УДК 37.02

DOI: 10.12737/article_5c8f4484c7d122.40884509

Количественная оценка сложности изучения электрического и магнитного полей в различных учебниках физики

Quantitative Assessment of the Complexity of the Electric and Magnetic Fields Study in Various Physics Textbooks

Получено: 28.12.2018 г. / Одобрено: 11.01.2019 г. / Опубликовано: 25.03.2019 г.

Майер Р.В.

Д-р пед. наук, доцент, профессор кафедры физики и дидактики физики, ФГБОУ ВО «Глазовский государственный педагогический институт имени В.Г. Короленко»,
Россия, 427621, г. Глазов, ул. Первомайская, д. 25,
e-mail: robert_maier@mail.ru

Mayer R.V.

Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Professor, Department of Physics and Didactic of Physics, The Glazov Korolenko State Pedagogical Institute,
25, Pervomayaskaya St., Glazov, 427621, Russia,
e-mail: robert_maier@mail.ru

Аннотация. Совершенствование учебников и учебных пособий предполагает разработку и развитие количественных методов оценивания дидактических характеристик тех или иных элементов учебного материала. Значительный интерес представляет собой проблема определения дидактической сложности учебных текстов по электродинамике, связанных с введением понятий «электрическое поле» и «магнитное поле». Цель исследования состоит в разработке объективного метода количественной оценки сложности вопросов курса физики и применении данного метода для определения сложности изучения электрического и магнитного полей в различных учебных пособиях по физики для школы и вуза. При этом учебный текст рассматривается как совокупность предложений, каждое из которых несет определенную идею и состоит из «обычных» слов и научных терминов. Считается, что сложность предложения равна сумме сложностей понимания входящих в него слов (терминов). Сложность термина может быть охарактеризована коэффициентом свернутости, равным числу слов в объяснении соответствующего понятия. Показателем сложности текста является средняя сложность предложения, которая находится как произведение средней сложности слова на среднее число слов в предложении. Нами применялась специальная компьютерная программа, которая анализировала файл и подсчитывала число использований каждого термина и суммировала их сложности. При этом она обращалась к словарю-тезаурусу — специальному файлу, содержащему перечень терминов и соответствующие им коэффициенты свернутости. Для оценки сложности формул, входящих в учебный текст, формулы заменялись словесными описаниями, и получившийся файл также анализировался с помощью компьютерной программы. В статье представлены результаты контент-анализа семи параграфов из различных учебников физики для школы и вуза. Они позволяют утверждать, что разработанная методика оценки коэффициента свернутости учебной информации и сложности текста эффективна и дает правильные результаты.

Ключевые слова: дидактика, понятие, обучение, сложность, свернутость знаний, учебный текст, учебник, физика, электродинамика.

Abstract. Improvement of textbooks and manuals assumes the creation and development of quantitative estimation methods of didactic characteristics of these or those learning material elements. Not small interest is represented by the determination problem of didactic complexity of the educational texts on electrodynamics connected with introduction of the concepts "electric field" and "magnetic field". The research aim is to develop an objective method of quantitative complexity assessment of the physics course issues and the use of this method to determine the complexity of the study of electric and magnetic fields in various textbooks on physics for schools and universities. At this the educational text is considered as a set of sentences, each of which carries a certain idea and consists of “ordinary” words and scientific terms. It is supposed that the sentence complexity is the sum of the complexity of understanding each words (terms). The term complexity can be characterized by the folding coefficient which equal to the number of words in the corresponding concept explanation. To find the text complexity it is necessary to multiply the folding coefficient by the average quantity of words in the sentence. We applied the special computer program which analyzed the file and counted number of the each term uses and summarized their complexities. Thus it addressed to the dictionary-thesaurus, — special file containing a list of terms and folding coefficients corresponding to them. To assess the complexity of the formulas included in the educational text, they are replaced by verbal descriptions, and the resulting file is also analyzed using the computer program. Results of the content analysis of seven paragraphs from various physics textbooks for school and higher education institution are presented in article. They allow us to claim that the developed methodology of the folding coefficient assessment for educational information and complexity of the text is effective and gives the correct results.

