

## СТЕПЕНЬ РАЗНООБРАЗИЯ И ДОЛЯ ПОНЯТИЙ ФИЗИКИ МИКРОМИРА В ШКОЛЬНЫХ КУРСАХ ХИМИИ И ФИЗИКИ

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Построение в сознании учащихся единой системы естественно-научных знаний требует установления для курсов физики, химии, биологии и астрономии меж- и внутрипредметных связей. Это способствует более полному осознанию идеи единства материи и различных форм ее движения, формированию научного мировоззрения, развитию диалектического и системного мышления, умения обобщать и применять знания из разных наук. Учет меж- и внутрипредметных связей предполагает разработку количественных методов оценки степени близости различных тем и дисциплин. Цель исследования заключается в «измерении» степени разнообразия и доли понятий физики микромира (ФММ) в различных разделах школьных курсов химии и физики.

*Материалы и методы.* Для решения поставленной задачи использовался метод контент-анализа, состоящий в выборе маркеров данного вида информации и их подсчете в анализируемом тексте. Применялась специальная компьютерная программа, которая, используя словарь-тезаурус, анализировала текстовый файл и выдавала его профиль, состоящий из списка терминов и частот их использования. Также подсчитывалось количество различных символов, обозначений и изображений объектов, соответствующих ФММ.

*Результаты.* Для различных разделов физики и химии определены: 1) количество понятий ФММ; 2) общее количество объектов и число объектов ФММ, изображенных на всех рисунках; 3) общее количество символов в математических формулах и число математических символов, характеризующих объекты и явления микромира; 4) количество обозначений молекул, атомов, ионов и элементарных частиц в тексте и химических формулах; 5) число обозначений состояний электронов и межатомных связей; 6) общий объем текста; 7) суммарное количество понятий ФММ; 8) доля учебной информации, относящейся к ФММ; 9) коэффициент разнообразия понятий ФММ; 10) сложность информации, относящейся к ФММ, в пересчете на единицу объема текста.

*Выводы.* В ходе настоящего исследования установлено: 1) доля знаний ФММ в курсе химии существенно выше, чем в курсе физики в целом, и заметно выше, чем в разделе физики, посвященном явлениям микромира; 2) коэффициент разнообразия понятий ФММ в пятом разделе курса физики (квантовая и атомная физика) существенно выше, чем в курсе химии; 3) в тексте учебника химии и химических формулах наиболее часто используются понятия «атом», «молекула», «ион» (включая «анион» и «катион»).

**Ключевые слова:** дидактика, контент-анализ, межпредметные связи, методика обучения, курс физики, курс химии.

R. V. Mayer

## VARIETY AND SHARE OF THE MICROWORLD PHYSICS CONCEPTS IN SECONDARY SCHOOL CHEMISTRY AND PHYSICS COURSES

### Abstract.

*Background.* Arrangement of a uniform system of natural scientific knowledge in consciousness of pupils requires establishment of inter- and intra-subject links for

courses of physics, chemistry, biology and astronomy. It promotes a more complete understanding of the idea of unity of matter and various forms of its motion, formation of a scientific world outlook, development of dialectical and systemic thinking, the ability to synthesize and apply different scientific knowledge. Registration of the inter- and intra-subject links assumes the development of quantitative methods to assess proximity of different topics and disciplines. The research objective consists in “measurement” of the variety level and the share of concepts of the micro-world physics (MWP) in different sections of secondary school chemistry and physics courses.

*Materials and methods.* To resolve this problem the author used a content analysis consisting in choosing the markers corresponding to the given type of information and its count in the analyzed text. A special computer program was used, which analyzed the text file with the help a thesaurus dictionary and gave its profile including the list of terms and their usage frequency. Quantities of various symbols, designations and images of objects corresponding to MWP also were counted up.

