

Майер Р.В.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ИНФОРМАЦИИ И УРОВНЯ АБСТРАКТНОСТИ ИЗЛОЖЕНИЯ В УЧЕБНИКАХ ФИЗИКИ ЗА 10 И 11 КЛАССЫ

Важным каналом получения учащимися информации о физических явлениях, законах, теориях, методах физической науки являются школьные учебники. Необходимо, чтобы информация, изложенная в учебниках, ее сложность и уровень абстрактности соответствовали современному содержанию физической науки и психологическим особенностям развития учащихся, их способностям усваивать и осмысливать получаемые знания. Решение этой проблемы требует разработки методов измерения количества различных видов информации в учебных текстах, оценки сложности и уровня абстрактности изложения материала [1, 4]. В настоящей работе предложен один из подходов к подобным измерениям и оценкам на примере экспертизы учебников физики за 10 и 11 классы [2, 3] (авторы: Г.Я.Мякишев, Б.Б.Буховцев, Н.Н.Соцкий). Эти учебники выбраны не случайно: они в настоящее время используются во многих школах и охватывают все основные разделы физики.

1. Что понимают под уровнем абстракции

Ученые–методисты отмечают, что изучение школьных дисциплин естественно–научного цикла, и в первую очередь физики, требует от школьников развитого абстрактного мышления. Даже рассмотрение механических и тепловых явлений предполагает использование идеализированных моделей (материальная точка, идеальный газ) и разнообразных математических абстракций (система отсчета, вектора и их проекции, графики и т.д.). При изучении основ электродинамики, оптики, атомной и ядерной физики школьники вынуждены представлять различные объекты и явления, которые очень сложно или вообще невозможно пронаблюдать ни на уроке физики, ни в повседневной жизни.

Под абстрагированием понимают метод познания, состоящий в отвлечении от несущественных признаков объекта познания, что позволяет упростить картину изучаемого процесса и анализировать его в "чистом виде". При этом объект познания как бы замещается другим эквивалентным ему объектом. Говорят, что происходит **идеализация**, — реальная ситуация подменяется идеализированной схемой или понятием, физической величиной. В дальнейшем это может быть использовано для формулировки эмпирического закона, построения теории.

Степень отвлеченности используемых понятий и проводимых рассуждений характеризуется **уровнем абстракции**. В зависимости от конкретной задачи можно изучать один и тот же объект на различных уровнях абстракции. В теории познания абстрактное противопоставляется конкретному; самым низким уровнем абстракции является конкретная вещь, воспринимаемая органами чувств (данный шарик, именно этот термометр, конкретный амперметр). Более

высоким уровнем абстракции является понятие родовой сущности вещи (“термометр вообще”). Следующий уровень соответствует использованию в своих рассуждениях идеализированных моделей (капельная модель ядра). Наибольшую степень абстрактности имеют математические модели (число 5, прямой угол, график колебаний). Восхождение от конкретного к абстрактному приводит к созданию качественной, а затем и количественной теории. Для школьного курса физики наивысшую степень абстрактности имеет математическая теория, включающая в себя сложные формулы с интегралами и производными.

2. Цель и задачи экспертизы

Для проведения экспертизы учебников использовался метод контент-анализа, заключающийся в “переводе в количественные показатели массовой текстовой информации” и их последующей статистической обработке [4]. Ее цель состояла в оценке скорости поступления учебной информации, степени абстрактности и объективной сложности при изучении физики в 10 – 11 классах. При этом были решены следующие задачи: 1) разработана методика оценки количества эмпирической и теоретической информации (Э– и Т–знания) в учебном тексте; 2) в различных темах учебников [2, 3] определены частоты обращения к теоретическим и эмпирическим знаниям, а также частоты использования формул (Ф–знания); 3) оценены скорости поступления эмпирической и теоретической информации при изучении различных тем курса физики; 4) определена информационная сложность изложения учебного материала в различных темах учебников.

Результаты подобной экспертизы имеют практическое значение и, например, могут быть учтены при написании учебников нового поколения, а также в работе учителей. Хорошо известно, что различные учащиеся отличаются своими интересами, знаниями математики, и имеют неодинаковые способности к усвоению различных видов информации. Зная соотношение между Э–, Т–, Ф–информацией, можно спрогнозировать, какие учащиеся будут лучше усваивать тот или иной материал.

3. Методика проведения контент-анализа

Основой для выделения смысловых единиц анализа является классификация знаний на эмпирические, теоретические и “математические” (“формульные”, Ф–знания). **Эмпирическими** называются знания об объектах и происходящих с ними явлениях, полученные как результат чувственных ощущений в процессе выполнения наблюдения или эксперимента. **Теоретические** знания — это знания сущности объектов и явлений, получающиеся в результате обобщения опытных данных или конкретизации общих положений науки. К Т–знаниям будем относить знания теории явлений на качественном уровне. Знания математических моделей, “формульную” информацию будем называть Ф–знаниями.

Нами использовалась методика контент–анализа, близкая к той, что рассмотрена в работе [4], посвященной гендерному анализу школьных учебников. Для определения количества эмпирических и теоретических знаний подсчитывались частоты упоминания различных фактов, экспериментов, законов, принципов, теорий, формул, изображений реальных объектов и математических абстракций в каждой теме. **Единицами счета** являются темы, страницы, рисунки, параграфы, абзацы, формулы, элементы учебного материала (ЭУМ), содержащие эмпирическую и теоретическую информацию. В представленной ниже таблице 1 рассмотрены **маркеры Э–, Т– и Ф–знаний**.

Таблица 1. Маркеры эмпирических и теоретических знаний

Смысловые единицы анализа	Индикаторы характеристик в тексте
Маркеры Э–знаний (эмпирические знания)	Опыт, эксперимент, наблюдение, измерение, экспериментальная установка, названия объектов, которые учащийся может наблюдать (вода, деформация пружины), названия приборов (ареометр, вольтметр), рисунки, содержащие изображения наблюдаемых объектов и явлений (ход лучей в призме)
Маркеры Т–знаний (теоретические знания, качественный уровень)	Определение, закон, принцип, теория, правило, следствие, рисунки, содержащие изображения идеализированных объектов (векторов, силовых линий и т.д.), принципиальные схемы
Маркеры Ф–знаний (математическая теория)	Формулы, вывод формул

Для проведения контент–анализа эксперт подряд читает учебный текст и подсчитывает количество элементов эмпирических и теоретических знаний (Э– и Т–знаний) в каждой теме. При этом можно составлять план каждого параграфа, заменяя отдельные абзацы краткими тезисами, соответствующими Э– или Т–знаниям. Удобно не просто подсчитывать количество элементов Э– или Т–знаний, но и давать им краткие названия, соответствующие их содержанию. В результате получается список, подобный тому, что приведен ниже.