Keywords: didactics, concept, training, complexity, knowledge folding, educational text, textbook, physics, electrodynamics.

Введение

Дальнейшее совершенствование методики преподавания физики, создание новых учебников и учебных пособий требуют разработки объективных методов определения дидактических характеристик различных элементов учебного материала, учебных текстов и их фрагментов. В этой связи определенный интерес представляет собой проблема оценивания

дидактической сложности изучения отдельных аспектов электродинамики, в частности, введения понятий электрического и магнитного полей, а также их характеристик. Это позволит ответить на вопросы типа: Во сколько раз сложность текста Т1 (или методики М1) выше сложности текста Т2 (методики М2)? Актуальность проблемы оценки сложности учебных текстов (далее — УТ) обусловлена тем, что: 1) реализация принципа «от простого к сложному» требует изучения вопросов в порядке возрастания их сложности; 2) сложность учебного материала должна соответствовать способностям ученика; 3) сложность (информативность) учебного материала может рассматриваться как характеристика интеллектуального уровня школьника, способного его усвоить. Усложнение изучаемых вопросов определяется учебным стандартом и учебниками; оно связано с закономерностями интеллектуального развития школьника и является некоторым инвариантом для всех общеобразовательных школ.

Цель исследования состоит в: 1) разработке объективного метода количественной оценки сложности различных вопросов курса физики; 2) применении данного метода для определения сложности изучения электрического и магнитного полей в различных учебных пособиях по физике для школы и вуза. Его гипотеза заключается в следующем: если в качестве показателя сложности УТ взять произведение коэффициента свернутости информации на среднюю длину предложения (математического высказывания), то это позволит правильно оценить его дидактическую сложность. Настоящая работа опирается на идеи Е.С. Таршиса [9], В.И. Шалака [11], M.D. *Wh*i*t*e, E.E. Mars*h* [14] (методология контент-анализа), В.П. Беспалько [1], Я.А. Микка [3] (теория учебника), В.И. Загвязинского, М.П. Карпенко (теория обучения), Г.А. Балла, А.В. Гидлевского (сложность учебной задачи), Н. Кузанского, А.И. Уемова, С.И. Шапиро [12] (свертывание и развертывание знаний и операций), Б.Е. Железовского, Ф.А. Белова, А.М. Сохора (сложность и информационная емкость УТ), *B. Davis, D. Sumara* [13] (сложность в дидактике), Н.К. Криони, А.Д. Никина, И.В. Оборневой, А.В. Филлиповой (автоматизированная оценка сложности текстов). Также применялись системный анализ и методология мягких систем.

В основе используемого метода лежат следующие рассуждения. Человек мыслит концептами, формулируя свою мысль в виде предложений, состоящих из слов (научных терминов). Поэтому информативность текста следует измерять не в битах, а в словах. Текст – это сложная система, состоящая из взаимосвязанных предложений (словесных или математических высказываний), каждое из которых несет определенную мысль. Сложность понимания текста можно охарактеризовать средней сложностью (или информативностью) составляющих его высказываний. Общая информативность текста не всегда равна сумме информативностей предложений; количество информации в предложении не всегда равна сумме информативностей составляющих его слов. Простыми словами можно выразить сложную мысль, которая будет плохо понятна читателю. Это относится к художественным произведениям, в которых используются метафоры, иносказание, переносный смысл. Если в тексте имеются повторы, то его информативность может быть меньше суммы информативностей всех предложений.

В настоящей работе обсуждаются учебные тексты (УТ), которые специально написаны понятным и лаконичным языком, исключающим какую-либо двусмысленность или ненужные повторы. Поэтому можно считать, что сложность предложения складывается из сложности понимания каждого слова; последняя может быть охарактеризована коэффициентом свернутости (КС). Он показывает степень концентрации информации в данном понятии и равен числу слов, которое необходимо произнести, чтобы объяснить сущность понятия школьнику, не изучавшему физику. Например, «напряженность (поля в точке *A*) – это отношение силы, действующей на пробный заряд, внесенный в точку *A* к величине этого заряда. Заряд (или заряженное тело) – это тело, создающее вокруг себя электрическое поле». Если не расшифровывать «электрическое поле», то сложность (или КС) понятия «напряженность» равна 13-15.

