

Практическая реализация междисциплинарного подхода в школьном образовании

Practical implementation of the interdisciplinary approach in school education

Автор статьи

Никитина Татьяна Владимировна,
кандидат педагогических наук, доцент кафедры об-
щей физики Снежинского физико-технического ин-
ститута – филиала ФГАОУ ВО «Национальный иссле-
довательский ядерный университет «МИФИ», г. Сне-
жинск, Российская Федерация
ntv74rus@ya.ru
ORCID: 0000-0003-0334-766X

Author of the article

Tatiana V. Nikitina,
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
Department of General Physics, Institute of Physics and
Technology, Snezhinsk branch of the MEPhI, Snezhinsk,
Russian Federation
ntv74rus@ya.ru
ORCID: 0000-0003-0334-766X

Конфликт интересов

Конфликт интересов не указан

Conflict of interest statement

Conflict of interest is not declared

Для цитирования

Никитина Т. В. Практическая реализация междисци-
плинарного подхода в школьном образовании // Научно-методический электронный журнал «Кон-
цепт». – 2025. – № 01. – С. 169–181. – URL: <https://e-koncept.ru/2025/251012.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2025-11012

For citation

T. V. Nikitina, Practical implementation of the interdisci-
plinary approach in school education // Scientific-meth-
odological electronic journal "Koncept". – 2025. – No. 01.
– P. 169–181. – URL: <https://e-koncept.ru/2025/251012.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2025-11012

Поступила в редакцию <i>Received</i>	12.11.24	Получена положительная рецензия <i>Received a positive review</i>	16.12.24
Принята к публикации <i>Accepted for publication</i>	16.12.24	Опубликована <i>Published</i>	31.01.25



Аннотация

Процесс накопления знаний привел к значительному росту объема информации, который находит свое отражение в содержании образования. Новая учебная информация носит междисциплинарный характер. Проявлениями междисциплинарного подхода в современном образовании являются внеурочные курсы по робототехнике, техническому конструированию и моделированию, программированию микроконтроллеров, цифровым лабораториям, нанотехнологиям и компьютерному моделированию, физико-математическая подготовка обучающихся с целью продолжения учебы в вузе, формирование естественно-научной грамотности учащихся. Современными концепциями реализации междисциплинарного подхода являются STEM-образование и НБИКС-конвергенция. Цель данной статьи – описание образовательных практик, отражающих применение междисциплинарного подхода в школьном образовании. Приведенные материалы являются результатом анализа научной литературы, наблюдений за деятельностью школ и учреждений дополнительного образования, результатами собственной практики автора по обучению студентов педагогического вуза в содержательных полях STEM-образования и НБИКС-конвергенции. В результате проведенного исследования обосновано, что в настоящее время создано большое количество учебно-методических материалов для реализации междисциплинарного подхода, данные средства содержательно соответствуют концепциям STEM-образования и НБИКС-конвергенции. Традиционная подготовка по школьным предметам «физика», «математика», «информатика» для получения инженерных и физико-технических специальностей в вузе также носит междисциплинарный характер. Наиболее эффективным инструментом реализации междисциплинарного подхода является обучение школьников по программам дополнительного образования. Среди всех междисциплинарных направлений дополнительного инженерного и физико-технического образования школьников внимания заслуживает робототехника как одна из ключевых технологий четвертой промышленной революции. Естественно-научная грамотность является ключевым направлением реализации междисциплинарного подхода на уровне основного образования. Теоретическая значимость статьи состоит в уточнении содержательной составляющей междисциплинарного подхода в школьном образовании для профориентации учащихся в выборе актуальных инженерных и физико-технических специальностей. Практическая значимость заключается в описании совокупности современных образовательных практик, которые необходимо включать в подготовку бакалавриата и магистратуры направления «Педагогическое образование» по профилям, связанным с обучением физике, математике, информатике.

Ключевые слова

междисциплинарный подход, робототехника, программирование микроконтроллер, цифровые лаборатории, естественно-научная грамотность, физико-математическая подготовка учащихся.

Благодарности

Автор выражает благодарность М. В. Потаповой, доктору педагогических наук, проректору по образовательной деятельности Южно-Уральского государственного университета (НИУ), за идеи, которые легли в основу проведенного научного исследования.

Abstract

The process of knowledge accumulation resulted in a significant increase in the amount of information, which is reflected in the content of education. New educational information is interdisciplinary in nature. The forms of interdisciplinary approach in modern education are extra-curricular courses on robotics, technical construction and modeling, microcontroller programming, digital laboratories, nanotechnology and computer modeling, physical and mathematical training of students to continue their studies in universities, formation of students' natural science literacy. Modern concepts of interdisciplinary approach implementation are STEM-education and NBICS-convergence. The aim of this article is to describe educational practices reflecting the application of interdisciplinary approach in school education. The given materials are the result of analyzing scientific literature, observations of schools and institutions of additional education, the results of the author's own practice of teaching students at pedagogical university in the content fields of STEM-education and NBICS-convergence. The study confirmed that a large number of teaching and learning materials for the implementation of the interdisciplinary approach have been created nowadays; these tools substantially correspond to the concepts of STEM-education and NBICS-convergence. Traditional training in school subjects Physics, Mathematics, Computer Science for engineering and physics-technical specialties in higher education is also interdisciplinary in nature. The theoretical significance of the article consists in specifying the content component of the interdisciplinary approach in school education for career guidance of students to actual engineering and physics-technical specialties. The practical significance lies in the description of a set of modern educational practices that should be included in the training of bachelor's and master's degree programs of the training area "Pedagogical Education" in the specialties related to the teaching of physics, mathematics, computer science. The most effective tool for the implementation of interdisciplinary approach is the training of schoolchildren in additional education programs. Among all interdisciplinary directions of additional engineering and physics education of schoolchildren, robotics deserves attention as one of the key technologies of the fourth industrial revolution. Natural science literacy is the key direction of interdisciplinary approach implementation at the level of basic education.