=====

Физика–10. Глава 5. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА

Э–знания: 1) реактивное движение воздушного шарика; 2) реактивный двигатель; 3) жидкостно–реактивный двигатель; 4) искусственный спутник Земли; 5) рисунок к задаче о соударении двух тел. Всего 5 элементов.

Т–знания: 1) импульс и изменение импульса; 2) импульс силы; 3) импульс тела; 4) закон сохранения импульса; 5) изменение импульса системы; 6) внутренние и внешние силы; 7) реактивное движение; 8) работа реактивного двигателя; 9) задача о неупругом ударе; 10) задача о соударении двух тел. Всего 10 элементов.

=====

Повторно анализируя эту же тему, эксперт определяет количество формул, а также число рисунков, содержащих эмпирическую или теоретическую информацию.

Чтобы оценить наличие Э- и Т-информации в том или ином рисунке, устанавливался факт наличия изображений реально существующих объектов, которые можно увидеть (Э-информация), и идеализированных объектов, включая математические абстракции (Т-информация). К рисункам, содержащим Т-информацию, будем относить рисунки с изображением идеального газа, электронов, силовых линий, графиков и т.д.

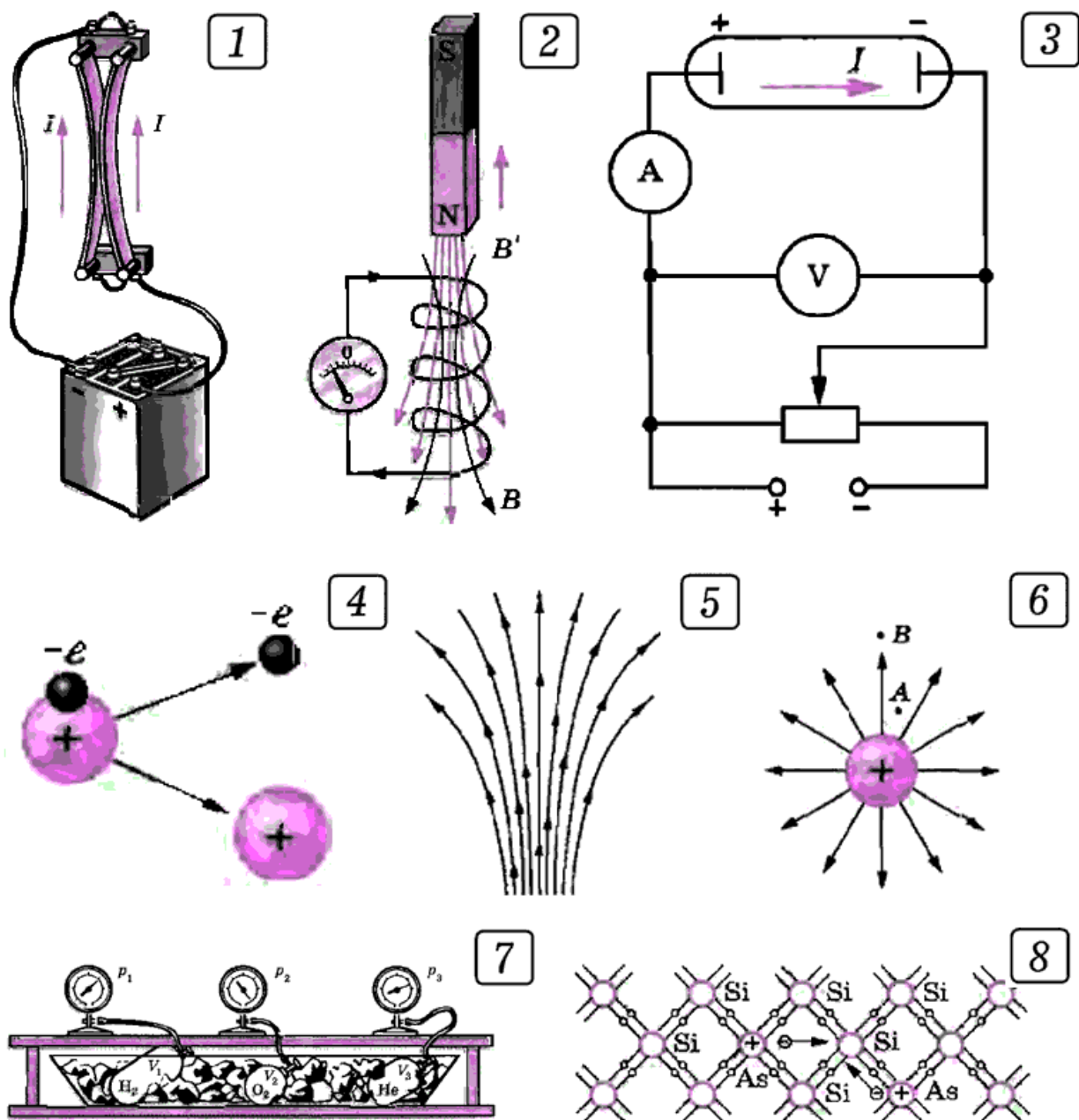


Рис. 1. Примеры иллюстраций из учебников физики за 10 и 11 классы.

На рис. 1 приведены несколько иллюстраций из учебников [2, 3]. Например, рис. 1.1 и 1.7 содержит только Э-информацию (экспериментальные установки), рис. 1.2 и 1.3 – Э- и Т-информацию, рис. 1.4, 1.5, 1.6, 1.8 – только Т-

информацию (идеализированные объекты, графические модели, математические абстракции).

4. Результаты контент-анализа без учета уровня абстракции

Сначала проведем экспертизу учебников на основе деления всех учебных знаний на эмпирические, теоретические (без формул) и математические (“формульные”) знания. Также будем учитывать рисунки, содержащие эмпирическую и теоретическую информацию.

