

Роберт Валерьевич Майер

Глазовский государственный педагогический институт, доктор педагогических наук, доцент,
профессор кафедры физики и дидактики физики, Глазов, Россия
e-mail: robert_maier@mail.ru

Оценка степени обоснованности научных фактов в школьном курсе физики

Аннотация. В статье проанализирована проблема обоснованности научных фактов в школьном курсе физики, актуальность которой обусловлена необходимостью формирования у школьников доказательного мышления. Выписано более 150 фактов существования объектов, явлений и функциональных зависимостей, выражающихся с помощью формул. Показано, что убедительность обоснования фактуального положения тем выше, чем оно проще и доступнее для школьника. Предложена методика оценки убедительности экспериментального и логико-математического обоснования, разработаны соответствующие шкалы. Рассмотрен метод оценки семантической сложности научных фактов путем суммирования сложностей терминов, составляющих соответствующее фактуальное положение. Произведена оценка семантической сложности, а также убедительности (или простоты) экспериментального и логико-математического обоснования отобранных фактов. Установлено, что: 1) увеличение убедительности экспериментального обоснования фактов сопровождается уменьшением их семантической сложности; 2) увеличение убедительности экспериментального обоснования формул связано с повышением убедительности их логико-математического обоснования; 3) для средних значений, вычисленных для каждого раздела физики, увеличение убедительности экспериментального обоснования фактов приводит к росту убедительности логико-математического обоснования и снижению их семантической сложности.

Ключевые слова: дидактика, методика, семантическая информация, сложность, убедительность, факт.

Robert V. Mayer

Glazov State Pedagogical Institute, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Professor of the Department of Physics and Didactics of Physics, Glazov, Russia
e-mail: robert_maier@mail.ru

Assessment of the Justification Degree of Scientific Facts in the School Physics Course

Abstract. The problem of the justification (validity) degree of scientific facts in the school physics course is analysed, the relevance of which is due to the need for the formation of evidence-based thinking among schoolchildren. More than 150 facts of the existence of objects, phenomena and functional dependencies expressed using formulas are written out. It is shown that the more convincing the substantiation of the factual statement is, the simpler and more accessible it is for the student. A methodology for assessing the credibility of experimental and logical-mathematical justification is proposed, and appropriate scales are developed. The method of assessing the semantic complexity of scientific facts by summing up the complexities of terms that make up the corresponding factual statement is considered. The semantic complexity, persuasiveness (or simplicity) of experimental and logical-mathematical substantiation of the selected facts are evaluated. It is established that: 1) an increase in the persuasiveness of the experimental substantiation of facts is accompanied by a decrease in their semantic complexity; 2) an increase in the persuasiveness of the experimental substantiation of formulas is associated with an increase in the persuasiveness of their logical and mathematical justification; 3) for the average values calculated for each section of physics, an increase in the persuasiveness of the experimental justification of facts leads to an increase in the persuasiveness of the logical and mathematical substantiation and a decrease in semantic complexity.

Keywords: didactics, methodology, semantic information, complexity, persuasiveness, fact.

Введение (Introduction)

Цель обучения состоит в развитии у школьников научного мышления, важные критерии которого — определенность, логическая непротиворечивость, последователь-

ность и доказательность. Последнее означает, что ученик не только может сформулировать истины (факты, законы, принципы), но и владеет способами их обоснования. Из закона достаточного основания (Лейбниц, XVII в.) следует,

© Майер Р. В., 2023

Вестник Омского государственного педагогического университета. Гуманитарные исследования, 2023, № 1 (38), с. 157–162.
Review of Omsk State Pedagogical University. Humanitarian Research, 2023, no. 1 (38), pp. 157–162.

