

Р. В. Майер <https://orcid.org/0000-0001-8166-9299>

Оценка сложности математической информации в школьных учебниках физики

Важными дидактическими характеристиками учебных текстов являются показатели сложности текстовой и формульной информации. Настоящее исследование состоит в разработке объективного метода оценки общей информативности системы формул и его применении для определения сложности формульной информации в учебниках физики для общеобразовательной школы. Оно основывается на следующей гипотезе: если в качестве характеристик системы формул учебника физики выбрать показатель связности графа «формулы – величины», общую информативность формул и коэффициент свернутости информации для входящих в формулы физических величин, это позволит правильно оценить дидактическую сложность системы формул в различных учебниках физики и произвести их сравнение. Для оценки сложности формульной составляющей учебника создают текстовый файл, в котором формулы закодированы словами, и анализируют его с помощью компьютерной программы. При этом используется словарь-тезаурус, содержащий список терминов, соответствующих входящим в формулы величинам, и их дидактические сложности, которые показывают степень свернутости информации. Сложность термина равна количеству слов в объяснении обозначаемого понятия получателю информации, тезаурус которого отвечает тезаурусу ученика пятого класса. Программа определяет суммарную информативность текста (вербально закодированных формул) и его объем, что позволяет вычислить для него коэффициент свернутости информации. Также определяют среднее количество связей, приходящееся на одну вершину графа «формулы-величины». Построена гистограмма, показывающая общую информативность основных физических формул для различных классов. Установлено, что по мере изучения физики в школе она увеличивается в десять раз, средняя сложность формул – более чем в два раза, а коэффициенты свернутости формульной составляющей школьных учебников физики, измеренные относительно тезауруса пятиклассника, лежат в интервале от двух до четырех.

Ключевые слова: дидактика, информация, контент-анализ, понятие, свернутость, сложность, учебник, формула, физика.

R. V. Maier

Complexity Estimation of Mathematical Information in School Physics Textbooks

Indicators of the complexity of text and formula information are important didactic characteristics of educational texts. The present study consists in the development of an objective method for assessing the general informativeness of the formulas system and its application to determine the complexity of the formula information in physics textbooks for secondary school. It is based on the following hypothesis: if, as the characteristics of the textbook formulas system we select the connectivity index of the «formula – values» graph, the general informativeness of the formulas and the information folding coefficient for included in the formula physical quantities, then this will allow us to assess the didactic complexity of the formula systems in various physics textbooks and compare them. To estimate the complexity of the textbook formula component, a text file, in which the formulas are encoded with words, is created and analyzed using a computer program. In this case, a thesaurus is used, which contains a list of terms corresponding to the values included in the formulas, and their didactic complexities which show the information folding degree. The complexity of the term is equal to the number of words in the explanation of the designated concept to the information recipient (student), the thesaurus of which corresponds to the fifth-grade pupil thesaurus. The program determines the general informativeness of the text (verbally encoded formulas) and its volume, which allows us to calculate the folding coefficient of information. Also the average number of links per node of the graph «formula values» are counted. The histogram showing the general informativeness of physical formulas systems for different classes is presented. It is found that during study of physics at school, it increases tenfold, the average complexity of the formulas – more than two times, and the folding coefficients of the formula component of school physics textbooks, measured relative to the thesaurus of the fifth-grade pupil, lay in the interval from two to four.

Keywords: didactics, information, content analysis, concept, convolution, complexity, textbook, formula, physics.

Введение

Учебник является важным источником информации, моделью преподавания соответствующей дисциплины. Представленный в нем материал, его сложность и уровень абстрактности должны соответствовать современному содержанию науки и психологическим особенностям развития учащихся, их способности усваивать и осмысливать получаемые знания. Поэтому проблема оценки дидактической сложности

и информативности учебных текстов (УТ) имеет большое практическое значение.

Вся информация в школьном курсе физики может быть разделена на эмпирическую и теоретическую. Теоретическая информация, кроме качественных рассуждений, включает математические модели, то есть формулы, выражающие количественные связи между различными физическими величинами. Установлено, что определяющее значение для оценки учащимися

сложности учебной дисциплины имеет степень абстрактности используемых понятий, а также насыщенность УТ математическими формулами. УТ, имеющие равные уровни абстрактности, воспринимаются как равносложные. Чем больше отличие между уровнем абстрактности УТ и опытом ученика, тем труднее ученику понять УТ.

