

УДК 372.853
ББК 74.262.23

DOI: 10.31862/1819-463X-2024-1-167-182

ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫЙ УЧЕБНЫЙ ТЕКСТ ПО ФИЗИКЕ КАК СРЕДСТВО ОБУЧЕНИЯ

М. А. Бражников

Аннотация. В статье представлены результаты анализа понятия «естественнонаучный учебный текст», определено общее и особенное учебного текста, текста параграфа учебника и текста научно-популярной статьи; рассмотрены типы естественнонаучных текстов. В работе проанализированы вопросы естественнонаучной грамотности учащихся в контексте умений, формируемых при работе с естественнонаучным учебным текстом, при этом особый акцент был сделан на формировании в школе основ естественнонаучной грамотности и на ее связи с читательской грамотностью. Были проанализированы существующие учебные пособия и хрестоматии, содержащие фрагменты классических научных исследований. На примере работ Р. Бойля и Э. Мариотта были показаны пути адаптации научных текстов и создания к ним методического сопровождения в виде вопросов и заданий с целью формирования у учащихся представлений о научном исследовании (целях, ходе проведения, возникающих трудностях, получаемых результатах). В работе ставится вопрос о создании особых хрестоматий по физике, в которых будут собраны разные типы текстов как для обучения, так и для контроля сформированности умений, в том числе входящих в область естественнонаучной грамотности.

Ключевые слова: естественнонаучный учебный текст, научно-популярная статья, естественнонаучная грамотность, хрестоматия, дифференциация учебника физики.

Для цитирования: Бражников М. А. Естественнонаучный учебный текст по физике как средство обучения // Наука и школа. 2024. № 1. С. 167–182. DOI: 10.31862/1819-463X-2024-1-167-182.

© Бражников М. А., 2024



Контент доступен по лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License
The content is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License

SCIENTIFIC EDUCATIONAL TEXT AS A MEANS OF TEACHING

M. A. Brazhnikov

Abstract. *The article presents the results of the analysis of the concept of a “scientific educational text”, defines the common and specific features of an educational text, the text of a textbook paragraph and the text of a popular science article. Some types of natural science texts are briefly considered. The paper analyzes the issues of scientific literacy of students in the context of the skills formed when working with a natural science educational text, while special emphasis was placed on the formation of the science literacy foundations at school and on the connection of natural science literacy with reading literacy. Existing textbooks and anthologies containing fragments of classic scientific research were analyzed. Using the example of the works of R. Boyle and E. Mariotte, ways of adapting scientific texts and creating methodological support for them in the form of questions and tasks were shown in order to form students’ ideas about scientific research (goals, progress, difficulties encountered, results obtained). The paper raises the question of creating special anthologies in physics, in which different types of texts will be collected both for teaching and for controlling the formation of skills, including those in the field of natural science literacy.*

Keywords: *natural science educational text, popular science article, natural science literacy, reader, differentiation of a physics textbook.*

Cite as: Brazhnikov M. A. Scientific educational text as a means of teaching. *Nauka i shkola*. 2024, No. 1, pp. 167–182. DOI: 10.31862/1819-463X-2024-1-167-182.

Введение

В настоящее время *естественные науки* объединяют множество наук, включая *физику, химию, биологию, физическую географию* и др. Вплоть до начала XIX в. в Западной Европе первые из них изучались как части единого предмета «Натуральная философия» (Natural Philosophy (англ.), Naturlehre (нем.)). В современной англоязычной литературе эти *самостоятельные учебные предметы* часто объединяют понятием “Science”, противопоставляя тем самым *естественные науки* гуманитарным. Основу такого объединения наук и учебных дисциплин составляют *общие методологические подходы, тесное переплетение предметов наук, общие черты методик обучения их основам*. Так, сложно отделить вопросы химии от вопросов физики в классических научно-популярных сочинениях¹ «История свечи» М. Фарадея или «Как делаются открытия в химии» У. Рамзая и В. Оствальда, в этом же ряду стоит книга К. Ю. Богданова «Физик в гостях у биолога». *Естественнонаучные тексты* имеют много общего в построении, терминологии, выстраиваемой аргументации и способах представления информации, используемом математическом аппарате, они требуют от читателя высокого уровня *естественнонаучной грамотности*.

В России сложилась традиция относительно более глубокого разделения естественнонаучных предметов в курсе средней школы. Это же относится и к *учебным текстам*, предлагаемым учащимся к ознакомлению, а также к текстам, используемым при контроле сформированности знаний и умений учащихся. Так, в демовер-

¹ Безусловно, тесно переплетаются и сами науки, о чем свидетельствуют их названия: физическая химия и химическая физика, биофизика, квантовая химия и т. д.

сиях ВПР-11 (2023) по химии предлагается текст о получении аммиака, по физике – о работе проточного электрического водонагревателя, по биологии (2022) – текст, затрагивающий вопросы геохронологии животного и растительного мира (при этом текст встроен в таблицу); эти тексты отражают прежде всего *специфику* предметов, а не их общие черты.

Настоящая статья посвящена *естественнонаучному* тексту, который отличается от такового по гуманитарным наукам, в статье раскрывается понятие *учебного естественнонаучного текста*, но делается это на примерах текстов *физического содержания*, при этом затрагивается вопрос *естественнонаучной грамотности* учащихся.

Естественнонаучная грамотность в контексте естественнонаучного учебного текста

Формирование у учащихся *основ* естественнонаучной грамотности подразумевает разработку в теории и практике обучения понятия естественнонаучный учебный текст. Уточним, что понимают под самой *естественнонаучной грамотностью* (далее – ЕНГ). В [1] выделены два аспекта ЕНГ:

- *способность* человека занимать активную гражданскую позицию по вопросам, связанным с естественными науками;
- *способность* научно объяснять явления (природы), применять методы естественнонаучного исследования, интерпретировать данные и использовать научные доказательства.