что всякая истинная мысль должна быть обоснована, т. е. должно быть доказано ее соответствие действительности [1]. Обучение физике предполагает не просто сообщение суммы фактов и теоретических положений, а построение системы, в которой эти элементы знания связаны между собой логическими связями. В идеале каждое изучаемое положение должно быть обосновано, и школьник должен понимать, как в принципе можно доказать факт существования протона, пропорциональность силы тока напряжению (закон Ома), относительность времени и т. д. А «то, что принято без доказательств, может быть отвергнуто без доказательств» (Евклид).

Изучая физику, школьники знакомятся с важными фактами и теоретическими положениями, которые обоснованы с различной степенью убедительности. Научный факт — совокупность характеристик объективной реальности, выявленных с помощью наблюдений и экспериментов и выраженных в виде фактуального положения (ФП). Будем различать: 1) факты существования объектов и явлений (факты 1-го рода, например: существует дисперсия света); 2) факты 2-го рода, выражающие зависимости между физическими величинами в виде математических формул (например, ускорение тела обратно пропорционально массе и прямо пропорционально действующей силе); их не следует путать с определениями типа $v = s/t$ или $C = q/U$.

Под доказательством, или обоснованием, ФП понимают любую процедуру установления его истинности, реализуемую на основе логико-математических рассуждений или анализа результатов экспериментов (наблюдений) [2]. Владеть экспериментальным доказательством ФП — значит знать физические опыты, из которых следует его истинность. Логико-математическое обоснование той или иной формулы (например, формулы Бальмера) сводится к объяснению, в результате которого ученику становится ясно, как доказываемая зависимость логически следует из некоторых общих положений.

Под обоснованием ФП на уроке физики иногда понимается не строгое доказательство, а установление логических или ассоциативных связей между этим ФП и наиболее простым физическим экспериментом или наблюдением, подтверждающим или иллюстрирующим данное ФП хотя бы на качественном уровне. На уроке некоторые факты могут быть доказаны строго, другие — обоснованы учебными опытами на качественном уровне либо связаны с соответствующими опытами ассоциативными связями. Например, закон сохранения механической энергии может быть связан ассоциативной связью с падением тела в поле тяжести Земли или колебаниями пружинного маятника. При этом ученик может понимать способы измерения координаты, скорости и вычисления кинетической и потенциальной энергий, хотя никогда не проводил этот опыт. Наконец, существуют факты и зависимости, которые учитель обосновывает умозрительно, путем описания экспериментов и наблюдений, проведенных учеными (движение спутника по околоземной орбите, дифракция электронов, цепная ядерная реакция и т. д.).

Экспериментальное обоснование тем убедительнее, чем оно проще, т. е. чем короче путь от общеизвестных

истин до доказываемого утверждения [3]. Согласно принципу простоты, чем проще доказываемое утверждение, тем меньше усилий требует его обоснование [4]. Наличие большого числа логических шагов уменьшает вероятность их понимания и усвоения среднестатистическим школьником. Поэтому ученик и учитель ищут наиболее простой и короткий путь обоснования того или иного суждения, как того требует принцип экономии мышления. Повышение убедительности обоснования приводит к тому, что доказанные ФП прочно усваиваются и становятся ключевыми, вокруг которых строится система знаний.

Цель статьи: 1) разработать методы оценки убедительности экспериментального и логико-математического обоснования физических фактов, изучаемых в школе; 2) осуществить оценку убедительности обоснования и семантической сложности ФП; 3) выявить связи между убедительностью экспериментального обоснования (УЭО), убедительностью логико-математического обоснования (УЛМО) и уровнем семантической сложности соответствующих фактов; 4) установить и сравнить среднюю степень обоснованности фактов из различных разделов физики: механики (М), молекулярной физики и термодинамики (МФ + Т), электродинамики (Э), оптики (О), квантовой физики (КФ), частной теории относительности (ЧТО).

