

УДК 378.1:372.853
DOI 10.17513/snt.39715

МЕТОДИЧЕСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРАКТИКО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА В ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ

¹Никитина Т.В., ²Даммер М.Д., ²Елагина В.С.

¹ФГАОУ ВО «Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)», Челябинск;

²ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет»,
Челябинск, e-mail: dammermd@cspu.ru

Актуальность проблемы реализации практико-ориентированного подхода в обучении физике обусловлена современными тенденциями развития школьного образования, особенностью которого является, с одной стороны, открытая информационная среда, созданная в образовательной среде, а с другой, прагматический подход обучающихся к своему образованию. Целью статьи является научное обоснование использования практико-ориентированного подхода в обучении физике, выявление специфики, типологии и критерия практико-ориентированности заданий как методического инструментария учителя. Приводится анализ научно-педагогической и методической литературы, собственного педагогического опыта, позволяющий обнаружить и обосновать значимость практико-ориентированного подхода, обеспечивающего политехническую и профориентационную направленность физического образования, развитие естественнонаучной грамотности обучающихся. Методический инструментарий рассматривается авторами как система практико-ориентированных заданий, включающая логические, экспериментальные и конструкторские задания, содержание и специфика которых определяет методику их применения в процессе изучения физики. Авторами статьи приводятся примеры практико-ориентированных заданий, учебных тем для составления интеллект-карт, направленных на формирование физических понятий, а также программы развития естественнонаучной грамотности обучающихся 7–9 классов и экспериментальных умений при изучении механики на занятиях опережающего курса физики. Критерием практико-ориентированности заданий, по мнению авторов, может служить метапредметность, определяющая их политехническую, межпредметную, логическую, экспериментальную специфику. В заключение подчеркивается целесообразность использования практико-ориентированного и традиционного подходов в диалектическом единстве с учетом уровня и профиля обучения, познавательного интереса и мотивации обучающихся, а также подготовки учителя физики.

Ключевые слова: экспериментальные задания, конструкторские задания, метапредметность, физический практикум, естественнонаучная грамотность, практико-ориентированный подход

METHODOLOGICAL IMPLEMENTATION TOOLS PRACTICE-ORIENTED APPROACH IN TEACHING PHYSICS

¹Nikitina T.V., ²Dammer M.D., ²Elagina V.S.

¹South Ural State University, Chelyabinsk;

²South Ural State Humanitarian and Pedagogical University, Chelyabinsk,
e-mail: dammermd@cspu.ru

The urgency of the problem of implementing a practice-oriented approach in teaching physics is due to modern trends in the development of school education, the peculiarity of which is, on the one hand, an open information environment created in the educational environment, and, on the other, a pragmatic approach of students to their education. The purpose of the article is to scientifically substantiate the use of a practice-oriented approach in teaching physics, to identify the specifics, typology and criteria of practice-oriented tasks as a teacher's methodological tools. The analysis of scientific, pedagogical and methodological literature, own pedagogical experiences is given, which makes it possible to detect and substantiate the importance of a practice-oriented approach that provides a polytechnic and career-oriented orientation of physical education, the development of natural science literacy of students. Methodological tools are considered by the authors as a system of practice-oriented tasks, including logical, experimental and design tasks, the content and specifics of which determine the methodology of their application in the process of studying physics. The authors of the article give examples of practice-oriented tasks, educational topics for drawing up intelligence maps aimed at the formation of physical concepts, as well as programs for the development of natural science literacy of students in grades 7-9 and experimental skills in the study of mechanics in the classes of the advanced course of physics. The criterion of practice-oriented tasks, according to the authors, can be metasubject, which determines their polytechnic, interdisciplinary, logical, experimental specifics. In conclusion, the expediency of using practice-oriented and traditional approaches in dialectical unity is emphasized, taking into account the level and profile of training, cognitive interest and motivation of students, as well as the training of a physics teacher.

