



УДК 004.946

DOI: <http://dx.doi.org/10.21686/1818-4243-2025-4-29-45>

В.В. Лаптев, Л. А. Ларченкова, А.А. Лоза

Российский государственный педагогический университет им.А.И.Герцена,
Москва, Россия

Верификация результатов поисковых запросов систем искусственного интеллекта как средство инициирования познавательной активности учащихся в общеобразовательном курсе физики

Цель исследования. Проблема инициирования познавательной активности учащихся приобретает в настоящее время постоянно возрастающую значимость. Понимание практической невозможности передачи в процессе обучения объемов информации, необходимых для формирования широкого спектра требуемых компетенций, заставляет искать новые дидактические подходы к достижению цели, в числе которых – ориентация на развитие познавательной активности. Важнейшим инструментом для этого могут стать системы искусственного интеллекта, сферы применения которых в последние два-три года стремительно расширяются. Однако в учебном процессе обращение к искусственному интеллекту не всеми воспринимается позитивно. Хорошо известны дискуссии о неэтичности выполнения учебных заданий с помощью ChatGPT или подобных систем. Поиск приемлемых и эффективных решений был поставлен авторами настоящей работы в качестве основной цели исследования. Еще одной целевой установкой являлась попытка разработки и введения в практику обучения на уровне общего образования нового нетрадиционного метода, основанного на возможности инициирования познавательной активности учащихся через системы искусственного интеллекта. Третьей целью представлялось обоснование выбора физики как учебной дисциплины среди некоторых других для иллюстрации эффективности предлагаемого метода обучения в общеобразовательном курсе физики.

Материалы и методы. Материалом (объектом) исследования выступил процесс обучения физике на уровне общего образования в части проблем, обычно вызывающих трудности у учащихся. К таким трудностям в первую очередь относятся вопросы, связанные с решением физических задач, оценкой полученных результатов, пониманием необходимости опоры в каждом конкретном случае на те или иные физические теории и закономерности, а также осознание разумности применения формул, выражающих физические законы. Основным общим эмпирическим методом исследования явилось наблюдение за различными этапами учебного процесса. К общим методам теоретического исследования был отнесен анализ научной литературы по методам развития познавательной активности учащихся, а также оценка образовательных возможностей доступного для обучающихся спектра систем искусственного интеллекта с выработкой рекомендаций по их практическому применению. Специальным методом,

характерным для педагогических наук, являлось педагогическое моделирование методики работы на разных стадиях учебного процесса.

Результаты. Впервые в системе педагогического знания предложен, сформулирован, разработан, описан и апробирован **новый нетрадиционный метод инициирования познавательной активности учащихся в общеобразовательном курсе физики на основе верификации результатов поисковых запросов к системам искусственного интеллекта.** Разработана методика работы с учащимися от стадии постановки учителем задачи, осознания обучаемым ее существенных и несущественных особенностей через многократное формулирование поисковых запросов к системе искусственного интеллекта с последующим анализом полученных ответов, до самого важного – верификации результатов работы с системой искусственного интеллекта и обоснованным выводом о решении проблемы. Этапы исследования и предлагаемой методики подробно проиллюстрированы примерами решения задач общеобразовательного курса физики. Результаты апробации уже на данной стадии продемонстрировали эффективность инициирования познавательной активности учащихся в общеобразовательном курсе физики через верификацию результатов поисковых запросов систем искусственного интеллекта.

Заключение. Использование средств вычислительной техники и ее программного обеспечения в общем образовании постоянно меняет направление вектора своего развития. От восторженных ожиданий до законодательного запрета использования «...средств подвижной радиотелефонной связи во время проведения учебных занятий при освоении образовательных программ начального общего, основного общего и среднего общего образования...» [1]. Надеемся, что к средствам вычислительной техники это относится лишь в части их использования в режиме «подвижной радиотелефонной связи». На все же остальные случаи, включая работу с системами искусственного интеллекта, запрет не распространяется. Именно здесь и следует ожидать наибольших успехов.

Ключевые слова: системы искусственного интеллекта, инициирование познавательной активности, методика обучения, общеобразовательный курс физики, верификация результатов поисковых запросов

Verification of Search Queries of Artificial Intelligence Systems as a Means of Initiating Cognitive Activity of Students in a General Education Physics Course

The purpose of the study. The problem of initiating students' cognitive activity is currently acquiring ever-increasing importance. Understanding the practical impossibility of transmitting in the learning process the volumes of information necessary to form a wide range of required competencies forces us to look for new didactic approaches to achieving the goal, including a focus on the development of cognitive activity. The most important tool for this can be artificial intelligence systems, the scope of application of which has been rapidly expanding in the last two or three years. However, in the educational process, the use of artificial intelligence is not perceived positively by everyone. There are well-known discussions about the unethical nature of performing educational tasks using ChatGPT or similar systems. The search for acceptable and effective solutions was set by the authors of this paper as the main goal of the study. Another goal was to attempt to develop and introduce into teaching practice at the general education level a new non-traditional method based on the possibility of initiating students' cognitive activity through artificial intelligence systems. The third objective was to justify the choice of physics as an academic discipline among some others to illustrate the effectiveness of the proposed teaching method in a general education physics course.

Materials and methods. The material (object) of the study was the process of teaching physics at the general education level in terms of problems that usually cause difficulties for students. Such difficulties primarily include issues related to solving physics tasks, evaluating the results obtained, understanding the need to rely in each specific case on certain physical theories and patterns, as well as understanding the reasonableness of using formulas expressing physical laws. The main general empirical method of research was the observation of various stages of the educational process. The general methods of theoretical research included an analysis of scientific literature on methods for developing students' cognitive activity, as well as an assessment of the educational opportunities of the range of artificial intelligence systems available to students, with the development of recommendations for their practical application. A special method,

characteristic of pedagogical sciences, was a pedagogical modeling of work methods at different stages of the educational process.

Results. For the first time in the system of pedagogical knowledge, a new non-traditional method of initiating students' cognitive activity in a general education physics course based on verification of the results of search queries of artificial intelligence systems has been proposed, formulated, developed, described and tested. A methodology has been developed for working with students from the stage of setting a task by the teacher, the student's awareness of its essential and insignificant features through the repeated formulation of search queries to the artificial intelligence system with subsequent analysis of the answers received, to the most important thing - verification of the results of work with the artificial intelligence system and substantiated conclusion about the solution to the problem. The stages of the research and the proposed methodology are illustrated in detail with examples of solving problems from the general education physics course. The results of the experimental work already at this stage demonstrated the effectiveness of initiating the cognitive activity of students in the general education course of physics through the verification of the results of search queries of artificial intelligence systems.

Conclusion. The use of computer technology and its software in general education is constantly changing the direction of its development vector. From enthusiastic expectations to a legislative ban on the use of "...mobile radiotelephone communications during educational classes in the development of primary, basic and secondary general education programs..." [1]. We hope that this applies to computing equipment only in terms of its use in the "mobile radiotelephone communication" mode. The ban does not apply to all other cases, including work with artificial intelligence systems. This is where we should expect the greatest success.