Вообще, свертывание информации – это процесс ее аналитико-синтетической переработки, приводящий к уменьшению физического объема сообщения без потерь информативности [12]. Проблемой свертывания знаний занимались Н. Кузанский (*XV* в.), А.К. Сухотин, А.И. Уемов, А.И. Михайлов, С.И. Шапиро и др. Под свертыванием знаний они понимали получение «содержательно насыщенного» знания, уплотнение (т.е. повышение концентрации) и сжатие информации, создание форм научного знания с большей информационной емкостью, «кумуляцию» информации, уменьшение ее объема путем более краткого, обобщенного изложения. Свертывание и уплотнение знаний приводит к образованию новых семантических единиц и их проецированию на другие области знаний. Различают

семантическое свертывание (введение новых терминов, изменяющих смысл утверждения, делающих его более универсальным) и лексическое свертывание (не меняющее смысл, но преобразующее его знаковую форму).

Итак, сложность УТ Q понимается как средняя плотность информации или количество информации, приходящейся на одно предложение; она пропорциональна средней сложности предложения (математического высказывания), типичного для данного текста и не зависит от его объема. Каждое предложение является системой взаимосвязанных элементов (слов); его сложность равна произведению средней сложности одного элемента (т.е. $КС_T$ – количество информации в одном слове) на число элементов (слов) L. Аналогично, сложность формулы равна произведению $КС_Ф$ на число символов в ней. Так как в кратковременной памяти человека удерживается около семи блоков информации, то используется формула $Q = КС \cdot L/7$. Если предложение из семи слов (оно легко удерживается в памяти) не содержит научных терминов ($КС_T = 1$), то его сложность $Q = 1$. Если средний КС для текста 1,8, а средняя длина предложения $L_{ПР} = 9{,}3$, то сложность текста равна $Q = 1{,}8 \cdot 9{,}3/7 = 2{,}4$.

КС информации в УТ не зависит от объема текста и тесно связан с уровнем знаний школьника или студента; его среднее значение по мере обучения возрастает. С практической точки зрения важно, чтобы дидактическая сложность текста определялась какими-то его объективными характеристиками, например, минимальным числом слов, требующихся для передачи содержащейся в УТ информации школьнику, не изучавшему физику. Ученик, работая с УТ, пытается понять («декодировать») предложения и усвоить содержащиеся в них идеи, «встроив» их в имеющуюся у него систему знаний. Поэтому сложность УТ пропорциональна произведению среднего коэффициента свернутости составляющих его слов на среднюю длину предложения. Аналогично сложность формул можно найти как произведение среднего КС составляющих ее понятий (физических величин) на среднее число символов в формуле.

Перечислим величины, характеризующие учебный текст (УТ): 1) объем V_T, равный количеству значимых слов; 2) приведенный объем W_T; 3) коэффициент свернутости информации $КС_T = W_T/V_T$; 4) средняя длина предложений (число слов в предложении) $L_{ПР}$; 5) сложность или среднее количество информации в предложении $Q_T = КС_T \cdot L_{ПР}$. Приведенный информационный объем WT текста вычисляют так: $W_T = V_T - N_T + n_1 s_1 + n_2 s_2 + ... + n_N s_N$, где n_i – число использований i-ого термина, s_i – его сложность (или КС), $N_T = n_1 + n_2 + ... n_N$ – общее число терминов в УТ, N – общее число терминов в словаре. Чтобы найти сложность термина, надо сосчитать количество значимых слов, которые требуется произнести, чтобы дать его краткое определение (включая определение всех используемых понятий) для ученика 5-го класса.

