КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал

Майер Р. В. Метод оценки физической сложности тем школьного курса физики // Концепт. – 2014. – № 08 (август). – ART 14199. – 0,3 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2014/14199.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

ART 14199 **УДК 372.853**

Майер Роберт Валерьевич,
доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры физики и дидактики физики ФГБОУ ВПО «Глазовский государственный педагогический институт», г. Глазов
robert_maier@mail.ru

Метод оценки физической сложности тем школьного курса физики

Аннотация. *Предлагается методика контент-анализа различных тем школьного курса физики, основанная на определении следующих показателей: 1) сложность физических объектов, изображенных на рисунках; 2) сложность используемых физических моделей. Разработаны соответствующие шкалы, произведена оценка физической сложности 27 тем, выявлены темы курса физики с высоким и низким уровнем сложности, определена средняя сложность учебников.*
Ключевые слова: *дидактика, учебник физики, педагогическая экспертиза, контент-анализ, сложность системы, сложность текста.*
Раздел: *(01) педагогика; история педагогики и образования; теория и методика обучения и воспитания (по предметным областям).*

1. Проблема определения сложности учебного текста. Учебники для ученика являются важными источниками информации, их содержание и структура фактически определяют последовательность изучения различных вопросов соответствующих дисциплин и многими исследователями рассматриваются как модели курса. Необходимо, чтобы учебный материал, изложенный в учебнике, и его сложность соответствовали современному содержанию науки и психологическим особенностям развития учащихся, их способностям усваивать и осмысливать получаемые знания. При решении этой проблемы необходима разработка эффективных методов оценки уровня сложности учебных текстов [1–4], не требующих больших затрат времени и имеющих высокую объективность. В настоящей работе рассмотрены методика и результаты «измерения» сложности различных тем школьного курса физики [5–9].

К основным факторам, влияющим на сложность текста, относятся средняя длина предложений, соотношение конкретных и абстрактных понятий, использование математических выражений и т. д. [10] Сложность системы зависит от количества и сложности входящих в нее подсистем и связей между ними. Поэтому сложность текста определяется числом и сложностью используемых понятий, законов, математических формул и других элементов знания в пересчете на одну страницу текста (один параграф или один урок). Любая система сложнее входящих в нее подсистем; если понятие А определяется через понятия В и С, то А сложнее В и сложнее С. При этом очевидно, что определение мгновенного ускорения, в котором используется понятие производной скорости, сложнее определения средней скорости, изучаемой в начальной школе. Будем различать физическую и математическую сложности учебного текста. Чтобы оценить физическую сложность, необходимо определить уровень абстрактности используемых моделей, степень их оторванности от повседневного опыта, наличие кажущегося противоречия между теоретическими рассуждениями и «здравым смыслом».

2. Физическая сложность понятий. В результате анализа вышеуказанных школьных учебников за 7–11-й классы были выделены 27 тем, которые включили в себя одну или несколько глав. Будем исходить из того, что физическая сложность F достаточно большого учебного текста зависит от сложности физических объектов, явлений и экспериментов, изображенных на рисунках, а также от сложности используемых физических моделей. Поэтому для приближенной оценки F нет необходимости

подробно анализировать текст, подсчитывать количество физических понятий, учитывать сложность рассуждений, а достаточно проанализировать рисунки и оценить сложность используемых физических моделей.

При оценке **сложности понятий**, обозначающих объекты, явления и их физические модели, следует учитывать следующие особенности.

1. ***Восприятие объекта органами чувств:*** колебания пружинного маятника воспринимаются органами чувств; в сознании учащегося возникает чувственно-наглядный образ явления. Электрические колебания в колебательном контуре не воспринимаются человеком непосредственно, для их экспериментального изучения необходимо использовать осциллограф, поэтому это явление сложнее.

2. ***Изменения объекта с течением времени:*** если изучаемый объект статичен, его изучение проще, чем когда он находится в динамическом состоянии, хотя бы потому, что для его описания требуется задать меньше величин. Например, электромагнитные колебания сложнее суперпозиции статических электрического и магнитного полей.