Keywords: artificial intelligence systems, initiation of cognitive activity, teaching methods, general education physics course, verification of search query results.

*«Миссия современного педагога — культивировать творческую личность. А творчество — это прежде всего самостоятельное мышление»
А.Д.Гладун [2]*

Введение

Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования [3] требует от учащихся «...овладения умением сопоставлять экспериментальные и теоретические знания с объективными реалиями жизни..., формулировать гипотезы, конструировать, проводить эксперименты, оценивать полученные результаты...». А Федеральный го-

сударственный образовательный стандарт среднего общего образования [4] добавляет к этому «... умение использовать средства информационных и коммуникационных технологий... в решении когнитивных, коммуникативных и организационных задач...». Если названное и неназванное наложить ещё и на многочисленные содержательные предметные требования разных учебных дисциплин, то

задача успешной реализации стандартов становится крайне трудновыполнимой. Проблема в том, что даже гипотетическая передача учащемуся огромного объема информации не гарантирует формирования требуемых компетенций у выпускника общеобразовательного учреждения. Необходим поиск новых дидактических подходов, их апробация и внедрение. Магистральным направлением дидактического поис-

ка в этой связи может стать в ряде случаев перенос акцентов в образовательном процессе с содержательного компонента образования на процессуальный. Лозунг современной педагогики «Образование не на всю жизнь, а образование через всю жизнь» подразумевает, что «... в задачи учителя входит подготовка обучающихся к адаптации в уже завтрашнем мире, где им понадобится уникальный набор навыков и компетенций» [5]. Важным этапом такой подготовки представляется развитие познавательной активности учащихся, осознание необходимости ориентации на которую возникло у крупных педагогов нашей страны достаточно давно [6], но только сейчас развитие познавательной активности начинает приобретать новые мощные инструменты для реализации.

К традиционным методам инициирования познавательной активности в первую очередь относятся уроки различной формы [7, 8, 9], в ходе которых учитель излагает материал, а ученики слушают и делают записи, что позволяет формировать базовые знания и знакомить с основными концепциями. Уроки включают и практические занятия [10, 11], где ученики на практике знакомятся с окружающей природой через эксперименты. Как к урочной, так и к внеурочной форме работы относятся дискуссии и семинары [12, 13], позволяющие обсуждать ключевые темы и концепции, а также развивать критическое мышление в процессе обмена мнениями. Важным методом инициирования познавательной активности является самостоятельная работа [14, 15], когда учащиеся выполняют задания без помощи преподавателя. Это могут быть письменные работы, задачи или исследования. Завершают перечень контрольные и аттестационные работы [16, 17] в

виде экзаменов и тестов, работающие на оценку знаний и их систематизацию.

К условно нетрадиционным методам обычно причисляют проектный метод [18, 19] с работой над проектами исследования определенных явлений. Этот метод позволяет углублять знания, а также развивает навыки работы в команде и креативное мышление. Активно внедряются информационно-коммуникационные технологии на основе интернет-ресурсов, виртуальных лабораторий, образовательных приложений и симуляторов, что делает обучение более интерактивным и доступным. Примеров последнего сегодня уже достаточно много. При необходимости дополнительного привлечения внимания к способам поиска ответов в конкретных жизненных ситуациях для обсуждения и анализа рекомендуется Кейс-метод [20], в рамках которого учащиеся учатся применять знания к реальным задачам и проблемам, что способствует развитию их критического мышления. Не так давно был ощутимым всплеск интереса к игровым технологиям [21, 22] с включением игр и игровых заданий в учебный процесс. Среди них ролевые игры, турниры по учебным дисциплинам с конкурсами и викторинами, что делает обучение более увлекательным. Реже реализуется метод флип-класса (перевернутый класс) [23, 24], когда учащиеся знакомятся с теорией дома самостоятельно (например, через видеоуроки), а на реальном уроке время используется для глубокого обсуждения, практики и решения задач с активным участием всего класса. Достаточно эффективным среди нетрадиционных методов считается проектное обучение в сочетании со STEM-образованием [25] в рамках интеграции науки, технологий, инженерии и математики в одном проекте,

что создает многоаспектный подход к изучению общеобразовательных предметов и показывает взаимосвязь между дисциплинами. И, наконец, обсуждения в малых группах с формированием дискуссионных коллективов по темам, где учащиеся исследуют вопросы и обмениваются мнениями, развивая коллективное мышление и сотрудничество.

В настоящей статье предлагается поддерживаемое искусственным интеллектом новое нетрадиционное направление к подходам и методам развития познавательной активности учащихся в общеобразовательном курсе физики. В основу статьи заложена идея о том, что процесс проверки информации, полученной от систем искусственного интеллекта, может служить не только средством формирования навыков, но и активизировать познавательную деятельность учащихся. Верификация часто не очень корректных результатов работы искусственного интеллекта может заставить обучаемых глубже разбираться в учебном материале, критически относиться к информации [26], становиться более самостоятельными, а главное, инициировать процесс своего собственного обучения. Используя искусственный интеллект в тандеме с активными методами обучения, можно создать более интерактивную и познавательную образовательную среду [27, 28, 29], что, в свою очередь, может быть отнесено уже к заслугам обучающего.

Перед детализацией описания предлагаемого метода инициирования познавательной активности учащихся обратим внимание на выбор учебной дисциплины, представляющей нам оптимальной для этих целей. Таким предметом в школе, с нашей точки зрения, может быть физика. Поставим вопрос о специфичности физики с точки зрения её воспри-

ятия как учебного предмета в сравнении с математикой, например. Физика и математика, хоть и взаимосвязаны, но имеют различные подходы и методы исследования.

Физика изучает природные явления и законы, которые объясняют поведение материи и энергии в пространстве и времени. Физика опирается на эксперименты и наблюдения для проверки теорий. Математика является абстрактной наукой, занимающейся изучением количественных отношений, структур, форм и пространств. Математика опирается на логические рассуждения и доказательства.

С методологической позиции физика базируется на эмпирическом подходе, основой которого выступают экспериментальные методы, включая контроль, наблюдение и измерение. Ученые формулируют гипотезы, которые затем проверяются в ходе экспериментов, в которых наблюдаются эффекты и фиксируются их изменения. В математике преобладает абстрактный дедуктивный подход, в рамках которого основные принципы формулируются через аксиомы и теоремы. Исследования ведутся как дедуктивные: от общих принципов к частным случаям. Например, математик может доказать теорему, исходя из других уже известных теорем и аксиом.