Key words

interdisciplinary approach, robotics, microcontroller programming, digital laboratories, science literacy, physical and mathematical training of students

Acknowledgements

The author expresses gratitude to M. V. Potapova, Doctor of Pedagogical Sciences, Vice-rector for Educational Affairs of South Ural State University, for the ideas that formed the basis of the conducted scientific research.

Введение / Introduction

Современный мир характеризуется высоким уровнем междисциплинарности, отражающей многообразие взаимосвязей и взаимозависимостей. Естественно, что эта характерная особенность новой действительности находит отражение как в общем, так и в дополнительном образовании, а именно появляются новые инновационные направления образовательной деятельности, значительно преобразующие традиционный учебный процесс. В настоящее время практика внедрения инноваций значительно опережает их теоретическое осмысление. В статье Т. О. Санчаа, Т. В. Никитиной обосновано, что система инженерного и физико-технического образования включает в себя школьные предметы «физика», «математика», «информатика» и внеурочные курсы, опирающиеся на них [1]. Учебный план, описанный в статье авторов, реализуется на основе преемственности содержания данных учебных предметов и учета временных связей, поэтому является междисциплинарным. Содержание названных учебных предметов устоялось, но вместе с тем в последние десятилетия появилось достаточное число образовательных практик в системе дополнительного образования учащихся, которые имеют междисциплинарный характер и ориентированы на профориентацию учащихся в направлении инженерных и физико-технических специальностей.

Цель данной статьи – описание образовательных практик, отражающих применение междисциплинарного подхода в школьном образовании. Их содержание и процессуальная сторона являются предметом дискуссии в научно-педагогическом сообществе. Данные практики укладываются в современные концепции STEM-образования и НБИКС-конвергенции и соответствуют контексту четвертой промышленной революции, описанному К. Швабом [2]. Концепция STEM-образования является широко известной, в учебном пособии Т. В. Никитиной описаны направления его реализации во внеурочной деятельности школьников, к ним относятся: образовательная робототехника, программирование микроконтроллеров, цифровые лаборатории, мониторинг и развитие естественно-научной грамотности школьников (на основе методологии исследования PISA), исследовательская и конструкторская деятельность школьников [3]. Второй современной концепцией реализации междисциплинарного подхода в образовании является концепция НБИКС-конвергенции, один из первых российских исследователей в данной области – М. В. Ковальчук [4].

Обзор литературы / Literature review

Одним из первых проявлений междисциплинарного подхода в школьном образовании можно считать *физико-математическую подготовку* учащихся. В работе М. Ю. Демидовой, Е. Е. Камзеевой, В. А. Грибова указывается на то, что решение расчетных задач по физике предполагает «выполнение целого комплекса действий: на основании анализа условия выбирать физические модели, отвечающие требованиям задачи; применять формулы, законы, закономерности и постулаты физических теорий при использовании математических методов решения задач; проводить расчеты на основании имеющихся данных; анализировать результаты и корректировать методы решения с учетом полученных результатов» [5]. Такое направление учебно-познавательной деятельности в школьном курсе физики играет значимую роль, поскольку служит для подготовки обучающихся к получению профессионального образования по инженерным и физико-техническим специальностям. Взаимодействие

физики и математики проявляется и при математическом описании и анализе данных физического эксперимента, и при решении расчетных задач среднего и высокого уровней сложности. Физико-математическая подготовка может обогащаться за счет обучения компьютерному моделированию физических процессов на уроках информатики и во внеурочной деятельности. Данное направление учебно-познавательной деятельности, позволяющее визуализировать абстрактные физические явления, прогнозировать протекание физических процессов и т. д., описано в работах М. Ю. Королева [6]. Эффективность междисциплинарного взаимодействия физики и информатики при решении задач компьютерного моделирования физических явлений и процессов обоснована и доказана в педагогической экспериментальной работе Т. О. Санчаа [7]. Согласимся с выводами коллектива исследователей Б. В. Илюхина, Г. П. Савиных, Ж. Н. Зенковой, указывающих на то, что учащиеся, которые не выбирают физику для итоговых испытаний в основной школе, имеют «более низкий потенциал успешности при поступлении в вузы технической, информационно-технологической направленности» [8]. Наблюдения автора за процессом обучения таких студентов по инженерным и физико-техническим специальностям в вузе показывают, что и в процессе обучения данные студенты имеют низкую успеваемость.

В учебном пособии Т. В. Никитиной указывается, что *образовательная робототехника* является междисциплинарным направлением учебно-познавательной деятельности и осуществляется посредством образовательных конструкторов, включающих микроконтроллер, комплект моторов и датчиков, набор деталей [9]. Н. М. Пустыльник отмечает, что «робототехника служит решению проблемы адаптации школьников к жизни в быстроизменяющейся среде обитания, насыщаемой робототехническими системами различного назначения» [10]. Значительно распространены конструкторы Lego WeDo, Lego Mindstorms EV3, SPIKE Prime, электронные конструкторы, включающие микроконтроллер Arduino либо его аналоги, применяются наборы VEX, ТРИК, Robotis, Fischertechnik, STEM Мастерская, наборы для летательной робототехники и др. Названные образовательные наборы рассчитаны на разные возрастные группы в связи с особенностями развития общих интеллектуальных и технических способностей обучающихся. В исследовании [11] выявлено три различных периода в развитии образовательной робототехники: в 1975–2012 годы физико-технические вопросы роботов и основные концепции образования; в 2013–2016 годы наиболее важными вопросами были программирование и вычислительное мышление, а в 2017–2019 годы наиболее обсуждаемыми темами были технологии поддержки обучения робототехнике. В статье С. А. Чацхристовиса говорится о новых направлениях, которые начали активно развиваться после 2020 года, а именно летательной и подводной робототехнике, применении социальных роботов для STEM-образования [12]. Исследователи Ф. Оуян, В. Сюй отмечают лишь умеренное влияние робототехники как образовательной технологии на успеваемость по учебным предметам, отношение к учебной деятельности и вычислительные навыки учащихся. Вместе с тем в данной работе отмечается, что робототехника расширяет возможности учебного процесса. Наибольшее влияние, по мнению авторов, робототехника оказывает на учебный предмет «технология» [13].