3. ***Количество степеней свободы:*** чем больше независимых переменных следует задать, чтобы описать состояние объекта, тем сложнее объект и его изучение. Действительно, движение точки по прямой (одна степень свободы) проще колебания струны или пластины (бесконечно много степеней свободы).

4. ***Пространственная локализация объекта:*** если объект локализован в точке (частица), то его состояние задается координатами и проекциями импульсов на координатные оси. В случае, когда объект «размазан» в некоторой области пространства, его описание сложнее, – с помощью пространственной плотности вероятности. Волна объективно сложнее частицы.

5. ***Наличие структуры:*** если объект не имеет структуры, то он проще объекта со сложной структурой. Модель молекулы как абсолютно твердого шарика определенных размеров и массы проще модели молекулы, состоящей из атомов, связанных между собой определенным образом.

6. ***Соответствие поведения объекта «здравому смыслу»:*** движение макроскопических тел подчиняется законам классической физики, соответствует повседневному опыту ученика и поэтому объективно проще явлений микромира, а также релятивистских эффектов, связанных с движением с околосветовыми скоростями, или явлений, происходящих в гравитационном поле массивных звезд.

3. Методика оценки физической сложности. Предлагаемая методика оценки физической сложности F_i i-й темы учебника физики заключается в следующем.

1. Анализируют все рисунки соответствующей темы и оценивают сложность изображенных на них объектов, физических явлений и экспериментов. Каждый j-й рисунок i-й темы получает оценку $R_{ij}^{ф}$ по шкале 1–2–3–4–5: $R_{ij}^{ф}=1$, если на рисунке изображены только физические объекты и явления, воспринимаемые органами чувств человека (вода, пружина, секундомер, отражение света) и наблюдаемые в повседневной жизни; $R_{ij}^{ф}=3$, если на рисунке представлены объекты и явления, которые можно пронаблюдать в физической лаборатории (осциллограф, фотоэффект, электролиз); $R_{ij}^{ф}=5$, если рисунки содержат изображения объектов, явлений и экспериментов, которые невоспроизводимы в условиях обучения (ядерная реакция, ускоритель элементарных частиц). Значения $R_{ij}^{ф}=2$ и 4 являются промежуточными. В спорных случаях, когда на рисунке представлены объекты, как воспринимаемые, так и не воспринимаемые органами чувств (например, молекулы внутри сосуда с поршнем), и непонятно, как оценить их сложность,

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
ART 14199 УДК 372.853
Майер Р. В. Метод оценки физической сложности тем школьного курса физики // Концепт. – 2014. – № 08 (август). – ART 14199. – 0,3 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2014/14199.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

используют табл. 1, изменяя оценку $R_{ij}^{ф}$ в пределах 1 балла. После этого вычисляют среднюю оценку физической сложности рисунков $R_i^{ф}$ по всем рисункам темы и определяют приведенный показатель сложности F_{1i} из промежутка [0; 1].

Таблица 1

Сложность физических понятий

Сложность	***Примеры понятий, обозначающих объекты, явления, физические модели, идеи***
1	Механическое движение, материальная точка, твердое тело, упругое тело, механические колебания; явления геометрической оптики; явления термодинамики без учета молекулярной структуры вещества; законы Ньютона
2	Молекулярное строение вещества (без структуры молекул), механические волны, звук, явления электростатики и электрический ток (без обсуждения движения электронов, дырок, ионов); молекулярно-кинетическая теория
3	Точечный заряд, электростатическое поле, стационарное магнитное поле, гравитационное поле, электроны, протоны, ионы, дырки, их движение, ток как упорядоченное движение заряженных частиц, электрические колебания, световые волны (без учета электромагнитной природы)
4	Нестационарное электромагнитное поле, электромагнитная индукция, электромагнитная волна, свет как ЭМВ, поляризация света, планетарная модель атома; закон Фарадея для ЭМИ
5	Ядро, состоящее из протонов и нейтронов, ядерные силы, энергия связи, массовое и зарядовое числа, ядерные реакции, лептоны и адроны
6	Идея квантования энергии, импульса, свет как поток фотонов, модель атома Бора, волны Де-Бройля, корпускулярно-волновой дуализм, релятивистские эффекты, свойства пространства и времени