В таблицах 2 и 3 представлены результаты контент-анализа учебников физики, в ходе которого подсчитывалось число элементов, содержащих Э-информацию (эмпирические знания), Т-информацию (теоретические знания без формул), Ф-информацию (формулы) и РТ-информацию (рисунки, содержащие теоретическую информацию). Таблицы 2 и 3 состоят из следующих столбцов: номер темы i ; название темы; количество страниц; доля страниц в общем объеме учебника $\eta_i = n_{стр,i} / n_{стр}$; количества элементов Э-знаний, Т-знаний, Ф-знаний и РТ-знаний $N_{\text{Э}}, N_{\text{Т}}, N_{\text{Ф}}, N_{\text{РТ}}$; скорость поступления Э-, Т-, Ф- и РТ-информации $U_{\text{Э}i}, U_{\text{Т}i}, U_{\text{Ф}i}, U_{\text{РТ}i}$, а также доля Э-, Т- и Ф-знаний $\mu_{\text{Э}i}, \mu_{\text{Т}i}$ и $\mu_{\text{Ф}i}$. Если считать, что весь материал учебника равномерно распределен по 9 месяцам, то скорость поступления информации в i -ой теме может быть найдена по формуле $U_i = N_i / 9\eta_i$; результат получается в элемент/месяц. Для нахождения доли Э-, Т- и Ф-информации использовались формулы:

$$\mu_{\text{Э}i} = \frac{U_{\text{Э}i}}{U_{\text{Э}i} + U_{\text{Т}i} + U_{\text{Ф}i}}, \quad \mu_{\text{Т}i} = \frac{U_{\text{Т}i}}{U_{\text{Э}i} + U_{\text{Т}i} + U_{\text{Ф}i}}, \quad \mu_{\text{Ф}i} = \frac{U_{\text{Ф}i}}{U_{\text{Э}i} + U_{\text{Т}i} + U_{\text{Ф}i}}.$$

Таблица 2. Результаты контент-анализа учебника физики за 10 кл.

i	ФИЗИКА 10	Число стр.	η_i	$N_{\text{Э}}$	$N_{\text{Т}}$	$N_{\text{Ф}}$	$N_{\text{РТ}}$
	Название темы						
1	Кинематика точки	39	0,126	11	41	107	47
2	Кинематика твердого тела	5	0,016	2	9	25	3
3	Законы механики Ньютона	24	0,077	29	32	36	15
4	Силы в механике	21	0,068	13	25	55	14
5	Закон сохранения импульса	12	0,039	5	10	36	5
6	Закон сохранения энергии	18	0,058	8	27	103	14
7	Равновесие абсолютно твердых тел	9	0,029	9	11	51	8
8	Основы МКТ	22	0,071	19	43	36	9
9	Температура энергия тепл. Движения	13	0,042	7	19	37	3
10	Уравнен. сост. ид. газа. Газовые законы	8	0,026	0	20	5	7

11	Взаимные превращ. жидкостей и газов	9	0,029	9	15	9	1
12	Твердые тела	4	0,013	10	9	0	3
13	Основы термодинамики	28	0,090	14	45	61	11
14	Электростатика	43	0,139	14	69	76	34
15	Законы постоянного тока	17	0,055	8	33	59	11
16	Электр. ток в различных средах	33	0,106	25	62	24	26

Таблица 2 (продолжение).

i	скорость Э- инф. $v_{Эi}$	скорость Т- инф. v_{Ti}	скорость Ф- инф. v_{Fi}	скорость РТ- инф. v_{pm}	доля Э-инф. $\mu_{Эi}$	доля Т-инф. μ_{Ti}	доля Ф-инф. μ_{Fi}
1	9,72	36,21	94,50	41,51	0,069	0,258	0,673
2	13,78	62	172,22	20,67	0,056	0,25	0,694
3	41,62	45,93	51,67	21,53	0,299	0,330	0,371
4	21,32	41,01	90,21	22,96	0,138	0,269	0,591
5	14,35	28,70	103,33	14,35	0,098	0,196	0,706
6	15,31	51,67	197,10	26,79	0,058	0,196	0,746
7	34,44	42,10	195,19	30,62	0,127	0,155	0,718
8	29,75	67,32	56,36	14,09	0,194	0,439	0,367
9	18,55	50,34	98,03	7,949	0,111	0,302	0,587
10	0	86,11	21,53	30,14	0	0,8	0,2
11	34,44	57,41	34,44	3,832	0,273	0,455	0,273
12	86,11	77,5	0	25,83	0,526	0,474	0
13	17,22	55,36	75,04	13,53	0,117	0,375	0,508
14	11,21	55,27	60,88	27,24	0,088	0,434	0,478
15	16,21	66,86	119,54	22,29	0,08	0,33	0,59
16	26,09	64,71	25,05	27,14	0,225	0,559	0,216

Таблица 3. Результаты контент-анализа учебника физики за 11 кл.

i	ФИЗИКА 11	число стр.	η_i	$N_{Э}$	N_m	N_{ϕ}	N_{pm}
	Название темы						
1	Магнитное поле	21	0,067	14	20	25	19
2	Электромагнитная индукция	23	0,074	13	26	25	15
3	Механические колебания	26	0,083	11	25	67	11
4	Электромагнитные колебания	30	0,096	11	26	96	22
5	Производство передача электроэнергии	12	0,038	6	5	15	4
6	Механические волны	15	0,048	8	15	7	10
7	Электромагнитные волны	25	0,080	20	24	11	16
8	Световые волны	52	0,167	45	90	74	55
9	Элементы теории относительности	14	0,045	1	20	15	6
10	Излучение и спектры	16	0,051	22	20	1	4
11	Световые кванты	15	0,048	10	17	12	4
12	Атомная физика	13	0,042	7	14	7	7
13	Физика атомного ядра	41	0,131	38	38	21	7
14	Элементарные частицы	6	0,019	3	11	0	0

Таблица 3 (продолжение).

i	Скорость Э- инф. $v_{Эi}$	Скорость Т- инф. v_{Ti}	Скорость Ф- инф. v_{Fi}	скорость РТ- инф. v_{pt}	доля Э-инф. $\mu_{Эi}$	доля Т-инф. μ_{Ti}	Доля Ф-инф. μ_{Fi}
1	23,11	33,02	41,27	31,37	0,237	0,339	0,424
2	19,59	39,19	37,68	22,61	0,203	0,406	0,391
3	14,67	33,33	89,33	14,67	0,107	0,243	0,650
4	12,71	30,04	110,93	25,42	0,083	0,195	0,722
5	17,33	14,44	43,33	11,56	0,231	0,192	0,577
6	18,49	34,67	16,18	23,11	0,267	0,5	0,233
7	27,73	33,28	15,25	22,19	0,364	0,436	0,2
8	30	60	49,33	36,67	0,215	0,431	0,354
9	2,48	49,52	37,14	14,86	0,028	0,556	0,417
10	47,67	43,33	2,17	8,67	0,512	0,465	0,023
11	23,11	39,29	27,73	9,24	0,256	0,436	0,308
12	18,67	37,33	18,67	18,67	0,25	0,5	0,25
13	32,13	32,13	17,76	5,92	0,392	0,392	0,216
14	17,33	63,56	0	0	0,214	0,786	0