*Results.* The study has determined the following for different sections of physics and chemistry: 1) the quantity of the MWP-concepts; 2) the total quantity of objects and the quantity of MWP-objects appearing in all pictures; 3) the total quantity of characters in mathematical formulas and the number of mathematical characters corresponding to objects and phenomena of the micro-world; 4) the number of molecules, atoms, ions and elementary particles designations in the text and chemical formulas; 5) the number of designations of electron states and inter-atomic links; 6) the total amount of the text; 7) the summary quantity of MWP-concepts; 8) the share of the educational information relating to MWP; 9) the variety coefficient of MWP-concepts; 10) the complexity of MWP-information per text volume unit.

*Conclusions.* The present research has established that: 1) the share of MWP-knowledge in the chemistry course is significantly higher than in the physics course in whole and is higher than in the section of physics devoted to the micro-world phenomena; 2) the variety coefficient of MWP-concepts for the fifth section of the physics course (quantum and atomic physics) is significantly higher, than for the chemistry course; 3) in the chemistry textbook text and chemical formulas the concepts “atom”, “molecule” and “ion” (including “anion” and “cation”) are most often used.

**Key words:** didactics, content analysis, interdisciplinary links, teaching technique, physics course, chemistry course.

### **Введение**

Основная задача обучения физике, химии, биологии, астрономии состоит в построении в сознании учеников системы естественно-научных знаний, в которой факты, законы и теории из различных наук связаны друг с другом и образуют единую научную картину мира. Ее решение требует установления меж- и внутрипредметных связей, что способствует более полному познанию учащимися единства материи и форм ее движения, законов природы, формированию научного мировоззрения, развитию диалектического и системного мышления, умения обобщать и применять знания из разных наук [1–4]. Все это обеспечивает оптимизацию и повышение эффективности учебного процесса. Проблеме использования меж- и внутрипредметных связей при изучении естественно-научных дисциплин посвящены работы Ж. В. Беляевой [4], Л. З. Дюсюповой, В. С. Елагиной [1], Г. В. Ильченко, Е. Е. Минченкова, С. М. Похлебаева [1], М. Т. Рахматуллина [2], М. Ж. Симоновой [3], Л. Д. Уфимцевой.

Совершенствование методики обучения требует учета степени связи между различными вопросами, темами и дисциплинами, оценки доли и разнообразия того или иного вида информации в данном учебнике. **Цель исследования** заключается в определении степени разнообразия и доли понятий физики микромира (объединяющей квантовую и атомную физику) в различных разделах школьных курсов химии и физики.

### Материалы и методы исследования

Для количественной оценки коэффициента связи различных разделов школьных курсов физики и химии с физикой микромира нами использовался метод контент-анализа, состоящий в выборе маркеров данного вида информации и их подсчете в анализируемом тексте вручную и с помощью компьютера [5; 6]. Этими маркерами могут быть различные элементы знаний ФММ (понятия, принципы, теории, модели и т.д.), встречающиеся в учебниках физики и химии. Однако выявление и подсчет идей и теорий – очень непростая задача, автоматизированное решение которой требует использования искусственного интеллекта. С другой стороны, любое утверждение состоит из отдельных понятий, являющихся квантами научного знания; чем сложнее представленное в учебнике утверждение, тем больше понятий используется для его формулировки и обоснования. Поэтому имеет смысл ограничиться подсчетом соответствующих терминов и обозначающих их символов в тексте, таблицах, формулах, а также изображений объектов ФММ на рисунках. Этот подход близок к предложенному Ю. Н. Семиным тезаурусному методу количественного определения комплексного показателя междисциплинарной связности путем подсчета общих дескрипторов (понятий), входящих в сравниваемые курсы [7; 8].

Выбор научных понятий для объяснений явлений природы не случаен, а обусловлен объективными закономерностями восприятия и познания. Также не случаен подбор учебного материала в школьных учебниках и пособиях, прошедших определенную эволюцию и отвечающих требованиям научности, доказательности, доступности, логичности и т.д. Поэтому доля понятий ФММ в курсе химии или физики отражает определенные особенности современной методики преподавания этих дисциплин. Для повышения объективности анализа учебного текста применялась специальная компьютерная программа, которая, используя словарь-тезаурус, подсчитывала частоту упоминания различных терминов в текстовом файле [6]. Работа эксперта при этом сводится к следующему: 1) составлению словаря-тезауруса; 2) классификации и оценке входящих в него терминов; 3) подготовке файла с анализируемым текстом; 4) созданию и запуску программы, анализирующей текст; 5) интерпретации результатов.