Программирование микроконтроллеров направлено на изучение программно-управляемых электронных схем. Необходимыми компонентами электронного образовательного конструктора является набор радиодеталей, плата для быстрой сборки

схем и программируемый микроконтроллер, например Arduino. На начальных этапах обучения школьники учатся собирать простые электронные схемы на макетной плате, затем – подключать к ней более сложные детали, такие как дисплей, мотор, серводвигатель. По итогам изучения курса учащийся способен к созданию устройств для умного дома, умной теплицы, к применению технологии «Интернет вещей» и др. В статье [14] обосновано, что компетенции в области программирования микроконтроллеров способствуют устойчивому трудоустройству выпускников инженерных специальностей как высших, так и средних учебных заведений, а привлекать к данной области деятельности необходимо еще при обучении в школе. Коллектив авторов отмечает, что деятельность по программированию микроконтроллеров является базой знаний для развития Индустрии 4.0 [15].

Цифровые лаборатории являются составляющей междисциплинарного подхода. В статье М. Д. Даммер и Т. В. Никитиной описывается образовательный процесс с применением цифрового лабораторного оборудования: «Учащиеся проводят исследовательские работы с помощью цифровых датчиков и, таким образом, знакомятся с современными технологиями сбора и анализа физической информации; цифровые датчики являются неотъемлемой частью современных инженерно-технических систем, данные на экране компьютера представляются в виде графических зависимостей, измеряемой физической величины от времени [16]». Авторы отмечают, что цифровая лаборатория может применяться успешно во внеурочной деятельности для учащихся, имеющих устойчивый познавательный интерес к физике, а среди лабораторных работ, подлежащих обязательному выполнению в рамках основной программы по физике в средней школе, они выделяют «Изучение равноускоренного движения (опыт с наклонной плоскостью)» и «Изучение явления электромагнитной индукции». М. Ю. Демидова, В. А. Грибов утверждают, что для оценки экспериментальных умений в опытах с цифровыми датчиками необходимо выделить отдельную цифровую компетенцию, которая будет включать умения работать с цифровыми датчиками и приборами в рамках учебной экспериментальной установки; при сборке такой установки монтировать совместно с другими приборами датчики к компьютеру; считывать информацию с дисплея цифрового прибора или монитора компьютера и информацию, представленную таблично и графически; уметь с помощью встроенных программ анализировать и преобразовывать информацию и др. [17]

Концепция НБИКС-конвергенции осмысливается в современной философской литературе, в ней скомбинированы пять быстро развивающихся направлений в области науки и технологии: (Н) нанотехнологии; (Б) биотехнологии; (И) информационные технологии; (К) когнитивные науки; (С) социальные науки. И. Ю. Алексеева и В. И. Аршинов справедливо отмечают, что *нанотехнологии*, являющиеся одним из компонентов данной концепции, качественно отличаются от традиционных областей прикладной науки и техники, поскольку на таких масштабах привычные, макроскопические, технологии обращения с материей часто неприменимы, а микроскопические явления, пренебрежительно слабые на привычных масштабах, становятся намного значительнее [18]. М. Роко, У. С. Бейнбридж в своем исследовании выделили четыре базовых идеальных элементарных нанообъекта: атом, ген, нейрон, бит [19]. В. И. Аршинов показывает характерную черту процесса конвергенции: «На уровне наномасштаба атомы, цепи, код ДНК и биты становятся взаимозаменяемыми» [20].

В учебном пособии для учащихся средней школы коллективом авторов во главе с Ю. Н. Зубковым рассмотрены вопросы уникальных физических свойств наноструктур, методов их получения и исследования, наноэлектроники и др. [21] Наиболее целостное представление о технологиях НБИКС-конвергенции развернуто в методическом пособии для учащихся 7-х классов [22], разработанном под руководством М. В. Ковальчука. В пособии рассматриваются разделы «Биоэнергетика», «Материалы», «Мозг», «Природоподобная робототехника».

Междисциплинарный подход нашел отражение в новых федеральных государственных образовательных стандартах, программах по физике для основного и среднего образования. Так, на уровне основного общего образования приведены требования не только к освоению отдельных учебных предметов, но и требования для освоения каждой области знаний, в частности, перечислены требования к освоению естественно-научных предметов, в число которых входит физика [23]. Это справедливо и для уровня среднего общего образования [24]. Приведем некоторые факты, связанные с его реализацией, полученные на основе анализа новых федеральных программ по физике для уровней основного и среднего образования. В пояснительной записке к учебному предмету «физика» для 7–9-х классов указано, что «содержание программы по физике направлено на формирование *естественно-научной грамотности обучающихся*» [25]. В исследовании, проведенном под руководством В. Г. Разумовского, описаны «ключевые факторы обновления методики преподавания физики в ракурсе естественнонаучной грамотности [26]», авторы описывают неиспользованные ресурсы химии, биологии и математики при обучении школьному курсу физики. А. Ю. Пентин, Г. Г. Никифоров и Е. А. Никишова представили модель для разработки заданий по естественно-научной грамотности для учащихся основной школы; по мнению авторов, «массив новых учебных заданий по естественнонаучной грамотности может показать направление, в котором должны меняться содержание и методика естественнонаучного образования [27]». Специалисты Федерального института педагогических измерений М. Ю. Демидова, Д. Ю. Добротин и В. С. Рохлов приводят типологию моделей заданий для оценки естественно-научной грамотности учащихся 7–9-х классов [28]. В результате проведенных исследований были обновлены федеральные программы по упомянутым школьным предметам. Отметим и другие факты. Например, в программу обучения физике в 8-м классе на углубленном уровне включена тема «Графен – материал для новых технологий». В 10–11-х классах учебный предмет «физика» базируется на идеях экологизации и прикладной направленности [29], что также свидетельствует о междисциплинарности рабочей программы с ориентацией на инженерные и физико-технические специальности. На обеих ступенях образования при обучении физике учителю предлагается применять цифровые лаборатории.