По А. Ю. Пентину, ЕНГ – это *способность* человека применять естественнонаучные знания и умения в реальных жизненных ситуациях, в том числе при обсуждении общественно значимых вопросов, связанных с практическим применением достижений естественных наук [2].

Представляется, что точнее говорить не о способностях, а о соответствующих умениях, допускающих проверку. Рассматривая генезис понятия ЕНГ [3], мы указывали, исходя из работы [4], на обзор Дж. Миллера [5]. По Миллеру, *исторически* формирование понятия ЕНГ происходило как развитие (читательской) грамотности, определяемой через умения «по ступеням»:

- *читать и писать* →
- читать, понимать и *выражать мнение по научным* вопросам →
- читать, понимать и выражать мнение по научным вопросам, выносить обоснованные суждения (на основе понимания общественно значимых научных проблем и влияния науки и техники на развитие общества) и *осознавать влияния науки и технологий на общество и выбор политики*.

На каждой ступени происходит добавление нового умения, выделенного курсивом. Среди аспектов, рассмотренных В. Г. Разумовским в связи с формированием ЕНГ учащихся [4], выделим следующие:

- способности, необходимые для научного исследования;
- разработка и проведение научных исследований;
- формулировка и пересмотр существующих, а также распознавание и анализ альтернативных объяснений и моделей;
- оценка и прогнозирование последствий предлагаемых решений.

На наш взгляд, современное *расширенное* понимание требований к формированию ЕНГ учащихся, сложившееся в начале XXI в., завышено как по уровню этих требований, так и по ожиданиям. По Ж. Пиаже, учащиеся старших классов в силу возраста находятся лишь на стадии «полного овладения формальными операциями»,

но не завершения ее. Поэтому понимание ими многих научных проблем находится еще в зоне ближайшего развития – проблемы обозначить нужно (где это возможно), но ждать обоснованного их решения – безосновательно.

Генезис ЕНГ восходит к элементарной грамотности, которая также является отправной точкой становления *читательской грамотности*. При работе с естественнонаучными текстами умения, входящие в области и *естественнонаучной* и *читательской* грамотности, пересекаются. По Г. А. Цукерман [6], читательская грамотность включает в себя умения, проявляющиеся при работе с текстом в последовательности:

- найти и извлечь (*информацию*) →
- интегрировать и интерпретировать (*сообщение*) →
- осмыслить и оценить (*сообщение*).

Уточним. *Во-первых*, в рамках ЕНГ речь должна идти о естественнонаучном тексте *в целом*, поэтому полагаем, что первый шаг или первое умение, которое реализуется при работе с таким текстом – это *просмотровое чтение*, позволяющее ориентироваться в его содержании и назначении, то есть в том, кому текст адресован, дающее представление, опубликовано ли экспериментальное исследование или теоретическое и т. п. *Во-вторых*, Ч.-П. Сноу [7], показал, что понимание *уровня образованности* в «мире людей культуры» и в «мире людей науки» – разное: для одних *безграмотность* – это незнание пьес В. Шекспира, для других – непонимание смысла II начала термодинамики [7]. Сформировавшиеся *читательские умения одних*: найти, извлечь, интерпретировать и осмыслить пьесу В. Шекспира «Ромео и Джульетта» – могут никак не проявиться при чтении работы С. Карно «О движущей силе огня». *В-третьих*, естественнонаучный текст обладает особенностями построения, стиля, аргументации и т. д., см., например, анализ О. Э. Мандельштамом текстов Ч. Дарвина и Ч. Диккенса [8].

Если говорить об общей читательской грамотности *потребителя* новостей из газет, Интернета, публицистики, о грамотности *пользователя* гаджетов и пылесосов и т. д., читающего руководства по эксплуатации и инструкции к ним, то такая грамотность характеризуется *общими умениями* читателя. Но, когда встает вопрос о *научной грамотности* историка, врача, физика, то *профессиональная* читательская грамотность, как нам представляется, является составляющей *научной* грамотности. В средней школе формируется общая читательская грамотность. В старших *профильных* классах закладываются также *первоосновы* научной грамотности, в том числе такого ее компонента, как профессиональная читательская грамотность в предметной области.

Поясним. На интернет-ресурсе *в тексте* прогноза погоды на две недели данные по температуре представлены в виде диаграммы, а на месяц – в виде таблицы. Если (общая) читательская грамотность сформирована, то выпускник школы, независимо от будущей профессии, правильно понимает прогноз погоды, переходя от одной вкладки сайта к другой. При этом сформированные *основы научной грамотности* в области естественных наук позволяют старшекласснику на основании информации, содержащейся в двухнедельном прогнозе, строить и совместно анализировать *графики* минимальной, максимальной и средней суточной температуры, а также делать выводы, сопоставляя текстовую и представленную в новом виде графическую информацию.

В школе идет формирование *основ* ЕНГ, и в процессе обучения необходимо опираться не на *научные*, а на *научно-популярные* и *учебные естественнонаучные* тексты. Сообщения в СМИ и статьи в популярных изданиях не являются научными,

как и инструкции по пользованию бытовой техникой не статьи по инженерии. В этой связи необходимо внести уточнения в определение *основ* ЕНГ, в рамках которых у учащихся формируются умения на уроках физики и других естественных наук:

- объяснять явления природы, базируясь на известных из курса средней школы научных законах;
- применять естественнонаучные методы, интерпретировать данные и использовать научные доказательства в рамках *учебных* исследовательских работ, под которыми мы понимаем: *лабораторные работы* и *работы практикума, учебные исследовательские проекты*;
- читать и понимать *научно-популярную литературу*, формировать мнение и выражать суждение на ее основе.

Рассмотрим наше понимание *естественнонаучного учебного текста*.

Естественнонаучный учебный текст: определение и типы

Уточним понятие «естественнонаучный учебный текст» [9]; как следует из табл. 1, он отличается от текстов параграфа и научно-популярной статьи. Естественнонаучные учебные тексты различаются по назначению и структуре, которую они имеют.