Сложность учебника определяется количеством и абстрактностью используемых понятий, математических формул и других элементов научного знания в пересчете на единицу объема текста. Можно выделить следующие две составляющие дидактической сложности, характеризующие любой УТ [11, с. 100]: 1) терминологическая сложность текста, зависящая от разнообразия и абстрактности используемых научных понятий и показывающая сложность качественных моделей, обсуждаемых в учебнике; 2) математическая сложность, зависящая от сложности формул и разнообразия математических моделей.

Цель исследования состоит в 1) разработке объективного метода количественной оценки общей информативности, связности и других характеристик системы формул курса физики; 2) применении данного метода для определения дидактической сложности формульной информации в учебниках физики за 7-11 классы. Основная гипотеза заключается в следующем: если в качестве характеристик системы формул учебника выбрать показатель связности графа «формулы – понятия», общую информативность формул и коэффициент свернутости информации (КС) для входящих в формулы физических величин, это позволит правильно оценить дидактическую сложность системы формул в различных учебниках физики и произвести их сравнение.

Методы исследования

Методологической основой настоящего исследования являются работы В. И. Загвязинского, Б. М. Величковского (основы дидактики), Э. Г. Гельфман, М. А. Холодной [3], В. П. Беспалько [2], Я. А. Микка [12] (теория учебника), J. Forsman [25], B. Davis, D. Sumaga [24] (сложность дидактических объектов), А. И. Умова, С. И. Шапиро (свертывание знаний), Б. Е. Железковского, Ф. А. Белова [5], А. М. Сохора (информационная емкость учебных текстов), А. А. Мирошниченко [13], Ю. А. Шрейдера [22] (тезаурусный подход), Е. С. Таршиса [21], М. D. White, E. E. Marsh [26] (методология контент-анализа), Л. Я. Аверьянова [1], Н. К. Криони, А. Д. Никина, А. В. Филипповой [9], И. В. Оборневой [17] (автоматизированная оценка сложности текстов). Его можно рассматривать как дальнейшее развитие подхода, изложенного в наших работах [10, 11].

Для решения поставленной задачи нами использовались метод системного анализа [16], метод контент-анализа [1, 9], тезаурусный подход [22], метод построения когнитивных карт (графов) и методология мягких систем [23]. Математическая обработка результатов осуществлялась в электронных таблицах MS Excel. Для автоматизированного подсчета терминов в тексте и определения его общей информативности применялась специальная компьютерная программа, написанная на языке Pascal [11].

Используемая методика оценки суммарной информативности формульной составляющей учебника и соответствующего КС состоит в следующем: 1) из учебника выписывают все основные формулы (обведенные в рамку или выделенные жирным шрифтом), которые необходимо знать для решения стандартных физических задач; 2) формулы кодируют в текстовом файле F.txt, заменяя буквы и математические символы названиями физических величин и операций, которые они обозначают; 3) создают словарь – текстовый файл slovar.txt, в котором перечислены все физические величины и математические операции, встречающиеся в данных формулах; 4) для каждого слова из словаря оценивают сложность (КС); 5) файл F.txt анализируют с помощью компьютерной программы, которая обращается к словарю и определяет число использований каждого термина в файле F.txt, а также находит суммарную сложность всех формул.

Обсуждение

Согласно тезаурусному подходу, количество семантической информации, получаемой учеником, читающим УТ, зависит от его тезауруса. Вообще, тезаурусом называется модель терминосистемы определенной предметной области, представляющая собой иерархическим образом организованную совокупность терминов, понятий и связей между ними. Понятия и отношения, сочетаясь друг с другом, образуют более сложные понятия и отношения. Тезаурус ученика включает в себя системы математических, физических, химических, биологических, исторических и других знаний.

Ученик (получатель информации) понимает УТ, если УТ соответствует его тезаурусу, то есть состоит из терминов, входящих в тезаурус ученика, и терминов, которые объяснены в тексте. Чтобы оценить сложность нескольких учебных текстов, следует представить изучение этих УТ гипотетическим учеником с тезаурусом Z_0 , не превышающим тезаурус Z_{\min} самого простого текста. Для оценки учебников по физике за 7-11 классы тезаурус Z_0 может соответствовать знаниям ученика 5-го класса, не изучавшего физику, который

умеет выполнять арифметические действия с действительными числами, но не знает логарифмов, производных, интегралов. Из физических понятий ему хорошо известны понятия «время», «расстояние», «скорость», но в его тезаурусе отсутствуют понятия «индукция», «длина волны», «период полураспада» и т. д.