Образовательный процесс в поле междисциплинарного подхода способен реализовывать учитель и педагог дополнительного образования, имеющий соответствующую методическую и предметную подготовку. М. А. Червонный обращает внимание на то, что в школах отмечается нехватка носителей междисциплинарного знания, а также мероприятий, которые устраняют дефицит такого знания у действующих учителей [30]. Поэтому одним из стратегических ориентиров всей системы образования является совершенствование подготовки учителя физики. Необходима особая предметная и методическая подготовка учителя физики, реализуемая через профессиональное саморазвитие и повышение квалификации. Проект программы такой

подготовки описан в статье Т. В. Никитиной [31]. Вместе с тем подготовка учителя физики к реализации междисциплинарного подхода должна осуществляться еще в вузе на уровнях бакалавриата и магистратуры.

Таким образом, на основе проведенного анализа зарубежных и отечественных источников можно отметить усиленное внимание к междисциплинарному подходу в основном образовании и значительное усиление познавательного интереса школьников к междисциплинарным курсам в дополнительном образовании, включая внеурочную деятельность. Проблема реализации междисциплинарного подхода решается на государственном уровне, в нашей стране российскими экспертами создан банк заданий по естественно-научной грамотности. В дополнительном образовании лидирующим направлением остается образовательная робототехника, в последние годы значительно расширился спектр ее тематических направлений. Физико-математическая подготовка, усиленная информационными технологиями, вписывается в рамки междисциплинарного подхода и сохраняет свою значимость. Актуальной проблемой является подготовка учителей и педагогов в контексте междисциплинарности. Результаты данной научной статьи могут быть использованы для модернизации существующих образовательных программ бакалавриата, магистратуры для направления «Педагогическое образование» (44.03.01 и 44.04.01 соответственно).

Методологическая база исследования / Methodological base of the research

Методами исследования являлись анализ публикаций отечественных и зарубежных авторов по направлениям реализации междисциплинарного подхода в инженерном и физико-техническом образовании школьников, обобщение авторского опыта преподавания для будущих учителей физики спецкурсов, связанных с современными проблемами физико-математического и естественно-научного образования в Южно-Уральском государственном гуманитарно-педагогическом университете Челябинска, в Снежинском физико-техническом институте НИЯУ МИФИ, результаты наблюдения за деятельностью школ и учреждений дополнительного образования Челябинска и Снежинска.

Результаты исследования / Research results

Робототехника на сегодняшний день является одним из ключевых направлений развития четвертой промышленной революции, обусловленной экономической целесообразностью и привлекательностью повышения уровня и качества жизни. В результате анализа научно-педагогической литературы и образовательных практик можно с уверенностью выделить вводный курс робототехники, представляющий школьникам образцы инженерной деятельности в данной области. Такой курс связан, как правило, со сборкой и программированием двухмоторной тележки и относится к направлению «Мобильная робототехника». Изучение образовательной робототехники на углубленном уровне предполагает решение более сложных задач, например, в направлении «Мобильная робототехника» к таким задачам относятся использование ПИД-регулятора в программировании движения робота по лабиринту и по черной линии, сортировка предметов по различным признакам, перемещение объектов с помощью манипулятора и др. Другие направления образовательной робототехники связаны с вопросами применения технического зрения, 3D-моделирования и прототипирования деталей для робота, программированием беспилотных летательных аппаратов и подводных роботизированных устройств и др.

Но, как правило, курсы по робототехнике имеют опережающий по отношению к школьным курсам характер. Обучающиеся сталкиваются с неизученными явлениями и закономерностями, накапливая опыт практической деятельности с робототехническими моделями. Стоит отметить, что во всех линейках оборудования перед использованием робототехнических наборов для образовательного процесса предлагаются наборы для конструирования механических, электромеханических либо электронных моделей устройств. Так, перед освоением Lego Mindstorms предлагаются наборы «Технология и основы механики», «Возобновляемые источники энергии», «Пневматика», «Maker» и другие; перед освоением робототехники на базе Arduino предлагаются наборы «Матрешка», «Arduino Мастер», «Микроник» и др. Аналогичный подход прослеживается в линейках конструкторов VEX, Robotis, Fischertechnik и др. В рабочей программе вводного курса робототехники для пятиклассников на базе конструктора ТРИК предусмотрены занятия, на которых раскрываются физикотехнические аспекты функционирования роботизированных устройств. По итогам изучения курса робототехники учащийся способен к созданию учебных моделей робота для решения проблем, стоящих перед обществом (экологических, социальных, проблем безопасности и др.), к разработке роботов для участия в спортивно-технических мероприятиях.