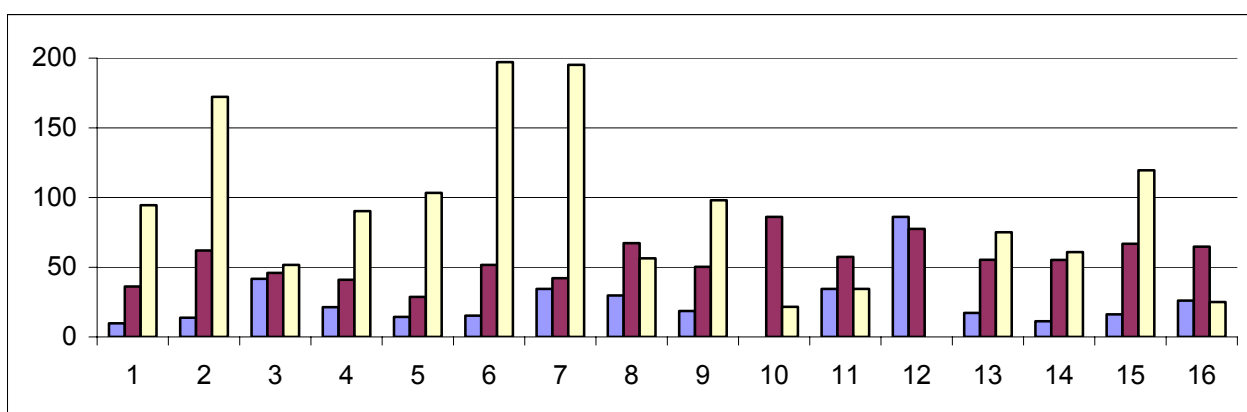


Рис. 2. Скорость поступления Э-, Т-, Ф-знаний (в эл./мес.) в 10 кл.

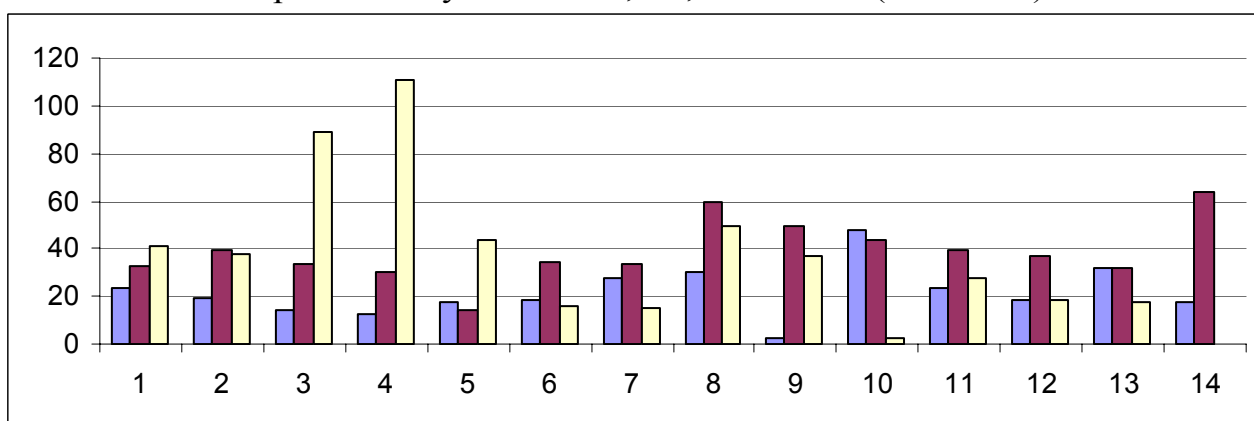


Рис. 3. Скорость поступления Э-, Т-, Ф-знаний (в эл./мес.) в 11 кл.

Эти результаты могут быть отображены в виде гистограмм. На рис. 2 и 3 представлены скорости поступления Э-, Т-, Ф-знаний при изучении различных тем в 10 и 11 классах (Э – синий, Т – коричневый, Ф – желтый). Видно, что скорости поступления различных видов информации при изучении различных тем

сильно отличаются друг от друга. Например, скорость Ф–информации существенно превышает скорость поступления Э– и Т–знаний при изучении 1, 2, 4, 5, 6, 7, 9, 15 тем учебника за 10 класс и 3 и 4 тем учебника за 11 класс. Скорость поступления Э–знаний при изучении 12 темы в 10 классе и 10 темы в 11 классе несколько больше скорости поступления Т–знаний. Полученные гистограммы позволяют сделать вывод о соотношении эмпирической, теоретической и “формульной” информации при изучении различных тем школьного курса физики 10–11 кл.

На рис. 4 и 5 показаны доли Э–, Т–, Ф–знаний в различных темах школьных учебников за 10–11 классы (Э – синий, Т – коричневый, Ф – желтый). Видно, что темы сильно отличаются друг от друга по соотношению различных видов представленной в них информации. Используя методы кластерного анализа можно осуществить классификацию тем школьного курса физики за 10 – 11 классы, разбив все темы на 3–4 группы, как это сделано в монографии [1].

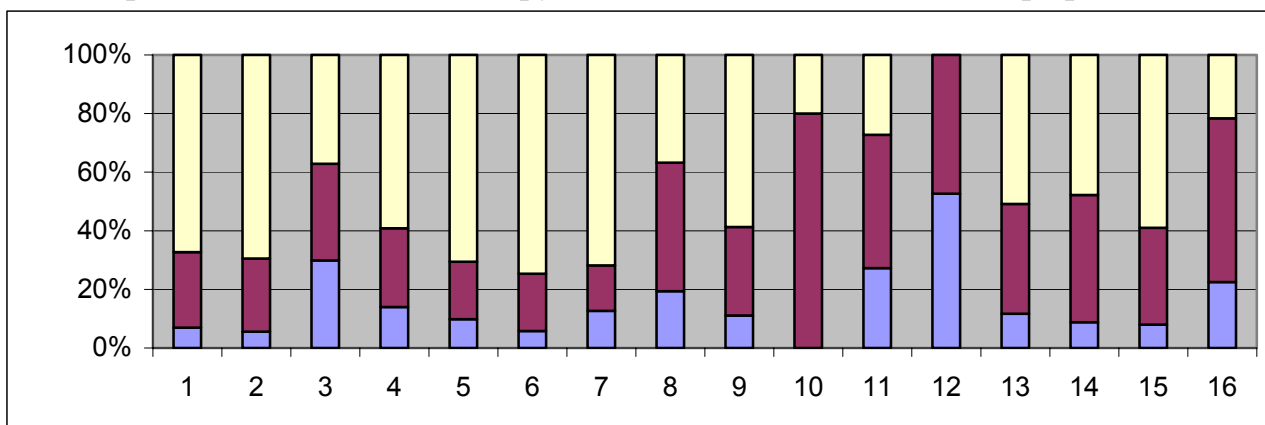


Рис. 4. Доля Э–, Т–, Ф–знаний в различных темах в 10 кл.