Keywords: experimental tasks, design tasks, meta-subject, physical workshop, natural science literacy, practice-oriented approach

Практико-ориентированный подход в обучении физике актуализировался как ответ на вызов открытой информационной среды, в которой образовательно значимая информация становится доступной для обучающихся. Помимо этого наметилась тенденция прагматизации образования: самими обучающимися усваиваются только те элементы учебной информации, которые подлежат проверке с помощью контрольно-измерительных материалов государственной итоговой аттестации обучающихся. Участниками образовательных отношений ставится вопрос о применимости знаний, полученных в школе, к будущей жизни и профессиональной деятельности. Поэтому практико-ориентированное обучение в некоторой степени противоположно по содержанию академическому обучению, в котором значимая роль отводится теоретическим методам познания, абстрактно-логическим рассуждениям и отсылкам на исторический ход развития физической науки.

Практико-ориентированность преемственно связана с традиционным дидактическим принципом связи обучения с жизнью, но в современных условиях значительно расширяется ее значимость. Речь идет о новых типах учебных заданий, представленных в рамках международной программы PISA по мониторингу формирования естественнонаучной грамотности (ЕНГ) обучающихся, а также о содержании экспериментальной деятельности обучающихся, которой в настоящее время уделяется небольшое количество учебного времени. Для решения этих задач на федеральном уровне разработана и вступила в действие с 1.09.23 новая примерная образовательная программа по физике для 7–9 классов [1, 2]. Одной из ведущих идей в этой программе является идея прикладной направленности, которая отражена не только в предметных, но и в личностных результатах обучения. Эти результаты связаны с адаптацией школьников к изменяющимся условиям социальной и природной среды: осознание дефицитов собственных знаний и компетентностей в области физики; повышение уровня своей компетентности через практическую деятельность; стремление анализировать и выявлять взаимосвязи природы, общества и экономики, в том числе с использованием физических знаний и др. Целью статьи является научное обоснование использования практико-ориентированного подхода в обучении физике, выявление специфики, типологии и критерия практико-ориентированности заданий как методического инструментария учителя.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели использовались методы анализа педагогической и методической литературы, посвященной исследованиям в области применения практико-ориентированного подхода при изучении физики, использовался личный педагогический опыт авторов.

Результаты исследования и их обсуждение

Практико-ориентированный характер обучения связан с освоением физических явлений, проявление которых обучающийся наблюдает в окружающей жизни, а также с пониманием физических принципов действия различных технических устройств [3]. Целью такого обучения является формирование ЕНГ обучающихся, а базовыми средствами реализации являются учебный эксперимент исследовательского характера и задания на применение физических знаний в реальных жизненных ситуациях, на понимание связи физики с окружающими устройствами и технологиями, на объяснение явлений окружающей жизни на основе имеющихся физических знаний. Банк заданий по мониторингу формирования ЕНГ, разработанный российскими исследователями А.Ю. Пентиним, Г.Г. Никифоровым, Е.А. Никишовой [4], включает развернутую спецификацию заданий. В ней указаны: контекст, уровень сложности, тип знания, объект оценки и др. и система оценивания, включающая четкие критерии для заданий со свободным ответом. Банк заданий PISA регулярно обновляется, что связано с проникновением большего числа новых технологий и достижений науки в повседневную жизнь. Имеющиеся школьные учебники не могут вместить в себя такой объем образовательной информации, обновление содержания учебников идет крайне медленно. Поэтому развитие ЕНГ осуществляется через другие формы учебной работы, такие как внеурочные занятия, проектная и исследовательская деятельность.