Учебное робототехническое оборудование, применяемое в школах, изготовлено таким образом, чтобы скрыть от учащихся инженерно-технические вопросы высокого уровня сложности. Робот используется в качестве средства обучения информатике как реально существующий исполнитель алгоритма. В физике имеет место роботизированный учебный эксперимент как один из видов современного учебного эксперимента, нередко применяемый в проектной деятельности учащихся, кроме того, на физике изучаются базовые основы функционирования двигателей и датчиков. В начальной школе изучаются модели окружающего мира, собранные из робототехнического конструктора. На уроках технологии робототехника рассматривается как одна из перспективных производственных технологий, а робот – как технологический механизм (см. рисунок). В то же время сложность данного научного направления и недостаточный уровень подготовки учителей и педагогов не позволяют раскрыть потенциал данной образовательной области. Изучение робота как объекта исследования, т. е. некоторой технической системы, состоящей из подсистем, возможно в условиях внеурочной деятельности и иных форм дополнительного образования школьников. В этом случае ведущим учебным предметом является информатика, а физика и математика выступают в качестве вспомогательной основы. Можно выделить два типа знаний, применяющихся в учебном роботостроении: 1) предметные знания по информатике, физике, математике, составляющие фундаментальную основу для овладения базовыми навыками в области робототехники; 2) межпредметные знания, которые представляют собой попарное взаимодействие школьных предметов для решения отдельных задач образовательной робототехники: информатика – физика, информатика – математика, физика – математика. Взаимосвязи представлены на рисунке ниже. Информатика как школьный предмет позволяет создавать и отлаживать алгоритмы, исполнителем которых является робот; на физике изучаются базовые понятия и законы механики, электричества, оптики; на уроках математики ребята учатся решать задачи с градусами, углами, коэффициентами и пропорциями и эти знания применяют при решении задач робототехники. При попарном взаимо-

действии физика и математика позволяют решать задачи движения робота для любой системы передвижения: двухмоторная тележка, гусеничная платформа, шагающий робот, летающий и плавающий робот. Информатика в совокупности с математикой позволяют создавать более сложные алгоритмы функционирования с переменными и математическими вычислениями. Информатика во взаимодействии с физикой позволяет программировать физические устройства – моторы и датчики.



Робототехника как технология обучения



Робот как объект изучения

Модели взаимодействия образовательной робототехники с предметами школьного образования: начальное, основное, среднее образование

Стоит отметить, что к числу курсов, принадлежащих полю STEM-образования, часто причисляют курсы по экспериментальной и конструкторской деятельности учащихся на традиционном оборудовании без сопряжения с компьютером либо микроконтроллером. Такие курсы по отношению к изучению школьного курса физики имеют, как правило, опережающий характер. Они целесообразны для осознанной работы по конструированию цифровых устройств, их дальнейшему применению в исследовательской деятельности.

Применительно к инженерному и физико-техническому образованию учащихся в концепции НБИКС содержательно значимыми являются дидактические единицы, связанные с нанотехнологиями, экологичной энергетикой, природоподобной робототехникой. Основными способами учебно-познавательной деятельности учащихся являются слушание лекций, самостоятельная работа с текстом пособия, подготовка докладов и рефератов. Экспериментальная и конструкторская деятельность в данных направлениях учебного познания требует разработки.

Междисциплинарный подход находит свое отражение и в содержании школьного образования. В действующих федеральных программах по физике, вступивших в силу с сентября 2023 года, ставится акцент на межпредметных связях и на уровне основного, и на уровне среднего образования. В условиях школьной программы ключевой составляющей междисциплинарного подхода является естественно-научная грамотность. Многие содержательные элементы, представленные в открытых банках заданий, составленных российскими экспертами, выходят за рамки школьной программы.

Заключение / Conclusion

Современное цифровое общество породило новую образовательную реальность, в которой изменился подход к содержанию и процессу обучения. Описанные в статье направления реализации междисциплинарного подхода в образовании нацелены прежде всего на удовлетворение интересов и образовательных потребностей школьников, демонстрирующих высокую заинтересованность и способности в области инженерного и физико-технического образования. В настоящей статье показано:

1) для реализации междисциплинарного подхода в основной и средней школе представлено достаточное количество средств (оборудования и учебно-методических материалов) для учащихся инженерного и физико-технического профилей;

2) наиболее эффективной и распространенной практикой для реализации междисциплинарного подхода является обучение школьников по программам дополнительного образования;

3) традиционная физико-математическая подготовка учащихся опирается на учебные предметы «физика», «математика», «информатика» с учетом содержательных и временных связей с курсами внеурочной деятельности. Она укладывается в логику междисциплинарного подхода и является необходимой для продолжения учебы в вузе на инженерных и физико-технических специальностях;

4) в содержании новых примерных программ по физике учтены содержательные ориентиры двух междисциплинарных концепций: STEM-образования и НБИКС-конвергенции;

5) отдельного внимания заслуживает робототехника, которая для современной экономики является новой производственной технологией, обеспечивающей конкурентоспособность и технологическое лидерство государства;

6) актуальность и новизна нового междисциплинарного содержания образования для отечественной дидактики и методики обучения указывает на необходимость включения в образовательные программы педагогических вузов нового содержания обучения междисциплинарного характера.

Ссылки на источники / References

1. Санчаа Т. О., Никитина Т. В. Реализация междисциплинарного подхода в предвузовской подготовке учащихся по физике // Мир науки, культуры, образования. – 2024. – № 4(107). – С. 292–294.
2. Шваб К. Четвертая промышленная революция. – М.: Эксмо, 2016. – 138 с.
3. Никитина Т. В. Реализация STEM-образования во внеурочной деятельности учащихся: учеб. пособие. – М.: Ай Пи Ар Медиа, 2022. – 123 с.
4. Ковальчук М. В. Конвергенция наук и технологий – прорыв в будущее // Научно-методический журнал. – 2012. – № 4 (12). – С. 10–20.
5. Демидова М. Ю., Камзеева Е. Е., Грибов В. А. Подходы к разработке экзаменационных моделей ОГЭ и ЕГЭ по физике в соответствии с требованиями ФГОС // Педагогические измерения. – 2016. – № 2. – С. 26–35.
6. Королев М. Ю. Теоретические основы методической системы обучения студентов методу моделирования: монография. – М.: Изд. Карпов Е. В., 2011. – 135 с.
7. Санчаа Т. О., Никитина Т. В. Реализация междисциплинарного подхода в предвузовской подготовке учащихся по физике // Мир науки, культуры, образования. – 2024. – № 4(107). – С. 292–294.
8. Илюхин Б. В., Савиных Г. П., Зенкова Ж. Н. и др. Использование результатов государственной итоговой аттестации в организации обучения школьников точным наукам // Перспективы науки и образования. – 2022. – № 5 (59). – С. 219–232. DOI: 10.32744/pse.2022.5.13.
9. Никитина Т. В. Образовательная робототехника как направление инженерно-технического творчества школьников: учеб. пособие. – Челябинск: Челябинский государственный педагогический университет, 2014. – 171 с.