Рассмотрим ученика со знаниями Z_0 и текст, содержащий непонятные ему термины и рассуждения. Важно, что текст отвечает критерию научности, все рассуждения истинны и логически непротиворечивы. Как оценить общую информативность (сложность) текста? Допустим, ученик, читая текст, выписывает определения неизвестных ему понятий. Если в тексте отсутствуют некоторые логические звенья (например, вывод формулы), то ученик, используя дополнительную литературу, восполняет пропущенные утверждения. В результате получается расширенный текст, объем которого равен суммарной информативности текста I относительно тезауруса Z_0 . Все это относится не только к текстовой, но и к формульной составляющей учебника; формулы могут быть закодированы в словесной форме. В качестве условной единицы информации (УЕИ) можно выбрать количество информации, заключенное в одном слове, не требующем объяснения («металл», «падать», «зеленый»).

Важной характеристикой УТ является коэффициент свернутости информации, который находится как отношение суммарной информативности I УТ относительно тезауруса Z_0 к его объему V : $КС = I/V$. Вообще, свертывание информации – это процесс ее аналитико-синтетической переработки, уменьшение объема текста путем более краткого, обобщенного изложения без уменьшения его общей информативности. При этом образуются новые семантические единицы, происходит уплотнение информации, возникают новые формы научного знания с большей информационной емкостью. Коэффициент свернутости КС может быть найден для конкретного фрагмента текста, одного предложения, научного термина или формулы.

Сложность термина характеризуется коэффициентом свернутости относительно тезауруса Z_0 , который показывает степень концентрации информации в соответствующем понятии и равен количеству слов в объяснении этого понятия, содержащем только слова из Z_0 . Чтобы оценить КС термина T , необходимо записать его определение O , а также дать определения терминам T_1, T_2, \dots , которые входят в O , стараясь использовать слова из тезауруса Z_0 . УТ соответствует

тезаурусу Z_0 , если он содержит только слова, входящие в Z_0 , или слова, объясненные в данном тексте. Информативность УТ относительно тезауруса Z_0 равна объему текста минимальной длины, соответствующему Z_0 и содержащему ту же полезную информацию. Среднее арифметическое значение КС всех слов в УТ будем называть средней информационной свернутостью текста.

Результаты исследования

Контент-анализу подверглись школьные учебники физики за 7-11 классы (авторы: А. В. Перышкин, Е. М. Гутник [18-20]; Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский [14, 15]). Из каждого учебника были выписаны основные формулы, используемые для решения физических задач. Можно представить граф, вершинами которого являются формулы и входящие в них физические величины, а ребра символизируют связи между ними. Каждая величина (формула) соединена с одной или несколькими формулами (величинами); понятия связаны друг с другом через формулы. В граф включены только важные формулы, которые ученик должен помнить и использовать для решения задач. Сложность и связность системы формул можно охарактеризовать 1) числом формул; 2) количеством физических величин; 3) количеством связей, приходящихся на одну вершину графа; 4) количеством связей, приходящихся на одну формулу. Чтобы определить количество ребер в графе «формулы – величины», нужно для каждой формулы сосчитать число различных физических величин, входящих в нее хотя бы один раз. Константы и коэффициенты при этом не учитываются. Например, в формуле $\vec{F} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2$ – используется одна физическая величина – сила; в формуле $F = kq_1q_2/r^2$ – три величины: сила, заряд, расстояние. Фрагмент такого графа для формульной составляющей курса физики за 8 класс изображен на рис. 1.1.

С целью определения сложности формульной информации для каждого учебника физики был создан текстовый файл (F7.txt, F8.txt, и т. д.), содержащий закодированные формулы и краткие пояснения (1-3 слова). Например, формула $E = mc^2$ кодируется предложением «энергия равно масса умножить скорость света квадрат». Эти файлы содержат названия физических величин («сопротивление», «индукция», «сила тока»), а также понятий и математических символов («равно», «корень», «делить», «производная» и т. д.). С помощью программы Text_analyzer.exe был получен список научных терминов, присутствующих во всех анализируемых файлах F7.txt, F8.txt, ..., F11.txt;

их общее количество равно N . Термины упорядочивались по алфавиту; для каждого из них определялся КС (или сложность s_j) относительно тезауруса Z_0 , равный количеству слов, которое необходимо произнести, чтобы объяснить сущность термина получателю информации с тезаурусом Z_0 (уровень знаний пятиклассника). Для таких терминов, как «равно», «умножить», «делить», $s_j = 1$. КС термина «напряженность» составляет $s_j = 18$; это означает, что необходимо произнести 18 слов, чтобы объяснить понятие «напряженность» получателю информации с тезаурусом Z_0 . В результате подобных оценок s_j получилось:

«атом» – 8; «заряд», «дефект_масс» – 15; «сила тока», «емкость» – 20; «индукция» – 25; «производная», «магнитный_поток» – 27; «эдс_индукции» – 30. Путем подсчета слов в определениях и методом парных сравнений была приближенно определена сложность остальных терминов s_j ($j = 1, 2, \dots, N$) относительно тезауруса Z_0 . При этом использовался «метод карточек»: карточки с напечатанными терминами раскладывались на шкале сложности. В результате получился словарь-тезаурус – текстовый файл slovar.txt, содержащий перечень более 50 двойных терминов («момент_силы», «дефект_масс») и 230 одиночных терминов. Напротив каждого термина указывалась его сложность s_j .

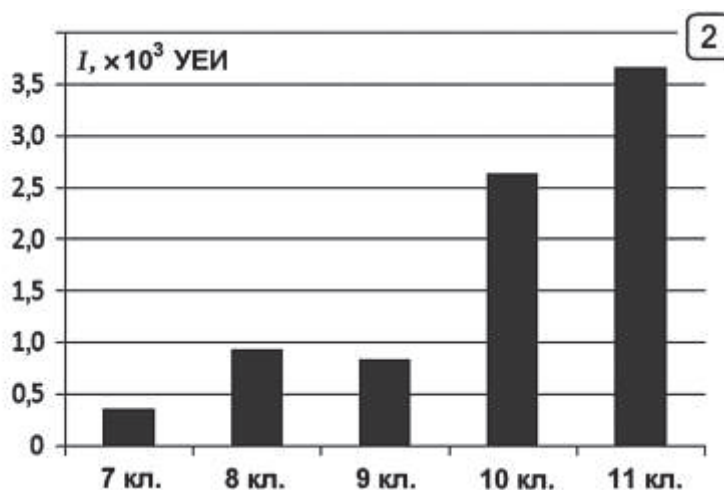
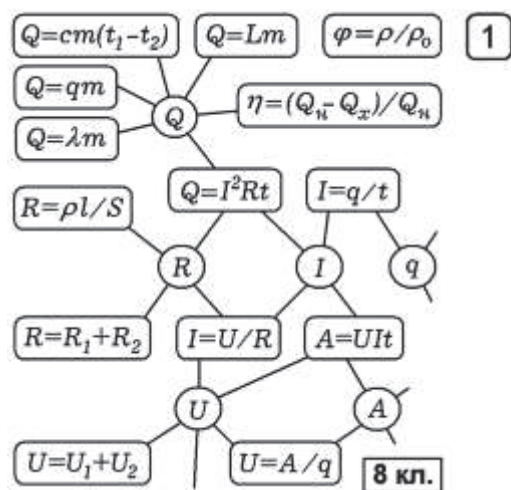


Рис. 1. Фрагмент графа «формулы–величины» (8 кл.). Сложность формульной информации в 7-11 классах

С помощью специальной компьютерной программы были проанализированы файлы F7.txt, F8.txt, ..., F11.txt. Программа считывала j -й термин и его сложность s_j из словаря и подсчитывала количество n_j его упоминаний в обрабатываемом файле; затем вычислялось общее количество информации $I = n_1s_1 + n_2s_2 + \dots + n_Ns_N$. При подсчете общего объема V учитывалось, что двойной термин (например, «удельная теплоемкость») состоит из двух слов. Если в формуле несколько раз встречается одна и та же величина (допустим, $U = U_1 + U_2$), то ее сложность учитывалась 1 раз, так как для объяснения этой формулы ее определение следует произнести один раз. В остальных случаях данный термин заменяется словом «величина» с $s_j = 2$. Затем находят коэффициент

свернутости для формульной составляющей учебника $KC = I/V$ и среднюю сложность формул $S = KC \cdot L/7 = I/(7N_\phi)$, где N_ϕ – их число, $L = V/N_\phi$ – средняя длина формул с пояснениями. Коэффициент 7 объясняется тем, что человек в кратковременной памяти легко удерживает около семи блоков информации. Если в формуле семь букв, обозначающих простые величины (не требующие объяснения), для которых $s_j = 1$, то сложность формулы $S = 1$.