Методы (Methods)

Методологической основой исследования стали работы следующих ученых: А. Д. Гетманова [1], С. Ю. Купчинаус [5] (черты научного мышления); В. В. Майер [2] и Р. В. Майер [2; 6], Л. И. Маневич [7] (доказательность); П. В. Ополе [3; 8], Н. В. Сафонова [4] (принцип простоты); В. С. Авансов [9], С. Л. Клигер, М. С. Косолапов, Ю. Н. Толстова [10], У. С. Торгерсон (W. S. Torgerson) [11] (теория тестов и шкал), Г. Дэвид [12], В. А. Дюк [13] (парные сравнения, квалиметрия), Б. Дэвис (B. Davis) и Д. Сумара (D. Sumara) [14] (сложность и образование). Основные методы нашего исследования: анализ и синтез, логические рассуждения, выявление критериев оценки изучаемых качеств объектов, создание шкалы, парное сравнение, экспертные оценки, ранжирование и группировка понятий по категориям сложности, элементы корреляционного анализа, изучение распределения объектов в пространстве признаков.

С целью оценки УЭО фактов 1-го и 2-го рода (или простоты образования ассоциативных связей с соответствующими опытами), а также УЛМО фактов 2-го рода в школьном курсе физики нами разработаны три шкалы, представленные ниже. Они соответствуют требованиям, перечисленным в [15].

1. Шкала убедительности экспериментального обоснования (УЭО) фактов существования объекта или явления (фактов 1-го рода)

УЭО = 5 — очень высокая: ученик самостоятельно может наблюдать явление в повседневной жизни, не используя приборы и не прилагая особых усилий (отражение света, падение камня); УЭО = 4 — высокая: для выполнения опыта необходимо оборудование, которое в принципе можно купить (опыты с авометром, электродвигателем, насосом); УЭО = 3 — средняя: ученик может провести опыт только

в школьной лаборатории, используя стандартное оборудование (наблюдение спектров атомов водорода); УЭО = 2 — низкая: утверждение нельзя экспериментально обосновать с помощью школьного оборудования, но возможно с помощью недорогого оборудования для вуза; в учебнике описано — как; УЭО = 1 — очень низкая: для экспериментального доказательства факта необходимо уникальное дорогостоящее оборудование; в учебнике описан соответствующий опыт; УЭО = 0 — обоснование отсутствует, факт существования явления, объекта или зависимости сообщается, но никак не обосновывается.

2. Шкала убедительности экспериментального обоснования (УЭО) формул или математических моделей (фактов 2-го рода)

УЭО = 5 — очень высокая: ученик самостоятельно может выполнить опыт и провести измерения, доказывающие закон (формулу) на количественном уровне; УЭО = 4 — высокая: для выполнения опыта и проведения измерений необходимо оборудование, которое в принципе можно купить (опыты с авометром); УЭО = 3 — средняя: ученик может выполнить опыт, провести измерения и количественно доказать формулу только в кабинете физики, используя стандартное оборудование; УЭО = 2 — низкая: для обоснования факта на количественном уровне требуется недорогое стандартное оборудование для вуза; УЭО = 1 — очень низкая: формулу возможно экспериментально проверить с помощью уникального дорогостоящего оборудования; в учебнике описано — как; УЭО = 0 — обоснование отсутствует, формула сообщается, но не объясняется способ экспериментального обоснования. Если формулу можно обосновать только качественно, то показатель УЭО уменьшается на 0,5.

3. Шкала убедительности логико-математического обоснования (УЛМО) формул или математических моделей (фактов 2-го рода)

УЛМО = 5 — очень высокая: достаточно обобщить результаты простых опытов или наблюдений ($F_x = ma_x$, $F_x = -kx$); УЛМО = 4 — высокая: требуется провести не очень сложные рассуждения и алгебраические преобразования, записав 2–3 формулы (вывод формулы $p = \rho gh$); УЛМО = 3 — средняя: необходимо провести достаточно сложные алгебраические преобразования и логические рассуждения, записав 4–6 формул (вывод формулы $p = nkT$); УЛМО = 2 — низкая: требуется выполнить сложные математические и логические рассуждения с производными, интегралами, векторами (вывод формулы $\omega = 1/\sqrt{LC}$); УЛМО = 1 — очень низкая: необходимо провести очень абстрактные и громоздкие математические рассуждения, записав 7 и более формул (вывод уравнения Бальмера); УЛМО = 0 — обоснование формулы отсутствует; приведены ссылки на научные теории, которые слишком сложны, чтобы их изучать в школе.