Различен и инструментарий. Прежде всего это доминирование экспериментальных средств в физике в противоположность логическим конструкциям в математике. Физики используют разнообразные инструменты и оборудование (например, приборы для измерения, лабораторные установки) для проведения экспериментов и сбора данных. И даже для теоретической физики критерием истинности теории является принципиальная наблюдаемость описываемых явлений. В математике ис-

пользуется формальный язык (символы, формулы) и логические системы для построения доказательств и выводов. Математики разрабатывают модели, которые помогают формализовать проблемы и искать решения.

С другой стороны, несмотря на различия, математика и физика часто работают в тесной связке. Математические модели и формулы являются необходимыми инструментами для физиков, чтобы описывать и предсказывать физические явления. При этом физические проблемы иногда требуют новых математических решений, что приводит к инновациям и развитию как в математике, так и в физике. Математика служит основой для различных наук, включая физику, и разрабатывает новые методы и теории, которые могут быть применены в других областях, однако сама по себе часто остается в рамках абстракции и теории.

Из перечисленного и не только с неизбежностью следует вывод о фундаментальных различиях в подходах к верификации результатов научных исследований в физике и математике. Так результаты физического исследования прежде всего подлежат верификации путем воспроизводимости экспериментов. Если другие ученые могут повторить эксперимент и получить те же результаты, то полученные выводы более надежны. В математике результат считается истинным, когда он доказан в логической системе. Доказательство может быть выполнено на основе аксиом и ранее доказанных теорем без необходимости обращения к экспериментам и другим способам верификации.

Рассмотренная специфичность физики в общей системе научного знания делает её удобным объектом для предложения нового метода развития познавательной активности

учащихся в общеобразовательном курсе физики путем верификации возможных ответов на учебные задания по предмету. Нахождение ответа на учебный вопрос может быть увлекательным и многогранным процессом.

Такой подход противопоставляется традиционным поэтапным рекомендациям, помогающим учащемуся разобраться в вопросе и нахождении необходимой информации. Обычно ученику рекомендуется начать с осознания вопроса, понимания его формулировки через убеждение в ясности проблемы, которую нужно решить. Например, если вопрос звучит «Каковы основные виды энергии, которые, обычно, рассматриваются в рамках закона сохранения энергии? Приведите примеры кинетической, потенциальной, тепловой и других видов энергии», то при наличии понимания его можно сократить до ключевых слов.

В этой связи осознание вопроса невозможно без опоры на знания, основы которых трудно получить без учебников и конспектов. Учащемуся потребуется нахождение в учебнике раздела, соответствующего ключевым словам рассматриваемой проблемы. Ему необходимо будет обратить внимание на определения, формулы и примеры, которые могут помочь получить общее представление о теме. Возможно, потребуется использование онлайн-ресурсов, таких как видеоуроки и образовательные платформы. Нужно будет разделить информацию на известные факты и те, которые требуется найти. Например, известное: закон сохранения энергии. Незвестное: как именно этот закон применяется в конкретном физическом процессе. Если вопрос связан с решением задач, нужно будет найти и применить соответствующие формулы. Иногда одно объяснение может быть

недостаточным. Целесообразно использование нескольких различных источников, чтобы увидеть разные подходы и объяснения одного и того же явления. Также желательна опора на доступные материалы, статьи на образовательных сайтах или даже специализированные форумы, где можно задать вопросы.

После того как собрана вся требуемая информация необходимо попытаться самостоятельно сформулировать ответ на вопрос, записать его в удобной форме, часто с использованием графиков или таблиц. В завершении традиционных рекомендаций предлагается, если возможно, сравнить результат с доступными учебными материалами или обратиться к другим критериям.

Однако многочисленность перечисленных выше традиционных рекомендаций не всегда благо. Часто учащиеся по этой причине даже не приступают к их реализации, задавая себе вопрос, а нельзя ли получить ответ сразу. Оказывается, можно.

Суть предлагаемого нами метода — перенос поиска ответа на задание по физике на какую-нибудь систему искусственного интеллекта, а верификация ответа в этом контексте становится главной задачей обучаемого, приводящей к инициированию его познавательной активности со всеми вытекающими позитивными последствиями.

1. Учебные задания в общеобразовательном курсе физики и поддерживаемые искусственным интеллектом варианты их выполнения

Учебные задания по физике могут существенно различаться по форме, содержанию и методам выполнения. Их разнообразие способствует развитию различных навыков у учащихся. Вот лишь несколько

категорий и примеров учебных заданий.

Наиболее распространены общетеоретические задания и фундаментальные вопросы, например, «Сформулируйте три закона Ньютона и приведите примеры их применения» или, «Что такое изменение скорости тела и какова его связь с ускорением?». Тут же проводятся натурные эксперименты и лабораторные работы, такие как проведение эксперимента по определению коэффициента трения между различными поверхностями или лабораторная работа по способам измерения силы тяжести. Теоретические вопросы подкрепляются большим числом задач с применением формул и выполнением расчетов. Предлагаются также задания по моделированию физических явлений. В качестве домашней работы могут даваться проектные задания, например, создать временную шкалу основных открытий в физике и продемонстрировать их влияние на технологии. Сегодня широко представлены и интерактивные задания с экспериментами в виртуальной лаборатории. Перечень может быть многократно продолжен.

Смоделируем ситуацию деятельности учащегося по выполнению домашнего задания учителя с использованием какой-нибудь системы искусственного интеллекта. Ситуация: учитель задает вопрос: «Каковы условия равномерного и прямолинейного движения тела?». Контекст: учащийся по рекомендации учителя или самостоятельно решает использовать искусственный интеллект для подготовки ответа на этот вопрос.

При выполнении задания учащийся формулирует запрос (промт) к искусственному интеллекту. Учащийся открывает приложение или веб-сайт искусственного интеллекта, например, виртуального помощника или специализированного образовательного

программного обеспечения. Вводит запрос: «Какие условия необходимы для равномерного и прямолинейного движения тела?». Получает информацию от искусственного интеллекта (дословная цитата Telegram чат-бота Рико DeepSeek [30]):

«Для равномерного и прямолинейного движения тело должно соответствовать следующим условиям:

1. Постоянная скорость: тело движется с постоянной скоростью, что означает, что его скорость не изменяется со временем.

2. Отсутствие ускорения: ускорение равно нулю ($a = 0$). Это также означает, что на объект не действуют силы, направленные в сторону движения.

3. Прямолинейный путь: траектория движения должна быть прямой, без изменения направления.

4. Отсутствие внешних сил: если на тело действуют различные силы, то оно не будет двигаться равномерно и прямолинейно. Для равномерного движения требуется, чтобы все силы, действующие на тело, уравновешивали друг друга».

Учащийся таким образом получает ответ на вопрос учителя, но кажущаяся правильность ответа подталкивает к отказу от этапа верификации результата. Он может сразу сформулировать ответ учителю: «Равномерное и прямолинейное движение реализуется при выполнении нескольких условий: тело должно двигаться с постоянной скоростью, не испытывать ускорения, двигаться по прямой траектории и не быть подвержено воздействию других сил».