Таблица 1

Типы естественнонаучных текстов как средства обучения

Параметры сравнения		Параграф учебника	Естественнонаучный учебный текст	Научно-популярная статья
Аудитория		Учащиеся параллели	Мотивированные	
			учащиеся	читатели
Основные функции		Информационная		
		Обучающая, воспитательная		Объясняющая
Язык		Учебный	Адаптированный научный	
Смысловая цельность		Встроен в текст учебника	Автономный текст	
			Ориентирован на учебник	–
Структура		Сегментированный текст	Шаблоны: научной статьи (сообщения), репортажа, обзора, короткого рассказа	
Сопровож- дение	информационное	Рубрикация, справочная информация		
	методическое	введение, вопросы, задания		–
Библиография		Нет	Возможна, но необязательна	

Для итогового контроля освоения материала в рамках ВПР используются текстовые задания, в основе которых лежит специфический учебный текст технического или естественнонаучного содержания [3]. «Тексты для контроля» – сложные, при небольшом объеме они ориентированы на проверку умений сопоставлять и перекодировать информацию, представленную с помощью рисунка, диаграммы, таблицы или графика. Следовательно, разрабатывая естественнонаучные «тексты для обучения» необходимо при их составлении, по возможности, использовать разные способы подачи информации.

Рассмотрим еще одно назначение естественнонаучных учебных текстов. По О. Д. Хвольсону, «в средней школе трудно отличить знание от веры, преподается элементарное и достоверное, и в то же время доверие к учителю безгранично и, можно сказать, бессознательно» [10, с. 4].

И если доверие к учителю перестало быть безграничным, то принятие на веру преподаваемого в школе, на наш взгляд, усилилось (мы более не требуем от учащихся 11-х классов *выводов* закона Ома для цепи переменного тока и формулы тонкой линзы, доказательств справедливости законов отражения и преломления на основе принципа Гюйгенса – Френеля и т. п.). В этой связи возрастает потребность в текстах, формирующих критическое мышление в области физики, потребность в естественнонаучных учебных текстах, раскрывающих путь научного исследования.

Одним из форматов такого текста может быть формат *адаптированной научной статьи (сообщения)*. В [11] мы показали на примере статьи А. В. Цингера и И. С. Щегляева [12], в чем состоит принцип отбора и каким путем следует осуществлять адаптацию. Тема исходной научной статьи должна быть понятна учащимся старших классов, в этом смысле ориентирована на учебник (см. табл. 1) и должна быть невелика по объему. Статья была адаптирована по следующим направлениям:

- приведена к нормам современного языка (в том числе используемой терминологии) и современных обозначений единиц физических величин;
- введена рубрикация разделов и произведена незначительная перекomпоновка для соответствия *шаблону современной научной статьи*;
- *добавлено описание приборов* и рисунки, их иллюстрирующие, для понимания учащимися *принципов измерения*;
- *дополнены полученные авторами экспериментальные результаты* данными других работ для возможности проведения учащимися их *сравнительного анализа*;
- предложены вопросы и задания к тексту для *контроля освоения* прочитанного и *развития исследовательских умений*.

Проделанная адаптация показала, что выбор публикаций формата научного сообщения по тематике и уровню экспериментальной техники, доступных учащемуся старших классов и тематически соответствующих изучаемому материалу по учебнику в 9–11-м классах, довольно затруднителен, в частности, потому, что большинство научных исследований *объемны*, они оформляются в виде *цикла* статей, а сами исследования имели свою длительную *предысторию*.

На базе *цикла статей* можно создать учебную естественнонаучную публикацию в форме *адаптированного научного обзора*. В обзоре важная роль отводится постановке самой исследуемой проблемы, возможно на основе публикаций разных авторов. Полученные результаты и методики измерения (использованные экспериментальные установки) даются в сокращении, чтобы подчеркнуть на доступном уровне основные принципы измерения, основные (и наиболее яркие) результаты. Пример

такого адаптированного *научного обзора* исследований В. Феддерсена нами приведен в [13]; такой текст нужно разбирать и *читать вместе с учителем*.

Более простым является естественнонаучный учебный текст, создаваемый в виде *рассказа или репортажа о научном событии (открытии)*. Рассказ с заданиями и вопросами, созданный с опорой на *подлинные материалы* Всемирного конгресса физиков (1900) и воспоминания его участников, представлен нами в [14]. Одна из поставленных нами задач была заинтересовать учащихся самой работой ученых на научном форуме.

Жанр *короткого сообщения*, сопровождаемого задачами и вопросами, об открытии в области физики под рубрикой «Историческая физика», был широко представлен нами в ряде публикаций в журнале «Физика» ИД «Первое сентября» [см., например, 15].

Для обучения и диагностики умений необходимы *разные* естественнонаучные учебные тексты, собранные в рамках *единой естественнонаучной учебной хрестоматии*.

Естественнонаучная хрестоматия. Учебные тексты

Задача использования в процессе обучения фрагментов научных работ была поставлена в методике Н. А. Любимовым [16], который включил фрагменты научных исследований в контекст своего учебника. А. Г. Столетов подверг критике работу Любимова, в частности, потому, что тексты представляли собой, по его мнению, не фрагменты исторических работ, а некоторые *адаптированные рассказы* о них. Полагаем, что методически обоснованно включать адаптированные тексты, однако не следует представлять их как фрагменты подлинных работ. Учебник Н. А. Любимова отражал поиск введения учащихся в *проблематику научного исследования* с помощью текстовых средств обучения.

