

## АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ МЕТОД ОЦЕНКИ КОЛИЧЕСТВА РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ ИНФОРМАЦИИ И ЕЕ СЛОЖНОСТИ В ФИЗИЧЕСКОМ ТЕКСТЕ С ПОМОЩЬЮ ПЭВМ

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Создание новых учебников и учебных пособий по физике требует совершенствования объективных методов контент-анализа, определения информативности и сложности текста. Цель работы – выявить наиболее важные характеристики учебного физического текста, разработать и апробировать методику измерения количества различных видов информации в текстах и ее сложности с помощью компьютера.

*Материалы и методы.* Для решения поставленных задач создана компьютерная программа, которая анализирует текст и, используя словарь-тезаурус, подсчитывает частоты упоминания различных физических и математических терминов в текстовом файле, а также учитывает их сложность. Эксперт определяет количество математических символов и оценивается сложность формул. Исходя из этих данных, программа рассчитывает объем и сложность эмпирической, теоретической, математической и общенаучной информации, объем научной информации, суммарный объем параграфа, долю научной информации, удельное количество Э-, Т-, М-знаний. Также создается профиль текста, состоящий из вектора наиболее часто встречающихся слов и вектора частот. Результаты записываются в текстовый файл.

*Результаты.* Разработанная методика была апробирована для измерения количества различных видов информации и ее сложности в четырех параграфах из вузовского учебника и одного параграфа из школьного учебника физики. Были определены сложность и объем эмпирической, теоретической, математической и общенаучной информации, объем научной информации, суммарный объем параграфа, доля научной информации, удельное количество Э-, Т-, М-знаний. Полученные результаты позволили осуществить сравнительный анализ анализируемых учебных текстов.

*Выводы.* Установлено следующее: 1) предложенный метод действительно позволяет измерить количество различных видов информации в учебном тексте и ее сложность; 2) пять учебных текстов, подвергнутые анализу, сильно отличаются по количеству эмпирической и математической информации, поэтому эти две характеристики должны учитываться при классификации учебных текстов.

**Ключевые слова:** дидактика физики, контент-анализ, учебник, количество информации, эмпирические и теоретические знания.

R. V. Mayer

## AUTOMATIC METHOD OF QUALITY ASSESSMENT OF DIFFERENT TYPES OF INFORMATION AND ITS COMPLEXITY IN A PHYSICAL TEXT BY MEANS OF A COMPUTER

### Abstract.

*Background.* Creation of new textbooks and manuals on physics demands improvement of objective methods of the content analysis, determination of informativity and complexity of a text. The work purpose is to reveal the most important

characteristics of the educational physical text, to develop and approve a technique of measurement of quantity of different types of information in texts and its complexity by means of a computer.

*Materials and methods.* To solve these tasks the authors created a computer program which analyzes the text and, using the dictionary thesaurus, counts frequencies of referring to various physical and mathematical terms in a text file, and also considers their complexity. The expert defines quantity of mathematical symbols and complexity of formulas. Proceeding from these data, the program counts the volume and complexity of empirical, theoretical, mathematical and general scientific information, volume of scientific information, total volume of a paragraph, share of scientific information, specific quantity of E-, T-, M-knowledge. Also the program creates a profile of the text consisting of a vector of the most often met words and a vector of frequencies. Results are registered in the text file.

*Results.* The developed technique was tested for measurement of quantity of different types of information and its complexity in four chapters from a university textbook and one paragraph from a school textbook of physics. Complexity and volume of empirical, theoretical, mathematical and general scientific information, volume of scientific information, total volume of a paragraph, share of scientific information, specific quantity of E-, by T-, M-knowledge were defined. The received results allowed to carry out the comparative analysis of the analyzed educational texts.

*Conclusions.* The following has been established: 1) the offered method really allows to measure quantity of different types of information in an educational text and its complexity; 2) five educational texts were subjected to the analysis, strongly differing by quantity of empirical and mathematical information, therefore these two characteristics have to be considered at classification of educational texts.

**Key words:** didactics of physics, content analysis, textbook, information measurement, empirical and theoretical knowledge.