Но вернемся к вопросу. Очевидно, что приведенный ответ искусственного интеллекта в лучшем случае не точен. Во-первых, сама формулировка ответа неудачна: если «тело должно соответствовать условиям», значит далее речь должна идти о свойствах этого

тела. Однако, перечисленные далее условия относятся не к телу, а к особенностям протекания равномерного прямолинейного движения как явления. К тому же, приведенный перечень условий тоже вызывает вопросы.

1. Что значит «не изменяется со временем»? Если речь идет только о модуле скорости, то тело за любые равные промежутки времени проходит одинаковые пути, если о скорости, как о векторной величине — за любые равные промежутки времени совершает одинаковые перемещения.

2. Отсутствие сил, направленных в сторону движения, не закрывает проблему. Лучше формулировать отсутствие ускорения через равную нулю векторную сумму сил, действующих на тело.

3. Утверждение о том, что «траектория движения должна быть прямой без изменения направления» относится только к равномерному прямолинейному движению. Но ответ искусственного интеллекта выглядит как характеристика «прямолинейного пути», что не соответствует действительности, так как направление движения вдоль одной прямой не отразится на форме траектории, она останется прямолинейной. Но главное, что отнесение этого утверждения к условиям протекания процесса неверно отражает причинно-следственные связи: причиной равномерного прямолинейного движения является отсутствие в инерциальной системе отсчета нескомпенсированных сил, действующих на тело, а следствием будет равномерное прямолинейное движение. Некритическое отношение к подобным «мелочам» закладывает в сознании обучающихся серьезные методологические заблуждения, трудно устранимые в последствии.

4. Неверна и фраза, что если на тело действуют различные силы, то оно не будет

двигаться равномерно и прямолинейно. Например, человек равномерно поднимается в лифте, на него действует сила тяжести и сила реакции опоры. Это различные силы, однако движение равномерное.

Учитывая, что в приведенном примере ответы искусственного интеллекта далеки от совершенства (не все формулировки и утверждения удовлетворительны, среди правильных есть небрежные и неточные), учащийся при некотором содействии учителя может достаточно быстро убедиться, что без верификации не обойтись.

А это ничто иное как инициирование познавательной активности, главный результат конкретной работы с искусственным интеллектом. В данном простейшем случае достаточно проверка полученных данных в учебниках или через другие источники, чтобы убедиться в том, что информация верная и полная или нет. Это важнейшая часть его учебной работы, ради которой учитель и может рекомендовать использовать на первом этапе систему искусственного интеллекта.

Далее учащийся должен подготовиться к обсуждению ответа с учителем. Здесь могут быть дополнительные вопросы или пояснения, которые необходимы для формирования более глубокого понимания изучаемой темы. Например, какое значение имеет первый закон Ньютона для описания равномерного движения или поиск примеров реальных ситуаций, где можно наблюдать равномерное и прямолинейное движение. Представляя ответ учителю на уроке, учащийся отвечает на вопрос, используя собранную им информацию. В процессе обратной связи учитель может задать дополнительные вопросы, в которых уточняет, как условия равномерного движения могут быть нарушены в реальной жизни,

или приводит примеры, чтобы проверить глубину понимания учащегося.

Моделирование деятельности учащегося, использующего искусственный интеллект, демонстрирует, каким образом технологии могут обогатить процесс обучения, улучшить понимание материала и позволить учащимся самостоятельно находить решения и обосновывать их на основе критического мышления. Использование искусственного интеллекта в образовании должно стимулировать учащихся к активному и самостоятельному поиску информации, формируя при этом навыки критической оценки данных. Но если в заданиях, направленных на изучение общетеоретических вопросов общеобразовательного курса физики, искусственный интеллект в определенной мере противопоставляется учебнику, в котором по определению материал точен и корректен, то с задачами обстоит дело намного сложнее. Даже решение самых простых задачи по физике, где все, казалось бы, очевидно, таит в себе множество вопросов и нюансов.

Приведем примеры простейших задач на применение формул и выполнение расчетов (выборочные цитаты Telegram-чатбота Марти ChatGPT [31]):

Задача на движение. *Автомобиль движется с постоянной скоростью 60 км/ч. Какое расстояние он преодолеет за 2 часа?*

Ответ искусственного интеллекта:

«Формула: $S = v \cdot t$, где v — скорость, а t — время.

Подстановка значений:

$$S = 60 \text{ км/ч} \cdot 2 \text{ ч} = 120 \text{ км.}$$

Вывод: автомобиль преодолеет 120 км».

Решение, предложенное искусственным интеллектом, ожидаемо и тривиально. Однако, следуя идее «подвергай все сомнению» и заданию учителя

по верификации результата, можно задуматься о том, насколько реален полученный ответ. С одной стороны, для современных автомобилей нет никакой проблемы пройти 120 км за 2 часа. С другой стороны, трудно представить, что на таком достаточно большом пути автомобиль не тормозил, не ускорялся, нигде не останавливался и пр., т.е. двигался строго равномерно, как указано в условии задачи. Такой ответ реален, если речь идет о средней скорости. Но далее возникает вопрос о том, о какой средняя скорость может иметься в виду: средняя путевая (скалярная величина) или средняя по перемещению (векторная величина). Таким образом, появляется повод переключить внимание учащихся с чисто технического простого вопроса вычисления расстояния по хорошо известной формуле на обсуждение смысла физических понятий, моделей и границ их применимости.

Второй вопрос, который можно обсудить с учащимися, связан со сложившимися методическими традициями: алгоритм решения физических задач, который предлагают учащимися, предусматривает обязательный перевод всех физических величин в СИ. Но насколько обязательно это делать в данной задаче? Нет ли в этом отношении ошибки в решении искусственного интеллекта? Как надо было бы поступить, если бы скорость автомобиля была 15 м/с? Время движения 120 мин.?

Задача на закон сохранения импульса. Два шара, один массой 2 кг и другой массой 3 кг, движутся навстречу друг другу с одинаковыми скоростями 4 м/с. Какой будет скорость обоих шаров после неупругого столкновения, если они дальше будут двигаться вместе?

Ответ искусственного интеллекта:

«Формула закона сохранения импульса

$$m_1v_1 + m_2v_2 = (m_1 + m_2)u.$$

Вычисление итоговой скорости

$$u = \frac{m_1v_1 + m_2v_2}{m_1 + m_2} = \frac{8 - 12}{2 + 3} = -0,8 \text{ м/с}$$

Вывод: оба шара будут двигаться в сторону меньшего массой со скоростью 0,8 м/с».

Предложенное в данном случае искусственным интеллектом решение этой задачи не только можно, но и обязательно нужно подвергнуть критическому анализу. Насколько правомочно использование закона сохранения импульса в данной ситуации? Можно ли считать систему шаров замкнутой и почему? Импульс тела – векторная величина, каким образом в записи закона сохранения импульса можно это учесть? Как это сделано в этой задаче? С каким объектом связана система отсчета, в которой проведены эти рассуждения? Будут ли они верны в другой системе отсчета? На каком основании в решении принято, что скорость шаров после соударения будет одинаковой?