2. Оценивают теоретическую сложность физических моделей (идей, теорий, рассуждений), представленных в *j*-м параграфе *i*-й темы учебника по шкале 1–2–3–4–5–6 следующим образом (табл. 1): $T_{ij} = 1$, если используются понятия: механическое движение, материальная точка, твердое тело, упругое тело, механические колебания, явления геометрической оптики, нагревание, плавление, испарение, причем для объяснений не привлекаются знания об объектах, не воспринимаемых органами чувств (молекулах, ионах, фотонах и т.д.); $T_{ij} = 2$, если используются знания о молекулярном строении вещества (без учета структуры молекул), обсуждаются механические волны, звук, явления электростатики и электрический ток (без обсуждения движения электронов, дырок, ионов); $T_{ij} = 3$, если используются понятия: точечный заряд, электростатическое поле, стационарное магнитное поле, гравитационное поле, электроны, протоны, ионы, дырки, их движение, ток как упорядоченное движение заряженных частиц, электрические колебания, световые волны без рассмотрения их электромагнитной природы; $T_{ij} = 4$, если используются понятия: нестационарное электромагнитное поле, электромагнитная индукция, электромагнитная волна, свет как ЭМВ, планетарная модель атома Резерфорда; $T_{ij} = 5$, если используются понятия: ядро, состоящее из протонов и нейтронов, ядерные силы, энергия связи, ядерные реакции; $T_{ij} = 6$, если используются понятия: квант энергии, свет как поток фотонов, модель атома Бора, волны Де-Бройля, корпускулярно-волновой дуализм, релятивистские эффекты, пространство-время. Если оцениваемое понятие отсутствует в табл. 1, то находят максимально близкое по смыслу понятие из табл. 1 и ставят соответствующую оценку. Она может отличаться в пределах 1 балла с учетом соображений, высказанных в предыдущем пункте. После этого вычисляют среднюю оценку сложности физических моделей T_i по всем параграфам темы и определяют приведенный показатель сложности F_{2i} из

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
Майер Р. В. Метод оценки физической сложности тем школьного курса физики // Концепт. – 2014. – № 08 (август). – ART 14199. – 0,3 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2014/14199.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.
ART 14199 УДК 372.853

промежутка [0; 1]. Для расчета F_{1i}, F_{2i} и F_i применяют формулы: $F_{1i} = (R_i - 1)/3{,}67$, $F_{2i} = (T_i - 1)/5$.

3. Вычисляют комплексный показатель физической сложности F_i каждой темы $F_i = \sqrt{(F_{1i}^2 + F_{2i}^2)/1{,}38}$. Коэффициенты в формулах подобраны так, чтобы максимальные значения F_{1i}, F_{2i} и F_i равнялись 1, а все остальные были бы заключены в промежуток [0; 1].

4. Результаты оценки физической сложности тем. Результаты использования рассмотренной выше методики оценки сложности тем школьного курса физики представлены в табл. 2. В ней указаны: 1) порядковый номер *i*-й темы; 2) название входящих в нее глав учебника с ссылкой на страницы; 3) класс, в котором изучается рассматриваемый материал; 4) средняя физическая сложности $R_i^{ф}$ рисунков *i*-й темы; 5) приведенный показатель сложности рисунков F_{1i}; 6) сложность физических понятий, моделей, идей T_i *i*-й темы; 7) приведенный показатель сложности физических моделей F_{2i}; 8) физическая сложность F_i *i*-й темы.