В 1897 г. была издана хрестоматия по естествознанию Ф. Даннемана [17]. В 1920-е гг. вышла «Физическая хрестоматия» Я. И. Перельмана [18], а в 1930-е гг. – «Исторические опыты» В. И. Лебедева. Капитальная хрестоматия «Жизнь науки» была составлена С. П. Капицей (1973). В 1980-е гг. выходила «Хрестоматия по физике» под ред. Б. И. Спасского и хрестоматия «Классики физической науки». Не все эти издания были обращены непосредственно к учащимся средней школы, но можно говорить, что импульс, данный Н. А. Любимовым, привел к появлению нового типа учебной литературы – *хрестоматии* по физике и естественным наукам. Произошло «рождение» *нового пособия* из учебника «Начальная физика» Н. А. Любимова. Этот процесс можно назвать *дифференциацией учебника физики*, в результате которого наряду с учебником появляются специализированные учебные пособия: сборники задач, хрестоматии и т. п.

В 2005 г. были изданы учебные пособия, совместившие в себе функции учебника и хрестоматии: О. Ф. Кабардина [19] и Н. С. Пурышевой [20]. На их примере можно говорить о процессе *интеграции*, когда один тип пособия, например сборник задач, берет на себя частично функции учебника, включая в свой контекст сводку формул перед каждым разделом с краткими пояснениями.

Анализ хрестоматий показывает, что специфика естественнонаучных текстов, в них заключенных, состоит в том, что они ориентированы на классические исследования, в большинстве случаев нашедшие непосредственное отражение в учебниках.

Рассмотрим примеры таких текстов, взяв тему из учебника физики «Закон Бойля – Мариотта». Отрывок из сочинения Э. Мариотта «Рассуждение о природе воздуха» [21] представлен в хрестоматиях [17; 18]. А фрагмент работы Р. Бойля

из Гл. V «Два новых эксперимента, касающиеся измерения силы упругости воздуха, сжатого и разреженного» [22, с. 156–163] дан в адаптированном виде в пособиях [19; 20]. В основу этих текстов был положен текст, представленный в [23, с. 98–105], восходящий к публикации [24, с. 3–10].

Проанализируем, насколько тексты об исследовании Мариотта отвечают задаче *формирования представлений учащихся о научном исследовании*. Фрагмент текста, опубликованный в [17], имеет структуру, показанную в табл. 2. Обратим внимание на сделанные переводчиком дополнения, благодаря им учащиеся могут увидеть, что открытие физического закона дело не одномоментное, а есть результат *цепочки исследований*.

Таблица 2

Структура текста об открытии Э. Мариотта в [17]

Биографическая правка	Об Э. Мариотте
Основной текст	С примечаниями, уточняющими технику эксперимента
Дополнения М. Ю Гольдштейна об исследованиях Р. Бойля	Биография, последовательность открытия закона Р. Бойлем: «Новые физико-механические эксперименты» (1662) → обобщение Р. Таунли → «Продолжение экспериментов» (1669) → публикация «О разрежении воздуха» (1671); другие исследования Бойля

Несколько замечаний об основном тексте. *Во-первых*, переведена не вся работа Мариотта, а лишь *введение* (4 страницы из 30) [21], это не оговорено в [17; 18]. *Во-вторых*, текст был подвергнут *незначительной* правке: числительные приведены цифрами, а не словами, пропорции выражены математическими знаками; заменены некоторые устаревшие слова, например, аркебуза – на духовое ружье, введены привычные для учащихся названия², например, «опыт с вакуумом» назван «опытом Торричелли». *В-третьих*, были опущены некоторые детали, например, что ряд опытов Мариотт проводил вместе с мастером, изготовлявшим трубки термометров и барометров, сэром Юбином. То, что наука делается не в одиночку, а учеными *совместно* с искусными лаборантами, техниками – важный, на наш взгляд, аспект формирования ЕНГ, ее воспитательной составляющей. *В-четвертых*, ни составитель хрестоматии, ни переводчик не выделили в тексте сам закон: «воздух сгущается пропорционально весу, которым он нагружен» [21, с. 152]. Чтобы приблизить формулировку к той, которая известна учащимся, он был переведен с французского как: «воздух сгущается сообразно с давлением, под которым находится» [17, с. 93]. Сегодня нам ближе слово «пропорционально», чем «сообразно», а вот стоило ли заменять вес давлением, вопрос, с точки зрения методики, дискуссионный, возможно, нужно показать учащимся, как постепенно выкристаллизовывается знакомая им формулировка закона.

Рис. 1 дает представление о том, как была издана работа Мариотта в начале XVIII в., здесь приведены семь страниц сочинения с рубрикацией в тексте и на полях, а также лист иллюстраций, где показан *единственный* рисунок, относящейся к этой работе. Названия разделов на полях позволяли читателю лучше ориентироваться в научном тексте.

² «...Пришлось выпускать все несущественное и, для настоящего времени, потерявшее научное свое значение. Точно так же приходилось иногда заменять старинные приемы выражения, другими, нам более доступными...» [17, с. 5].



Рис. 1. Страницы сочинения Э. Мариотта [21]

Рассмотрим логику изложения начала работы, взяв в квадратные скобки положения, формулировки которых даны нами на основе текста:

- [Воздух необходим для нашей жизни, нельзя пренебрегать исследованием его различных и удивительных свойств].
- Несмотря на то, что воздух невидим, он существует, это подтверждается простыми опытами].
- Первое свойство воздуха есть его тяжесть.
- Второе свойство воздуха состоит в том, что он может сжаться и расширяться, а также пружинить.
- *Ego sзущение осуществляется пропорционально весу, которым он нагружен.*
- [С помощью этого закона природы можно решить несколько любопытных задач физики].
 - *Задача I.* Зная высоту, на которой хотя, чтобы ртуть осталась в трубке заданной длины, найдите количество воздуха, которое нужно оставить там до опыта.
 - *Задача II.* Зная количество воздуха, которое хотя оставить над ртутью в трубке заданной длины, определите, насколько высоко поднимется ртуть после опыта.
 - *Задача III.* Зная высоту трубки, наполненной воздухом, найти, насколько глубоко нужно погрузить открытый конец в сосуд со ртутью, чтобы ртуть поднялась в этой трубке, расположенной перпендикулярно, на допустимую заданную высоту.