При поиске ответов на эти вопросы внимание учащихся опять переключается с вопроса «как сделать?» на вопросы «почему нужно так сделать?» и «можно ли так сделать?». Это чрезвычайно актуально для обучения физике в современных условиях. В заданиях ЕГЭ по физике [32] уже несколько лет в задании № 26 с открытым ответом требуется не просто представить решение задачи, но и обосновать «применимость законов, используемых для решения задачи». Анализ типичных ошибок участников ЕГЭ 2024 г по физике показывает, что с этим критерием справляется не более 18% экзаменуемых [33, с.17].

Задача по термодинамике. Какое количество теплоты необходимо для нагрева 200 г воды от 20 °C до 100 °C? Удельная теплоемкость воды равна 4,18 Дж/(г·°C).

Ответ искусственного интеллекта:

«Формула: $Q = cm\Delta t$, где Q – количество теплоты, m – масса воды, c – удельная теплоемкость воды, Δt – изменение температуры.

Подстановка значений:
 $Q = 0,2 \cdot 4,18 \cdot 80 = 66880 \text{ (Дж)}.$

Вывод: для нагрева воды необходимо 66880 Дж».

Решение этой простейшей традиционной школьной задачи с помощью нейросети тоже должно вызвать ряд вопросов. Почему удельная теплоемкость воды имеет такое значение (отличное от значений, приведенных в школьных задачниках и учебниках – 4200 Дж/кг·°C)? Допустимо ли подставлять числа в формулу в таком виде? Нет ли здесь ошибки? Каков будет ответ, если нужно будет нагреть 200 л воды? И так далее.

Предложенные искусственным интеллектом решения даже таких тривиальных задач открывают широкий спектр возможностей для дальнейшей активизации познавательной деятельности ученика. Во-первых, это во всех случаях осознание представленной в задаче проблемы с ответом на вопрос о целесообразности применения использованных физических законов. Соответствуют ли они физической ситуации, описанной в задаче? Соблюдены ли граничные условия? Является ли предложенное решение понятным и рациональным? Нет ли других более удобных способов достижения цели? Соответствуют ли единицы измерения физических величин в условии задачи требуемым для подстановки в формулы? Разумность полученного числового результата с проверкой по размерности? Во-вторых, решение каждой отдельной задачи в таком ключе – хороший материал для построения урока.

2. Верификация результатов поисковых запросов систем искусственного интеллекта как учебная задача

Поскольку генеративный искусственный интеллект довольно быстро учится на поисковых запросах пользователей, то можно предположить, что применение предлагаемого метода верификации результатов промтов будет более эффективным при решении задач по физике более высокого уровня сложности, чем уже рассмотренные выше в примерах.

Для изучения возможностей применения разных систем искусственного интеллекта при обучении физике на уровне общего образования были выбраны задачи уровня сложности контрольно-измерительных материалов ЕГЭ по физике, которые были предложены для решения несколькими самым широко используемым системам искусственного интеллекта: ChatGPT, GigaChat, DeepSeek.

Пример 1. Брусок массой 1 кг лежит на горизонтальном столе. К нему прикладывают горизонтальную силу 1 Н. С каким ускорением будет двигаться брусок, если коэффициент трения 0,25?

Приведем оригинальное решение ChatGPT:

«Рассчитаем ускорение бруска, учитывая силу трения.

Дано:

Масса бруска: $m = 1$ кг

Сила, приложенная к бруску: $F = 1$ Н

Коэффициент трения:

$$\mu = 0,25$$

Ускорение свободного падения: $g = 9,8$ м/с²

Шаг 1. Найдём силу трения. Сила трения покоя (максимальная) или скольжения

$$F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg = 0,25 \cdot 1 \cdot 9,8 = 2,45 \text{ Н}$$

Шаг 2. Сравним приложенную силу и силу трения. Приложенная сила

$$F = 1 \text{ Н} < F_{\text{тр}} = 2,45 \text{ Н}$$

Это означает, что сила не-

достаточна для преодоления трения — брусок не начнёт движение и останется в покое. Ответ: ускорение бруска равно 0 м/с² — брусок не движется».

Видно, что приведено вполне адекватное решение, предложенное синтетическим методом, хотя выбор метода никак не обоснован. Стоит отметить, что во многих российских школах для решения подобных задач неоправданно часто используют аналитический метод, получая при этом ответ, справедливый только в определенных условиях. Такой ограниченный подход может провоцировать познавательные затруднения учащихся [34].

Учитывая это обстоятельство, чату был задан первый уточняющий вопрос: «Приведи обоснование применения всех формул».

Ответ ChatGPT:

«Давай критически разберёмся с обоснованием применения каждой формулы в решении:

1) Сила трения:

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N.$$

Это формула для сухого скользящего трения, предполагающая, что объект уже движется. Однако в задаче пока не ясно, движется ли брусок — ведь приложенная сила может быть недостаточной, чтобы сдвинуть его с места.

Для начала движения нужно рассматривать максимальную силу трения покоя, которая может принимать значения от 0 до

$$F_{\text{тр}}^{\text{макс}} = \mu_{\text{покоя}} \cdot N.$$

Если коэффициент трения в задаче относится к трению покоя, то применение формулы допустимо только как верхняя граница, но нельзя просто утверждать, что сила трения равна μN — это справедливо только в случае движения.

Вывод: Мы предположили, что это трение скольжения, но на самом деле сначала надо проверить, начнёт ли брусок двигаться, сравнив приложен-

ную силу с максимальной силой трения покоя.

2) Нормальная сила (Замечание: в российской школе используется другой термин — сила реакции опоры, под которой подразумевается составляющая силы реакции опоры, нормальная к поверхности):

$$N = mg.$$

Предполагается, что стол абсолютно горизонтален и нет никаких вертикальных составляющих других сил. Если стол имеет наклон или есть другие силы (например, нажатие сверху или натяжение снизу), нормальная сила изменится. Но в данной задаче условий таких нет, так что допущение разумное.

3) Второй закон Ньютона:

$$a = \frac{F_{\text{рез}}}{m}.$$

Работает только при наличии движения, и только если мы правильно учли все силы, включая трение. Если трение не преодолено, то $F_{\text{рез}} = 0$, и движение не начнётся. Так что применять его можно только после того, как убедились, что сила действительно сдвигает тело с места.

Общий вывод: нельзя сразу использовать $F_{\text{тр}} = \mu \cdot N$, не определив, движется ли тело. Возможно, речь идёт о трении покоя, и тогда сила трения адаптируется под приложенную силу до предела. Прежде, чем искать ускорение, нужно проверить условие начала движения:

$$F > F_{\text{тр}}^{\text{макс}}$$

Если оно не выполняется, то ускорение равно нулю».