10. Пустыльник П. Н. Инженерное образование и робототехника в школе: профессиональная ориентация школьников // Инженерное образование. – 2023. – Вып. 33. – С. 49–61.
11. López-Belmonte J., Segura-Robles A., Moreno-Guerrero A. J., Parra-González M. E. Robotics in education: A scientific mapping of the literature in Web of Science // Electronics. – 2021. – 10, 291. – P. 18.
12. Chatzichristofis S. A. Recent Advances in Educational Robotics // Electronics. – 2023. – 12(4). – 925. DOI: 10.3390/electronics12040925.
13. Ouyang F., Xu W. The effects of educational robotics in STEM education: a multilevel meta-analysis // International Journal of STEM Education. – 2024. – URL: <https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-024-00469-4>
14. Vrbančič F., Kocijančič S. Strategy for learning microcontroller programming – a graphical or a textual start? // Education and Information Technologies. – 2024. – P. 5115–5137. DOI: 10.1007/s10639-023-12024-9.
15. Sitorus M. B., Mangapul J., Aziz H., Pramono T. Pemrograman Mikrokontroler Guna Memperkenalkan Industri 4.0 // Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Menerangi Negeri. – 2019. – Vol. 2. – № 1. – P. 34–42. DOI: 10.33322/terang.v2i1.533.
16. Даммер М. Д., Никитина Т. В. Содержание и целевые ориентиры физического практикума с применением цифрового лабораторного оборудования // Учебный эксперимент в образовании. – 2022. – № 3 (103). – С. 40–51.
17. Демидова М. Ю., Грибов В. А. Проектирование цифрового инструментария для оценки учебных достижений по физике: основные результаты исследования // Педагогические измерения. – 2023. – № 2. – С. 52–62.
18. Алексеева И. Ю., Аршинов В. И. Информационное общество и НБИКС-революция / Рос. акад. наук, Ин-т философии. – М.: ИФ РАН, 2016. – 196 с.
19. Converging Technologies for Improving Human Performance. NSF-DOC Report / eds. M. C. Roco, W. S. Bainbridge. – Boston: Cluwer, 2003. – URL: https://www.researchgate.net/publication/252444145_Converging_Technologies_for_Improving_Human_Performance
20. Аршинов В. И. Конвергентные технологии (НБИКС) и трансгуманистические преобразования в контексте парадигмы сложности // Глобальное будущее 2045. Конвергентные технологии (НБИКС) и трансгуманистическая эволюция / [под ред. проф. Д. И. Дубровского]. – М.: ООО «Издательство МБА», 2013. – 272 с.
21. Зубков Ю. Н., Кадочкин А. С., Козлов Д. В. и др. Введение в нанотехнологии. Модуль «Физика»: учеб. пособие для учащихся 10–11 классов средних общеобразовательных учреждений. – СПб.: Образовательный центр «Участие», Образовательные проекты, 2012. – 160 с.
22. Междисциплинарные НБИКС-природоподобные технологии: развитие научно-технического творчества обучающихся в сфере общего образования в области НБИКС-природоподобных технологий. 7 класс: метод. пособие / [под общ. ред. М. В. Ковальчука]. – М., 2023. – 89 с.
23. Приказ Министерства Просвещения Российской Федерации от 31.05.2021 № 287 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования» (зарегистрирован 05.07.2021 № 64101). – URL: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107050027?index=4&rangeSize=1>
24. Приказ Министерства Просвещения РФ от 12 августа 2022 г. № 732 «О внесении изменений в федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 17 мая 2012 г. № 413». – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405172211/>
25. Примерная рабочая программа основного общего образования. «Физика»: одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию, протокол от 27 сентября 2021 г. № 3/21. – URL: <https://fgosreestr.ru/uploads/files/7a80f8760f6a822ccbd2496f4681a635.pdf>
26. Разумовский В. Г., Пентин А. Ю., Никифоров Г. Г., Попова Г. М. Ключевые факторы обновления методики обучения физике в основной школе в ракурсе формирования естественнонаучной грамотности // Школьные технологии. – 2017. – № 1. – С. 57–77.
27. 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.
28. Демидова М. Ю., Добротин Д. Ю., Рохлов В. С. Подходы к разработке заданий по оценке естественнонаучной грамотности обучающихся // Педагогические измерения. – 2020. – № 2. – С. 8–19.
29. Примерная рабочая программа среднего общего образования «Физика» (углубленный уровень) для 10–11 классов образовательных организаций. Одобрена решением федерального учебно-методического объединения по общему образованию, протокол от 14 октября 2022 г. № 8/22. – URL: <https://fgosreestr.ru/oop/520>
30. Червонный М. А., Власова А. А. Исследование конвергентного обучения в школьном образовании при подготовке учителей // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2022. – Вып. 5 (223). – С. 123–131. DOI: 10.23951/1609-624X-2022-5-123-131.
31. Никитина Т. В. STEM-образование в системе непрерывной подготовки учителя физики // Университет XXI века в системе непрерывного образования: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф., Челябинск, 26–

27 октября 2023 года / Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, Южно-Уральский государственный университет. – Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2023. – С. 52–59.