Обычно закон Бойля – Мариотта излагается совместно с другими законами, которые подчиняется газ, описываемый моделью идеального газа. На примере данного

отрывка можно продемонстрировать другой, частный подход, представляющий известный закон в контексте свойств воздуха, см. также [19; 20]. Важно дополнить текст заданиями, чтобы они позволяли выявить самим учащимся логику исследования. Э. Мариотт, сформулировав закон, показывает его применение к различным задачам. Адаптированный текст некоторых задач Мариотта приведен в сборнике А. В. Цингера (задача № 658) [25]. Создавая *естественнонаучный учебный текст*, необходимо дополнить отрывок из работы Э. Мариотта рисунками и описанием приборов, а также вопросами и заданиями, как это сделано для исследования Р. Бойля в [19; 20].

Эксперименты Р. Бойля, представленные в [19; 20], позволяют формировать у учащихся умения перекодировать информацию, например, из табличного вида в графический. В учебном пособии [19] небольшие фрагменты подлинной работы Бойля совмещены с ее изложением составителем, в [20] эксперимент полностью описан своими словами. Первый подход ближе к классам с углубленным изучением физики, выпускники которых станут инженерами, физиками-исследователями и т. д.

Оставим открытым вопрос, насколько учащимся необходимо сообщать, что свои *новые* опыты Р. Бойль ставил с целью опровергнуть позицию Ф. Линуса, отрицавшего весомость воздуха и его упругость [22, с. 156], предполагавшего, что в опыте Торричелли невидимые ниточки удерживают столб ртути в поднятом состоянии (этот абзац из гл. V, ч. I опущен в [23; 24]). Вопрос относится к постановке *самим* Бойлем решаемой *проблемы*.

Рассмотрим §14 «Свойства газов» [19, с. 91–93]. Учебный текст, с одной стороны, должен быть избавлен от мелких *деталей*, с другой – некоторые из них необходимо сохранить, чтобы передать *дух живого исследования*. Поясним, о каких деталях идет речь. Например:

- U-образную стеклянную трубку изготавливали с помощью «ловких рук и лампы» (в [19] написано «путем нагревания на лампе», вряд ли учащемуся понятно, что речь шла о масляной лампе, температуру пламени которой можно было поднять, выдувая воздух ртом через трубку; в этом месте необходимы пояснения);
- трубки были такими длинными, что их крепили к лестнице, опыты проводились вдвоем, для наблюдения положения ртути в трубке иногда использовалось зеркальце;
- при проведении опытов случилась поломка U-образной трубки, опыты были повторены с новой трубкой (ученик должен понимать, что поломка установки могла быть и у ученых, нужно собраться и продолжать работу; это определенный воспитательный момент).

Учебный текст должен содержать схему установки, но иллюстрации к *оригинальной* работе Р. Бойля малоинформативны. Так, на листе рисунков (рис. 2) трубки со ртутью выделены *нами* среди других приборов литерами **А** и **Б**, анализируемую работу иллюстрирует рисунок под литерой **Б**. При адаптации необходимо дополнять текст рисунками, как это сделано, например, в [23].

Сочинение Бойля дает возможность судить о точности измерений, значения высоты ртутного столба даются с точностью до $\frac{1}{16}$ дюйма ($\approx 1,5$ мм рт. ст.), а длины воздушного столба при сжатии воздуха – до $\frac{1}{4}$ дюйма (≈ 6 мм).

Результаты опытов Бойля в оригинальной таблице [22, с. 158], трудно воспринимаются современным читателем, в частности, это касается того, как представлены значения *объема воздуха*. Первоначальный столб воздуха – 12 дюймов или 48 четвертей дюйма. В двух колонках таблицы, названных одинаково «А», Бойль дает высоты и в четвер-

тях дюйма (первая колонка целых чисел), и в дюймах – вторая колонка, делая примечание³. Примечание старым русским языком следовало бы перевести как «АА число равных *пространств* в коротком колене, которое содержит одну и ту же порцию воздуха по-разному *простирающегося*» [22, с. 158], или более современно: «АА. Число равных отрезков в коротком колене, содержащем одну и ту же порцию воздуха, по-разному заполняющего [трубку]».

Данные, полученные Р. Бойлем, можно представить для учащихся, как показано в табл. 3. В таблице следует привести все экспериментальные значения, полученные Бойлем; выделенное значение – это *ошибка расчета*, содержащаяся в изданиях [22–24], ее выявление полезно обсудить.

Вопросы и задания для самопроверки, позволяющие уяснить непосредственное понимание текста, хорошо представлены в обоих учебных пособиях [19; 20].

Задания для формирования умения *анализировать полученные результаты* необходимо разработать более детально. Так, в [19, с. 97] предлагается обработать представленные в таблице результаты Бойля и наглядно продемонстрировать открытый им закон, в [20, с. 64] уточняется, что речь идет о *графиках*.

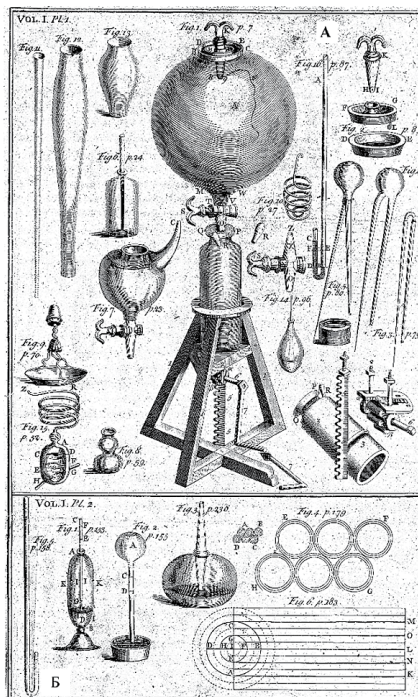


Рис. 2. Лист иллюстраций из книги Р. Бойля [21]