Второй дополнительный вопрос: «Почему в приведенных рассуждениях принимается, что начальная скорость равна нулю?».

Ответ ChatGPT:

1) «Отличный вопрос — ты подмечаешь важный момент, который часто упускают. Почему обычно предполагают, что начальная скорость $v_0 = 0$?

2) **Формулировка задачи:** В задаче сказано: «Брусок лежит на горизонтальном столе. К нему прикладывают силу...». Это описание подразумевает, что:

- Брусок изначально покоится, поскольку не сказано, что он уже движется.

- Сила начинает действовать с некоторого момента времени, т.е. она «запускает» движение, если вообще способна.

3) Если бы брусок уже двигался:

- Тогда речь шла бы о трении скольжения, а не о трении покоя.

- Задача обязательно указала бы, что брусок движется с какой-то скоростью или что движение уже имеется.

4) Молчаливое допущение:

В школьных и базовых университетских задачах часто опускают начальные условия, если они не критичны для понимания сути задачи. Предполагается, что если не указано иное, то $v_0 = 0$. Если брусок уже двигался, то сила трения была бы постоянной и равной $F_{\text{тр}} = \mu \cdot N$, и ускорение рассчитывалось бы так:

$$a = \frac{F - F_{\text{тр}}}{m},$$

и при $F < F_{\text{тр}}$ тело бы замедлялось, а не оставалось в покое.

Вывод:

Предположение $v_0 = 0$ — логичное, но не универсальное. Оно основано на:

- неявном контексте формулировки задачи,
- типичных начальных условиях (покой до действия силы),
- и упрощениях, принятых в задачах начального уровня».

Решения этой же задачи, полученные с помощью GigaChat, DeepSeek были примерно такими же, однако объяснения ChatGPT оказались более четкими и лаконичными, без существенных физических неточностей и ошибок (хотя, например, встретилось такое утверждение: «Ящик стоит на

полу — сила трения компенсирует его вес»). Следует заметить, что, если строить диалог с системой искусственного интеллекта, предлагая последовательно подвергнуть сомнению используемые им утверждения, можно выбрать правильное решение и получить довольно полезные выводы. Однако, чтобы понять их ценность, все-таки нужно иметь некоторую базовую подготовку по физике.

Пример 2. Докажите, что, если два одинаковых металлических шарика, заряженные одноименно неравными зарядами, привести в соприкосновение и раздвинуть на прежнее расстояние, сила взаимодействия обязательно увеличится, причем тем значительно, чем больше различие по величине зарядов.

Задачи на доказательство, тем более по электричеству, — редкий гость в школьном курсе физики. Все три системы ИИ более или менее справились с поставленным запросом и предложили разные приемы доказательства.

1) GigaChat:

Через отношение сил взаимодействия шариков до и после соприкосновения

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{(q_1 + q_2)^2}{4q_1q_2},$$

предлагая оригинальное математическое доказательство того, что это выражение больше 1.

2) ChatGPT:

- через отношение сил взаимодействия шариков до и после соприкосновения

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{(q_1 + q_2)^2}{4q_1q_2},$$

утверждая, что это выражение всегда больше 1, если заряды $q_1 \neq q_2$, без подробного доказательства.

- Через нахождение разности сил взаимодействия шариков до и после соприкосновения, правда только для частного случая: $q_1 = q + \Delta q$ и $q_2 = q - \Delta q$, где $\Delta q > 0$.

$$F_2 - F_1 = k \frac{q^2 - (q^2 - \Delta q^2)}{r^2} = k \frac{\Delta q^2}{r^2}.$$

3) DeepSeek предлагает более обобщенное решение:

$$\begin{aligned} F_2 - F_1 &= k \frac{(q_1 + q_2)^2}{r^2} - k \frac{q_1q_2}{r^2} = \\ &= k \frac{(q_1 - q_2)^2}{r^2}, \end{aligned}$$

Откуда следует, что чем больше $(q_1 - q_2)$, тем больше увеличивается сила взаимодействия после соприкосновения. При этом после запроса на обоснование корректности используемого подхода система искусственного интеллекта выдает достаточно подробный (хоть порой косноязычный) и полезный для школьника анализ и делает вывод, что доказательство корректно при условиях:

- Шарики одинаковы (одинакова их емкость, поэтому после соприкосновения их заряды становятся одинаковыми);

- Расстояние r велико по сравнению с размерами шариков (т.е. заряженные шарики можно считать точечными);

- Заряды шариков одноименные;

- После соприкосновения шарики полностью разъединены и не влияют друг на друга иначе, чем через кулоновское взаимодействие.

Пример 3. В две вершины (точки 1 и 2) равностороннего треугольника со стороной L (рис. 1) помещены заряды q и $-2q$. Каковы направление и модуль вектора напряженности электрического поля в точке 3, являющейся третьей вершиной этого треугольника? Известно, что точечный заряд q создает на расстоянии L электрическое поле напряженностью

$$E = 10 \text{ мВ/м}.$$

Для решения этой задачи требуется анализ приложенного к условию рисунка (задание из контрольно-измерительных материалов ЕГЭ по физике).

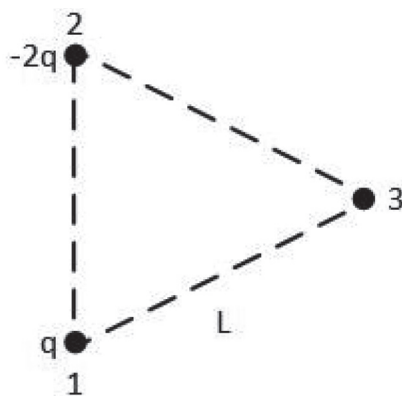


Рис. 1. Условие задачи примера 3
Fig. 1. Condition of the problem of example 3

Вот с этой задачей справились хуже: хоть ответ и был получен, но очень громоздким и нерациональным способом. Поскольку рассматриваемые модели искусственного интеллекта не умеют чертить и рисовать, а решение требует геометрических построений, они выполнялись описательно. GigaChat выдал полностью неверное решение. На предложение сделать поясняющий рисунок GigaChat ответил: «Прошу меня простить, но я не хочу это рисовать» (ну почти, как школьник).

Пример 4. Определить напряжение и заряд на конденсаторах. Величины, обозначенные на рисунке (рис. 2), считать заданными.

