вузах в 1920–1930-е гг., следует отнести «Курс физики для студентов, преподавателей и для самообразования» Э. Гримзеля, издание которого Г. Ландсберг назвал «в высокой мере своевременным» [26]. В него также были включены исторические примечания и справки, которые касались авторов и изобретенных ими приборов, описывались идеи, на которых основывались те или иные экспериментальные открытия. Признание одного из лучших учебников экспериментальной физики получил курс физики в трех томах «Введение в физику» Р. Поля, немецкого физика, одного из пионеров квантовой оптики.

Одним из примеров проявления «дуги Эйнштейна» является идея о корпускулярно-волновом дуализме материи Луи де Бройля, которая лежит в основе квантовой механики. Он развил теорию фазовой волны, сопровождающей движение любой микрочастицы, основываясь на оптико-механической аналогии. Экспериментальным подтверждением этой гипотезы явилась сначала дифракция электронов, а затем дифракция и других микрообъектов [27]. Как де Бройль пришел к своему теоретическому утверждению, можно понять, руководствуясь его же

словами: «Человеческая наука, по существу, рациональная в своих основах и по своим методам, может осуществлять свои наиболее замечательные завоевания лишь путем опасных внезапных скачков ума, когда проявляются способности, освобожденные от тяжелых оков строгого рассуждения, которые называют воображением, интуицией, остроумием» [28]. Рассуждая о дедукции, де Бройль писал о том, что дедуктивное рассуждение привлекает математический формализм, который придает точность и строгость научным теориям, и в этом заключается сильная сторона этого метода. Но, с другой стороны, нельзя выйти за рамки, установленные самой дедукцией, исходя из некоторой совокупности постулатов, она может дать лишь проверки или приложения. «Разрывая с помощью иррациональных скачков жесткий круг, в который нас заключает дедуктивное рассуждение, индукция, основанная на воображении и интуиции, позволяет осуществить великие завоевания мысли» [29].

По мере становления и развития теоретической физики в первой половине XX века математическая дедукция становится основным методом построения учебного курса физики. Главная роль отводится математике, она является языком для адекватного перевода гипотез и моделей реальности, позволяет выводить из исходных принципов многочисленные следствия, и это вселяет уверенность в истинность теории и приводит к мысли, что это и есть творение самой природы. Об этой опасности говорит французский физик-теоретик Ж. Лошак: «Опасность заключается в соблазне отождествить теорию с природой, а математику – с теорией, счесть, что мир является релятивистским и квантовым, тогда как он совсем не релятивистский и квантовый, а такой, какой он есть» [30]. В середине XX в. выдающийся математик и педагог Рихард Курант отмечал, что практикуемый некоторыми авторами метод обучения, основанный на использовании дедукции, узок и призывал к «здоровому

равновесию между абстрактной общностью и полнокровной конкретностью». Его мысли касались проблем, связанных с преподаванием математики: «Чрезмерное подчеркивание аксиоматико-дедуктивного характера математики представляется мне весьма опасным. Конечно, начало конструктивного творчества, интуитивное начало, являющееся источником наших идей и доводов в их пользу, с трудом укладываются в простые философские формулировки; и тем не менее именно это начало есть подлинная суть любого математического открытия, даже если оно относится к самым абстрактным областям. Если целью и является четкая дедуктивная форма, то движущая сила математики – это интуиция и конструкции» [31].

### **Заключение**

В настоящее время современная физика приобрела большую степень абстрактности; универсальной методологией в ней стало построение математических моделей и математическое моделирование. В связи с этим решение проблемы содержания и методики изложения вузовского курса физики представляется еще более сложным. При сочетании принципов научности и доступности, а также индуктивного и дедуктивного подходов, курс физики в техническом вузе должен способствовать развитию интуиции, любознательности, широты кругозора обучающихся. Для того чтобы физика не воспринималась как набор «каббалистических формул», следует обратить внимание на специфический язык инженерной деятельности, язык схем, диаграмм, графиков, позволяющий достичь максимальной доступности и наглядности в описании реальных физических экспериментов и явлений.