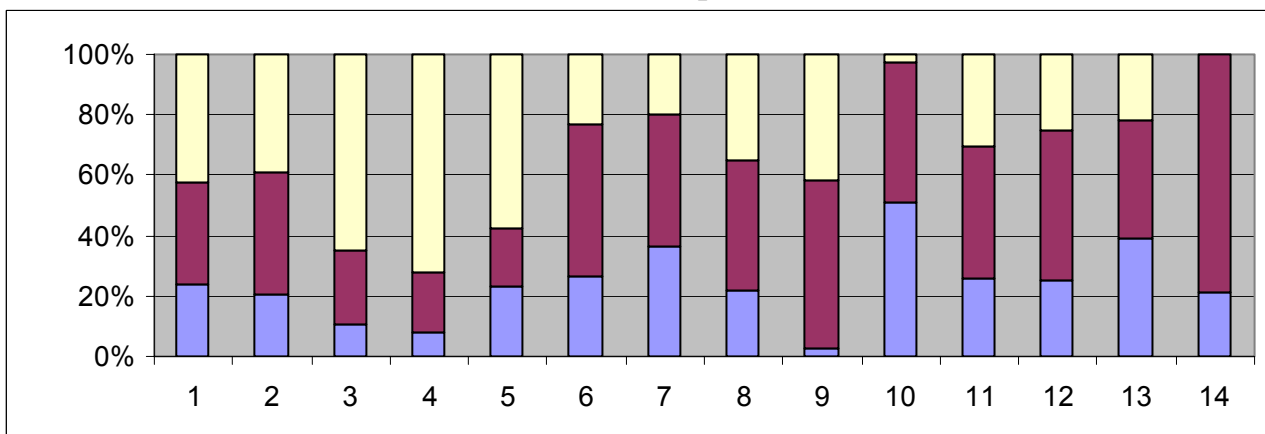


Рис. 5. Доля Э–, Т–, Ф–знаний в различных темах 11 кл.

Из результатов видно, что для 10 класса скорость поступления Э–знаний лежит в интервале 0–86 эл./мес., Т–знаний – в интервале 36 – 86 эл./мес., Ф – знаний — в интервале 0 – 197 эл./мес. Доли Э–, Т– и Ф–знаний находятся в интервалах 0–0,52, 0,15 – 0,56, 0 – 0,75. Для 11 класса скорость поступления Э–знаний лежит в интервале 2,5 – 48 эл./мес., Т–знаний – в интервале 14,4 – 63,5 эл./мес., Ф–знаний — в интервале 0 – 111 эл./мес. Доли Э–, Т– и Ф–знаний находятся в интервалах 0,02 – 0,51, 0,19 – 0,79 и 0 – 0,72.

Информационная сложность той или иной темы пропорциональна суммарной скорости поступления различных видов информации. Действительно, чем больше фактов, понятий, формул, рисунков приходится на 1 месяц (1 страницу) по данной теме, тем она сложнее. Так как скорости Э-, Т-, Ф- и РТ-информации измеряются в разных единицах, то их следует нормировать. Самый простой способ состоит в нахождении средних значений скорости поступления $v_{m,cp}$ Т-знаний по всем 30 темам и вычислении отношения $v_{mi} / v_{m,cp}$. Аналогичным образом следует нормировать скорость поступления Э-, Ф- и РТ-информации. Тогда суммарная скорость поступления всех видов информации будет равна:

$$V_i = \frac{v_{\varepsilon i}}{v_{\varepsilon,cp}} + \frac{v_{mi}}{v_{m,cp}} + \frac{v_{\phi i}}{v_{\phi,cp}} + \frac{v_{pmi}}{v_{pm,cp}}.$$

В нашем случае $v_{\varepsilon,cp} = 23,2$, $v_{m,cp} = 47,7$, $v_{\phi,cp} = 63,4$, $v_{pm,cp} = 19,8$ эл/мес. Величина V_i характеризует **информационную сложность** i -той темы, которая зависит от количества элементов учебного материала, приходящегося на 1 страницу учебника (1 месяц обучения).

Для оценки уровня абстрактности подсчитывался комплексный показатель следующим образом:

$$K_i = \frac{v_{mi}}{v_{m,cp}} + \frac{v_{\phi i}}{v_{\phi,cp}} + \frac{v_{pmi}}{v_{pm,cp}} - \frac{v_{\varepsilon i}}{v_{\varepsilon,cp}}.$$

В этой формуле суммируются нормированные скорости поступления Т-, Ф- и РТ-информации, а затем вычитается нормированная скорость поступления Э-информации. Если текст содержит большое количество эмпирической информации, то данный показатель будет иметь отрицательное значение. Получающиеся значения суммарной скорости поступления информации и комплексного показателя абстракции в условных единицах представлены в табл. 4.