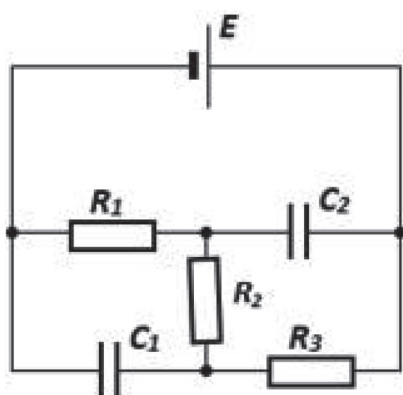


Рис. 2. Условие задачи примера 4
Fig. 2. Condition of the problem of example 4

Эта задача требует анализа электрической схемы. Но с ней не справилась ни одна из рассматриваемых систем

искусственного интеллекта: выдавали наукообразные рассуждения, неверно определяли тип соединения резисторов, утверждали, что конденсаторы соединены параллельно и пр. Это яркий пример необходимости критического мышления при использовании результатов промов к системам искусственного интеллекта.

Пример 5. На рисунке (рис. 3) изображен график зависимости проекции скорости прямолинейного движения некоторого тела от времени.

- 1) Определите вид движения;
- 2) Найдите величину и направление начальной скорости тела;
- 3) Вычислите проекцию ускорения тела и его направление;
- 4) Напишите уравнение зависимости проекции скорости этого тела от времени;
- 5) Что происходит с этим телом в момент времени, соответствующий точке В? Как движется тело после этого момента времени?

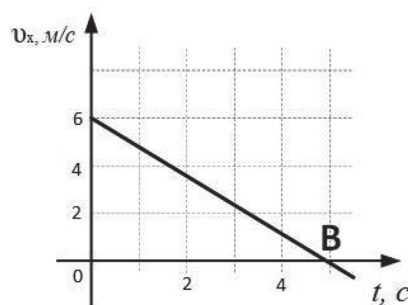


Рис. 3. Условие задачи примера 5
Fig. 3. Condition of the problem of example 5

Задачи с графиками, решение которых предполагает получение информации об объекте, физическом процессе или явлении, представленной в графическом виде и требующей анализа для получения ответа, традиционно вызывают затруднения у учащихся [35]. Логично предположить, что, получив такое задание от учителя, ученик может обратиться за помощью к искусственному интеллекту.

Разные модели искусственного интеллекта, которые подверглись испытанию, дали в принципе правильный алгоритм действий для разбора такой задачи. В целом определено, какому виду движения соответствует график, указано, что тело замедляется. Однако, ни одна система не смогла считать данные с рисунка: определить значение момента времени, соответствующего точке В, проекцию начальной скорости, и, соответственно, правильно рассчитать ускорение. Числовые данные и ответы, приведенные в решениях, были взяты из каких-то похожих задач, а не из данной. Это означает, что если задача составлена самостоятельно, а не взята из бумажных или электронных пособий в готовом виде, то правильный числовой ответ от нейросети можно и не получить.

3. Экспериментальная оценка наиболее распространенных систем искусственного интеллекта применительно к исследуемой проблеме

Приведенные выше примеры не позволяют сегодня однозначно ответить на вопрос о предпочтительности выбора той или иной системы искусственного интеллекта в качестве базовой для использования в учебном процессе на уровне общего образования. Выбор может зависеть от многих причин, но, видимо, искать ответ нужно в первую очередь среди GigaChat, DeepSeek и ChatGPT как самых популярных и продвинутых системах больших языковых моделей (Large Language Models - LLM).

GigaChat. Система разработана и представлен Сбером в 2023 году. Способна взаимодействовать с пользователем через генерацию осмысленного естественного языка. Главная особенность этой модели — ориентация на русскоязычный сегмент интерне-

та. В ней сделан упор на исследовании большого объема русскоязычной информации, что позволяет более корректно понимать промты на русском языке. Существует ограничение на длину запросов. С 2024 года, максимально допустимая длина текстового запроса может достигать 4000 символов. Система способна считывать и файлы, содержащие иллюстрации и текст. Размер таких файлов не может превышать для формата txt — 1 Мб, а для формата PDF — 20 Мб. В этом случае, система способна распознать не более 50 страниц. На текущий момент ресурс представлен двумя уровнями использования: 2max - для максимальных возможностей и 2pro — для простых задач. Описаны случаи, когда нейросетевая модель GigaChat выполнила все задания единого государственного экзамена [36] и даже экзамен, который сдают выпускники, получающие квалификацию врача [37]. Нейросеть может взаимодействовать с пользователем в том числе и на языках малочисленных народов России.

DeepSeek. Создана и представлена в 2023 году Hangzhou DeepSeek Artificial Intelligence Basic Technology Research Co., Ltd. Страна происхождения - Китай. Базовая архитектура этой модели схожа с ChatGPT. Обучение системы происходит на основе анализа больших данных в режиме постоянного обновления, благодаря обратному механизму обучения (Reinforcement Learning with Human Feedback). Эта LLM мультязычна. Основная ориентация — бизнес аналитика и программирование. Максимальная длина запроса порядка 256 000 символов на русском языке, включая тексты запросов, прикрепляемые файлы и тексты ответов искусственного интеллекта. В настоящий момент, разработчик не ввел оплату за использование DeepSeek. Нейросеть способна

иллюстрировать ход решения задач по физике, однако делает это в достаточно упрощенном виде, используя символы, характерные для компьютерных программ 2000-х годов.

ChatGPT (от англ. Generative Pre-trained Transformer — «генеративный предобученный трансформер»). Широко представлен в 2022 году американской компанией OpenAI в виде архитектуры Transformer. Система мультязычна, способна подстраиваться под запросы пользователя и может адаптироваться к разным языкам и стилям взаимодействия. В настоящее время самая актуальная версия этой LLM-системы «GPT-4.5». Максимальная длина запроса в бесплатной версии порядка 1500 слов, в платной версии порядка 3000 слов. Чат-бот способен генерировать высокоинформативные и связанные тексты практически на любом языке. Система, при расчетах, использует более 1,8 триллионов параметров. Подробнее о возможностях ChatGPT при обучении физике и математике [38]. Главным препятствием для граждан России в использовании ChatGPT являются ограничения корпорации OpenAI на запросы из Российской Федерации.

В таблице приведена полученная нами экспериментальная оценка результатов работы трех систем искусственного интеллекта при решении задач общеобразовательного курса физики.

Из приведенного выше в первую очередь следует, что при всем огромном объеме информации, которым оперируют рассматриваемые нейросети, они пока не способны генерировать материал, сопоставимый с результатом аналитического мышления человека, глубоко разбирающегося в изучаемой проблеме, хотя ответы на типовые вопросы искусственный интеллект выдает достаточно корректно и быстро. Например, системы

искусственного интеллекта хорошо справляются с вопросами о физических понятиях или с решением стандартных задач по физике. Но если предположенный опыт системы искусственного интеллекта для анализа предложенной ситуации оказывается недостаточным, то могут возникать так называемые галлюцинации (hallucination) [39]. Появляются достаточно правдоподобные ответы и решения, которые иногда могут даже совпадать с правильными ответами задачника, но зачастую основываются на грубых неточностях в решении или обосновании предлагаемых способов решения задач. Однако именно здесь и появляется почва для обучения через анализ результатов промтов, о которых идет речь в настоящей статье.