## Введение

Учебник для ученика является важным источником информации, его содержание и структура фактически определяют последовательность изучения различных вопросов соответствующей дисциплины [1, 2]. Необходимо, чтобы информация, изложенная в учебниках, ее сложность и уровень абстрактности соответствовали современному содержанию науки и психологическим особенностям развития учащихся, их способностям усваивать и осмысливать получаемые знания. Решение этой проблемы требует разработки объективных методов измерения количества различных видов информации в учебных текстах, оценки сложности и уровня абстрактности изложения материала [1–7].

Известны различные методы измерения количества учебной информации. Например, в работах Б. Е. Железковского и Ф. А. Белова [4, 5] рассмотрен вероятностный подход оценки информационной емкости школьного учебника, основанный на использовании формулы Хартли. Исходя из того, что сообщение, уменьшающее неопределенность в два раза, несет 1 бит информации, авторы необоснованно утверждают, что информативность словосочетаний типа «если ..., то ...», «скорость тела», «действующая сила» равна 1 биту. Они также не учитывают, что формула Хартли дает правильный результат, когда символы (термины или словосочетания) следуют друг за другом случайным образом и встречаются с равными вероятностями.

Для определения количества информации мы будем применять **объемный подход**, состоящий в подсчете числа использований научных терминов (названий объектов, явлений, физических величин и т.д.) и математических символов. Его преимущество состоит в возможности применения автоматических методов анализа текста с помощью ПЭВМ и получения более объективных и повторяющихся результатов.

### **1. Эмпирические, теоретические и математические знания**

Метод контент-анализа заключается в «перевode в количественные показатели массовой текстовой информации» и их последующей статистической обработке [3]. Основой для проведения контент-анализа учебного физического текста является классификация знаний на эмпирические, теоретические и математические. **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. **Математические** знания включают в себя математические термины, формулы, а также изображения математических объектов на рисунках.

Понятно, что перечисленные виды знаний в некоторых случаях не поддаются четкому и однозначному разделению в силу объективных причин. Качественные объяснения наблюдаемых явлений (элементы теоретических знаний) могут содержать большое количество «эмпирических» терминов, обозначающих объекты и явления, приборы и устройства. Обычно это относится к простым вопросам, изучаемым в 7–8-х классах. В этой ситуации наличие «эмпирических» терминов показывает невысокий уровень абстракции (сложности) учебного материала. Попытки разделить и выделить эмпирические и теоретические знания в этих случаях существенно усложняют процесс анализа, снижат точность и объективность результатов.

Следуя принципу «измерять то, что можно измерить» [3], при анализе текста будем подсчитывать число использований «эмпирических» (обозначающих объекты и явления, приборы и устройства), «теоретических» (названия физических величин), математических (математические величины, операции, символы в формулах) и общенаучных терминов («докажем», «измерения», «проанализируем» и т.д.). Получающиеся значения  $N_{Э}$ ,  $N_{Т}$ ,  $N_{М}$ ,  $N_{Н}$  характеризуют объем Э-знаний, Т- М- и Н-знаний в тексте.

Понятно, что такой подход достаточно формален и не позволяет оценить содержательную сторону учебной информации, правильность логических выводов, методическую обоснованность рассуждений и т.д. Однако эта задача и не ставится. Предполагается, что анализируемый учебник соответствует всем предъявляемым требованиям [1, 2], и необходимо определить сложность и количество различных видов информации в том или ином параграфе.

### **2. Абстрактность изложения и сложность текста**

Хорошо известно, 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 (матери-

альная 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 в своем воображении различные объекты (электромагнитные волны, атомы, элементарные частицы) и явления (фотоэффект, ядерная реакция), которые не воспринимаются органами чувств и невозможно пронаблюдать в повседневной жизни.

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. К самому низкому уровню абстракции относится 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) или объектов (фотон, атом), которые нельзя пронаблюдать в повседневной жизни или в физической лаборатории. Высокую степень абстрактности имеют математические модели (число 9, 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.

Некоторые методы оценки абстрактности изложения в учебных текстах проанализированы в [2, с. 43–46]. Понятно, что чем больше в тексте встречается абстрактных понятий, тем выше его объективная сложность. Поэтому для оценки сложности эмпирической или теоретической информации необходимо оценить степень абстрактности всех встречающихся в тексте терминов и частоту их использования.