В качестве анализируемого учебного пособия был выбран справочник школьника [9]. Это вызвано тем, что: 1) справочник содержит сведения из различных школьных курсов, в том числе по физике и химии; 2) учебный материал излагается лаконично, без повторов, исторических обзоров и отступлений; 3) рассмотрены все основные вопросы, изучаемые в школе; 4) справочник представлен в электронном виде (в формате pdf), что позволяет получить txt-файл и для анализа текста использовать компьютер.

### Результаты исследования и их обсуждение

Анализ текстов учебников физики и химии позволил выделить следующие виды маркеров: 1) термины (понятия) квантовой механики, теории излучения, атомной и ядерной физики («атом», «квант», «орбиталь»); 2) математические символы в формулах, характеризующие микрообъекты и явления микромира ( $h$ ,  $e$ ); 3) обозначения молекул ( $H_2SO_4$ ,  $NaOH$ ) и составляющих их атомов ( $Ca$ ,  $O$ ); 4) обозначения ионов, анионов, катионов ( $H^+$ ,  $O^{2-}$ ); 5) обозначения элементарных частиц: электронов, протонов и нейтронов, мюонов, нейтрино и т.д. ( $e$ ,  $p$ ,  $n$ ,  $\pi$ ,  $\mu$ ,  $\nu_e$ ); 6) обозначения состояний электронов в электронных формулах атомов ( $s$ ,  $p$ ,  $d$ ), а также межатомных связей (« $\sigma$ -связь», « $\pi$ -связь»); 7) изображения объектов микромира на рисунках. Для определения общего объема текста (в понятиях) подсчитывалось суммарное количество объектов, изображенных на рисунках, символов в формулах (математических, химических и т.п.) и общее число слов в тексте.

Анализ входного текстового файла *vhod.txt* осуществлялся с помощью специальной компьютерной программы, подобной *Analyzer.pas* [6, с. 121]. Она, обращаясь к словарю *slovar.txt*, подсчитывала общее количество ФММ-понятий в тексте. При этом создавался профиль текста, состоящий из матрицы найденных слов и их частот, а из исходного текста удалялись учтенные понятия. Использовались два словаря, что позволило сначала подсчитать и удалить из текста двойные термины («энергия связи», «дефект масс»), а затем все остальные типа «пар», «вода» и т. д. Чтобы избежать ошибок, программа учитывала пробелы перед короткими терминами; такие термины в словаре представлены в виде «\_пар», «\_вода». Текст, из которого удалены учтенные термины, записывался в файл *vhod.txt*. Суммарное число слов в тексте равно отношению общего количества символов к 6,3 (средней длине слова).

С целью оценки количества информации в рисунке определялось число изображенных на нем объектов, затем результат удваивался, так как полное описание рисунка включает в себя указание объектов и связей между ними [10; 11]. Аналогично определялось количество ФММ-информации: подсчитывалось число изображений микрообъектов и удваивалось. При анализе химической формулы типа  $2H_2 + O_2 = 2H_2O$  можно представить ученика, который читает ее так: «Две молекулы, состоящие из двух атомов водорода, соединяются с молекулой из двух атомов кислорода, получаются две молекулы, состоящие из двух атомов водорода и атома кислорода каждая». Таким образом, в данной записи понятие «молекула» используется 3 раза, а понятие «атом» – 4 раза. Характерно, что химические формулы (как математические и формулы ядерных реакций) существенно сокращают объем текста, повышая плотность передаваемой информации.