Разработка принципа практико-ориентированности представлена в работах Г.П. Стефановой [5]. Практическая реализация данного принципа вытекает из понимания типовой задачи как цели, которая многократно ставится человеком в различных жизненных ситуациях. В работах Г.П. Стефановой выделено девять типовых задач, решаемых с применением знаний по физике: 1) создание объекта с заданными свойствами; 2) разработка технологии/метода создания объекта с заданными свой-

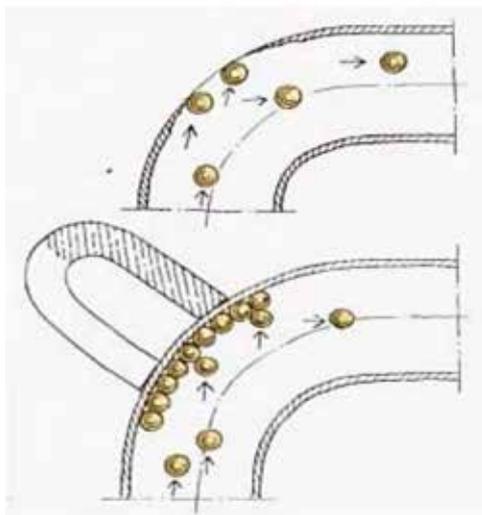
ствами; 3) нахождение или оценка значений физических величин, описывающих свойства объекта в определенном состоянии; 4) эксплуатация технического объекта и др. В таком понимании практико-ориентированный подход позволяет обеспечить политехническую направленность физического образования, его профориентационную значимость и утверждает целесообразность применения конструкторских заданий в обучении физике. Еще одним ярким примером, иллюстрирующим научные положения, обоснованные Г.П. Стефановой, являются задания логического типа, представленные в известной книге «И тут появился изобретатель...» Г.С. Альтова [6]. Эти задания обучающиеся могут выполнять, применяя знания, полученные из школьного учебника физики. Тематика заданий связана с реальными техническими объектами, производственными и технологическими процессами. Задания направлены на развитие системного и критического мышления, креативности учащихся, в этом их очевидная ценность и значимость. Пример такого задания приведен на рис. 1 (из книги Г.С. Альтова [6]).

Нельзя не отметить банк практико-ориентированных заданий, принадлежащих полю STEAM-образования, предложенный А.С. Обуховым и С.А. Ловягиным [7]. Отобранные авторами задания могут быть использованы в условиях урочной и внеурочной деятельности. Описание заданий

состоит из трех частей: пояснительная записка для учителя, задание для обучающихся, критерии оценивания. Задания согласованы со школьным курсом физики.

Заслуживает внимания конструктор учебных заданий, представленный в педагогическом колесе А. Каррингтона, где, согласно таксономии Б. Блума, определена типология учебных заданий на понимание, применение, анализ, оценку и создание учебной информации. Каждому типу заданий приведены в соответствие виды деятельности и глаголы, с помощью которых можно сформулировать задание [8]. В таком ключе к числу практико-ориентированных заданий дополнительно могут быть отнесены и задания по созданию интеллектуальных карт, инфографики и др. как реализующие деятельность по систематизации и структурированию образовательной информации, необходимой в условиях открытой информационной среды. Приведем примеры тем для интеллектуальных карт, направленных на формирование понятий о современных объектах окружающей действительности: 1) как работает смартфон (рис. 2); 2) цифровая лаборатория; 3) солнечная панель; 4) как устроен робот-пылесос; 5) умный дом; 6) умная теплица и др. На рис. 2 представлен образец задания, ветки интеллектуальной карты необходимо конкретизировать на основе знаний из учебника и самостоятельной познавательной деятельности

**Задача 25.
БУДЕТ РАБОТАТЬ ВЕЧНО!**



На одном заводе часто выходила из строя машина-автомат. Это была очень хорошая машина, но в ней то и дело портилась простая деталь — изогнутая труба, по которой сжатый воздух с большой скоростью гнал поток маленьких стальных шариков. Шарик били по стенке трубы в месте поворота и откалывали кусочки металла. Ударившись о стенку, каждый шарик оставлял едва заметную царапину, но за несколько часов шарик насквозь пробивали толстую, прочную трубу.

— Давайте поставим две трубы, — сказал начальник цеха. — Пока одна

работает, другую успеем отремонтировать.

И тут появился изобретатель.