### 3. Оценка сложности различных элементов физического текста

В учебных текстах используются научные термины, обозначающие физические объекты, явления, приборы, технические устройства и физические величины. С целью создания шкалы для оценки сложности физических величин автором был составлен список из 10 величин, взятых из различных разделов физики: масса, скорость, температура, внутренняя энергия, сила тока, индукция магнитного поля, длина волны, интенсивность, критическая масса, энергия связи. Использовался метод попарных сравнений: величины сравнивались друг с другом, результаты записывались в таблицу  $10 \times 10$ . Если сложности сравниваемых величин примерно одинаковы, то в соответствующие клетки таблицы заносились нули, а если разные – то 1 и –1. Это позволило создать пятибалльную шкалу сложности физических понятий.

Методом попарных сравнений также была оценена сложность терминов, обозначающих физические объекты, явления, приборы, а также математических терминов и операций (рис. 1). При этом наименее сложными ( $S = 1$ ) считались термины, обозначающие явления, объекты или приборы, которые учащийся может пронаблюдать в повседневной жизни (вода), а наиболее сложными ( $S = 5$ ) – термины, обозначающие объекты и явления, которые

нельзя обнаружить с помощью органов чувств и для их изучения приходится напрягать воображение (ядро атома). Сложность объектов и явлений, которые можно пронаблюдать в физической лаборатории, имеет промежуточное значение  $S = 3$ . Для оценки сложности нового термина, не представленного на рис. 1, его необходимо сравнить с терминами, находящимися на рисунке, и отнести к одной из пяти категорий.

Физические объекты	вода пар	ртуть порох	ЭМ поле неон	ЭМ волна плазма	уран плутоний	молекула протон ядро				
Физические явления	вращение	электрич. ток диффузия	электрич. резонанс	интерференция дифракция	радиоактивность	Ядерная реакция				
Устройства и приборы	пружина весы линейка	термометр	амперметр ДВС транзистор	усилитель лазер	ускоритель камера Вильсона	ядерный реактор				
Физические величины	объем давление масса	импульс скорость	энергия сила тока	критич. масса	интенсивность интервал	энергия связи работа выходс				
Математ. операции	сумма разность произведение частное	возведение в степень	логарифм синус косинус	предел производная		интеграл				
Сложность	1		2		3		4		5	

Рис. 1. Оценка сложности различных элементов физического текста

Приближенно можно считать, что количество «формульной» информации пропорционально числу математических символов, встречающихся в тексте и в формулах. Каждый символ соответствует некоторой физической или математической величине. Поэтому для оценки количества  $M$ -знаний необходимо подсчитать число символов. При этом математические высказывания заменяются соответствующими предложениями минимальной длины, а затем подсчитывается число входящих в него ключевых слов. Например, для формулы  $s = v t$  (расстояние равно произведению скорости на время)  $I_M = 5$ ; для формулы  $T = 2\pi\sqrt{LC}$  (период равен два пи корней из произведения индуктивности и емкости)  $I_M = 8$ . При этом индексы не учитываются.

Важной характеристикой является сложность «формульной» информации, которая оценивалась по пятибалльной шкале. При этом используются следующие критерии: 1) сложность  $S = 1$ : одиночные символы (не вектора) в тексте, равенство, сумма, разность, произведение и деление; 2) сложность  $S = 2$ : возведение в степень, извлечение корня, сложение и вычитание векторов; 3) сложность  $S = 3$ : тригонометрические функции, логарифмы, скалярное произведение векторов; 4) сложность  $S = 4$ : пределы, дифференциалы, производные, векторное произведение; 5) сложность  $S = 5$ : интегралы. Сложность формулы считается равной наибольшей сложности входящих в нее символов.

Например, если в формуле имеются производные (без интегралов), то сложность входящих в нее символов равна 4. Оценим количество мате-

математической информации  $I_M = N_M$  и ее сложность  $S_M$  в следующих формулах:

$$W_M = \frac{B^2}{2\mu_0} Sl \quad (1), \quad x = A \sin(\omega t + \phi_0) \quad (2), \quad \frac{dN}{N} = -\lambda dt \quad (3), \quad A = \int_{\vec{r}_1}^{\vec{r}_2} \vec{F} d\vec{r} \quad (4)$$

Получаются такие результаты: 1)  $I_M = 10$ ,  $S_M = 2$ ; 2)  $I_M = 8$ ,  $S_M = 3$ ; 3)  $I_M = 9$ ,  $S_M = 4$ ; 4)  $I_M = 8$ ,  $S_M = 5$ .