Результаты анализа системы основных физических формул, изучаемых в 7-11 классах, приведены в Табл. 1. Она содержит столбцы, в которых представлены: 1) номер класса i ; 2) количество $N_{\phi,i}$ основных формул в соответствующем учебнике физики; 3)

число $N_{B,i}$ различных физических величин, встречающихся во всех формулах за i -тый класс; 4) количество связей $N_{C,i}$ между физическими величинами и формулами; 5) число связей $K_{C\Phi,i}$, приходящихся на одну формулу; 6) коэффициент связности $K_{C,i}$ для графа «формулы – величины» (отношение числа ребер к числу вершин); 7) суммарная информативность I_i или сложность системы формул в УЕИ; 8) информационный объем V_i системы формул (количество слов); 9) средний коэффициент свернутости KC_i информации

в формулах; 10) средняя сложность формул S_i за i -й класс; 11) объем учебника U_i в тысячах знаков; 12) сложность формульной информации Q_i , приходящаяся на 1000 знаков текста. Для вычислений используются формулы:

$$K_{C\Phi,i} = \frac{N_{C,i}}{N_{\Phi,i}}, \quad K_{C,i} = \frac{N_{C,i}}{N_{\Phi,i} + N_{B,i}}, \quad KC_i = \frac{I_i}{V_i},$$

$$S_i = \frac{I_i}{7N_{\Phi,i}}, \quad Q_i = \frac{S_i}{U_i}.$$

Таблица 1

Результаты анализа формульной составляющей учебников физики

Класс	N_{Φ}	N_B	N_C	$K_{C\Phi}$	K_C	I	V	KC	S	U	Q
7 кл.	20	19	51	2,6	1,31	358	166	2,16	2,6	389	0,92
8 кл.	24	25	58	2,4	1,18	934	235	3,97	5,6	457	2,04
9 кл.	29	20	87	3,0	1,78	835	302	2,76	4,1	557	1,50
10 кл.	73	56	250	3,4	1,94	2625	913	2,88	5,1	939	2,80
11 кл.	90	46	263	2,9	1,93	3653	1116	3,27	5,8	968	3,77

Например, для 9 класса граф «формулы-величины» имеет 49 вершин, соединенных 87 ребрами; в среднем на одну вершину приходится $K_{C,i} = 1,8$ ребра, а одна формула содержит $K_{C\Phi,i} = 3$ различные величины. Коэффициент свернутости равен $KC = 835/302 = 2,76$, средняя сложность формул 4,1; $Q_i = 1,5$. Из Табл. 1 и гистограммы на рис. 1.2 видно, что суммарная информативность основных формул позволяет разделить все классы на три группы: 1) 7 класс ($I_{\Phi,7} \approx 360$ УЕИ); 2) 8 и 9 класс ($I_{\Phi,i} = 800 - 950$ УЕИ); 3) 10 и 11 классы ($I_{\Phi,i} = 2500 - 3700$ УЕИ). Коэффициенты связности K_C графов «формулы – величины» для 7-11 классов находятся в интервале 1,3-2. Коэффициент свернутости информации лежит в интервале от 2 до 4, достигая своего максимального значения для 8 класса. Последнее обусловлено тем, что в 8 классе изучаются тепловые, электрические, электромагнитные и световые явления, поэтому информационная емкость физических величин в формулах достаточно велика. В 9 классе KC меньше, так как половину учебного года школьники изучают механические явления. Средняя сложность формул S

лежит в интервале от 2,6 до 5,8. Сложность формульной информации, приходящаяся на 1000 знаков, изменяется от 0,9 (7 кл.) до 3,8 (11 кл.).

Заключение

Сложность формульной информации является важной дидактической характеристикой учебников физики. В настоящей работе рассматривается проблема оценки сложности системы формул, изучаемых в различных классах общеобразовательной школы. Для каждого класса проанализирован граф «формулы-величины», определены его размерность и коэффициент связности. Предложенная методика предусматривает создание текстового файла, в котором закодированы формулы, и его анализ с помощью компьютерной программы. В результате подсчета научных терминов и учета их сложностей определены суммарная информативность формульной информации и коэффициенты свернутости информации в учебниках за 7-11 классы. Установлено, что для стандартных учебников физики коэффициент свернутости формульной информации находится в интервале от 2 до 4. Он показывает среднее количество знаний, приходящееся на один символ в формуле, измеренное относительно тезауруса ученика 5-го класса. Общая информативность системы формул характе-

ризует сложность и разнообразие математических моделей, используемых при изучении физики в 7-11 классах. Полученные результаты хорошо согласуются с приблизительной оценкой сложности формульной составляющей учебников, производимой методом парных сравнений из общедидактических соображений.