Для определения семантической сложности (SC — от semantic complexity) ФП нами использовался следующий подход. SC понятия П (предложения, текста) относительно тезауруса Z равна минимальному количеству простых слов из тезауруса Z, которые необходимо произнести, чтобы объяснить сущность П [6]. В качестве Z возьмем тезаурус пятиклассника, тогда сложности всех физических понятий

будут больше 1, но меньше 100. Для определения уровня семантической сложности понятий, обозначающих физические объекты или явления (факты 1-го рода) использовались: 1) метод группировки терминов: понятия группируют в текстовом файле по категориям в зависимости от уровня сложности $U = 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$; каждому значению U соответствует семантическая сложность, вычисляемая по формуле: $S_1 = 2^{U-1}$; получается: $S_1 = 1 - 2 - 4 - 8 - 16 - 32 - 64$; 2) метод карточек: бумажные карточки (узкие полоски) с напечатанными на них терминами раскладывают по шкале сложности; получают такие оценки сложности: $S_2 = 1 - 2 - 4 - 6 - 8 - 12 - 16 - 24 - 32 - 48 - 64$. Оценивание осуществлялось одним экспертом, коэффициент корреляции между S_1 и S_2 равен 0,86, т. е. довольно высок. Среднее значение семантической сложности факта: $SC = (S_1 + S_2)/2$.

Для оценки семантической сложности фактов 2-го рода использовался следующий метод: 1) формулы представляют в текстовом виде ($E_k = mv^2/2 \Rightarrow$ кин_энергия = масса * скорость квадрат / число) и записывают в текстовый файл *F.txt*; 2) с помощью скачанной из Интернета программы *Text_analyzer.exe* анализируют файл *F.txt*, получая список терминов, входящих во все формулы; 3) все понятия разделяют на 6–7 групп в зависимости от их уровня сложности U и создают файл *slovar.txt*, содержащий список терминов и значения SC; 4) с помощью компьютерной программы, написанной в PascalABC, которая обращается к файлу *slovar.txt*, анализируют файл *F.txt*, определяя суммарную сложность понятий, входящих в формулу 1, формулу 2 ... формулу N .

Результаты и обсуждение (Results and Discussion)

В результате анализа стандартных школьных учебников (например, [16]) были выявлены факты из разных разделов физики. Для каждого факта были оценены УЭО, SC и УЛМО (для фактов 2-го рода). В результате получились две таблицы Excel, содержащие: 1) список из 100 фактов 1-го рода, для каждого из которых определена УЭО и SC; 2) список из 55 фактов 2-го рода, для каждого из которых найдены УЭО, УЛМО и SC.

С помощью электронных таблиц Excel установлено следующее:

1. Коэффициент корреляции между SC и УЭО для фактов 1-го рода составляет $-0,89$, т. е. чем меньше убедительность (простота) экспериментального обоснования, тем больше сложность SC ФП. Распределение фактов 1-го рода в пространстве $U - УЭО$ представлено на рисунке 1.1 (некоторые точки совпадают). Чем ниже SC факта 1-го рода, тем выше УЭО, т. е. тем легче учителю и/или школьнику экспериментально обосновать факт существования объекта или явления. В рассматриваемой совокупности не нашлось ни одного факта с одновременно низкими УЭО и U (рис. 1.2). Из общей совокупности выпадает факт существования плазмы (сильно ионизированного газа); его легко установить экспериментально (пламя спички), но его SC довольно велика.