### **Список литературы**

1. Сапрыкин, Д.Л. Инженерное образование в России: история, концепция, перспективы / Д.Л. Сапрыкин // Высшее образование в России. – № 1. – С. 125–137.
2. Приходько, В.М. Становление высшего автомобильно-дорожного образования в России: монография / В.М. Приходько, А.Ф. Смык. – М.: МАДИ, 2015. – 164 с.
3. Смык, А.Ф. Исторический опыт реформирования инженерного образования в России / А.Ф. Смык // Вопросы истории естествознания и техники. – 2015. – Т. 36, № 3. – С. 537–558.
4. Хвольсон, О.Д. Краткий курс физики для медиков, естественников и техников. Ч. 3. Учение о теплоте / О.Д. Хвольсон. – СПб., 1900. – 305 с.
5. Бройль, Л. де. Роль инженера в век науки / Л. де Бройль // Бройль Л. де. Избранные научные труды. Т. 4. – М.: Изд-во «ПРИНТ-АТЕЛЬЕ», 2014. – С. 336.
6. Холл, К. «Надо меньше думать об основах»: Курс теоретической физики Ландау и Лифшица в культурно-историческом контексте: пер. с англ. Н.В. Вдовиченко / К. Холл // Исследования по истории физики и механики: 2004 / отв. ред. Г.М. Идлис. – М.: Наука, 2005. – С. 156–205.
7. Бессараб, М. Ландау: Страницы жизни / М. Бессараб. – 2-е изд. – М.: Московский рабочий, 1978. – 232 с.
8. Фок, В.А. За подлинно научную советскую книгу / В.А. Фок // Социалистическая революция и наука. – 1934. – № 3. – С. 94–123.
9. Суворов, Н.К. К вопросу об учебниках по физике / Н.К. Суворов // Книга и пролетарская революция. – 1933. – № 3. – С. 76–78.
10. Материалы сессии физической группы АН СССР по вопросам преподавания физики во вузах // Известия АН. Серия Физическая. – 1937. – № 1. – С. 29.

11. Лукьянчикова, А.В. Философия инженерии: продолжение философии техники или «ответ на вызов времени» / А.В. Лукьянчикова, Т.Л. Михайлова // Международный студенческий научный вестник. – 2016. – № 3 (4). – С. 583–584.
12. Михайлова, Т.Л. Вещь как текст: безмолвие вещи VS забвение мира / Т.Л. Михайлова // Антропологическая аналитика: сборник научных трудов / Нижегород. гос. техн. ун-т. – Н. Новгород, 2015. – С. 86–94.
13. Ли Бо Цун. Краткий обзор триады науки, техники и инженерии (на китайском языке) / Ли Бо Цун // Инженерные исследования: инженерия в междисциплинарном ракурсе. – Пекин, 2004. – С. 42–53.
14. Ли Бо Цун. «Мыслю, следовательно, существую» и «создаю вещи, следовательно, существую» – размышления о теории познания и инженерной философии (на китайском языке) / Ли Бо Цун // Философские исследования. – 2001. – № 1.
15. Философия науки и техники в Китае: история и современность / Бао Оу; Институт истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, Институт науки, техники и общества Университета Цинхуа. – М.: ИИЕТ РАН, 2014. – 416 с.
16. Смык, А.Ф. Ретроспективный взгляд на развитие курса физики в техническом университете / А.Ф. Смык, А.В. Пауткина // История и педагогика естествознания. – 2017. – № 2. – С. 31–33.
17. Демидова, М.Ю. Направления модернизации содержания школьного физического образования на основе результатов единого государственного экзамена и международных сравнительных исследований качества образования / М.Ю. Демидова, В.А. Грибов // Физика в системе современного образования (ФССО-2017): материалы XIV Междунар. науч. конф. (с. Дивноморское, 17–22 сентября 2017 г.). – Ростов н/Д: ДГТУ, 2017. – С. 337–339.

18. Кожевников, Н.М. Неклассические идеи в современном курсе общей физики / Н.М. Кожевников // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского политехнического университета. – 2014. – № 1 (4). – С. 236–242.