Библиографический список

1. Аверьянов, Л. Я. Контент-анализ [Текст] : монография / Л. Я. Аверьянов. – М. : РГИУ, 2007. – 286 с.
2. Беспалько, В. П. Теория учебника: Дидактический аспект [Текст] / В. П. Беспалько. – М. : Педагогика, 1988. – 160 с.
3. Гельфман, Э. Г., Холодная, М. А. Психодидактика школьного учебника. Интеллектуальное воспитание учащихся [Текст] / Э. Г. Гельфман, М. А. Холодная. – СПб. : Питер, 2006. – 384 с.
4. Дюк, В. А. Компьютерная психодиагностика [Текст] / В. А. Дюк. – С. П. : Братство, 1994. – 364 с.
5. Железовский, Б. Е. Сравнительный анализ информационной емкости различных учебников физики [Текст] / Б. Е. Железовский, Ф. А. Белов // Психология, социология, педагогика. – 2011. – № 7. – С. 13-20.
6. Звонкин, А. К., Левин, Л. А. Сложность конечных объектов и обоснование понятий информации и случайности с помощью теории алгоритмов [Текст] / А. К. Звонкин, Л. А. Левин // Успехи математических наук. – 1970. – Т. 25. – Вып. 6 (156). – С. 85-127.
7. Зеркаль, О. В. Семантическая информация и подходы к ее оценке. Часть 1. Семантико-прагматическая информация и логико-семантическая концепция [Текст] / О. В. Зеркаль // Философия науки. – 2014. – № 1. – С. 53-69.
8. Кохановский, В. А., Сергеева М. Х., Комахидзе М. Г. Оценка сложности систем [Текст] / В. А. Кохановский, М. Х. Сергеева, М. Г. Комахидзе // Вестник ДГТУ. – 2012. – № 4. – С. 22-26.
9. Криони, Н. К., Никин, А. Д., Филлипова, А. В. Автоматизированная система анализа сложности учебных текстов [Текст] / Н. К. Криони, А. Д. Никин, А. В. Филлипова // Вестник УГАТУ (Уфа). – 2008. – Т. 11. – № 1 (28). – С. 101-107.
10. Майер, Р. В. Автоматизированный метод оценки количества различных видов информации и ее сложности в физическом тексте с помощью ПЭВМ [Текст] / Р. В. Майер // Известия высших учебных заведений. – 2014. – № 3(31). – С. 200-209.
11. Майер, Р. В. Контент-анализ школьных учебников по естественно-научным дисциплинам [Текст] : монография / Р. В. Майер. – Глазов : Глазов. пед. ин-т, 2016. – С. 137.
12. Микк, Я. А. Оптимизация сложности учебного текста: В помощь авторам и редакторам [Текст] / Я. А. Микк. – М. : Просвещение, 1981. – 119 с.
13. Мирошниченко, А. А. Профессионально ориентированные структуры учебных элементов [Текст] / А. А. Мирошниченко. – Глазов, 1999. – 62 с.
14. Мякишев, Г. Я. и др. Физика : учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений [Текст] / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев, Н. Н. Сотский. – М. : Просвещение, 2004. – 336 с.
15. Мякишев, Г. Я., Буховцев, Б. Б. Физика [Текст] : учеб. для 11 кл. общеобразоват. учреждений / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. – М. : Просвещение, 2004. – 336 с.

16. Новосельцев, В. И. и др. Теоретические основы системного анализа [Текст] / В. И. Новосельцев, Б. В. Тарасов, В. К. Голиков, Б. Е. Демин. – М. : Майор, 2006. – 592 с.

17. Оборнева, И. В. Автоматизация оценки качества восприятия текста [Текст] / И. В. Оборнева // Вестник московского городского педагогического университета. Информатика и информатизация образования. – М. : МГПУ. 2005. № 5. – С. 86-91.

18. Перышкин, А. В. Физика. 7 класс [Текст] : учебник для общеобразоват. учреждений / А. В. Перышкин. – М. : Дрофа, 2011. – 192 с.

19. Перышкин, А. В. Физика. 8 класс [Текст] : учебник для общеобразоват. учреждений / А. В. Перышкин. – М. : Дрофа, 2008. – 192 с.

20. Перышкин, А. В., Гутник, Е. М. Физика. 9 класс [Текст] : учебник для общеобразоват. учреждений / А. В. Перышкин, Е. М. Гутник. – М. : Дрофа, 2003. – 256 с.