Таблица 3

Результаты Р. Бойля по сжатию воздуха, адаптированные для учебного текста

№ опыта	H, дюйм	p_{Hg}	p_{atm}	p_{exp}	p_{teor}
		дюйм рт. ст.			
1	12	0	29 $\frac{2}{16}$	29 $\frac{2}{16}$	29 $\frac{2}{16}$
2	11 $\frac{1}{2}$	1 $\frac{7}{16}$		30 $\frac{9}{16}$	33 $\frac{2}{16}$
...
10	7 $\frac{1}{2}$	17 $\frac{15}{16}$		47 $\frac{2}{16}$	46 $\frac{3}{5}$
...
25	3	88 $\frac{7}{16}$		117 $\frac{9}{16}$	116 $\frac{8}{16}$

Примечания:

H – высота воздушного столба; **p_{Hg}** – разность высот ртути в коротком и длинном коленах трубки (давление, избыточное над атмосферным); **p_{atm}** – атмосферное давление; **p_{exp}** – давление, под которым находится запертый ртутью воздух (экспериментальное); **p_{teor}** – давление воздуха, рассчитанное, исходя из гипотезы, что давление воздуха и его объем находятся в обратной пропорции.

³ Перевод на русский язык примечания Бойля к этим значениям в [23, с. 100] усугубил трудность восприятия.

Имея в виду задание пособия [19], можно было бы ученику обработать данные так, как сделал Бойль, но насколько это наглядно? Можно построить график $p(H)$ и $p(\frac{1}{H})$ (рис. 3).

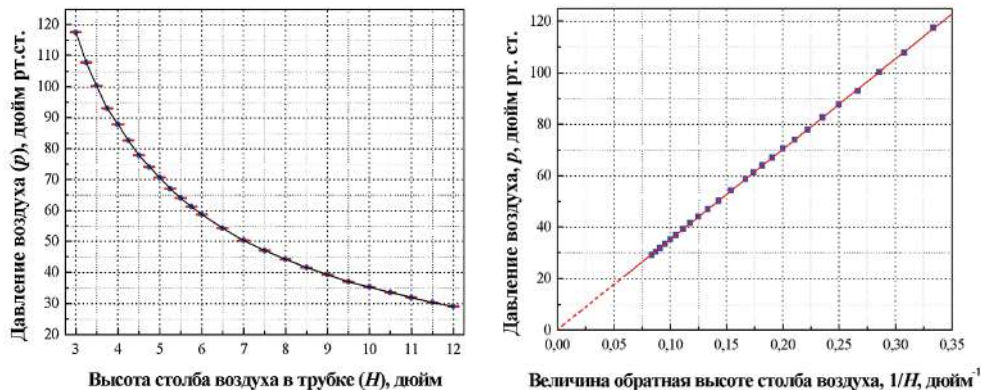


Рис. 3. Графическая обработка данных Р. Бойля по сжатию воздуха

Данные в p,H -координатах хорошо укладываются на привычную гладкую кривую. Но является ли она гиперболой? Как сильно отклоняются экспериментальные точки от теоретического закона, неясно или, скорее, ненаглядно. В непривычных ученику $p, \frac{1}{H}$ -координатах видно, что экспериментальные точки хорошо укладываются на график прямой пропорциональности, справедливость выполнения закона становится наглядней. Учащиеся знакомятся с *новым приемом графической обработки экспериментальных данных*.

На основе задачи № 666 из [25] можно обсудить *границы применимости* закона (табл. 4). При этом перед учащимися ставятся два вопроса: до каких давлений выполняется закон Бойля – Мариотта с точностью, например, до 7% и почему при высоких давлениях закон Бойля – Мариотта перестает выполняться.

Таблица 4

Выполнение закона Бойля – Мариотта, по И. А. Наттереру

Водород		Кислород		Воздух	
p, атм.	$\frac{p_0 V_0}{pV}$	p, атм.	$\frac{p_0 V_0}{pV}$	p, атм.	$\frac{p_0 V_0}{pV}$
1	1,000	1	1,000	1	1,000
248	0,879	254	0,972	252	0,933
505	0,788	517	0,864	504	0,785
1015	0,619	1010	0,590	1047	0,512
2790	0,361	1354	0,485	2790	0,260

На примере рассмотренных работ показано, как тексты *классических научных исследований* могут быть дополнены и адаптированы для создания на их основе *естественнонаучных учебных текстов*. Приведенные тексты и задания к ним позволяют формировать умения: *1-й текст* (Э. Мариотта) – объяснять явления природы; читать и понимать научно-популярную литературу, понимать общие методы научного исследования в области физики, в дополнении к этому *2-й текст* (Р. Бойля) учит применять естественнонаучные методы исследования, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные. Эти умения являются составляющими ЕНГ, но не исчерпывают ее. Первый и второй тексты задают разный уровень освоения ЕНГ.