2. Для фактов 2-го рода уменьшение УЭО (или увеличение сложности экспериментального доказательства) также

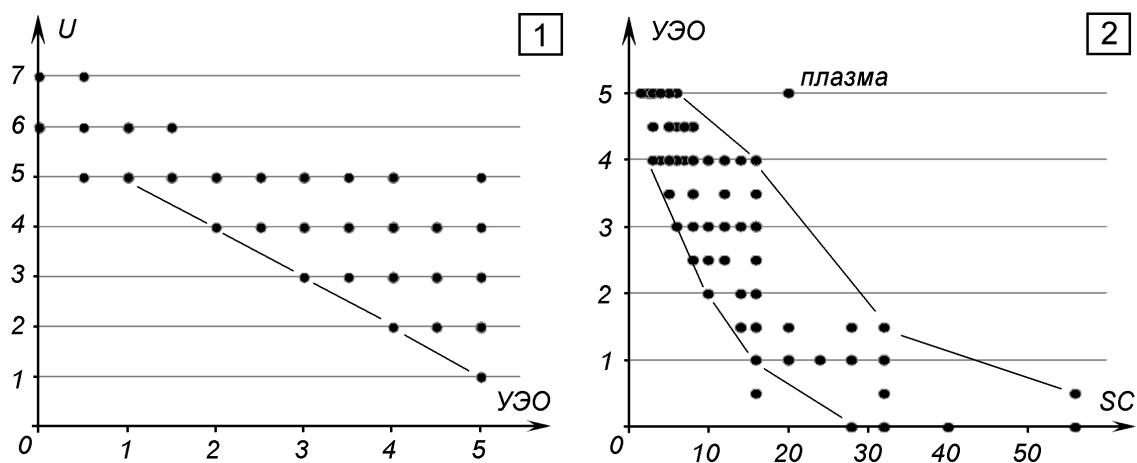


Рис. 1. Распределение фактов 1-го рода в пространстве U — УЗО — SC

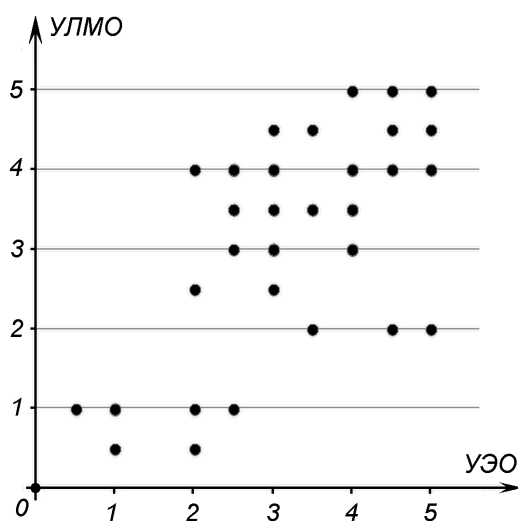


Рис. 2. Распределение фактов 2-го рода в пространстве УЛМО — УЗО

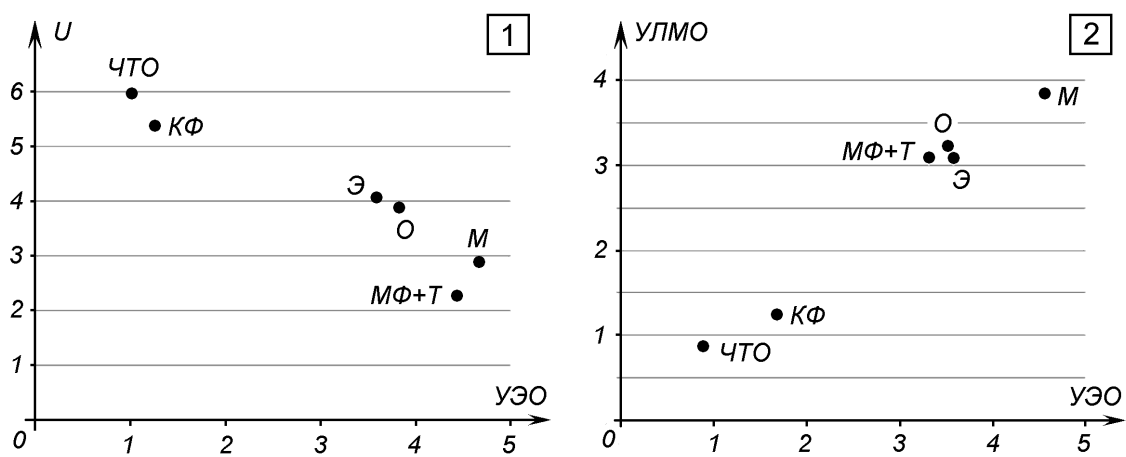


Рис. 3. Разделы физики в пространстве признаков U — УЗО — УЛМО

сопровождается ростом SC. Коэффициент корреляции составляет $-0,55$. Если используемые в формулах понятия имеют высокую SC, то измерить соответствующие физические величины (например, «энергию связи») довольно сложно. Формул одновременно с высокими SC и УЭО не обнаружено. Это приводит к тому, что уровень понимания электродинамики, квантовой физики и ЧТО оказывается ниже, так как используемые там формулы сложнее обосновать экспериментально, связь между теорией и практикой оказывается слабой.

3. Коэффициент корреляции между УЭО и УЛМО для фактов 2-го рода равен $0,70$. Значит, чем проще экспериментальное обоснование формулы, тем выше убедительность ее логико-математического обоснования. Соответствующее распределение точек на плоскости показано на рисунке 2 (часть точек совпадает).