Для оценки коэффициента свернутости КСТ текстовой составляющей УТ использовалась следующая методика. Определяют объем V_T УТ путем подсчета числа значимых слов, например, с помощью программы Text_analyzer.exe. Создают текстовый файл, содержащий список научных терминов, присутствующих во всех анализируемых УТ («заряд», «напряженность», «потенциал» и т.д.); их общее количество равно N. Приближенно оценивают сложность используемых терминов s_i, $i = 1, 2, ... N$; для этого определяют число слов, которое необходимо произнести, чтобы объяснить соответствующее понятие школьнику, не изучавшему физику. 4. С помощью специальной компьютерной программы анализируют учебный текст УТ, подсчитывая количество *ni* упоминаний каждого термина. 5. Вычисляют приведенный информационный объем W_T УТ. 6. Вычисляют коэффициент свернутости для текстовой составляющей $КС_T = W_T / V_T$.

Для определения приведенного объема WT использовались две компьютерные программы, анализирующие УТ, вычисляющие количества использований в тексте двойных терминов («дипольн(ый) момент», «электрическ(ая) постоянн(ая)»), одиночных терминов («заряд», «индукция») в УТ, и суммирующие их сложности. При этом программа обращается к текстовому файлу, содержащему словарь терминов с указанной сложностью s_i, и к файлу с анализируемым текстом. Словарь-тезаурус содержит общие части однокоренных терминов без окончаний, что позволяет выявлять в УТ их различные формы. Программа выбирает i-тый термин из словаря и строчка за строчкой анализирует файл с текстовой выборкой, подсчитывая количество n_i вхождений в него данного термина. Для создания словарей (отдельно для двойных терминов, для одиночных терминов и для формул) из анализируемых параграфов было отобрано около 180 терминов и оценена их сложность (число значимых слов, которые заменяет данный термин). Например: пол(е) $s = 12$, индукционн(ый) $s = 11$, интеграл $s = 40$ и т.д.

Чтобы оценить КС для формульной составляющей учебного материала, надо создать текстовый файл, в котором каждая формула заменена предло-

жением (вместо коэффициентов *a* или *b* пишем «коэф»; вместо «+», «/», пишем «плюс», «делить», вместо *E* или *B* – «напряженность», «индукция» и т.д.). Например, формула $B = F/I \cdot l$ кодируется так: «индукция равна сила делить сила_тока умножить длина проводника». Слова «равна», «делить», «умножить» и т.д. хорошо известны ученику 5-го класса, их сложность $s_i = 1$. Получившийся файл анализируют той же компьютерной программой, суммирующей произведения сложности терминов (величин) s_i на число вхождений $n_{\phi i}$ каждого термина в формулы и вычисляющей приведенный информационный объем W_Φ. КС для формульной информации равен $КС_\Phi = W_\Phi/V_\Phi$, где V_Φ – число символов в формулах (объем формульной составляющей УТ).

Контент-анализу подверглись отдельные параграфы следующих учебников: п. 1 «Электрическое поле» (учебник «Физика-8» А.В. Перышкина [6, с. 63–65]); п. 2 «Индукция магнитного поля» (учебник «Физика-9» А.В. Перышкина и Е.М. Гутник [7, с. 154–157]); п. 3 «Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции» (учебник «Физика-10» Г.Я. Мякишева, Б.Б. Буховцева и Н.Н. Сотского [4, с. 242–245]); п. 4 «Модуль вектора магнитной индукции. Сила Ампера» (учебник «Физика-11» Г.Я. Мякишева и Б.Б. Буховцева [5, с. 11–13]); п. 5 «Закон Кулона» (учебник «Физика» для среднего проф. образования А.А. Пинского и Г.Ю. Граковского [8, с. 194–195]); п. 6 «Электрическое поле. Напряженность поля, силовые линии. Поток вектора *E* через поверхность» (лекции по физике для вузов Г.А. Бордовского и Э.В. Бурсиана [2, с. 194–195]); п. 7 «Принцип суперпозиции электростатических полей. Поле диполя» (учебник физика для вузов Т.И. Трофимовой [10, с. 152–154]). Перечисленные параграфы соответствуют начальному этапу изучения электродинамики и типичны для рассматриваемых учебных пособий.