— Разве это дело: все время заниматься ремонтом?! — воскликнул он. — Есть у меня подходящая идея... Гарантирую: машина будет работать вечно!

Потребовалось всего пять минут, чтобы осуществить идею изобретения. Что предложил изобретатель?

Рис. 1. Пример практико-ориентированного задания и подсказка для решения



Рис. 2. Пример интеллект-карты «Как работает смартфон»

Примечание: авторы считают целесообразным предложить обучающимся частично сформированную интеллект-карту, поскольку тема «Как работает смартфон» достаточно сложная

В заключение заметим, что деятельность обучающихся по решению расчетных физических задач относится традиционно к практической. Думаем, что подобные задания следует отнести к академическому подходу, поскольку их значимость обусловлена в большей степени переходами обучающихся с одной ступени обучения на последующую, и наиболее актуальны расчетные задания для обучающихся, продолжающих физическое образование в вузе. В то же время физический практикум как форма организации учебной работы всегда присутствовал как завершающий этап изучения физики в советской школе. Экспериментальные задания, по мнению научно-педагогического сообщества, отно-

сятся к практико-ориентированным. Изложенное позволяет выделить среди практико-ориентированных заданий две группы – логические и экспериментальные задания. В первую группу входят задания по мониторингу формирования ЕНГ обучающихся, рамка формулировки которых задана в международном исследовании PISA. Разработанный российскими экспертами банк таких заданий [9, 10] позволяет построить сквозную образовательную программу для формирования ЕНГ обучающихся по ходу изучения школьного курса физики. Пример подобной программы представлен в табл. 1 и рассчитан на 2 часа в учебной четверти – урочной, внеурочной, либо домашнего задания для обучающихся.

Таблица 1

Сквозная программа по развитию ЕНГ обучающихся [9, 10]

Класс	Четверть	Название задания
VII	1	Распространение запахов. Дрон-рейсинг. Наблюдение и эксперимент
	2	Как двигаются улитки и слизни?
	3	Рычаги в природе. Исследование морских глубин с помощью батискафов
	4	Гидроэлектростанция. Приливная электростанция
VIII	1	Утепление домов
	2	Микроклимат в музее
	3	Теплоэлектростанции. Солнечные панели
	4	Функции зрения
IX	1	Тормозной путь автомобиля
	2	Слуховая система человека
	3	Ветрогенераторы
	4	Мирный атом

Таблица 2

Классификация экспериментальных заданий по способу деятельности, основанному на эмпирических методах [14]

Цель деятельности / виды экспериментальных заданий	
<i>Наблюдение</i>	
Изучение физических явлений	– наблюдение внешних признаков явления; – наблюдение условий протекания явления
Изучение свойств физических тел	– наблюдение внешних характеристик тел (формы, цвета и т.д.); – наблюдение проявления физических свойств тел (теплопроводности, жесткости и т.д.)
Изучение свойств вещества и полей	– наблюдение внешнего проявления свойств вещества (поля); – наблюдение условий проявления данного свойства вещества (поля)
Изучение устройства и действия измерительных приборов	
<i>Измерение</i>	
Измерение величин, характеризующих физические тела	
Измерение величин, характеризующих свойства вещества (поля)	
Измерение величин, характеризующих физические явления	
<i>Эксперимент</i>	
Исследование закономерностей явлений	
Установление (исследование) зависимости величин, характеризующих свойства материальных объектов (тел, веществ, полей) от различных факторов	
Подтверждение (иллюстрация) физических законов	
Конструирование	
Изготовление самодельных физических приборов	
Сборка моделей технических устройств, исследование их работы	

Второй тип заданий – экспериментальные – относится к числу практико-ориентированных, поскольку эксперимент является универсальным методом познания во всех науках и повседневной жизни. Современные линии учебников «Архимед» О.Ф. Кабардина [11], линия учебников Л.А. Генденштейна [12], «Сферы» В.В. Белаги, И.А. Ломаченкова, Ю.А. Панебратцева [13] ориентированы на экспериментальную деятельность обучающихся. Учебные экспериментальные задания целесообразно разделять по способу деятельности на четыре группы: наблюдение, измерение, эксперимент, конструирование. Конкретизация этих групп заданий представлена в табл. 2.