Результаты контент-анализа школьных курсов физики и химии из справочника [9] на предмет наличия научных понятий ФММ приведены в табл. 1. Она содержит: 1)  $N$  – общее количество слов в тексте; 2)  $N_M$  – количество терминов ФММ в тексте, подсчитанное с помощью ПЭВМ; 3)  $P$  – общее количество объектов, изображенных на всех рисунках; 4)  $P_M$  – количество объектов ФММ, изображенных на рисунках; 5)  $C$  – общее количество символов в математических формулах; 6)  $C_M$  – количество математических символов, характеризующих объекты и явления микромира; 7)  $M$  – общее количество

обозначений молекул в тексте и химических формулах; 8)  $A$  – общее количество обозначений различных атомов в тексте и химических формулах; 9)  $J$  – общее количество обозначений ионов, анионов, катионов в тексте и химических формулах; 10)  $E$  – количество обозначений элементарных частиц в тексте и химических формулах ( $e, p, n, \pi, \mu, \nu_e$ ); 11)  $L$  – количество обозначений состояний электронов в электронных формулах атомов ( $s, p, d$ ), а также межатомных связей ( $\sigma$ -связь,  $\pi$ -связь); 12)  $I$  – общее количество информации в тексте; 13)  $I_M$  – суммарное количество ФММ-информации; 14)  $K$  – долю ФММ-информации в различных разделах учебников ( $K = I_M / I$ ); 15)  $K'$  – долю ФММ-информации в учебниках физики и химии; 16)  $F$  – число различных видов маркеров (терминов, символов, изображений объектов); 17)  $R$  – коэффициент разнообразия; 18)  $S$  – сложность ФММ-информации в пересчете на единицу объема текста.

Таблица 1

Результаты контент-анализа курсов физики и химии

	ФИЗИКА					ХИМИЯ		
	1 (Мех.)	2 (МФ, Т)	3 (Электр.)	4 (Опт.)	5 (ФММ)	1 (ТОХ)	2 (НХ)	3 (ОХ)
$N$	14800	8361	23221	4018	9005	17550	21800	7745
$N_M$	23	245	775	40	1370	853	315	153
$P$	316	76	425	143	148	198	28	0
$P_M$	0	11	79	4	106	184	4	0
$C$	1546	478	1250	482	324	164	276	14
$C_M$	0	76	32	2	140	8	80	0
$M$	0	0	0	0	0	1188	3528	638
$A$	0	0	0	0	30	2390	4020	1914
$J$	0	0	0	0	0	328	214	12
$E$	0	0	0	0	60	56	26	0
$L$	0	0	0	0	0	426	56	32
$I$	16978	8991	25321	4786	9715	22498	29976	10355
$I_M$	23	343	965	50	1812	5617	8247	2749
$K$	0,001	0,038	0,038	0,010	0,187	0,250	0,275	0,265
$K'$	0,049					0,264		
$F$	4	16	32	10	90	43	38	17
$R$	1,1	1,9	2,4	1,8	3,8	1,9	1,1	0,9
$S$	0,00085	0,063	0,081	0,012	0,681	0,456	0,307	0,238

**Примечание:** Мех. – механика; МФ, Т – молекулярная физика и термодинамика; Электр. – электродинамика; Опт. – оптика; ФММ – физика микромира; ТОХ – теоретические основы химии; НХ – неорганическая химия; ОХ – органическая химия.

Для вычисления  $I$  использовалась формула  $I = N + 2P + C + M + A + J + E + L$ . Количество информации  $I_M$ , относящейся к ФММ, вычисляется так:

$I_M = N_M + 2P_M + C_M + M + A + J + E + L$ . Весовые множители 2, стоящие перед  $P$  и  $P_M$ , обусловлены тем, что почти на любом рисунке, кроме объектов, изображены связи и количество понятий в словесном описании рисунка примерно в 2 раза больше числа изображенных на нем объектов.

Таблица 2 содержит профили текстов, т.е. множество используемых терминов с указанием числа их упоминаний. Видно, что в курсе химии понятия «атом» и «молекула» упоминаются очень часто, особенно если учесть химические формулы. Для оценки степени разнообразия ФММ-информации можно применить формулу для расчета энтропии символа в сообщении:

$$R = - \sum_{i=1}^F p_i \ln(p_i), \quad p_i = n_i / N', \quad N' = n_1 + n_2 + \dots + n_F, \quad i = 1, 2, \dots, F,$$

где  $i$  – номер маркера,  $F$  – количество различных типов маркеров,  $n_i$  – число использований  $i$ -го маркера,  $N'$  – суммарное количество использований всех маркеров в анализируемом тексте, равно  $N' = N_M + P_M + C_M + M + A + J + E + L$ . Сложность ФММ-информации, приходящаяся на единицу объема текста, вычислялась так:  $S = RN' / I$ ; она пропорциональна произведению коэффициента разнообразия  $R$  на число всех маркеров  $N'$  в тексте, отнесенное к общему объему текста  $I$ .