21. Таршис, Е. С. Контент-анализ: Принципы методологии (Построение теоретической базы. Онтология, аналитика и феноменология текста. Программы исследования) [Текст] / Е. С. Таршис. – М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2013. – 176 с.

22. Шрейдер, Ю. А., Шаров А. А. Системы и модели [Текст] / Ю. А. Шрейдер, А. А. Шаров. – М. : Радио и связь, 1982. – 152 с.

23. Checkland, P., Scholes, J. Soft System Methodology in Action. – John Wiley & Sons Ltd. 1990. – 346 p.

24. Davis, B., Sumara, D. Complexity and Education: Inquiries Into Learning, Teaching, and Research. – Mahwah, New Jersey, London, 2006. – 201 p.

25. Forsman, J. Complexity Theory and Physics Education Research. The Case of Student Retention in Physics and Related Degree Programmes // Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology 1273. – Acta Universitatis Upsaliensis. Uppsala, 2015. – 185 pp.

26. White, M. D., Marsh, E. E. (2006) Content analysis: A flexible methodology // Library trends. Vol. 55. № 1. 2006. – pp. 22 – 45. – URL://muse.jhu.edu

Reference List

1. Aver'janov, L. Ja. Kontent-analiz = Content analysis [Tekst] : monografija / L. Ja. Aver'janov. – M. : RGIU, 2007. – 286 s.
2. Bespal'ko, V. P. Teorija uchebnika: Didakticheskij aspekt = Theory of the textbook: a didactic aspect [Tekst] / V. P. Bespal'ko. – M. : Pedagogika, 1988. – 160 s.
3. Gel'fman, Je. G., Holodnaja, M. A. Psihoididaktika shkol'nogo uchebnika. Intellektual'noe vospitanie uchashhhsja = Psychodidactics of the school textbook. Intellectual education of pupils [Tekst] / Je. G. Gel'fman, M. A. Holodnaja. – SPb. : Piter, 2006. – 384 s.
4. Djuk, V. A. Komp'juternaja psihodiagnostika = Computer psychodiagnostics [Tekst] / V. A. Djuk. – S. P. : Bratstvo, 1994. – 364 s.
5. Zhelezovskij, B. E. Sravnitel'nyj analiz informacionnoj emkosti razlichnyh uchebnikov fiziki = Comparative analysis of information capacity of physics various textbooks [Tekst] / B. E. Zhelezovskij, F. A. Belov // Psihologija, sociologija, pedagogika. – 2011. – № 7. – С. 13-20.
6. Zvonkin, A. K., Levin, L. A. Slozhnost' konechnyh ob#ektov i obosnovanie ponjatij informacii i sluchajnosti s pomoshh'ju teorii algoritmov = Complexity of final objects and justification of concepts of information and accident by means of the theory of algorithms [Tekst] / A. K. Zvonkin,