Таблица 2

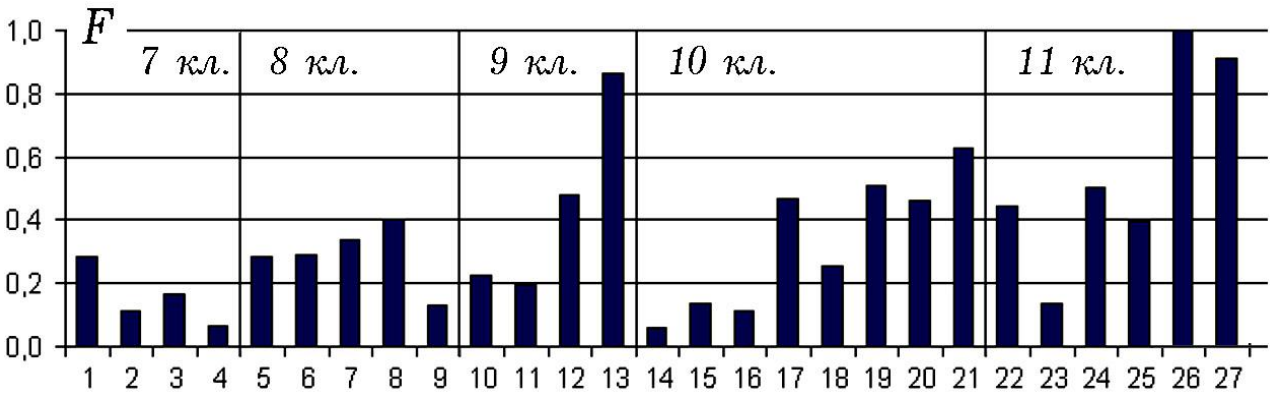
Физическая сложность тем школьного курса физики

i	Темы школьного курса физики	класс	$R_i^{ф}$	F_{1i}	T_i	F_{2i}	F_i
1	Введение. Первоначальные сведения о строении вещества [7, с. 3-29]	7	2,32	0,36	1,75	0,15	0,28
2	Взаимодействие тел [7, с. 30-76]	7	1,57	0,16	1,00	0,00	0,11
3	Давление твердых тел жидкостей и газов [7, с. 77-128]	7	1,84	0,23	1,00	0,00	0,17
4	Работа мощность энергия [7, с. 129-158]	7	1,32	0,09	1,00	0,00	0,06
5	Тепловые явления [8, с. 3-29]	8	2,4	0,38	1,45	0,09	0,28
6	Изменение агрегатного состояния вещества [8, с. 30-57]	8	2,45	0,40	1,23	0,05	0,29
7	Электрические явления [8, с. 58-129]	8	2,47	0,40	2,19	0,24	0,34
8	Электромагнитные явления [8, с. 130-146]	8	2,41	0,38	3,00	0,40	0,40
9	Световые явления [8, с. 147-188]	8	1,66	0,18	1,17	0,03	0,13
10	Законы взаимодействия и движения тел [9, с. 5-86]	9	2,13	0,31	1,00	0,00	0,22
11	Механич. колебания и волны. Звук [9, с. 87-137]	9	1,94	0,26	1,47	0,09	0,20
12	Электромагнитное поле [9, с. 138-179]	9	2,24	0,34	3,82	0,56	0,48
13	Строение атома и атомного ядра. Использование энергии атомных ядер [9, с. 180-225]	9	4,56	0,97	4,50	0,70	0,87
14	Кинематика [5, с. 8-52]	10	1,29	0,08	1,00	0,00	0,06
15	Динамика. Силы в механике. Статика [5, с. 52-98; с. 129-137]	10	1,69	0,19	1,14	0,03	0,14
16	Законы сохранения в механике [5, с. 99-129]	10	1,58	0,16	1,00	0,00	0,11
17	Молекулярная физика [5, с. 139-183]	10	3,25	0,61	2,00	0,20	0,47
18	Взаимные превращения жидкостей и газов. Твердые тела. Термодинамика [5, с. 184-225]	10	2,17	0,32	1,77	0,15	0,26
19	Электростатика [5, с. 226-269]	10	3,13	0,58	2,95	0,39	0,51
20	Законы постоянного тока [5, с. 270-287]	10	2,8	0,49	3,00	0,40	0,46
21	Электрический ток в различных средах [5, с. 287-318]	10	3,81	0,77	3,00	0,40	0,63
22	Магнитное поле. Электромагнитная индукция [6, с. 4-47]	11	2,45	0,40	3,35	0,47	0,44
23	Механич. колебания и волны [6, с. 48-74; 115-130]	11	1,62	0,17	1,40	0,08	0,14
24	Электромагнитные колебания. Производство электрич. энергии. Электромагн. волны [6, с. 74-115; 130-154]	11	2,97	0,54	3,19	0,44	0,50
25	Световые волны. Излучение и спектры [6, с. 155-210; 225-242]	11	2,39	0,38	3,00	0,40	0,40
26	Элементы теории относительности [6, с. 210-224]	11	4,5	0,95	6,00	1,00	1,00
27	Квантовая физика [6, с. 242-315]	11	4,67	1,00	4,83	0,77	0,91