Таблица 2

Понятия ФММ, часто используемые в курсах физики и химии

<b>ФИЗИКА</b>
<b>1. Механика:</b> атом – 6, частица – 5, заряд – 1, молекула – 1
<b>2. Молекулярная физика и термодинамика:</b> концентрация молекул – 9, тепловое движение – 17, движение молекул – 4, энергия связи – 2, атом – 36, молекула – 115, частица – 13, переход – 6, самопроизвольный – 4, концентрация – 3 и т.д.
<b>3. Электродинамика:</b> ион – 36, атом – 111, заряд – 237, заряженный – 36, оболочка – 14, частица – 60, рентгеновские – 11, электрон – 152, элементарный – 10 и т.д.
<b>4. Оптика:</b> длина волны – 15, спин – 1, заряд – 1, излучает – 1, линейчатый – 3, частиц – 2, электрон – 1 и т.д.
<b>5. Квантовая физика:</b> энергия связи – 12, ядерная реакция – 19, бета – 17, гамма – 20, ион – 38, ядер – 38, ядро – 64, альфа – 37, атом – 146, возбуждает – 19, заряд – 46, заряженный – 25, изотоп – 29, испускание – 12, квант – 50, кварк – 25, мезон – 15, нейтрино – 11, нейтрон – 50, облучение – 10, переход – 16, поглощение – 15, позитрон – 14, протон – 61, радиоактивность – 29, распад – 43, фотон – 13, фотоэффект – 23, частица – 132, электрон – 88, элементарный – 43, энергетический – 10 и т.д.
<b>ХИМИЯ</b>
<b>1. Теоретические основы химии:</b> атомная орбиталь – 14, электронная плотность – 7, ион – 54, анион – 52, атом – 209, заряд – 11, катион – 74, молекула – 140, переход – 11, протон – 10, подуровень – 23, частиц – 46, электрон – 90, энергия – 11, оболочка – 9 и т.д.
<b>2. Неорганическая химия:</b> электронная формула – 17, кристаллическая решетка – 5, валентные уровни – 6, ион – 25, анион – 16, атом – 46, катион – 40, молекула – 28, переход – 23, электрон – 17 и т.д.
<b>3. Органическая химия:</b> атом – 88, молекула – 33, катион – 6, электрон – 4 и т.д.

Из табл. 1 видно, что доля ФММ-маркеров в учебниках химии составляет  $K' = 0,264$ , т.е. довольно высока и превышает этот показатель даже для той части курса физики, в которой изучаются законы микромира ( $K = 0,187$ ). Это связано с наличием многочисленных химических формул и других символов, обозначающих микрообъекты. В то же время ФММ-информация в курсе химии менее разнообразна: максимальные коэффициенты разнообразия/сложности ( $R/S$ ) у раздела «1. Теоретические основы химии» составляют  $1,9/0,456$ , что заметно ниже соответствующих коэффициентов для раздела «5. Физика микромира», которые равны  $3,8/0,681$ . В разделе «5. Физика микромира» насчитывается 90 различных ФММ-маркеров, что заметно превосходит этот показатель для любого раздела химии.

Чтобы оценить частоту использования понятия, необходимо разделить количество использований понятия (в тексте, химических и других формулах, рисунках) на общий объем текста  $I$  (в словах):  $p'_i = n_i/I$ . Для курсов физики и химии суммарный объем  $I$  соответственно равен  $I_{\Phi} = 65791$  и  $I_{\chi} = 62829$ . Из табл. 1 и 2 следует, что в курсе химии (в тексте, химических формулах, рисунках) наиболее часто используются следующие понятия: атом ( $p' \approx 0,14$ ); молекула ( $p' \approx 0,088$ ); ион, анион или катион ( $p' \approx 0,013$ ), включая символичные обозначения. В курсе физики вероятность использования этих же понятий существенно ниже: атом –  $p' \approx 0,005$ ; молекула –  $p' \approx 0,002$ ; ион, анион или катион –  $p' \approx 0,001$ . Понятия «электрон», «протон» или «нейтрон» в курсах физики и химии используются с суммарной вероятностью  $p' \approx 0,006$ .