#### 4. Методика проведения контент-анализа

Нами использовалась методика качественно-количественного анализа содержания учебных текстов (или контент-анализа), рассмотренная в книге [3]. Были выбраны исчерпывающие и взаимоисключающие критерии, сформулировано правило для надежного фиксирования нужных характеристик текста так, чтобы получающиеся результаты не зависели от эксперта, имели высокую повторяемость и отражали объективные характеристики текста. Физический текст включает в себя собственно текстовую информацию, рисунки (графическая информация) и формулы. Чтобы оценить количество информации в рисунках и формулах, будем заменять их максимально короткими предложениями, которые полно передают заключенную в них учебную информацию. Речь идет о полезной информации, необходимой для усвоения соответствующего параграфа учебника (ненужная информация, содержащаяся в рисунках не учитывается).

Нами в среде Free Pascal создана специальная программа Analyzer, которая, используя словарь-тезаурус, подсчитывает частоту упоминания различных физических и математических терминов в текстовом файле. Методика контент-анализа текста состоит из следующих этапов:

1. Определяют сложность и количество «формульной» информации путем подсчета числа математических символов в тексте и формулах.
2. Заменяют рисунки краткими описаниями, содержащими информацию об изображенных на рисунках физических и математических объектах.
3. Создают текстовый файл в формате data.txt, содержащий анализируемый текст с описаниями рисунков без формул.
4. Составляют список физических математических и общенаучных терминов, встречающихся в данном тексте.
5. Создают словарь-тезаурус текста, содержащий общие части однокоренных терминов (например, слова «дифракция», «дифрагировать», «дифракционный» – общая часть «дифра»), который сохраняют в файле slovar.txt.
6. Каждый термин относят к одному из классов «эмпирический», «теоретический», «математический», «общенаучный» и оценивают его сложность  $S$ ; результаты записывают в файл slovar.txt.
7. Запускают программу Analyzer, которая, обращаясь к файлу slovar.txt, анализирует текст, хранящийся в файле text.txt, а результаты записывает в файл result.txt. Также создается профиль текста, состоящий из вектора наиболее часто встречающихся слов и вектора частот.
8. Интерпретируют результаты, создают таблицы, строят гистограммы и т.д.

В нашем случае единицей измерения объема информации является слово или одно упоминание термина. Так как в русском языке средняя длина слова составляет 6,3 буквы (включая пробел), то для нахождения суммарного числа слов  $N$  (объема информации в тексте  $I$ ) достаточно общее количество букв разделить на 6,3. Если  $m_{\text{Э}}$ ,  $m_{\text{Т}}$ ,  $m_{\text{Н}}$  – число Э-, Т- и Н-терминов в тексте (или словаре), то количества «эмпирической», «теоретической» и общенаучной информации в тексте равны:

$$I_{\text{Э}} = N_{\text{Э}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{Э}}} n_{\text{Э}i}, \quad I_{\text{Т}} = N_{\text{Т}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{Т}}} n_{\text{Т}i}, \quad I_{\text{Н}} = N_{\text{Н}} = \sum_{i=1}^{m_{\text{Н}}} n_{\text{Н}i}.$$

Здесь  $n_{\text{Э}i}$ ,  $n_{\text{Т}i}$ ,  $n_{\text{Н}i}$  – число упоминаний  $i$ -го Э-, Т- и Н-терминов. Объем М-информации  $I_{\text{М}}$  равен числу  $N_{\text{М}}$  использований математических символов. Сложность Н-терминов будем считать равной 1, тогда средняя сложность Н-информации  $S_{\text{Н}} = 1$ . Средняя сложность Э- Т- и М-знаний равна

$$S_{\text{Э}} = \frac{1}{N_{\text{Э}}} \sum_{i=1}^{m_{\text{Э}}} s_{\text{Э}i} n_{\text{Э}i}, \quad S_{\text{Т}} = \frac{1}{N_{\text{Т}}} \sum_{i=1}^{m_{\text{Т}}} s_{\text{Т}i} n_{\text{Т}i}, \quad S_{\text{М}} = \frac{1}{N_{\text{М}}} \sum_{i=1}^{m_{\text{Э}}} s_{\text{М}i} n_{\text{М}i},$$