- L. A. Levin // *Uspehi matematicheskikh nauk.* – 1970. – Т. 25. – Вyp. 6 (156). – С. 85-127.
7. Zerkal', O. V. Semanticheskaja informacija i podhody k ee ocenke. Chast' 1. Semantiko–pragmaticheskaja informacija i logiko–semanticheskaja koncepcija = Semantic information and approaches to its assessment. Part 1. Semantic-pragmatic information and logic-semantic concept [Tekst] / O. V. Zerkal' // *Filosofija nauki.* – 2014. – № 1. – С. 53-69.
8. Kohanovskij, V. A., Sergeeva M. H., Komahidze M. G. Ocenka slozhnosti sistem = Assessment of systems complexity [Tekst] / V. A. Kohanovskij, M. H. Sergeeva, M. G. Komahidze // *Vestnik DGTU.* – 2012. – № 4. – С. 22-26.
9. Krioni, N. K., Nikin, A. D., Filipova, A. V. Avtomatizirovannaja sistema analiza slozhnosti uchebnyh tekstov = The automated system of the analysis of educational texts complexity [Tekst] / N. K. Krioni, A. D. Nikin, A. V. Filipova // *Vestnik UGATU (Ufa).* – 2008. – Т. 11. – № 1 (28). – С. 101-107.
10. Majer, R. V. Avtomatizirovannyj metod ocenki kolichestva razlichnyh vidov informacii i ee slozhnosti v fizicheskom tekste s pomoshh'ju PJeVM = The automated method of assessment of quantity of different types of information and its complexity in the physical text by means of PC [Tekst] / R. V. Majer // *Izvestija vysshih uchebnyh zavedenij.* – 2014. – № 3(31). – С. 200-209.
11. Majer, R. V. Kontent-analiz shkol'nyh uchebnikov po estestvenno-nauchnym disciplinam = The content analysis of school textbooks on natural-science disciplines [Tekst] : monografija / R. V. Majer. – Glazov : Glazov. ped. in-t, 2016. – S. 137.
12. Mikk, Ja. A. Optimizacija slozhnosti uchebnogo teksta: V pomoshh' avtoram i redaktoram = Optimization of complexity of the educational text: To help authors and editors [Tekst] / Ja. A. Mikk. – M. : Prosveshhenie, 1981. – 119 s.
13. Miroshnichenko, A. A. Professional'no orientirovannye struktury uchebnyh jelementov = Professionally focused structures of educational elements [Tekst] / A. A. Miroshnichenko. – Glazov, 1999. – 62 s.
14. Mjakishev, G. Ja. i dr. Fizika : ucheb. dlja 10 kl. obshheobrazovat. uchrezhdenij = Physics: the textbook for 10 classes of educational institutions [Tekst] / G. Ja. Mjakishev, B. B. Buhovcev, N. N. Sotskij. – M. : Prosveshhenie, 2004. – 336 s.
15. Mjakishev, G. Ja., Buhovcev, B. B. Fizika = Physics [Tekst] : ucheb. dlja 11 kl. obshheobrazovat. uchrezhdenij / G. Ja. Mjakishev, B. B. Buhovcev. – M. : Prosveshhenie, 2004. – 336 s.
16. Novosel'cev, V. I. i dr. Teoreticheskie osnovy sistemnogo analiza = Theoretical bases of the system analysis [Tekst] / V. I. Novosel'cev, B. V. Tarasov, V. K. Golikov, B. E. Demin. – M. : Major, 2006. – 592 s.
17. Oborneva, I. V. Avtomatizacija ocenki kachestva vospriyatija teksta = Automation of assessment in the text perception quality [Tekst] / I. V. Oborneva // *Vestnik moskovskogo gorodskogo pedagogicheskogo universiteta. Informatika i informatizacija obrazovanija.* – 2005. – № 5. – С. 86-91.
18. Peryshkin, A. V. Fizika. 7 klass = Physics. The 7th class [Tekst] : uchebnik dlja obshheobrazovat. uchrezhdenij / A. V. Peryshkin. – M. : Drofa, 2011. – 192 s.
19. Peryshkin, A. V. Fizika. 8 klass = Physics. The 8th class [Tekst] : uchebnik dlja obshheobrazovat. uchrezhdenij / A. V. Peryshkin. – M. : Drofa, 2008. – 192 s.
20. Peryshkin, A. V., Gutnik, E. M. Fizika. 9 klass = Physics. The 9th class [Tekst] : uchebnik dlja obshheobrazovat. uchrezhdenij / A. V. Peryshkin, E. M. Gutnik. – M. : Drofa, 2003. – 256 s.
21. Tarshis, E. S. Kontent-analiz: Principy metodologii (Postroenie teoreticheskoy bazy. Ontologija, analitika i fenomenologija teksta. Programmy issledovanija) = Content analysis: Principles of methodology (Creation of theoretical base. Ontology, analytics and phenomenology of the text. Research programs) [Tekst] / E. S. Tarshis. – M. : Knizhnyj dom «LIBROKOM», 2013. – 176 s.
22. Shrejder, Ju. A., Sharov A. A. Sistemy i modeli = Systems and models [Tekst] / Ju. A. Shrejder, A. A. Sharov. – M. : Radio i svjaz', 1982. – 152 s.
23. Checkland, P., Scholes, J. Soft System Methodology in Action. – John Wiley & Sons Ltd. 1990. – 346 p.
24. Davis, B., Sumara, D. Complexity and Education: Inquiries Into Learning, Teaching, and Research. – Mahwah, New Jersey, London, 2006. – 201 p.
25. Forsman, J. Complexity Theory and Physics Education Research. The Case of Student Retention in Physics and Related Degree Programmes // *Digital Comprehensive Summaries of Uppsala Dissertations from the Faculty of Science and Technology* 1273. – Acta Universitatis Upsaliensis. Uppsala, 2015. – 185 pp.
26. White, M. D., Marsh, E. E. (2006) Content analysis: A flexible methodology // *Library trends.* Vol. 55. № 1. 2006. – pp. 22-45. – URL://muse.jhu.edu