КОНЦЕПТ
научно-методический электронный журнал
Майер Р. В. Метод оценки физической сложности тем школьного курса физики // Концепт. – 2014. – № 08 (август). – ART 14199. – 0,3 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2014/14199.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.
ART 14199 УДК 372.853

На рисунке представлена гистограмма, показывающая зависимость сложности от номера темы. К сложным темам ($F_i > 0{,}8$) школьного курса физики относятся темы 13 (9-й кл.: Строение атома и атомного ядра. Использование энергии атомных ядер), 26 (11-й кл.: Элементы теории относительности), 27 (11-й кл.: Квантовая физика), в которых рассматриваются основы релятивистской механики и физики микромира. Перечислим темы с низкой физической сложностью ($F_i < 0{,}2$): тема 2 (7-й кл.: Взаимодействие тел), 3 (7-й кл.: Давление твердых тел жидкостей и газов), 4 (7-й кл.: Работа мощность энергия), 9 (8-й кл.: Световые явления), 14 (10-й кл.: Кинематика), 15 (10-й кл.: Динамика. Силы в механике. Статика), 16 (10-й кл.: Законы сохранения в механике), 23 (11-й кл.: Механические колебания и волны).

Для нахождения средней сложности учебника 7-го класса использовалась формула $F_7 = \eta_{71}F_{71} + \eta_{72}F_{72} + \eta_{73}F_{73} + \eta_{74}F_{74}$, где η_{7i} – отношение числа страниц *i*-й темы к общему числу страниц в учебнике, F_i – сложность *i*-й темы. Аналогичным образом определяется сложность других учебников. Получается, что сложность учебника физики за 7-й класс $F_7 = 0{,}15$, за 8-й класс – $F_8 = 0{,}30$, за 9-й класс – $F_9 = 0{,}40$, за 10-й класс – $F_{10} = 0{,}31$, за 11-й класс – $F_{11} = 0{,}44$.



Оценки физической сложности различных тем школьного курса физики.

В настоящей работе рассмотрена эффективная методика оценки физической сложности тем школьного курса физики, результаты которой позволяют произвести их сравнительный анализ. Результаты подобной экспертизы могут быть учтены при написании учебников нового поколения, а также в работе учителей. Хорошо известно, что учащиеся отличаются своими интересами и имеют неодинаковые способности к усвоению различных видов информации. Зная физическую сложности различных тем, можно спрогнозировать, какие учащиеся будут лучше усваивать тот или иной материал.

Ссылки на источники

1. Аверьянов Л. Я. Контент-анализ: монография. – М.: РГИУ, 2007. – 286 с.
2. Майер Р. В. Определение уровня абстрактности, сложности и информативности различных тем школьного учебника физики // Стандарты и мониторинг в образовании. – 2013. – Т. 6. – Вып. 1. – С. 19–26.
3. Майер Р. В. Оценка дидактической сложности различных учебников физики // Современные научные исследования и инновации. – Май 2014. – № 5. – URL: http://web.snauka.ru/issues/2014/05/34429.
4. Микк Я. А. Оптимизация сложности учебного текста: в помощь авторам и редакторам. – М.: Просвещение, 1981. – 119 с.
5. Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б., Сотский Н. Н. Физика: учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений: базовый и профил. уровни. – М.: Просвещение, 2004. – 336 с.