где  $s_{\text{Э}i}$ ,  $s_{\text{Т}i}$  и  $s_{\text{М}i}$  – сложности  $i$ -го Э-, Т- и М-терминов. Доля научной информации в тексте находится как отношение объема научной информации к общему объему текста:  $\varepsilon = (N_{\text{Э}} + N_{\text{Т}} + N_{\text{М}} + N_{\text{Н}}) / N$ . Средняя сложность научной информации равна

$$S = \frac{S_{\text{Э}} N_{\text{Э}} + S_{\text{Т}} N_{\text{Т}} + S_{\text{М}} N_{\text{М}} + S_{\text{Н}} N_{\text{Н}}}{N_{\text{Э}} + N_{\text{Т}} + N_{\text{М}} + N_{\text{Н}}}.$$

Удельное количество Э-, Т-, М-знаний определяется как отношение числа соответствующих терминов  $N_{\text{Э}}$ ,  $N_{\text{Т}}$ ,  $N_{\text{М}}$  к общему количеству слов в тексте  $N$ :  $k_{\text{Э}} = N_{\text{Э}} / N$ ,  $k_{\text{Т}} = N_{\text{Т}} / N$ ,  $k_{\text{М}} = N_{\text{М}} / N$ .

### **5. Результаты контент-анализа учебных текстов**

В качестве апробации были проанализированы четыре параграфа из вузовского учебника Т. И. Трофимовой [8] и один параграф из школьного учебника Г. Я. Мякишева [9]: 1) «Угловая скорость и угловое ускорение»; 2) «Плазма и ее свойства»; 3) «Ядерная энергетика»; 4) «Дифракция Фраунгофера на дифракционной решетке» [8]; 5) «Дифракционная решетка» [9]. При этом определялись сложность и объем эмпирической, теоретической, математической и общенаучной информации, объем научной информации, суммарный объем параграфа, доля научной информации, удельное количество Э-, Т-, М-знаний. Результаты представлены в табл. 1. Из нее, в частности, следует, что в параграфе «Угловая скорость и угловое ускорение» упоминаются: 1) «эмпирические» термины (объект – явление – прибор) – 51 раз (средняя сложность – 1,31); 2) «теоретические» термины (название физической величины) – 40 раз (средняя сложность – 2,0); 3) математические термины и символы – 336 раз (средняя сложность – 1,91); 4) общенаучные термины – 6 раз (средняя сложность – 1). Общий объем информации – 670 слов, из

них 433 упоминания научных терминов. Доля научной информации – 0,65, средняя сложность – 1,84.

Таблица 1

## Результаты контент-анализа учебных текстов

	Угловая скорость		Плазма и ее свойства		Дифр. Фраунгф. на дифрак. реш.		Ядерная энергетика		Дифракционная решетка	
	Инфор.	Сложн.	Инфор.	Сложн.	Инфор.	Сложн.	Инфор.	Сложн.	Инфор.	Сложн.
	Э-знания	51	1,31	148	2,47	115	2,05	317	3,35	183
Т-знания	40	2	34	2,12	30	2,23	55	2,07	28	2,18
М-знания	336	1,91	51	1,2	236	1,99	41	1,24	95	1,17
Н-знания	6	1	28	1	47	1	34	1	39	1
Э-, Т-, М-, Н-знания	433		261		428		447		345	
Суммарный объем	670		627		940		1248		779	
Удельн. Э-знания	0,08		0,24		0,12		0,25		0,23	
Удельн. Т-знания	0,06		0,05		0,03		0,04		0,04	
Удельн. М-знания	0,50		0,08		0,25		0,03		0,12	
Доля науч. инфор.	0,65		0,41		0,46		0,36		0,44	
Средн. сложность		1,84		2,02		1,91		2,82		1,58

Используемая компьютерная программа позволяет выявить наиболее часто встречающиеся термины (или их корни) и создать профиль анализируемого текста. Получаются следующие результаты:

1) **угловая скорость и угловое ускорение:** вектор – 17, угл(овая) – 15, направл(ен) – 12, вращен(ие) – 11, скорост(ь) – 11, точк(а) – 9, ускорени(е) – 9, окружност(ь) – 8, оси – 6, повор(от) – 5, движен(ие) – 6, врем(я) – 6;

2) **плазма и ее свойства:** электр(он) – 12, температур(а) – 10, разряд – 6, частиц(а) – 11, заряжен(ый) – 5, ионизац(ия) – 5, плазм(а) – 31, газ – 12, числ(о) – 5, ион – 5;