Результаты проведенного анализа представлены в табл. 1, состоящей из столбцов: 1) номер параграфа по порядку; 2) объем текста V_T (число значимых слов); 3) суммарная сложность S_T научных терминов (одиночных и двойных), присутствующих в тексте; 4) общее количество научных терминов *NT* в УТ; 5) коэффициент свернутости текстовой информации $КС_T$; 6) средняя длина предложения $L_{ПР}$; 7) сложность текстовой составляющей Q_T; 8) суммарная сложность S_Φ всех научных терминов, входящих в формулы; 9) общее количество символов в формулах, содержащихся в параграфе N_C; 10) коэффициент свернутости формульной информации $КС_\Phi$; 11) общий коэффициент свернутости текста КС; 12) средняя длина математических выражений L_Φ (число символов в формуле); 13) сложность формул Q_Φ; 14) средняя сложность параграфа *Q* (в пересчете на одно предложение). Для нахождения N_T к удвоенному числу использований двойных терминов в УТ прибавляют число использований одиночных терминов. Нами применялись формулы:

$$S_T = \sum_{i=1}^{N} n_i s_i, \quad S_\Phi = \sum_{i=1}^{N} n_{\phi i} s_i, \quad КС_T = \frac{W_T}{V_T} = \frac{S_T + V_T - N_T}{V_T},$$

$$КС_\Phi = \frac{W_\Phi}{V_\Phi} = \frac{S_\Phi}{V_\Phi}, \quad Q_T = КС_T L_{ПР} / 7, \quad Q_\Phi = КС_\Phi L_\Phi / 7,$$

$$Q = \sqrt{Q_T^2 + Q_\Phi^2},$$

где $V_T - N_T$ – количество слов в тексте, не являющихся терминами и имеющими сложность $s = 1$. Погрешность оценки $КС_T$ и $КС_\Phi$ примерно 10%. Значения Q_T и Q_Φ слабо связаны друг с другом; в таком случае для нахождения *Q* используется теорема Пифагора. Следует учесть, что при записи формулы физическая величина заменяется одной буквой: напряженность – *E*, величина заряда – *q* и т.д. Ученик должен помнить эти обозначения, иначе он не поймет формулу. Поэтому коэффициент свернутости (или сложность s_i) для понятий, входящих в формулы, надо увеличить на 1.

Таблица 1

Результаты оценки сложности учебных текстов

	V_T	S_T	N_T	$КС_T$	$L_{ПР}$	Q_T	S_Φ	N_C	$КС_\Phi$	КС	L_Φ	Q_Φ	Q
п.1	417	704	104	**2,44**	8,7	**3,0**	0	0	**0**	**2,44**	0	**0**	**3,0**
п.2	584	1447	211	**3,12**	12,7	**5,7**	81	20	**4,05**	**3,15**	6,7	**3,86**	**6,8**
п.3	568	1476	216	**3,22**	11,3	**5,2**	275	62	**4,44**	**3,34**	10,3	**6,55**	**8,4**
п.4	464	1295	198	**3,36**	12,4	**6,0**	336	63	**5,33**	**3,60**	7,0	**5,33**	**8,0**
п.5	445	941	181	**2,71**	12,4	**4,8**	74	22	**3,36**	**2,74**	11,0	**5,29**	**7,1**
п.6	431	1048	172	**3,03**	9,1	**3,9**	1003	163	**6,15**	**3,89**	18,1	**15,9**	**16,4**
п.7	466	1630	245	**3,97**	17,3	**9,8**	735	220	**3,34**	**3,77**	16,9	**8,08**	**12,7**

Из табл. 1 видно, что наиболее простым является п. 1 «Электрическое поле» [6]; этот параграф не содержит формул, поэтому его общий КС равен $КС_T = 2,4$, а сложность $Q = Q_T = 3$. Равенство $КС_T = 2,4$ означает, что для объяснения текста с расшифровкой каждого термина потребуется в 2,4 раза больше слов, чем их содержится в тексте. Общий КС для п. 2 “Индукция магнитного поля” [7], п. 3 «Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции» [4], п. 4 «Модуль вектора магнитной индукции. Сила Ампера» [5] возрастает от 3,2 до 3,6, а сложность *Q* лежит в интервале от 6,8 до 8,4. КС информации в п. 5 «Закон Кулона» [8] равен КС = 2,7, сложность $Q = 7,1$. В п. 6 «Электрическое поле. Напряженность поля, силовые линии. Поток