Конструкторские задания, выделенные в отдельную группу, выполняются посредством подручных материалов либо образовательных конструкторов. В ходе выполнения таких заданий дополнительно решается отдельный класс дидактических задач по развитию способностей обучающихся через конструкторскую деятельность. Вместе с тем многообразие подручного материала и деталей конструктора предполагает гораздо большую вари-

ативность выполняемых опытов и поэтому учебное исследование может носить более глубокий и основательный характер. Применение образовательных конструкторов Lego, Fischertechnik [15], Научные развлечения [16], Знаток [17] и комплектов учебных материалов к ним, наличие учебно-методических материалов по домашнему эксперименту и опережающему обучению физике [17, 18] позволяет создавать образовательные программы, сочетающие конструкторскую и экспериментальную деятельность обучающихся. В качестве примера приведем программу развития экспериментальных умений обучающихся в условиях опережающего изучения физики с применением экспериментальных и конструкторских заданий (табл. 3).

Опишем содержание конструкторского задания «Сборка машинки на резиномоторе, исследование ее работы» из табл. 3.

Машинка приводится в движение за счет силы упругости, возникающей при растяжении канцелярской резинки. В зависимости от удлинения резинки изменяется сила ее натяжения и энергия упругой деформации, которая переходит затем в механическую энергию.

Таблица 3

Программа развития экспериментальных умений по механике на занятиях опережающего курса физики [17, 19]

Тема занятия	Лабораторные работы
Мир, который мы познаем	Изучение изменений колебаний маятника. Наблюдение за движением тележки по наклонной плоскости
Движение и взаимодействие тел	Исследование взаимодействия груза с Землей и пружиной. Сборка машинки на резиномоторе, исследование ее работы
Масса и сила	Наблюдение зависимости инертности тела от его массы. Измерение силы трения. Сборка инерционной машинки, исследование ее работы
Энергия	Сборка машинки на ручном генераторе, исследование ее работы



Рис. 3. Машинка на резиномоторе

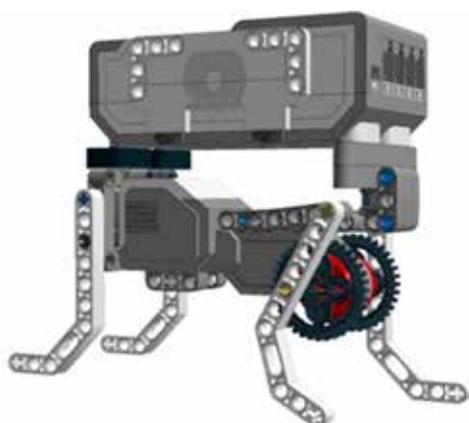


Рис. 4. Шагающий робот

Чем больше сила натяжения, тем больше пройденный машинкой путь. Кроме того, можно предложить обучающимся исследовать зависимость пройденного пути от диаметра колес, от сцепления колес с поверхностью (колеса с резиной и без нее), от передаточного отношения. В конце своего движения машинка начинает двигаться в обратном направлении. Целесообразным яв-

ляется задание разобраться в причине этого недостатка и внести изменения в конструкцию машинки [18]. Опишем еще один пример – «Сборка шагающего робота». Обучающимся предлагается собрать такого робота (рис. 4), запускать его с разной мощностью, наблюдать, как это влияет на его движение, и объяснять результат. Затем обучающиеся могут увеличить площадь соприкосновения всех четырех ног робота, наблюдать, как это повлияет на движение робота, и снова объяснить результат. Следующим шагом обучающимся предлагается заменить задние ноги большими вращающимися колесами, а передние ноги – маленькими колесами без вращения. Внесение изменений в конструкцию осуществляется для того, чтобы робот шел как можно дальше и быстрее [20].