3) **дифракция Фраунгофера на дифракционной решетке:** дифракци(я) – 20, решетк(а) – 18, максимум – 12, щелей – 12, минимум – 10, направл(ен) – 8, волн(а) – 7, луч – 7, щели – 7, картин(а) – 6, услови(я) – 6, свет – 5, делен(ие) – 5, определ(ение) – 5, спектр – 5;

4) **понятие о ядерной энергетике:** реактор(ы) – 30, энерг(ия) – 20, ядер(ный) – 19, вод(а) – 18, нейтрон – 15, уран – 12, электр(он) – 12, активн(ый) – 9, реакци(я) – 9, трубопровод – 8, замедлител(ь) – 7, генератор – 6, теплоносител(ь) – 6, материал – 6, пар(овой) – 6, враща(ть) – 6, теплов(ой) – 6;

5) **дифракционная решетка:** решетк(а) – 22, волн(а) – 18, дифракци(я) – 15, свет – 12, максимум(ы) – 11, щелей – 10, длин(а) – 9, спектр – 8, соответств(у) – 6, точк(а) – 6, числ(о) – 5, пада(ет) – 5, линз(а) – 5, луч – 5.

На основе данных, представленных в табл. 1, может быть построена гистограмма (рис. 2), круговая или иная диаграмма, осуществлено сравнение проанализированных параграфов по сложности и количеству различных видов информации. Из рис. 2,а, соответствующего четырем параграфам учебника [8], видно, что наибольшее количество М-информации – в параграфе «Угловая скорость...», а Э-информации – в параграфе «Ядерная энергетика». С помощью гистограммы на рис. 2,б можно сравнить параграфы «Дифракция Фраунгофера на дифракционной решетке» [8] и «Дифракционная решетка» [9]. Видно, что в школьном учебнике [9] больше эмпирической информации, а в вузовском [8] – математической. Количество Т- и Н-знаний в обоих случаях примерно одинаково.



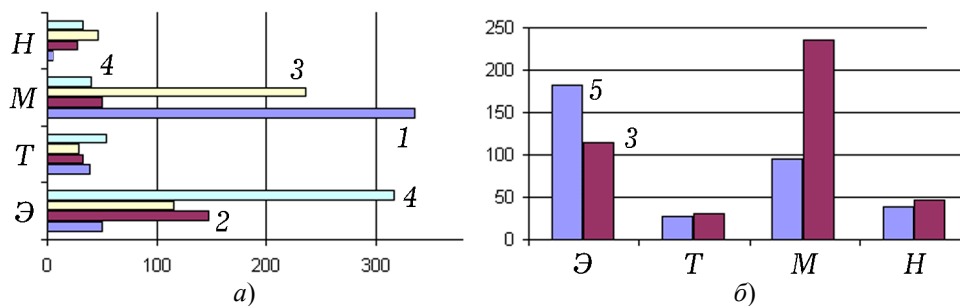


Рис. 2. Результаты контент-анализа учебных текстов по физике

Анализ представленных результатов (см. табл. 1, рис. 2) позволяет утверждать, что количества Э- и М-знаний являются важными характеристиками учебных текстов по физике, которые следует учитывать при классификации школьных параграфов и тем. Аналогичный вывод следует и из других исследований, выполненных автором [6, 7].

### Заключение

Предложенная методика контент-анализа позволяет произвести сравнительный анализ учебников, тем, параграфов, установить закономерности распределения учебного материала [6, 7], осуществить имитационное моделирование процесса обучения на ЭВМ. Установлено, что учебные тексты по физике сильно отличаются по количеству эмпирической и математической информации, поэтому эти две характеристики должны учитываться при классификации параграфов. Результаты подобной экспертизы могут быть учтены при написании учебников нового поколения, а также в работе учителей. Хорошо известно, что учащиеся отличаются своими интересами, знаниями математики и имеют неодинаковые способности к усвоению различных видов информации. Зная соотношение между Э-, Т-, М-информацией и их сложность, можно спрогнозировать, какие учащиеся будут лучше усваивать тот или иной материал.