вектора E через поверхность» [2] обсуждаются математические методы описания электрических полей и используются дифференциалы, интегралы, скалярное произведение векторов. Поэтому $КС_Т = 3{,}0$, а $КС_Ф = 6{,}2$, общий КС = 3,9; сложность формул $Q_Ф = 15{,}9$, общая сложность равна $Q = 16{,}4$. Высокие коэффициент свернутости и сложность также у п. 7 «Принцип суперпозиции электростатических полей. Поле диполя» [10]: КС = 3,8, $Q = 12{,}7$. При этом не очень высокое значение $КС_Ф = 3{,}3$ для п. 7, объясняется тем, что в формулах этого параграфа используются те же физические величины и математические операции, что и в п. 3 и 4, а КСФ не учитывает длину формул ($L_Ф = 17$). Самую высокую сложность текстовой составляющей $Q_Т = 9{,}8$ имеет п. 7, что обусловлено большой длиной предложений ($L_{ПР} = 17{,}3$) и использованием сложных терминов ($КС_Т = 4$).

Заключение

В настоящей работе проанализирована проблема оценки сложности параграфов различных учебников физики методом компьютерного анализа текста и формул. В результате подсчета физических терминов и учета их сложности определены коэффициенты свернутости информации в семи параграфах, посвященных изучению электрического и магнитного поля. Установлено, что для них коэффициент свернутости КС, находится в интервале от 2,4 до 3,9. Он характеризуют среднее количество информации, приходящееся на одно значимое слово или символ в формуле. Учет средней длины предложений и количества символов в формулах позволяет оценить среднюю сложность предложения (математического высказывания), которая характеризует сложность текста. Ее величина изменяется от 3 («Физика-8» [6]) до 16,4 («Курс лекций ...» [2]). Полученные результаты хорошо согласуются с приблизительной оценкой сложности анализируемых параграфов, производимой методом парных сравнений из общедидактических соображений. На основе рассмотренного метода может быть разработана универсальная программа, анализирующая скан страницы учебника и определяющая коэффициент свернутости информации и сложность текста.

Литература

1. *Беспалько В.П.* Теория учебника: дидактический аспект [Текст] / В.П. Беспалько. — М.: Педагогика, 1988. — 160 с.
2. *Бордовский Г.А.* Общая физика: курс лекций с компьютерной поддержкой [Текст]: Учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений / Г.А. Бордовский, Э.В. Бурсиан; В 2 т. — М.: Владос-Пресс, 2001. — Т. 1. — 240 с.
3. *Микк Я.А.* Оптимизация сложности учебного текста: в помощь авторам и редакторам [Текст] / Я.А. Микк. — М.: Просвещение, 1981. — 119 с.
4. *Мякишев Г.Я.* Физика [Текст]: учебник для 10 кл. общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев, Н.Н. Сотский. — М.: Просвещение, 2004. — 336 с.
5. *Мякишев Г.Я.* Физика [Текст]: учебник для 11 кл. общеобразоват. учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев. — М.: Просвещение, 2004. — 336 с.
6. *Перышкин А.В.* Физика. 8 класс [Текст]: учебник для общеобразоват. учреждений / А.В. Перышкин. — М.: Дрофа, 2002. — 192 с.
7. *Перышкин А.В.* Физика. 9 класс [Текст]: учебник для общеобразоват. учреждений / А.В. Перышкин, Е.М. Гутник. — М.: Дрофа, 2003. — 256 с.
8. *Пинский А.А.* Физика [Текст]: учебник / А.А. Пинский, Г.Ю. Граковский. — М.: Форум-ИНФРА, 2008. — 560 с.
9. *Таршис Е.С.* Контент-анализ: принципы методологии. (Построение теоретической базы. Онтология, аналитика и феноменология текста. Программы исследования.) [Текст] / Е.С. Таршис. — М.: ЛИБРОКОМ, 2013. — 176 с.
10. *Трофимова Т.И.* Курс физики [Текст]: учеб. пособие для вузов / Т.И. Трофимова. — М.: Высш. шк., 2003. — 542 с.
11. *Шалак В.И.* Современный контент-анализ. Приложения в области: политологии, психологии, социологии, культурологии, экономики, рекламы [Текст] / В.И. Шалак. — М.: Омега-Л, 2004. — 272 с.
12. *Шапиро С.И.* От алгоритмов к суждениям (Эксперименты по обучению элементам математического мышления) [Текст] / С.И. Шапиро. — М.: Советское радио, 1973. — 288 с.
13. *Davis B., Sumara D.* Complexity and Education: Inquiries Into Learning, Teaching, and Research. Mahwah, New Jersey, London, 2006. 201 p.
14. *White M.D., Marsh E.E.* Content analysis: A flexible methodology // Library trends. Vol. 55, № 1, 2006. Pp. 22–45. URL: http://muse.jhu.edu