Заключение

Естественнонаучная грамотность охватывает многие умения, в том числе исследовательского характера, которые формируются в ходе лабораторных работ, занятий практикумов и т. п. Научное исследование, как правило, начинается с обзора литературы по выбранной теме (это справедливо и для ученого, и для аспиранта, и для студента-дипломника), поэтому ЕНГ ученого и студента должна включать в себя и умения на основе научных статей, монографий понять основные идеи проведенных научных исследований (цели, принципы работы экспериментальной установки, методы измерения и т. д.), проанализировать полученные результаты (представив их при необходимости в удобном для сравнения виде), оценить выводы, к которым пришли коллеги. *Основы* этих умений закладываются в школе при работе с *естественнонаучными учебными текстами*, при этом мы делаем акцент на *научном* и *одновременно учебном* характере текстов. Естественнонаучные учебные тексты могут использоваться как для *обучения*, так и для *контроля* освоения программы, курса и т. п., методика разработки последних развита лучше. *Обучающий* естественнонаучный учебный текст состоит из краткого *введения*, собственно *адаптированного текста*, *вопросов* и *заданий* к нему, текст снабжается необходимым *справочно-информационным аппаратом*. Создавая такой текст, необходимо понимать, что в итоге это могут быть учебные тексты *разного уровня сложности*, делающие акцент на формировании тех или иных умений. В современных условиях существует потребность в создании хрестоматии естественнонаучных учебных текстов, включающей разные типы текстов как для обучения, так и для контроля сформированности умений, в том числе входящих в область ЕНГ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Проведение исследования PISA-2018 в России. Оценка естественно-научной грамотности. URL: http://www.centeroko.ru/pisa18/pisa2018_sl.html (дата обращения: 02.01.2023).
2. Пентин А. Ю., Никифоров Г. Г., Никишова Е. А. Основные подходы к оценке естественнонаучной грамотности // Отечественная и зарубежная педагогика. 2019. Т. 1, № 4 (61). С. 80–97.
3. Бражников М. А. Задания на основе текстов в ВПР-11 по физике: структура, содержание, методика подготовки // Педагогические измерения. 2020. № 1. С. 47–57.
4. Разумовский В. Г. Естественнонаучное образование и конкурентоспособность // Проблемы теории и практики школьного физического образования. М.: Изд-во РАО, 2016. Гл. 9. С. 117–132.
5. Miller J. D. Scientific Literacy: A Conceptual and Empirical Review // Daedalus. 1983. Vol. 112, No. 2. Spring, P. 29–48. URL: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/844760/mod_resource/content/1/MILLER_A_conceptual_overview_review.pdf (дата обращения: 02.01.2023).

6. Цукерман Г. А. Оценка читательской грамотности. Материалы к обсуждению. М.: РАО, 2010. 67 с.
7. Snow C. P. *The Two Cultures and Scientific Revolution*. N. Y.: Cambridge University Press, 1961. 58 p.
8. Мандельштам О. Э. Стихотворения. Переводы. Очерки. Статьи. Тбилиси.: Мерани, 1990. 414, [1] с.
9. Бражников М. А. Научно-популярные статьи и естественнонаучные тексты // *Физика в школе*. 2021. № 8. С. 19–30.
10. Хвольсон О. Д. Знание и вера в физике. Пг.: Ф. К. Феттерлейн, 1916. [2], 16 с.
11. Бражников М. А. Адаптированная научная работа в проектной деятельности // *Учебная физика*. 2013. № 3. С. 44–52.
12. Цингер А. В., Щегляев И. С. Определение удельных теплот эбонита, пробки и пальмового дерева. СПб.: Тип. В. Демакова, [1895]. 5 с.
13. Бражников М. А. Открытие электрических колебаний // *Физика для школьников*. 2022. № 1. С. 2–15.
14. Бражников М. А., Сафронова О. А. Научно-популярный текст в содержании физического образования: явление радиоактивности (к 120-летию открытия А. Беккереля) // *Физика в школе*. 2016. № 4. С. 37–49.
15. Бражников М. А. Магниты // «Физика» ИД «Первое сентября». 2013. № 2. С. 32–33.
16. Бражников М. А. Естественнонаучный учебный текст. Предыстория и современность // *Физика в школе*. 2021. № 6. С. 3–7.
17. Даннеманн Ф. Очерки истории естествознания в отрывках подлинных работ. СПб.: Тип. И. Н. Скороходова, 1897. 248 с.
18. Перельман Я. И. Физическая хрестоматия. Пособие по физике и книга для чтения. Вып. I: Механика. Л.: ГИЗ, 1924. 168 с.
19. Кабардин О. Ф. История физики и развитие представлений о мире. М.: АСТ, 2005. 318, [1] с.
20. Пурьшева Н. С., Шаронова Н. В., Исаев Д. А. Фундаментальные эксперименты в физической науке. М.: БИНОМ. Лаб. знаний, 2005. 159, [1] с.
21. *Mariotte E. Discours de la Nature de l’Air // Oeuvres de M. Mariotte Divisees en Deux Tomes. Tome Premier. A Leide.: Pierre Vander Aa, 1717. P. 149–182.*
22. *Boyle R. A Defence of the Doctrine touching the Spring and Weight of the Air, proposed by Mr. Robert Boyle in his new Physico-mechanical Experiments, against the Objections of Franciscus Linus wherewith the Objector’s Funicular Hypothesis is also examined // The works of honourable Robert Boyle in Six Volumes. Vol. 1. London.: Printed for J. and F. Ravinton and T. Evans, 1772. P. 118–185.*
23. Голин Г. М., Филонович С. Р. Классики физической науки. М.: Высшая школа, 1989. 576 с.
24. *The Laws of Gases. Memoirs by Robert Boyle and E. H. Amagat / ed. by C. Barus. New York and London: Happer & Brothers Publishers, 1899. 110, [2] p.*
25. Цингер А. В. Задачи и вопросы по физике. 8-е изд. Л.–М.: ГОНТИ, 1938. 352 с.

REFERENCES

1. *Provedenie issledovaniya PISA-2018 v Rossii. Otsenka estestvenno-nauchnoy gramotnosti* [Conducting the PISA-2018 study in Russia. Assessment of science literacy]. Available at http://www.centeroko.ru/pisa18/pisa2018_sl.html (accessed: 02.01.2023).
2. Pentin A. Yu., Nikiforov G. G., Nikishova E. A. Osnovnye podkhody k otsenke estestvennonauchnoy gramotnosti [Basic approaches to assessing science literacy]. *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika* [Domestic and foreign pedagogy]. 2019, Vol. 1, No. 4 (61), pp. 80–97.
3. Brazhnikov M. A. Zadaniya na osnove tekstov v VPR-11 po fizike: struktura, sodержание, metodika podgotovki [Assignments based on texts in the All-Russian test papers-11 in physics: structure, content, methods of preparation]. *Pedagogicheskie izmereniya* [Pedagogical measurements]. 2020, No. 1, pp. 47–57.