### Список литературы

1. Беспалько, В. П. Теория учебника: Дидактический аспект / В. П. Беспалько. – М. : Педагогика, 1988. – 160 с.
2. Микк, Я. А. Оптимизация сложности учебного текста: В помощь авторам и редакторам / Я. А. Микк. – М. : Просвещение, 1981. – 119 с.
3. Аверьянов, Л. Я. Контент-анализ : моногр. / Л. Я. Аверьянов. – М. : РГИУ, 2007. – 286 с.
4. Железовский, Б. Е. Исследование информационной емкости учебника физики 9 класса / Б. Е. Железовский, Ф. А. Белов // Психология, социология, педагогика. – 2011. – № 8. – С. 16–20.
5. Железовский, Б. Е. Сравнительный анализ информационной емкости различных учебников физики / Б. Е. Железовский, Ф. А. Белов // Психология, социология, педагогика. – 2011. – № 7. – С. 13–20.
6. Майер, Р. В. Исследование процесса формирования эмпирических знаний по физике / Р. В. Майер. – Глазов : ГГПИ, 1996. – 132 с.
7. Майер, Р. В. Определение уровня абстрактности, сложности и информативности различных тем школьного учебника физики / Р. В. Майер // Стандарты и мониторинг в образовании. – 2013. – Т. 6, вып. 1.

8. Трофимова, Т. И. Курс физики : учеб. пособие для вузов / Т. И. Трофимова. – М. : Высшая школа, 2001. – 542 с.
9. Мякишев, Г. Я. Физика : учеб. для 11 классов общеобразовательных учреждений / Г. Я. Мякишев, Б. Б. Буховцев. – М. : Просвещение, 2004. – 336 с.

### *References*

1. Bespal'ko V. P. *Teoriya uchebnika: Didakticheskiy aspekt* [Textbook theory: didactic aspect]. Moscow: Pedagogika, 1988, 160 p.
2. Mikk Ya. A. *Optimizatsiya slozhnosti uchebnogo teksta: V pomoshch' avtoram i redaktoram* [Optimization of educational text complexity: advise to authors and editors]. Moscow: Prosveshchenie, 1981, 119 p.
3. Aver'yanov L. Ya. *Kontent-analiz: monogr.* [Content-analysis: monograph]. Moscow: RGIU, 2007, 286 p.
4. Zhelezovskiy B. E., Belov F. A. *Psikhologiya, sotsiologiya, pedagogika* [Psychology, sociology, pedagogy]. 2011, no. 8, pp. 16–20.
5. Zhelezovskiy B. E., Belov F. A. *Psikhologiya, sotsiologiya, pedagogika* [Psychology, sociology, pedagogy]. 2011, no. 7, pp. 13–20.
6. Mayer R. V. *Issledovanie protsessa formirovaniya empiricheskikh znaniy po fizike* [Research of formation of empirical data in physics]. Glazov: GGPI, 1996, 132 p.
7. Mayer R. V. *Standarty i monitoring v obrazovanii* [Standards and monitoring in education]. 2013, vol. 6, iss. 1.
8. Trofimova T. I. *Kurs fiziki: ucheb. posobie dlya vuzov* [Course of physics: tutorial for universities]. Moscow: Vysshaya shkola, 2001, 542 p.
9. Myakishev G. Ya., Bukhovtsev B. B. *Fizika: ucheb. dlya 11 klassov obshcheobrazovatel'nykh uchrezhdeniy* [Physics: textbook for 11<sup>th</sup>-year pupils]. Moscow: Prosveshchenie, 2004, 336 p.

---

#### **Майер Роберт Валерьевич**

Заслуженный деятель науки Удмуртской республики; доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры физики и дидактики физики, Глазовский государственный педагогический институт имени В. Г. Короленко (Россия, г. Глазов, ул. Первомайская, 25)

E-mail: robert\_maier@mail.ru

#### **Mayer Robert Valer'evich**

Honored scientist of Udmurt Republic; doctor of pedagogical sciences, associate professor, professor, sub-department of physics and didactics of physics, Glazov State Pedagogical Institute named after V. G. Korolenko (25 Pervomayskaya street, Glazov, Russia)

---

УДК 372.853

#### **Майер, Р. В.**

**Автоматизированный метод оценки количества различных видов информации и ее сложности в физическом тексте с помощью ПЭВМ / Р. В. Майер // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Гуманитарные науки. – 2014. – № 3 (31). – С. 200–209.**