В связи с процессами интеграции и дифференциации в области современной науки, повсеместной цифровизацией технических систем и появлением новых технических и инженерных профессий, современные учебные задания должны иметь выраженный межпредметный и метапредметный характер и создавать условия для формирования универсальных учебных действий, пересекающихся с 4К компетенциями (критическое мышление, креативность, коммуникация, кооперация). Отметим, что задания на составление интеллект-карт и задания для мониторинга формирования ЕНГ, как современные динамично развивающиеся типы заданий, удовлетворяют этому требованию. Содержательное знание, отраженное в этих заданиях, носит межпредметный характер. Относительно усвоения видов и способов деятельности – процедурного знания – принято говорить о метапредметности обучения. Аналогичное содержание практико-ориентированных заданий различного типа, авторы пришли к выводу, что «метапредметность» как характерная особенность задания является понятием более широким, включающим в себя понятие «межпредметность».

Задания логического типа содержательны основаны на контекстах учебных ситуаций «Здоровье», «Природные ресурсы», «Окружающая среда», «Опасности и риски», «Связь науки и технологий». В то же время думаем, что контексты практико-ориентированных заданий следует подбирать исходя из планируемых личностных результатов примерной образовательной программы по физике [2]. В соответствии с ней эти контексты могут быть связаны с вопросами трудового и экологического воспитания обучающихся, идеей прикладной направленности образования, с необходимостью адаптации обучающихся к изменяющимся технологическим условиям окружающей действительности, совершенствованием опыта их исследовательской и проектной деятельности.

Для выполнения логических практико-ориентированных заданий обучающимся необходимы логические умения, основанные на операциях анализа, синтеза, сравнения, классификации и др. Эти умения отдельно выделены в новой примерной программе по физике для 7–9 классов как метапредметные результаты обучения [2]. В ходе выполнения экспериментальных заданий проявляются умения, связанные с выполнением расчетов, логическими рассуждениями, построением графиков. Тесная связь с математикой очевидна. При использовании компьютерной обработки экспериментальных данных и/или цифровых датчиков реализуется связь с информатикой. Конструкторские задания связаны с учебным предметом «Технология» и такими предметными результатами освоения данного учебного предмета, как чтение технологических карт сборки механизма, подбор материалов для конструирования.

Заключение

Описанная специфика практико-ориентированных заданий объясняет методику их применения: например, по элементам содержания такие задания нередко выходят за рамки школьного учебника физики, углубляя либо расширяя кругозор обучающихся; задания реализуются чаще всего в условиях запаздывающих либо опережающих предметных связей; экспериментальные задания и задания на составление интеллектуальных карт не поддаются стандартизированной оценке (по жестко заданным критериям), предполагают экспертную оценку. Таким образом, к практико-ориентированным заданиям можно отнести задания, направленные на применение изученных физических понятий (явлений, величин, законов, свойств) в учебных контекстах и ситуациях,

реальных жизненных ситуациях; задания на систематизацию и структуризацию изучаемого учебного материала в формате интеллектуальных карт, инфографик и др.; экспериментальные задания, в том числе конструкторские и исследовательские, с применением цифрового лабораторного оборудования. Критерием практико-ориентированности задания может служить метапредметность, определяющая его специфику – политехническую, межпредметную, логическую, экспериментальную. Практико-ориентированный подход в обучении физике представляет в некотором смысле альтернативу традиционному академическому подходу. Согласно принципу диалектического единства, оба подхода могут и должны существовать совместно. Их соотношение будет определяться уровнем и профилем обучения, познавательным интересом и мотивацией обучающихся, подготовкой учителя физики, наполнением образовательной среды, количеством учебного времени.