4. Для каждого раздела физики были определены средние значения УЭО, U и SC у фактов 1-го рода. Если результаты записать в формате «Раздел (УЭО, U, SC)», то получится так: М (4,7; 2,9; 5,3), МФ + Т (4,4; 2,3; 3), Э (3,6; 4,1; 12); О (3,8; 3,9; 9,3); КФ (1,2; 5,4; 39), ЧТО (1; 6; 64). На рисунке 3.1 показано распределение разделов физики в пространстве признаков УЭО — U. Видно, что увеличение УЭО сопровождается снижением уровня SC.

5. Для каждого раздела физики были определены средние значения УЭО, УЛМО и SC у фактов 2-го рода. Если результаты записать в формате «Раздел (УЭО, УЛМО, SC)», то получится так: М (4,6; 3,9; 24), МФ + Т (3,3; 3,1; 44), Э (3,6; 3,1; 55); О (3,5; 3,3; 56); КФ (1,7; 1,3; 120), ЧТО (0,88; 0,88; 69). На рисунке 3.2 показано распределение разделов физики в пространстве признаков УЭО — УЛМО для формул. Для обоснования уравнений механики, молекулярной физики и термодинамики требуются сравнительно простые опыты и математические рассуждения; чтобы доказать формулы квантовой физики и ЧТО, необходимы сложные эксперименты и математические выкладки, которые не изучаются в школе.

Для фактов 1-го и 2-го рода уменьшение УЭО сопровождается ростом семантической сложности. То есть чем

сложнее объяснить сущность факта, тем труднее его экспериментальное обоснование. Это приводит к тому, что уровень понимания электродинамики и квантовой физики оказывается заметно ниже: труднее представить и запомнить основные идеи, так как их сложнее обосновать опытом, отсутствует связь с эмпирическим базисом.