19. Горелик, Г.Е. Новые слова науки – от маятника Галилея до квантовой гравитации / Г.Е. Горелик. – М.: Изд-во МЦНМО, 2013. – 176 с.

20. Кузнецов, Б.Г. Развитие физических идей от Галилея до Эйнштейна в свете современной науки / Б.Г. Кузнецов. – М.: Изд. группа УРСС, 2010.

21. Эйнштейн, А. Письма к Морису Соловину / А. Эйнштейн // Эйнштейн А. Собрание научных трудов. Т. IV. – М.: Наука, 1967. – С. 547–475.

22. Визгин, В.П. Чем определяется «дуга Эйнштейна» / В.П. Визгин // Эйнштейн и перспективы развития науки / отв. ред. Е.А. Мамчур. – М.: Репроникс, 2007. – С. 20–24.

23. Эйнштейн, А. Эволюция физики / А. Эйнштейн, Л. Инфельд. – М.: Наука, 1965. – С. 30.

24. Берлинер, А. Курс физики в элементарном изложении: пер. с нем.; под ред. П.Н. Беликова, Г.С. Ландсберга / А. Берлинер. – 3-е изд., знач. перераб. – М.; Л.: ГТТИ, 1933.

25. Варбург, Э. Курс опытной физики: пер. с нем. Д.Д. Хмырева / Э. Варбург. – М.; Л.: ГТТИ, 1936. – 610 с.

26. Ландсберг, Г. Рецензия на книгу Э. Гримзель. Курс физики для студентов, преподавателей и для самообразования: пер. под ред. А. Бачинского. – М.; Л.: Гос. науч.-техн. изд-во, б.г. / Г. Ландсберг // Успехи физических наук. – 1926. – Т. 6. – С.514–516.

27. Смык, А.Ф. От волн де Бройля к квантовой механике: монография / А.Ф. Смык. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: МАДИ, 2016. – 228 с.

28. Бройль, Л. де. Роль любопытства, игр, воображения и интуиции в научном исследовании / Л. Бройль де // Л. Бройль де. Избранные научные труды. Т.4. – М.: Изд-во «ПРИНТ-АТЕЛЬЕ», 2014. – С. 321.

29. Бройль, Л. де. Дедукция и индукция в научном исследовании / Л. Бройль де. Избранные научные труды. Т.4. – М.: Изд-во «ПРИНТ-АТЕЛЬЕ», 2014. – С. 333.

30. Лошак, Ж. Геометризация физики: пер. с фр. / Ж. Лошак. – М.; Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2005. – С. 180.

31. Курант, Р. Что такое математика? / Р. Курант, Г. Роббинс. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: МЦНМО, 2001. – С. 24.

### **References**

1. Saprykin D.L. *Vysshee obrazovanie v Rossii*, 2012, no. 1, pp. 125–137.
2. Prihod'ko V.M., Smyk A.F. *Stanovlenie vysshego avtomobil'no-dorozhnogo obrazovanija v Rossii* (The formation of higher road traffic education in Russia), Moscow, MADI, 2015, 164 p.
3. Smyk A.F. *Voprosy istorii estestvoznaniija i tehniki*, 2015, vol. 36, no. 3, pp. 537–558.
4. Hvol'son O.D. *Kratkij kurs fiziki dlja medikov, estestvennikov i tehnikov. Chast' 3. Uchenie o teplote* (A brief course in physics for physicians, natural scientists and technicians. Part 3. The doctrine of the heat), Saint Petersburg, 1900, 305 p.
5. De Brojl' L. *Rol' inzhenera v vek nauki* (The role of the engineer in the age of science), Moscow, PRINT-ATEL'E, 2014, p. 336.
6. Holl K. *Issledovanija po istorii fiziki i mehaniki 2004* (Studies in the history of physics and mechanics 2004), Moscow, Nauka, 2005, pp. 156–205.
7. Bessarab M. *Landau: Stranicy zhizni* (Landau: Pages of life), Moscow, Moskovskij rabochij, 1978, 232 p.
8. Fok V.A. *Socialisticheskaja revoljucija i nauka*, 1934, no. 3, pp. 94–123.