1. Sanchaa, T. O., & Nikitina, T. V. (2024). "Realizaciya mezhdisciplinarnogo podhoda v predvuzovskoj podgotovke uchashchihsya po fizike" [Implementation of an interdisciplinary approach in pre-university training of students in physics], *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*, № 4(107), pp. 292–294 (in Russian).
2. Shvab, K. (2016). *Chetvertaya promyshlennaya revolyuciya* [The Fourth Industrial Revolution], Eksmo, Moscow, 138 p. (in Russian).
3. Nikitina, T. V. (2022). *Realizaciya STEM-obrazovaniya vo vneurochnoj deyatel'nosti uchashchihsya* [Implementation of STEM education in extracurricular activities of students]: *ucheb. posobie*, Aj Pi Ar Media, Moscow, 123 p. (in Russian).
4. Koval'chuk, M. V. (2012). "Konvergenciya nauk i tekhnologij – proryv v budushchee" [Convergence of science and technology – a breakthrough into the future], *Nauchno-metodicheskij zhurnal*, № 4 (12), pp. 10–20 (in Russian).
5. Demidova, M. Yu., Kamzееva, E. E., & Gribov, V. A. (2016). "Podhody k razrabotke ekzamenacionnyh modelej OGE i EGE po fizike v sootvetstvii s trebovaniyami FGOS" [Approaches to the development of exam models of the Unified State Exams in physics in accordance with the requirements of the Federal State Educational Standard], *Pedagogicheskie izmereniya*, № 2, pp. 26–35 (in Russian).
6. Korolev, M. Yu. (2011). *Teoreticheskie osnovy metodicheskoy sistemy obucheniya studentov metodu modelirovaniya* [Theoretical foundations of the methodological system for teaching students the modeling method]: *monografiya*, Izd. Karpov E. V., Moscow, 135 p. (in Russian).
7. Sanchaa, T. O., & Nikitina, T. V. (2024). "Realizaciya mezhdisciplinarnogo podhoda v predvuzovskoj podgotovke uchashchihsya po fizike" [Implementation of an interdisciplinary approach in pre-university training of students in physics], *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*, № 4(107), pp. 292–294 (in Russian).
8. Ilyuhin, B. V., Savinyh, G. P., Zenkova, Zh. N. et al. (2022). "Ispol'zovanie rezul'tatov gosudarstvennoj itogovoj atestacii v organizacii obucheniya shkol'nikov tochnym naukam" [Using the results of the state final certification in organizing the teaching of schoolchildren in the exact sciences], *Perspektivy nauki i obrazovaniya*, № 5 (59), pp. 219–232. DOI: 10.32744/pse.2022.5.13 (in Russian).
9. Nikitina, T. V. (2014). *Obrazovatel'naya robototekhnika kak napravlenie inzhenerno-tehnicheskogo tvorchestva shkol'nikov* [Educational robotics as a direction of engineering and technical creativity of schoolchildren]: *ucheb. posobie*, Chelyabinskij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet, Chelyabinsk, 171 p. (in Russian).
10. Pustyl'nik, P. N. (2023). "Inzhenernoe obrazovanie i robototekhnika v shcole: professional'naya orientaciya shkol'nikov" [Engineering education and robotics in school: career guidance for schoolchildren], *Inzhenernoe obrazovanie*, vyp. 33, pp. 49–61 (in Russian).
11. López-Belmonte, J., Segura-Robles, A., Moreno-Guerrero, A. J., & Parra-González, M. E. (2021). "Robotics in education: A scientific mapping of the literature in Web of Science", *Electronics*, 10, 291, p. 18 (in English).
12. Chatzichristofis, S. A. (2023). "Recent Advances in Educational Robotics", *Electronics*, 12(4), 925. DOI: 10.3390/electronics12040925 (in English).
13. Ouyang, F., & Xu, W. (2024). "The effects of educational robotics in STEM education: a multilevel meta-analysis", *International Journal of STEM Education*. Available at: <https://stemeducationjournal.springeropen.com/articles/10.1186/s40594-024-00469-4> (in English).
14. Vrbančič, F., & Kocijančič, S. (2024). "Strategy for learning microcontroller programming – a graphical or a textual start?", *Education and Information Technologies*, pp. 5115–5137. DOI: 10.1007/s10639-023-12024-9 (in English).
15. Sitorus, M. B., Mangapul, J., Aziz, H., & Pramono, T. (2019). "Pemrograman Mikrokontroler Guna Memperkenalkan Industri 4.0" [Microcontroller Programming to Introduce Industry 4.0], *Jurnal Pengabdian Pada Masyarakat Menegeri Negeri*, vol. 2, № 1, pp. 34–42. DOI: 10.33322/terang.v2i1.533 (in Indonesian).
16. Dammer, M. D., & Nikitina, T. V. (2022). "Soderzhanie i celevye orientiry fizicheskogo praktikuma s primeneniem cifrovogo laboratornogo oborudovaniya" [Contents and targets of the physics workshop using digital laboratory equipment], *Uchebnyj eksperiment v obrazovanii*, № 3 (103), pp. 40–51 (in Russian).
17. Demidova, M. Yu., & Gribov, V. A. (2023). "Proektirovanie cifrovogo instrumentariya dlya ocenki uchebnyh dostizhenij po fizike: osnovnye rezul'taty issledovaniya" [Designing a digital tools for assessing academic achievement in physics: key research findings], *Pedagogicheskie izmereniya*, № 2, pp. 52–62 (in Russian).
18. Alekseeva, I. Yu., & Arshinov, V. I. (2016). *Informacionnoe obshchestvo i NBIKS-revoljuciya* [Information Society and the NBICS Revolution], Ros. akad. nauk, In-t filosofii, IF RAN, Moscow, 196 p. (in Russian).
19. Roco, M. C., & Bainbridge, W. S. (eds.) (2003). *Converging Technologies for Improving Human Performance. NSF-DOC Report*, Cluwer, Boston. Available at: https://www.researchgate.net/publication/252444145_Converging_Technologies_for_Improving_Human_Performance (in Russian).
20. Arshinov, V. I. (2013). "Konvergentnye tekhnologii (NBICS) i transgumanisticheskie preobrazovaniya v kontekste paradigmy slozhnosti" [Convergent Technologies (NBICS) and Transhumanist Transformations in the Context of