Заключение (Conclusion)

В статье показано, что для школьника убедительность обоснования фактуального положения тем выше, чем проще рассуждения и доступнее соответствующий опыт или наблюдение. Из школьных учебников выписаны более 100 фактов существования объектов или явлений и 55 фактов существования функциональных зависимостей. Предложена методика оценки степени убедительности экспериментального и логико-математического обоснования, разработаны соответствующие шкалы. Рассмотрен метод оценки семантической сложности научных фактов путем суммирования сложности терминов, составляющих соответствующее фактуальное положение. Осуществлена оценка семантической сложности, убедительности (или простоты) экспериментального и логико-математического обоснования отобранных фактов. При этом обнаружено, что: 1) увеличение убедительности экспериментального обоснования фактов сопровождается уменьшением их семантической сложности; 2) увеличение убедительности экспериментального обоснования формул связано с повышением убедительности их логико-математического обоснования; 3) для средних значений, вычисленных для каждого раздела физики, увеличение убедительности экспериментального обоснования приводит к росту убедительности логико-математического обоснования и снижению семантической сложности. К наиболее сложным и менее обоснованным разделам курса физики относятся квантовая физика и ЧТО, к наиболее обоснованным — механика. Это объясняется объективными причинами: человеческий опыт распространяется на объекты макромира, движущиеся с небольшими скоростями; органы чувств не воспринимают микрообъекты, поэтому факты, относящиеся к ЧТО и КФ, обосновать сложнее.

Библиографический список

1. Гетманова А. Д. Учебник логики. Со сборником задач : учеб. М. : КНОРУС, 2011. 368 с.
2. Майер В. В., Майер Р. В. Электричество: Учебные исследования. М. : Физматлит, 2007. 232 с.
3. Ополеп П. В. Логический принцип простоты в науках о сложности // Вестн. Ом. ун-та. 2014. № 4 (74). С. 87–90.
4. Сафонова Н. В. Принцип простоты в естественно-научном и гуманитарном знании // Учен. зап. Крм. федер. ун-та им. В. И. Вернадского. Философия. Политология. Культурология. 2016. Т. 2 (68), № 3. С. 149–158.
5. Купчинаус С. Ю. Дидактические условия развития конструктивно-логического мышления студентов — будущих педагогов-математиков : автореф. дис. ... канд. пед. наук. Ижевск, 2006. 20 с.
6. Майер Р. В. Дидактическая сложность учебных текстов и ее оценка : моногр. Глазов : Глаз. гос. пед. ин-т, 2020. 149 с.
7. Маневич Л. И. О доказательности в физике // Эпистемология и философия науки. 2012. Т. XXXII, № 2. С. 156–167.
8. Ополеп П. В. Метафизика сложности и «сложного мышления» // Ом. науч. вестн. 2014. № 1 (125). С. 96–99.
9. Аванесов В. С. Методологические и теоретические основы тестового педагогического контроля : дис. ... д-ра пед. наук. СПб., 1994. 339 с.
10. Клигер С. Л., Косолапов М. С., Толстова Ю. Н. Шкалирование при сборе и анализе социологической информации. М. : Наука, 1978. 107 с.
11. Torgerson W. S. Scaling. Theory and Method of Scaling // The British Journal of Sociology. 1961. Vol. 12, no. 1. P. 88–89.
12. Дэвид Г. Метод парных сравнений. М. : Статистика, 1978. 144 с.

13. Дюк В. А. Компьютерная психодиагностика. СПб. : Братство, 1994. 364 с.
14. Davis B., Sumara D. Complexity and Education: Inquiries into Learning, Teaching, and Research. New York ; London : Lawrence Erlbaum Associates, 2006. 201 p.
15. РМГ 83-2007. Шкалы измерений. Термины и определения. М. : Стандартинформ, 2008. 20 с.
16. Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б., Сотский Н. Н. Физика. 10 класс : учеб. для общеобразоват. организаций : базовый уровень. М. : Просвещение, 2016. 416 с.