9. Suvorov N.K. *Kniga i proletarskaja revoljucija*, 1933, no. 3, pp. 76–78.
10. *Izvestija AN*, 1937, no. 1, p. 29.
11. Luk'janchikova A.V., Mihajlova T.L. *Mezhdunarodnyj studencheskij nauchnyj vestnik*, 2016, no. 3 (4), pp. 583–584.
12. Mihajlova, T.L. *Antropologicheskaja analitika*, Sbornik nauchnyh trudov, Nizhny Novgorod, 2015, pp. 86–94.
13. Li Bocun. *Inzhenernye issledovanija: inzhenerija v mezhdisciplinarnom rakurse*, Pekin, 2004, pp. 42–53.
14. Li Bocun. *Filosofskie issledovanija*, 2001, no. 1.
15. Bao Ou. *Filosofija nauki i tehniki v Kitae: istorija i sovremennost'* (Philosophy of science and technology in China: history and modernity), Moscow, IET RAN, 2014, 416 p.
16. Smyk A.F., Pautkina A.V. *Istorija i pedagogika estestvoznaniya*, 2017, no. 2, pp. 31–33.
17. Demidova M.Ju., Gribov V.A. *Materialy XIV mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii «Fizika v sisteme sovremennogo obrazovanija (FSSO-2017)»*, Rostov-na-Donu, 2017, pp. 337–339.
18. Kozhevnikov N.M. *Nauchno-tehnicheskie vedomosti Sankt-Peterburgskogo politehnicheskogo universiteta*, 2014, no. 1 (4), pp. 236–242.
19. Gorelik G.E. *Novye slova nauki – ot majatnika Galileja do kvantovoj gravitacii* (New words of science – from Galileo's pendulum to a quantum gravity), Moscow, MCNMO, 2013, 176 p.
20. Kuznecov B.G. *Razvitie fizicheskikh idej ot Galileja do Jejnshtejna v svete sovremennoj nauki* (The development of physical ideas from Galileo to Einstein in the light of modern science), Moscow, URSS, 2010.
21. Jejnshtejn A. *Sobranie nauchnyh trudov* (A collection of scientific papers), Moscow, Nauka, 1967, pp. 547–475.
22. Vizgin V.P. *Jejnshtejn i perspektivy razvitija nauki* (Einstein and prospects of development of science), Moscow, Reproniks, 2007, pp.20–24.

23. Jejnshtejn A., Infel'd L. *Jevoljucija fiziki* (The evolution of physics), Moscow, Nauka, 1965, p. 30.
24. Berliner A. *Kurs fiziki v jelementarnom izlozhenii* (The course of physics in elementary presentation), Moscow, Leningrad, GTTI, 1933.
25. Varburg Je. *Kurs opytnoj fiziki* (The course experimental physics), Moscow, Leningrad, GTTI, 1936, 610 p.
26. Landsberg G. *Uspehi fizicheskikh nauk* (Advances in physical Sciences), Moscow, Leningrad, Gosudarstvennoe nauchno-tehnicheskoe izdatel'stvo, 1926, vol. 6, pp. 514–516.
27. Smyk A.F. *Ot voln de Brojlja k kvantovoj mehanike* (From de Broglie waves to quantum mechanics), Moscow, MADI, 2016.
28. Brojl' L. de. *Izbrannye nauchnye trudy, tom 4* (Selected scientific works, vol. 4), Moscow, PRINT-ATEL"Е, 2014, p. 321.
29. Brojl' L., de. *Izbrannye nauchnye trudy, tom 4* (Selected scientific works, vol. 4), Moscow, PRINT-ATEL"Е, 2014, p. 333.
30. Loshak Zh. *Geometrizacionija fiziki* (Geometrization of physics), Moscow, Izhevsk, NIC «Reguljarnaja i haoticheskaja dinamika», 2005, p. 180.
31. Kurant R., Robbins G. *Chto takoe matematika?* (What is mathematics?), Moscow, MCNMO, 2001, p. 24.