### Заключение

В результате контент-анализа справочника [9] установлено: 1) доля знаний ФММ в курсе химии (0,26) существенно выше, чем в курсе физики в целом (0,05) и заметно выше, чем в разделе, посвященном явлениям микромира (0,19); 2) разнообразие ФММ-информации в пятом разделе физики существенно выше, чем в курсе химии; 3) при изучении химии наиболее часто применяются понятия «атом», «молекула», «ион» (включая «анион» и «катион»). Рассмотренный метод действительно позволяет количественно оценить степень близости учебных дисциплин, «силу» меж- и внутрипредметных связей. Это поможет установить закономерности распределения учебной информации в школе, построить математическую модель учебного процесса, повысить эффективность методики обучения.

### Библиографический список

1. Елагина, В. С. Методологические основы подготовки студентов педагогического вуза к реализации межпредметных связей при изучении естественнонаучных дисциплин в школе / В. С. Елагина, С. М. Похлебаев // *Фундаментальные исследования*. – 2011. – № 12. – С. 25–30.
2. Рахматуллин, М. Т. Межпредметные связи физики, химии и биологии при изучении фундаментальных естественнонаучных теорий в профильной школе : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02. / Рахматуллин М. Т. – Стерлитамак, 2007.
3. Симонова, М. Ж. Межпредметные связи физики и химии при формировании понятия о веществе у учащихся основной школы : дис. ... канд. пед. наук / Симонова М. Ж. – М., 2000.

4. **Беляева, Ж. В.** Обучение учащихся основной школы естественнонаучным методам познания на основе межпредметных связей биологии, химии и физики : дис. ... канд. пед. наук : 13.00.02 / Беляева Ж. В. – М., 2015.
5. **Иудин, А. А.** Контент-анализ текстов: компьютерные технологии : учеб. пособие / А. А. Иудин, А. М. Рюмин. – Нижний Новгород, 2010. – 37 с.
6. **Майер, Р. В.** Контент-анализ школьных учебников по естественно-научным дисциплинам : моногр. : электрон. науч. изд. на компакт-диске / Р. В. Майер. – Глазов : Глазов. гос. пед. ин-т, 2016. – 13,00 Мб.
7. **Гапонцева, М. Г.** Понятия геометрии фракталов как язык объектов педагогики и теории научного знания / М. Г. Гапонцева, В. А. Федоров, В. Л. Гапонцев // Образование и наука. Известия Уральского отделения Российской академии образования. – 2009. – № 2 (59). – С. 3–22.
8. **Семи́н, Ю. Н.** Квалитативная технология междисциплинарной интеграции содержания общеинженерной подготовки / Ю. Н. Семи́н // Образование и наука. Известия Уральского отделения Российской академии образования. – 2001. – № 3 (9). – С. 76–80.
9. Справочник школьника: 5–11 классы / М. Б. Волович, О. Ф. Кабардин, Р. А. Лидин, Л. Ю. Аликберова, В. С. Рохлов, В. Б. Пятунин, Ю. А. Симагин, С. В. Симонович. – М. : АСТ-ПРЕСС, 2001. – 704 с.
10. **Майер, Р. В.** Методы оценки дидактических характеристик элементов учебного материала / Р. В. Майер // Проблемы современного педагогического образования. Педагогика и психология. – 2016. – Вып. 52, ч. 7. – С. 256–263.
11. **Mayer, R. V.** Methods of the informativeness and didactic complexity estimation of educational concepts, pictures and texts / R. V. Mayer // European Journal of Education Studies. – 2016. – Vol. 2. – Issue 9. DOI: 10.5281/zenodo.168090.