Таблица 4. Скорость поступления информации и коэффициент абстракции (10 кл.)

i	ФИЗИКА 10	Суммарная скорость V_i	K_i
	Название темы		
1	Кинематика точки	4,76	3,92
2	Кинематика твердого тела	5,65	4,46
3	Законы механики Ньютона	4,66	1,07
4	Силы в механике	4,36	2,52
5	Закон сохранения импульса	3,57	2,33
6	Закон сохранения энергии	6,20	4,88
7	Равновесие абсолютно твердых тел	6,99	4,02
8	Основы МКТ	4,29	1,73
9	Температура энергия теплового движения	3,80	2,20
10	Уравнен. сост. ид. газа. Газовые законы	3,66	3,66
11	Взаимные превращения жидкостей и газов	3,43	0,45

12	Твердые тела	6,64	-0,79
13	Основы термодинамики	3,77	2,28
14	Электростатика	3,97	3,01
15	Законы постоянного тока	5,11	3,71
16	Электрический ток в различных средах	4,24	1,99

Таблица 5. Скорость поступления информации и коэффициент абстракции (11 кл.)

i	ФИЗИКА 11		Суммарная скорость V_i	K_i
	Название темы			
1	Магнитное поле		3,92	1,93
2	Электромагнитная индукция		3,40	1,71
3	Механические колебания		3,48	2,21
4	Электромагнитные колебания		4,21	3,11
5	Производство передача электроэнергии		2,32	0,82
6	Механические волны		2,94	1,35
7	Электромагнитные волны		3,25	0,86
8	Световые волны		5,18	2,59
9	Элементы теории относительности		2,48	2,27
10	Излучение и спектры		3,44	-0,68
11	Световые кванты		2,72	0,73
12	Атомная физика		2,82	1,21
13	Физика атомного ядра		2,64	-0,135
14	Элементарные частицы		2,08	0,584

На основе этих данных построены гистограммы (рис. 6 и 7).

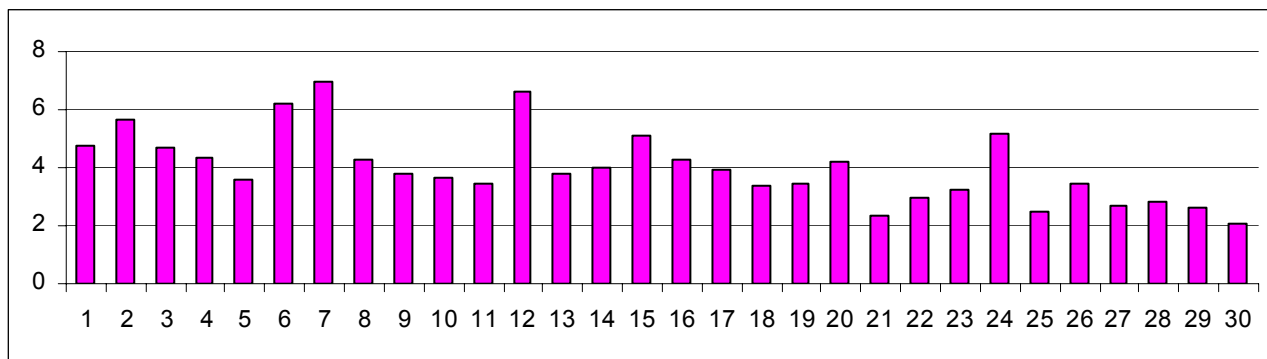


Рис. 6. Сложность различных тем учебников физики (10 и 11 классы).

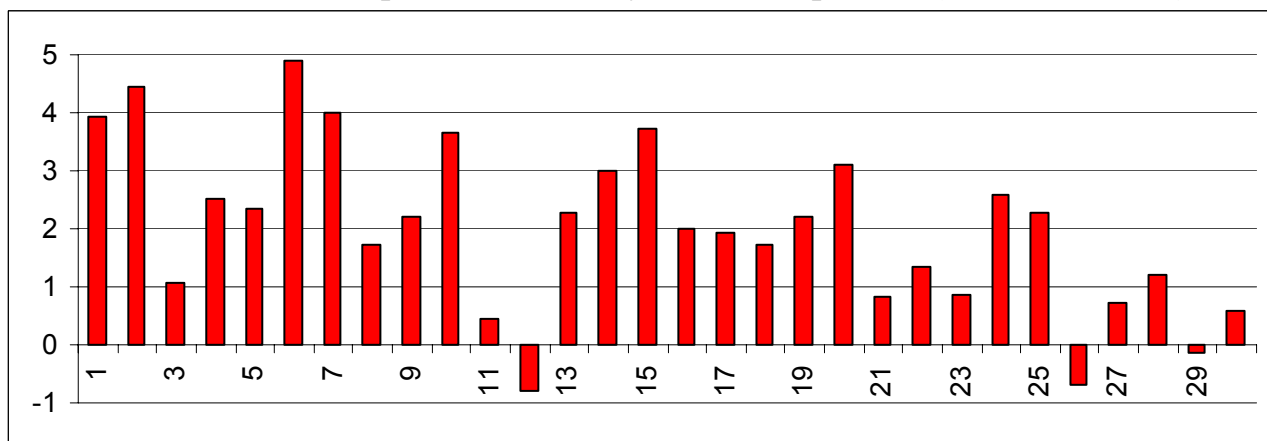


Рис. 7. Комплексный показатель абстрактности различных тем.

5. Результаты контент–анализа с учетом уровня абстракции

Рассмотренные выше результаты не учитывали степень абстрактности изложения эмпирических и теоретических знаний. Интуитивно понятно, что умозрительное рассмотрение результатов опыта Резерфорда требует от учащегося способности абстрактно мыслить в большей степени, чем, допустим, обсуждение демонстрации действия силы Ампера, которую учитель выполнил на уроке. То же самое относится к теоретическим рассуждениям об объектах и явлениях, не воспринимаемых органами чувств человека, — для их понимания следует напрягать воображение, в то время как анализ явления, которое можно пронаблюдать воочию, требует использования абстрактного мышления в меньшей степени.

При проведении контент–анализа будем различать следующие уровни абстрактности знаний по физике:

1. Эмпирические знания:

1 уровень: явления и объекты, которые учащийся обычно наблюдает в повседневной жизни (колебания маятника, отражение света);

2 уровень: явления, объекты, законы, которые среднестатистический учащийся не может экспериментально исследовать вне школы, но их можно экспериментально изучить в школьной физической лаборатории (закон Ома, фотоэффект, дифракция света);

3 уровень: явления, объекты, законы, которые практически невозможно экспериментально исследовать в школьной физической лаборатории, и они изучаются умозрительно (термоядерная реакция, давление света).

2. Теоретические знания:

1 уровень: определения и качественные описания (рассуждения), касающиеся объектов и явлений, воспринимаемых органами чувств человека (определение вращательного движения, объяснение звуковых колебаний);

2 уровень: определения и качественные описания (рассуждения), касающиеся объектов и явлений, не воспринимаемых органами чувств человека, а требующих напряжения воображения (объяснение интерференции света, цепной ядерной реакции). Сюда же относятся различные идеализации (идеальный газ, модель атома Томсона).

3 уровень: определение физических величин (скорость), различные математические абстракции (силовая линия, эквипотенциальные поверхности), законы, выражаемые формулами (уравнение Эйнштейна для фотоэффекта).