- the Complexity Paradigm], *Global'noe budushchee 2045. Konvergentnye tekhnologii (NBIKS) i transgumanisticheskaya evolyuciya*, ООО "Izdatel'stvo MBA", Moscow, 272 p. (in Russian).
21. Zubkov, Yu. N., Kadochkin, A. S., Kozlov, D. V. et al. (2012). *Vvedenie v nanotekhnologii. Modul' "Fizika"* [Introduction to Nanotechnology. Section "Physics"]: *ucheb. posobie dlya uchashchihsya 10–11 klassov srednih obshcheobrazovatel'nyh uchrezhdenij*, Obrazovatel'nyj centr "Uchastie", Obrazovatel'nye proekty, St. Petersburg, 160 p. (in Russian).
22. (2023). *Mezhdisciplinarnye NBIKS-prirodopodobnye tekhnologii: razvitie nauchno-tekhnicheskogo tvorchestva obuchayushchihsya v sfere obshchego obrazovaniya v oblasti NBIKS-prirodopodobnyh tekhnologii. 7 klass: metod. posobie* [Interdisciplinary NBICS-nature-like technologies: development of scientific and technical creativity of general education students in the field of NBICS-nature-like technologies. Grade 7: methodological manual], Moscow, 89 p. (in Russian).
23. *Prikaz Ministerstva Prosveshcheniya Rossijskoj Federacii ot 31.05.2021 № 287 "Ob utverzhdenii federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta osnovnogo obshchego obrazovaniya"* [Order of the Ministry of Education of the Russian Federation dated 05/31/2021 No. 287 "On Approval of the Federal State Educational Standard of Basic General Education"] (zaregistrirovan 05.07.2021 № 64101). Available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202107050027?index=4&rangeSize=1> (in Russian).
24. *Prikaz Ministerstva Prosveshcheniya RF ot 12 avgusta 2022 g. № 732 "O vnesenii izmenenij v federal'nyj gosudarstvennyj obrazovatel'nyj standart srednego obshchego obrazovaniya, utverzhennyj prikazom Ministerstva obrazovaniya i nauki Rossijskoj Federacii ot 17 maya 2012 g. № 413"* [Order No. 732 of the Ministry of Education of the Russian Federation dated August 12, 2022 "On Amendments to the Federal State Educational Standard of Secondary General Education, approved by Order No. 413 of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation dated May 17, 2012"]. Available at: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/405172211/> (in Russian).
25. *Primernaya rabochaya programma osnovnogo obshchego obrazovaniya. "Fizika": odobrena resheniem federal'nogo uchebno-metodicheskogo ob"edineniya po obshchemu obrazovaniyu, protokol ot 27 sentyabrya 2021 g. № 3/21* [Sample work program of basic general education in "Physics": approved by the decision of the federal educational and methodological association for general education, protocol of September 27, 2021 No. 3/21]. Available at: <https://fgosreestr.ru/uploads/files/7a80f8760f6a822ccbd2496f4681a635.pdf> (in Russian).
26. Razumovskij, V. G., Pentin, A. Yu., Nikiforov, G. G., & Popova, G. M. (2017). "Klyuchevye faktory obnovleniya metodiki obucheniya fizike v osnovnoj shcole v raketse formirovaniya estestvennonauchnoj gramotnosti" [Key factors for updating the methodology of teaching physics in basic school in the context of developing scientific literacy], *Shkol'nye tekhnologii*, № 1, pp. 57–77 (in Russian).
27. Pentin, A. Yu., Nikiforov, G. G., & Nikishova, E. A. (2019). "Osnovnye podhody k ocenke estestvennonauchnoj gramotnosti" [Basic approaches to assessing scientific literacy], *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika*, t. 1, № 4 (61), pp. 80–97 (in Russian).
28. Demidova, M. Yu., Dobrotin, D. Yu., & Rohlov, V. S. (2020). "Podhody k razrabotke zadaniy po ocenke estestvennonauchnoj gramotnosti obuchayushchihsya" [Approaches to the development of tasks for assessing students' scientific literacy], *Pedagogicheskie izmereniya*, № 2, pp. 8–19 (in Russian).
29. *Primernaya rabochaya programma srednego obshchego obrazovaniya "Fizika" (uglublennyj uroven') dlya 10–11 klassov obrazovatel'nyh organizacij. Odobrena resheniem federal'nogo uchebno-metodicheskogo ob"edineniya po obshchemu obrazovaniyu, protokol ot 14 oktyabrya 2022 g. № 8/22* [Sample work program of secondary general education in "Physics" (advanced level) for grades 10–11 of educational organizations. Approved by the decision of the federal educational and methodological association for general education, protocol dated October 14, 2022 No. 8/22]. Available at: <https://fgosreestr.ru/oop/520> (in Russian).
30. Chervonnyj, M. A., & Vlasova, A. A. (2022). "Issledovanie konvergentnogo obucheniya v shkol'nom obrazovanii pri podgotovke uchitelej" [A study of convergent learning in school education in teacher training], *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*, vyp. 5 (223), pp. 123–131. DOI: 10.23951/1609-624X-2022-5-123-131 (in Russian).
31. Nikitina, T. V. (2023). "STEM-obrazovanie v sisteme nepreryvnoj podgotovki uchitelya fiziki" [STEM education in the system of continuous training of physics teachers], *Universitet XXI veka v sisteme nepreryvnogo obrazovaniya: materialy VI Mezhdunar. nauch.-prakt. konf., Chelyabinsk, 26–27 oktyabrya 2023 goda*, Ministerstvo nauki i vysshego obrazovaniya Rossijskoj Federacii, Yuzhno-Ural'skij gosudarstvennyj universitet, Izd. centr YuUrGU, Chelyabinsk, pp. 52–59 (in Russian).