References

1. Bespal'ko V.P. Teoriya uchebnika: Didakticheskiy aspekt. M.: Pedagogika, 1988. – 160 s.
2. Bordovskiy G.A., Bursian E.V. Obshchaya fizika: Kurs lektsiy s komp'yuternoy podderzhkoy: Ucheb. posobie dlya studentov vyssh. ucheb. zavedeniy: V 2 t. M.: Izd-vo VLADOS-PRESS, 2001. T. 1. 240 s.
3. Mikk Ya.A. Optimizatsiya slozhnosti uchebnogo teksta: V pomoshch' avtoram i redaktoram. M.: Prosveshchenie, 1981. 119 s.
4. Myakishev G.Ya. Fizika: Ucheb. dlya 10 kl. obshcheobrazovat. uchrezhdeniy: bazovyy i profil. urovni / G.Ya. Myakishev, B.B. Bukhovtsev, N.N. Sotskiy. M.: Prosveshchenie, 2004. 336 s.
5. Myakishev G.Ya., Bukhovtsev B.B. Fizika: Ucheb. dlya 11 kl. obshcheobrazovat. uchrezh-deniy. M.: Prosveshchenie, 2004. 336 s.

6. Peryshkin A.V. Fizika. 8 klass. Uchebnik dlya obshcheobrazovat. uchrezhdeniy. M.: Drofa, 2002. 192 s.
7. Peryshkin A.V., Gutnik E.M. Fizika. 9 klass. Uchebnik dlya obshcheobrazovat. uchrezhdeniy. M.: Drofa, 2003. 256 s.
8. Pinskiy A.A., Grakovskiy G.Yu. Fizika: uchebnik. M.: Forum-INFRA, 2008. 560 s.
9. Tarshis E.S. Kontent-analiz: Printsipy metodologii. (Postroenie teoreticheskoy bazy. Ontologiya, analitika i fenomenologiya teksta. Programmy issledovaniya.) M.: LIBROKOM, 2013. 176 s.
10. Trofimova T. I. Kurs fiziki: Ucheb. posobie dlya vuzov. M.: Vyssh. shk., 2003. 542 s.
11. Shalak V.I. Sovremennyy kontent-analiz. Prilozheniya v oblasti: politologii, psikhologii, sotsiologii, kul'turologii, ekonomiki, reklamy. M.: Omega-L, 2004. 272 s.
12. Shapiro S.I. Ot algoritmov k suzhdeniyam (Eksperimenty po obucheniyu elementam matematicheskogo myshleniya). M.: Sov. radio, 1973. 288 s.
13. Davis B., Sumara D. Complexity and Education: Inquiries Into Learning, Teaching, and Research. Mahwah, New Jersey, London, 2006. 201 p.
14. White M.D., Marsh E.E. Content analysis: A flexible methodology // Library trends. Vol. 55, № 1, 2006. pp. 22–45. URL: http://muse.jhu.edu