Майер Р. В. Метод оценки физической сложности тем школьного курса физики // Концепт. – 2014. – № 08 (август). – ART 14199. – 0,3 п. л. – URL: http://e-koncept.ru/2014/14199.htm. – Гос. рег. Эл № ФС 77-49965. – ISSN 2304-120X.

ART 14199 **УДК 372.853**

6. Мякишев Г. Я., Буховцев Б. Б. Физика: учеб. для 11 кл. общеобразоват. учреждений. – М.: Просвещение, 2003. – 336 с
7. Перышкин А. В. Физика. 7 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений. – М.: Дрофа, 2003. – 192 с.
8. Перышкин А. В. Физика. 8 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений. – М.: Дрофа, 2002. – 192 с.
9. Перышкин А. В., Гутник Е. М. Физика. 9 класс: учеб. для общеобразоват. учреждений. – М.: Дрофа, 2005. – 255 с.
10. Микк Я. А. Указ. соч.

ISSN 2304-120X

Robert Mayer,
Doctor of Pedagogic Sciences, Professor at the chair of physics and didactic of physics, Glazov Korolenko State Pedagogical Institute, Glazov
robert_maier@mail.ru

Estimating method of the complexity of topics of school physics course

Abstract. The author suggests the technique of the content analysis of various topics of school course of the physics. It is based on definition of the following indicators: 1) complexity of the physical objects, represented on drawings; 2) complexity of used physical models. The corresponding scales are developed, the assessment of physical complexity of 27 subjects is made, and topics with high and low level of complexity are revealed.

Key words: didactic, physics textbook, pedagogical examination, content analysis, complexity of the systems, complexity of the text.

References

1. Aver'janov, L.Ja. (2007*) Kontent-analiz: monografija*, RGIU, Moscow, 286 p. (in Russian).
2. Majer, R.V. (2013) “Opredelenie urovnja abstraktnosti, slozhnosti i informativnosti razlichnyh tem shkol'nogo uchebnika fiziki”, *Standarty i monitoring v obrazovanii*, vol. 6, vyp. 1, pp. 19–26 (in Russian).
3. Majer, R.V. (2014) “Ocenka didakticheskoj slozhnosti razlichnyh uchebnikov fiziki”, *Sovremennye nauchnye issledovanija i innovacii*, Maj, № 5. Available at: http://web.snauka.ru/issues/2014/05/34429 (data obrashhenija: 29.05. 2014) (in Russian).
4. Mikk, Ja.A. (1981) *Optimizacija slozhnosti uchebnogo teksta: v pomoshh' avtoram i redaktoram*, Prosveshhenie, Moscow, 119 p. (in Russian).
5. Mjakishev, G.Ja., Buhovcev, B.B. & Sotskij N.N. (2004) *Fizika: ucheb. dlja 10 kl. obshheobrazovat. uchrezhdenij: bazovyj i profil. urovni,* Prosveshhenie, Moscow, 336 p. (in Russian).
6. Mjakishev, G.Ja. & Buhovcev, B.B. (2003) *Fizika: ucheb. dlja 11 kl. obshheobrazovat. uchrezhdenij*, Prosve-shhenie, Moscow, 336 p. (in Russian).
7. Peryshkin, A.V. (2003) Fizika. 7 klass: ucheb. dlja obshheobrazovat. uchrezhdenij, Drofa, Moscow, 192 p. (in Russian).
8. Peryshkin, A.V. (2002) Fizika. 8 klass: ucheb. dlja obshheobrazovat. uchrezhdenij, Drofa, Moscow, 192 p. (in Russian).
9. Peryshkin, A.V. & Gutnik, E.M. (2005) *Fizika. 9 klass: ucheb. dlja obshheobrazovat. uchrezhdenij*, Drofa, Moscow, 255 p. (in Russian).
10. Mikk, Ja.A. (1981) Op. cit.

Рекомендовано к публикации:
Некрасовой Г. Н., доктором педагогических наук, профессором, членом редакционной коллегии журнала «Концепт»