Список литературы

1. Приказ Министерства просвещения РФ от 16 ноября 2022 г. № 993 «Об утверждении федеральной образовательной программы основного общего образования» [Электронный ресурс]. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405897655/#1000> (дата обращения: 03.07.2023).
2. Примерная рабочая программа основного общего образования. «Физика»: одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию, протокол от 27 сентября 2021 г. № 3/21 [Электронный ресурс]. URL: <https://fgosreestr.ru/uploads/files/7a80f8760fba822ccb2496f4681a635.pdf> (дата обращения: 03.07.2023).
3. Методика формирования и оценивания базовых навыков, компетенций обучающихся по программам основного общего образования по физике, необходимых для решения практико-ориентированных задач. [Электронный ресурс]. URL: https://doc.fipi.ru/metodicheskaya-kopilka/metodika-otsenivaniya-bazovykh-navykov/fizika_metodika.pdf (дата обращения: 03.07.2023).
4. 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.
5. Стефанова Г.П. Новое содержание принципа практической направленности подготовки учащихся // Наука и школа. 2010. № 2. С. 13.
6. Альтов Г.С. И тут появился изобретатель. М.: Детская литература, 1989. 142 с.
7. Практические задания в области STEM-образования: в 3 т. Том 2. Задания для работы с учащимися 5–11 классов / Редактор и составитель А.С. Обухов. Научный консультант С.А. Ловягин. М.: Библиотека журнала «Исследователь/Researcher», 2022. 266 с.
8. Критерии отбора приложений для образования. [Электронный ресурс]. URL: <https://rosuchebnik.ru/upload/iblock/f07/f07319e1bc2b6d15ae0fe62401ac8027.pdf> (дата обращения: 03.07.2023).
9. Банк заданий. Естественнонаучная грамотность. [Электронный ресурс]. URL: <http://skiv.instrao.ru/bank-zadaniy/estestvennonauchnaya-gramotnost/> (дата обращения: 06.07.2023).
10. Открытый банк заданий для оценки естественнонаучной грамотности (VII–IX классы). [Электрон-

ный ресурс]. URL: <https://fipi.ru/otkrytyy-bank-zadaniy-dlya-otsenki-yestestvennonauchnoy-gramotnosti> (дата обращения: 03.07.2023).

11. УМК. Физика. «Архимед». [Электронный ресурс]. URL: <https://prosv.ru/umk/physics-arkhimed.html> (дата обращения: 06.07.2023).

12. УМК. Физика. Л.А. Генденштейн. [Электронный ресурс]. URL: <https://prosv.ru/umk/gendenstein-7-9.html> (дата обращения: 06.07.2023).

13. УМК «Сферы». [Электронный ресурс]. URL: <https://spheres.prosv.ru/physics/about/> (дата обращения: 06.07.2023).

14. Даммер М.Д., Кудинов В.В. Экспериментальные задания как средство реализации эмпирического познания в обучении физике в 5–6 классах: монография. Челябинск: Южно-Уральский научный центр РАО, 2020. 262 с.

15. Fischertechnik. [Электронный ресурс]. URL: <https://fischertechnik.ru/> (дата обращения: 06.07.2023).

16. Научные развлечения: официальный сайт. [Электронный ресурс]. URL: <https://nau-ra.ru/> (дата обращения: 06.07.2023).

17. Электронный конструктор ЗНАТОК [Электронный ресурс]. URL: <https://znatok.ru/product-category/konstruktory/znatok-electronniy-constructor/> (дата обращения: 06.07.2023).

18. Кельдышев Д.А., Иванов Ю.В., Саранин В.А. Робототехника в инженерных и физических проектах: учебное пособие. Глазов: ООО «ПринтТорг», 2018. 84 с. [Электронный ресурс]. URL: <https://sites.google.com/view/fizrob/posobie> (дата обращения: 06.07.2023).

19. Шулежко Е.М., Шулежко А.Т. Физика: учебная книга для 5 класса: в 2 ч. Ч.2. М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2014. 88 с.

20. РобоВики [Электронный ресурс]. URL: <https://robowiki.ru/robotics-lego-ev3/lab-ev3-rezinomotor-mashine/> (дата обращения: 06.07.2023).