References

- Avanesov V. S. (1994) *Metodologicheskie i teoreticheskie osnovy testovogo pedagogicheskogo kontrolya [Methodological and Theoretical Foundations of Test Pedagogical Control]**, Dr. ped. sci. diss. Saint Petersburg, 339 p. (in Russian)
- Davis B., Sumara D. (2006) *Complexity and Education: Inquiries into Learning, Teaching, and Research*. New York, London, Lawrence Erlbaum Associates Publ., 201 p. (in English)
- Devid G. (1978) *Metod parykh sravnenii [The Method of Paired Comparisons]**. Moscow, Statistika Publ., 144 p. (in Russian)
- Dyuk V. A. (1994) *Komp'yuternaya psikhodiagnostika [Computer Psychodiagnostics]**. Saint Petersburg, Bratstvo Publ., 364 p. (in Russian)
- Getmanova A. D. (2011) *Uchebnik logiki. So sbornikom zadach [Textbook of Logic. With a Collection of Problems]**. Moscow, KNORUS Publ., 368 p. (in Russian)
- Kliger S. L., Kosolapov M. S., Tolstova Yu. N. (1978) *Shkalirovanie pri sbore i analize sotsiologicheskoi informatsii [Scaling in the Collection and Analysis of Sociological Information]**. Moscow, Nauka Publ., 107 p. (in Russian)
- Kupchina S. Yu. (2006) *Didakticheskie usloviya razvitiya konstruktivno-logicheskogo myshleniya studentov — budushchikh pedagogov-matematikov [Didactic Conditions for the Development of Constructive and Logical Thinking of Students — Future Teachers-Mathematicians]**, Cand. ped. sci. diss. Abstr. Izhevsk, 20 p. (in Russian)
- Maier R. V. (2020) *Didakticheskaya slozhnost' uchebnykh tekstov i ee otsenka [Didactic Complexity of Educational Texts and Its Assessment]**. Glazov, Glazovskii gosudarstvennyi pedagogicheskii institut Publ., 149 p. (in Russian)
- Maier V. V., Maier R. V. (2007) *Ehlektrichestvo: Uchebnye issledovaniya [Electricity: Educational Research]**. Moscow, Fizmatlit Publ., 232 p. (in Russian)
- Manevich L. I. (2012) O dokazatel'nosti v fizike [On Evidence in Physics]*, *Ehpistemologiya i filosofiya nauki [Epistemology & Philosophy of Science]*, vol. XXXII, no. 2, pp. 156–167. (in Russian)
- Myakishev G. Ya., Bukhovtsev B. B., Sotskii N. N. (2016) *Fizika. 10 klass: bazovyi uroven' [Physics. Grade 10: Basic Level]**. Moscow, Prosveshchenie Publ., 416 p. (in Russian)
- Opolev P. V. (2014) Logicheskii printsip prostoty v naukakh o slozhnosti [The Logical Principle of Simplicity in Sciences About Complexity], *Vestnik Omskogo universiteta [Herald of Omsk University]*, no. 4 (74), pp. 87–90. (in Russian)
- Opolev P. V. (2014) Metafizika slozhnosti i "slozhnogo myshleniya" [Metaphysics of Complexity and "Complexity of Thinking"], *Omskii nauchnyi vestnik [The Journal Omsk Scientific Bulletin]*, no. 1 (125), pp. 96–99. (in Russian)
- RMG 83-2007. *Shkaly izmerenii. Terminy i opredeleniya [Measurement Scales. Terms and Definitions]** (2008) Moscow, Standardinform Publ., 20 p. (in Russian)
- Safonova N. V. (2016) Printsip prostoty v estestvenno-nauchnom i gumanitarnom znanii [The Principle of Simplicity of Natural-science and Humanitarian Knowledge], *Uchenye zapiski Krymskogo federal'nogo universiteta imeni V. I. Vernadskogo. Filosofiya. Politologiya. Kul'turologiya [Scientific Notes of V. I. Vernadsky Crimean Federal University. Philosophy. Political Science. Culturology]*, vol. 2 (68), no. 3, pp. 149–158. (in Russian)
- Torgerson W. S. (1961) Scaling. Theory and Method of Scaling, *The British Journal of Sociology*, vol. 12, no. 1, pp. 88–89. (in English)

* Перевод названий источников выполнен автором статьи / Translated by the author of the article.