### *References*

1. Elagina V. S., Pokhlebaev S. M. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research]. 2011, no. 12, pp. 25–30.
2. Rakhmatullin M. T. *Mezhpredmetnye svyazi fiziki, khimii i biologii pri izuchenii fundamental'nykh estestvennonauchnykh teoryi v profil'noy shkole: dis. kand. ped. nauk: 13.00.02.* [Interdisciplinary links of physics, chemistry and biology when studying fundamental natural scientific theories at a specialized school]. Sterlitamak, 2007.
3. Simonova M. Zh. *Mezhpredmetnye svyazi fiziki i khimii pri formirovanii ponyatiya o veshchestve u uchashchikhsya osnovnoy shkoly: dis. kand. ped. nauk* [Interdisciplinary links of physics and chemistry when forming the notion of substance in secondary school pupils: dissertation to apply for the degree of the candidate of pedagogical sciences]. Moscow, 2000.
4. Belyaeva Zh. V. *Obuchenie uchashchikhsya osnovnoy shkoly estestvennonauchnym metodam poznaniya na osnove mezhpredmetnykh svyazey biologii, khimii i fiziki: dis. kand. ped. nauk: 13.00.02* [Teaching natural scientific methods of cognition to secondary school pupils on the basis of interdisciplinary links of biology, chemistry and physics: dissertation to apply for the degree of the candidate of pedagogical sciences]. Moscow, 2015.
5. Iudin A. A., Ryumin A. M. *Kontent-analiz tekstov: komp'yuternye tekhnologii: ucheb. posobie* [Content analysis of texts: computer technologies: teaching aid]. Nizhniy Novgorod, 2010, 37 p.
6. Mayer R. V. *Kontent-analiz shkol'nykh uchebnikov po estestvenno-nauchnym distsiplinam: monogr.: elektron. nauch. izd. na kompakt-diske* [Content analysis of school text books on natural scientific subjects: monograph: digital scientific edition on CD]. Glazov: Glazov. gos. ped. in-t, 2016, 13,00 Mb.
7. Gapontseva M. G., Fedorov V. A., Gapontsev V. L. *Obrazovanie i nauka. Izvestiya Ural'skogo otdeleniya Rossiyskoy akademii obrazovaniya* [Education and science.



- Proceedings of Ural branch of the Russian Academy of Education]. 2009, no. 2 (59), pp. 3–22.
8. Semin Yu. N. *Obrazovanie i nauka. Izvestiya Ural'skogo otdeleniya Rossiyskoy akademii obrazovaniya* [Education and science. Proceedings of Ural branch of the Russian Academy of Education]. 2001, no. 3 (9), pp. 76–80.
  9. Volovich M. B., Kabardin O. F., Lidin R. A., Alikberova L. Yu., Rokhlov V. S., Pyatunin V. B., Simagin Yu. A., Simonovich S. V. *Spravochnik shkol'nika: 5–11 klassy* [Reference book for pupils: 5–11 grades]. Moscow: AST-PRESS, 2001, 704 p.
  10. Mayer R. V. *Problemy sovremennoy pedagogicheskoy obrazovaniya. Pedagogika i psikhologiya* [Problems of modern pedagogical education. Pedagogy and psychology]. 2016, iss. 52, part 7, pp. 256–263.
  11. Mayer R. V. *European Journal of Education Studies*. 2016, vol. 2, iss. 9. DOI: 10.5281/zenodo.168090.

---

**Майер Роберт Валерьевич**

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

E-mail: robert\_maier@mail.ru

**Mayer Robert Valerievich**

Doctor of pedagogical sciences, associate  
professor, professor of the sub-department  
of physics and didactics of physics, Glazov  
Korolenko State Pedagogical Institute  
(25 Pervomayskaya street, Glazov, Russia);  
Honoured man of science of the Republic  
of Udmurtia

---

УДК 37.02

**Майер, Р. В.**

**Степень разнообразия и доля понятий физики микромира в школьных курсах химии и физики / Р. В. Майер // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Гуманитарные науки. – 2017. – № 2 (42). – С. 153–161. DOI: 10.21685/2072-3024-2017-2-15**