Отдельно следует выделять уровень математической абстракции, зависящий от количества формул и их сложности, которая определяется так. Математическое высказывание заменяется соответствующим ей предложением минимальной длины, а затем подсчитывается число входящих в него ключевых слов и вычитается 2. Самая простая формула $a_1 = a_2$ имеет сложность 1, формула $s = vt$ имеет сложность 2, формула $E = Li^2 / 2$ имеет сложность 5 и т.д. При анализе текста эксперт не только подсчитывает общее количество элементов Э–

, Т– и Ф–знаний, но и оценивает их уровень абстракции или сложности. Для каждой главы определяется коэффициент выражающий ее долю в общем тексте учебника и рассчитывается скорость поступления эмпирической теоретической и математической информации.

Результаты контент–анализа учебников за 10 и 11 классы с учетом уровня абстрактности элементов эмпирических, теоретических знаний и сложности формул представлены в таблице 6 и 7 соответственно. В них приведены: 1) номера тем; 2) количества N_{ε} , N_m , N_{ϕ} элементов Э–, Т– и Ф–знаний в каждой теме; 3) средние значения уровня абстрактности U_i Э–, Т– и Ф–знаний и соответствующие им коэффициенты абстрактности A_i ; 4) средняя сложность Ф–знаний S_{ϕ} каждой темы.

Исходя из количества N_{ε} , N_m , N_{ϕ} элементов Э–, Т– и Ф–знаний, их уровня абстрактности U_{ij} ЭУМ (i – номер темы, j – номер элемента) определялся средний уровень абстрактности U_i данного вида знаний в i –ой теме и вычислялся коэффициент абстрактности A_i темы. Использовались формулы:

$$U_i = \frac{1}{N_i} \sum_{i=1}^{N_i} U_{ij}, \quad A_i = (U_i - 1) / 2.$$

Уровень абстрактности U_{ij} отдельного ЭУМ принимает целочисленные значения 1, 2, 3, а коэффициент абстрактности темы A_i лежит в интервале от 0 до 1. Будем считать, что у формул (Ф–знаний) коэффициент абстрактности равен 1. Средняя сложность Ф–знаний $S_{\phi i}$ в i –ой теме находится как среднее арифметическое от всех формул, входящих в i –ую тему.

Таблица 4. Э–, Т– и Ф–знания в учебнике физики за 11 кл.

Номер темы	Э–знания			Т–знания			Ф–знания		
	N_{ε}	U_{ε}	A_{ε}	N_m	U_m	A_m	N_{ϕ}	A_{ϕ}	S_{ϕ}
1	13	1,18	0,09	31	2,48	0,74	107	1	6,97
2	2	1	0,00	8	2,375	0,69	25	1	5,04
3	25	1,44	0,22	27	1,89	0,45	36	1	6,61
4	12	1,67	0,34	20	2,15	0,58	55	1	6,16
5	4	2,25	0,63	7	2,57	0,79	36	1	7,03
6	5	1	0,00	17	2,65	0,83	103	1	6,89
7	5	1	0,00	7	2,71	0,86	51	1	6,31
8	12	1,92	0,46	83	2,31	0,66	36	1	6,31
9	5	1,8	0,40	19	2,53	0,77	37	1	6,24
10	0	0	0,00	14	2,57	0,79	5	1	6,48
11	7	1,43	0,22	15	2,13	0,57	9	1	6,44
12	7	1,14	0,07	8	1,75	0,38	0	1	0

13	14	1,57	0,29	46	2,37	0,69	61	1	5,61
14	10	1,8	0,40	45	2,27	0,64	76	1	6,12
15	8	1,63	0,32	24	2,54	0,77	59	1	5,81
16	29	2,27	0,64	38	2,13	0,57	24	1	6

Таблица 5. Э-, Т- и Ф-знания в учебнике физики за 11 кл.

Номер темы	Э-знания			Т-знания			Ф-знания		
	$N_{\text{э}}$	$U_{\text{э}}$	$A_{\text{э}}$	$N_{\text{т}}$	$U_{\text{т}}$	$A_{\text{т}}$	$N_{\text{ф}}$	$A_{\text{ф}}$	$S_{\text{ф}}$
1	13	1,87	0,44	14	2,64	0,82	25	1	6,72
2	12	2	0,50	17	2,7	0,85	25	1	6,2
3	11	1,36	0,18	22	2,36	0,68	67	1	6,9
4	11	2	0,50	23	2,48	0,74	96	1	7,43
5	6	2,17	0,59	5	2	0,50	15	1	6,27
6	8	1,5	0,25	15	2,27	0,64	7	1	6,14
7	20	2,05	0,53	23	2,17	0,59	11	1	6,27
8	36	1,97	0,49	54	2,15	0,58	74	1	6,65
9	1	3	1,00	19	2,37	0,69	15	1	9
10	21	2,48	0,74	19	1,68	0,34	1	1	4
11	9	2,11	0,56	16	2,25	0,63	12	1	5,5
12	7	2,71	0,86	14	2,14	0,57	7	1	7
13	35	3	1,00	35	2,37	0,69	21	1	6,33
14	2	3	1,00	11	2	0,50	0	1	0

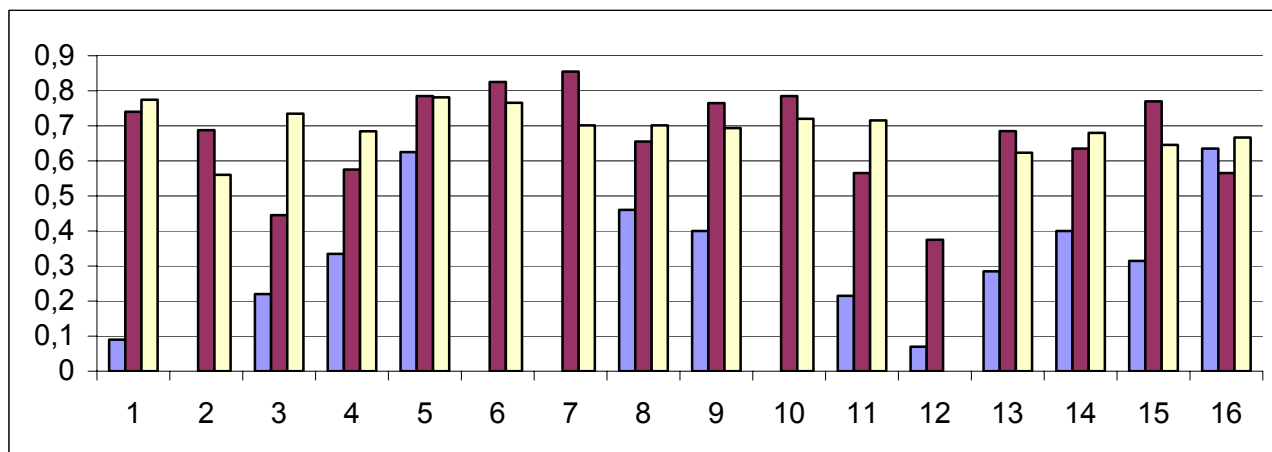


Рис. 8. Уровни абстрактности эмпирической, теоретической и “формульной” информации различных тем 11 класс.