4. Razumovskiy V. G. Science Education and Competitiveness. *Problemy teorii i praktiki shkolnogo fizicheskogo obrazovaniya* [Problems of the theory and practice of school physical education]. Moscow, RAO Publ., 2016. Part 9. Pp. 117–132.
5. Miller J. D. Scientific Literacy: A Conceptual and Empirical Review. *Daedalus*. 1983, Vol. 112, No. 2, pp. 29–48. Available at: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/844760/mod_resource/content/1/MILLER_A_conceptual_overview_review.pdf (accessed: 02.01.2023).
6. Zukerman G. A. *Otsenka chitatelskoy gramotnosti. Materialy k obsuzhdeniyu* [Assessment of reading literacy. Materials for discussion]. Moscow, RAO Publ. 67 p.
7. Snow C. P. *The Two Cultures and Scientific Revolution*. N. Y.: Cambridge University Press, 1961. 58 p.
8. Mandelshtam O. E. *Stikhotvoreniya. Perevody. Ocherki. Statyi* [Poems. Translations. Essays. Articles]. Tbilisi: Merani Publ., 1990. 414, [1] p.
9. Brazhnikov M. A. Nauchno-populyarnye statyi i estestvennonauchnye teksty [Popular science articles and natural science texts]. *Fizika v shkole* [Physics at school]. 2021, No. 8, pp. 19–30.
10. Khvolson O. D. *Znanie i vera v fizike* [Knowledge and belief in physics]. Petrograd: F. K. Fetterlein Publ., 1916. [2], 16 p.
11. Brazhnikov M. A. Adaptirovannaya nauchnaya rabota v proektnoy deyatel'nosti [Adapted scientific work in project activities]. *Uchebnaya fizika* [Educational physics]. 2013, No. 3, pp. 44–52.
12. Zinger A. V., Shcheglyayev I. S. *Opreделение udelnykh teplot ebonita, probki i pal'movogo dereva* [Determination of specific heats of ebonite, cork and palm wood]. St. Petersburg: V. Demakov Print., [1895]. 5 p.
13. Brazhnikov M. A. Otkrytie elektricheskikh kolebaniy [Discovery of electrical vibrations]. *Fizika dlya shkolnikov* [Physics for schoolchildren]. 2022, No. 1, pp. 2–15.
14. Brazhnikov M. A., Safronova O. A. Nauchno-populyarnyy tekst v sodержanii fizicheskogo obrazovaniya: yavlenie radioaktivnosti (k 120-letiyu otkrytiya A. Bekkerelya) [Popular science text in the content of physical education: the phenomenon of radioactivity (to the 120th anniversary of the discovery of H. Becquerel)]. *Fizika v shkole* [Physics at school]. 2016, No. 4, pp. 37–49.
15. Brazhnikov M. A. Magnity [Magnets]. “*Fizika*” ID “*Pervoe sentyabrya*” [“Physics” Publishing House “First of September”]. 2013, No. 2, pp. 32–33.
16. Brazhnikov M. A. Estestvennonauchnyy uchebnyy tekst. Predystoriya i sovremennost [Natural science educational text. Prehistory and present]. *Fizika v shkole* [Physics at school]. 2021, No. 6, pp. 3–7.
17. Dannemann F. *Ocherki istorii estestvoznaniya v otryvkah podlinnykh rabot* [Essays on the history of natural science in excerpts from genuine works]. St. Petersburg: I. N. Skorokhodov Print, 1897. 248 p.
18. Perelman Ya. I. *Fizicheskaya khrestomatiya. Posobie po fizike i kniga dlya chteniya. Iss. I: Mekhanika* [Physical anthology. A manual on physics and a book to read. Iss. I; Mechanics]. Leningrad: GIZ Publ, 1924. 168 p.
19. Kabardin O. F. *Istoriya fiziki i razvitie predstavleniy o mire* [The history of physics and the development of ideas about the world]. Moscow: AST Publ., 2005. 318, [1] p.
20. Purysheva N. S., Sharonova N. V., Isaev D. A. *Fundamentalnye eksperimenty v fizicheskoy nauke* [Fundamental experiments in physical science]. Moscow: BINOM Publ., 2005. 159, [1] p.
21. Mariotte E. Discours de la Nature de l’Air in E. Mariotte. *Oeuvres de M. Mariotte Divisees en Deux Tomes*. Tome Premier. A Leide: Pierre Vander Aa, 1717. Pp. 149 – 182.
22. Boyle R. A Defence of the Doctrine touching the Spring and Weight of the Air, proposed by Mr. Robert Boyle in his new Physico-mechanical Experiments, against the Objections of Franciscus Linus wherewith the Objector’s Funicular Hypothesis is also examined. In: *The works of honourable Robert Boyle*. Vol. 1. London: Printed for J. and F. Ravinton and T. Evans, 1772. Pp. 118–185.

23. Golin G. M, Filonovich S. R. *Klassiki fizicheskoy nauki* [Classics of physical science]. Moscow: Vysshaya shkola Publ., 1989. 576 p.
24. The Laws of Gases. Memoirs by Robert Boyle and E. H. Amagat. New York and London: Happer & Brothers Publishers, 1899. 110, [2] p.
25. Zinger A.V. *Zadachi i voprosy po fizike* [Problems and questions in physics]. 8th ed. Leningrad, Moscow: GONTI Publ., 1938. 352 p.

Бражников Михаил Александрович, доцент кафедры «Теория и методика обучения физике им. А. В. Перышкина», Московский педагогический государственный университет

e-mail: birze@inbox.ru

Brazhnikov Michael A., Assistant Professor, Theory and Methods of Teaching Physics Department named after A. V. Peryshkin, Moscow Pedagogical State University

e-mail: birze@inbox.ru

Статья поступила в редакцию 16.05.2023

The article was received on 16.05.2023