Для расчета комплексного показателя абстрактности изложения материала используется формула:

$$A_i = \frac{A_{\text{э}i}N_{\text{э}i} + A_{\text{т}i}N_{\text{т}i} + A_{\text{ф}i}N_{\text{ф}i}}{N_{\text{э}i} + N_{\text{т}i} + N_{\text{ф}i}}$$

При этом будем считать, что формульная информация имеет максимальный уровень абстрактности $A_{\text{ф}} = 1$. Чтобы учесть сложность формул найдем отно-

сительную сложность $S_{отн}$ так: $S_{отн,i} = S_{\phi,i} / 10$, считая, что формула, для которой $S_{\phi,i} = 10$, имеет относительную сложность 1. В этом случае исправленный показатель степени абстрактности может быть найден по формуле:

$$A_i' = \frac{A_{\varepsilon i} N_{\varepsilon i} + A_{mi} N_{mi} + S_{отн,i} N_{\phi i}}{N_{\varepsilon i} + N_{mi} + N_{\phi i}}$$

Эта величина будет равна 1 в случае, когда в тексте упоминаются только факты и теоретические понятия с уровнем абстракции 3 и формулы с $S_{\phi,i} = 10$.

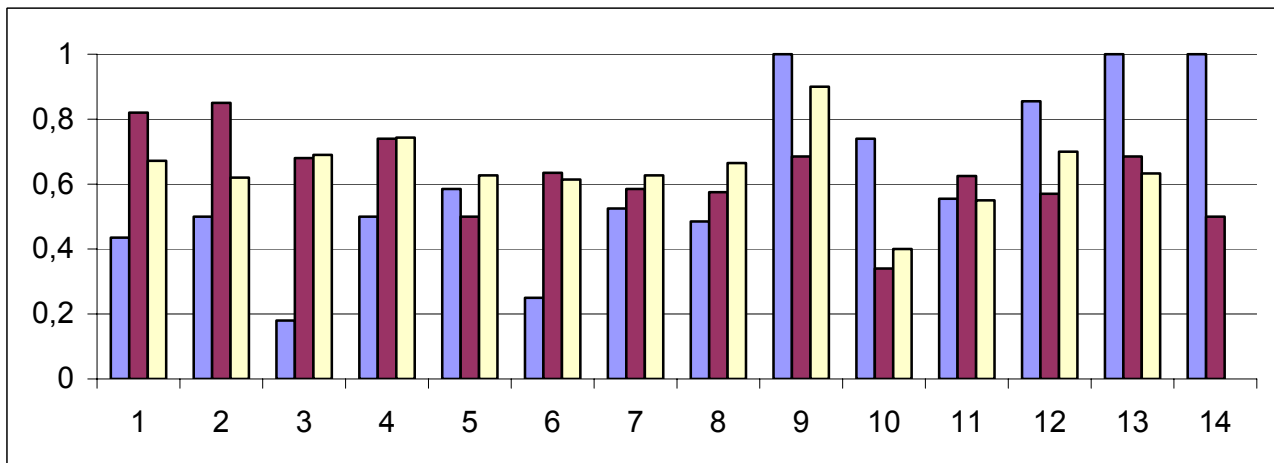


Рис. 9. Уровни абстрактности эмпирической, теоретической и “формульной” информации различных тем 11 класс.

Таблица 8. Показатели абстрактности различных тем.

ФИЗИКА – 10				ФИЗИКА – 11			
Номер темы	Показатель абстрактности A	Относит. сложность формул	Показатель абстрактности A'	Номер темы	Показатель абстрактности A	Относит. сложность формул	Показатель абстрактности A'
1	0,868	0,697	0,654	1	0,810	0,672	0,653
2	0,871	0,504	0,517	2	0,842	0,620	0,666
3	0,608	0,661	0,469	3	0,839	0,690	0,632
4	0,811	0,616	0,568	4	0,912	0,743	0,722
5	0,936	0,703	0,709	5	0,808	0,627	0,593
6	0,936	0,689	0,680	6	0,618	0,614	0,527
7	0,905	0,631	0,606	7	0,647	0,627	0,571
8	0,732	0,631	0,631	8	0,747	0,665	0,596
9	0,878	0,624	0,650	9	0,829	0,90	0,786
10	0,842	0,648	0,749	10	0,561	0,40	0,546
11	0,612	0,644	0,509	11	0,730	0,550	0,584
12	0,233	0	0,233	12	0,749	0,70	0,674
13	0,798	0,561	0,576	13	0,879	0,633	0,794
14	0,829	0,612	0,604	14	0,577	0	0,577
15	0,879	0,581	0,879				
16	0,702	0,601	0,597				

Итак, в настоящей работе рассмотрен метод оценки скорости поступления различных видов учебной информации и уровня ее абстракции, основанный на контент-анализе школьных учебников физики за 10 и 11 классы. Полученные результаты могут быть сопоставлены с аналогичными данными для учебников за 7, 8 и 9 классы, а также для вузовских учебников физики.

Литература

1. Майер Р.В. Исследование процесса формирования эмпирических знаний по физике. – Глазов: ГГПИ, 1996. – 132 с.
2. Мякишев Г.Я. Физика: Учеб. для 10 кл. общеобразоват. учреждений / Г.Я.Мякишев, Б.Б.Буховцев, Н.Н.Соцкий. — М.: Просвещение, 2004.– 336 с.
3. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б. Физика: Учеб. для 11 кл. общеобразоват. учреждений / Г.Я. Мякишев, Б.Б. Буховцев. — М.: Просвещение, 2004. — 336 с.
4. Смирнова А. Учимся жить в обществе. Гендерный анализ школьных учебников. — Москва, 2005. — 25 с.