В связи с этим можно обозначить серьезную методическую проблему: насколько обученным должен быть пользователь, т.е. какими и в каком объеме базовыми предметными знаниями и умениями он должен изначально обладать, чтобы суметь разобраться в том, насколько правильным является ответ, полученный от нейросети, и понять, нужно ли усомниться в его адекватности. Ответ на этот вопрос не столь очевиден. В большинстве рекомендаций по использованию искусственного интеллекта пользователю предлагается провести проверку ответа различными средствами в предположении, что он способен и готов осознать потенциальную проблему. Однако, это не всегда так. Нами была проведена апробация предлагаемого метода с помощью рассмотренных выше примеров задач среди взрослых испытуемых, которые не используют в явном виде знания по физике в своей профессиональной деятельности, но осознанно хотели бы вспомнить изученное в школе и разобраться в некоторых вопросах. В подавляющем

Сравнение результатов запросов по решению задач по физике

Comparison of query results for solving physics problems

Показатель	GigaChat	ChatGPT	DeepSeek
Решение текстовой качественной задачи.	Решение достаточно корректное. Для достижения необходимой пользователю глубины ответа нужны дополнительные уточняющие вопросы.	Решение достаточно корректное. Для достижения необходимой пользователю глубины ответа нужны дополнительные уточняющие вопросы.	Решение достаточно корректное. Для достижения необходимой пользователю глубины ответа нужны дополнительные уточняющие вопросы.
Доступность и понятность объяснения физических явлений и процессов.	Для получения доступного объяснения промт должен содержать указание уровня («объясни для ученика 7 класса»). Проблемы с объяснением могут возникнуть в связи с переводом терминологии на русский язык, например, «идеальное поведение газов».	Для получения доступного объяснения промт должен содержать указание уровня («объясни для ученика 7 класса»).	Подробное пошаговое объяснение решения.
Решение текстовой расчетной задачи.	Приводится адекватное пошаговое решение. Не всегда буквенные обозначения физических величин совпадают с принятыми в российских школах, что может вызвать проблемы восприятия учащимися.	Подробное пошаговое решение, которое сводится к выбору правильных формул и действиям по алгоритму. Обоснование действий не приводится, но его можно «добыть» в диалоге.	Выполняет аналитическое решение в формульном виде, поясняя словами каждое действие.
Написание математических формул.	Отображение формул стандартное. Математические операции сводятся к подстановке чисел в формулу. Решение в общем виде (аналитическое) — по запросу. Анализ полученного математического результата также проводится по запросу или, если условие задачи содержит данные только в буквенном виде.	Отображение формул стандартное, хотя встречаются смысловые ошибки (например, $\vec{E} = k \cdot \frac{q}{r^2}$). Аналитическое решение проводится поэтапно.	Отображение формул стандартное, хотя встречаются ошибки в символьных обозначениях.
Обозначения символа вектора в формулах и операции с векторными величинами.	Умеет, но делает это не всегда. Если задача — школьная, типовая и достаточно простая, направления векторов задается в описательном виде, словами. Если задача более сложная (например, уровень ЕГЭ), то векторные выражения в аналитическом виде могут быть записаны.	Верно записывает векторные выражения, поясняя словами, как направлен тот или иной вектор, но изображать вектора и выполнять с ними геометрические действия не умеет.	Не умеет.
Создание поясняющих рисунков к задаче.	Не умеет: либо нет попыток, либо выполняет неадекватно.	Есть попытки изобразить поясняющие рисунки к решению задачи (например, силы, действующие на тело), однако не всегда верные.	Есть попытки изобразить поясняющие рисунки к решению задачи (например, силы, действующие на тело), но часто неудачные.
Построение графиков зависимостей физических величин.	Не умеет.	Система порой сама предлагает создать график. Однако, часто он график получается неадекватным физической ситуации (график ради графика) и непонятным.	ИИ способен создать график. Однако график получается упрощенным, для его рисования используются символы. Качество и адекватность графиков оставляет желать лучшего.
Получение количественных данных из графика.	Данные, отображенные на графике, не считываются.		
Интерпретация смысла графиков по общему виду.	Распознает общий вид графика, однако для интерпретации физического смысла, в условии задачи вид зависимости должен быть однозначно указан (например, $S(t)$).		
Получение информации из электрических схем.	Нет. Данные на схеме должны быть продублированы в текстовом условии задачи.	Данные считывает. Анализ схемы верен не всегда.	Данные считывает. Анализ схемы верен не всегда.

большинстве случаев испытуемые сразу удовлетворялись полученным ответом, пропуская даже грубые ошибки. Поиски уточнений и тонкостей физического смысла рассматриваемой в задаче ситуации осуществлялись ими только по указанию преподавателя и при условии его активной поддержки и сопровождения.

Заключение

Противодействовать внедрению систем искусственного интеллекта в обучение бессмысленно, поскольку их проникновение в образовательный процесс уже фактически состоялось. «Мы должны воспитать культуру критического отношения к ответам искусственного интеллекта. И кураж, чтобы эти ответы дополнять, и чтобы спорить с ними. Так человек сможет достигнуть состояния, когда он управляет машиной, а не машина управляет им» [26]. В нашей работе предпринята попытка воплотить эту общую стратегическую установку в конкретные методические решения. Представляется разумным научиться использовать в учебных целях методические достоинства использования искусственного интеллекта в учебных целях и минимизировать возможные риски. Эта идея может быть положена в основу нового метода обучения — метода верификации результатов поисковых запросов систем искусственного интеллекта.

Задачи по физике представляют собой прекрасное средство для этой цели, поскольку принципиально решение любой физической задачи подразумевает необходимость проверки ответа на реальность и на соответствие предельным и очевидным частным случаям, а способа решения — на адекватность рассматриваемой ситуации и попадание в граничные условия. Навыки

верификации информации включают в себя проверку логики рассуждений, причинно-следственных связей и корректность применения правил и законов в конкретной ситуации. Но если при традиционных методах обучения, получив ответ, учащийся сверял его с приведенным в задачнике или учебнике, то при использовании искусственного интеллекта он оказывается в ситуации необходимости не просто найти какой-то ответ, а перепроверить его несколько раз в других системах, в учебниках и другой учебной литературе, заслуживающей доверия.

Таким образом, метод нацелен на получение комплекса образовательных результатов (личностных, метапредметных и предметных результатов), зафиксированных в ФГОС СОО и ФГОС ООО.

Основными условиями успешности метода представляются нахождение оптимального баланса между традиционными и цифровыми средствами обучения, обновление содержания учебного материала для обучения, готовность всех участников образовательного процесса к постоянному развитию и адаптации к новым условиям [40]. Использование этого метода само собой требует переключения внимания с технических вопросов выполнения определенных учебных действий на содержательно-смысловые и причинно-следственные аспекты не только от ученика, но и от учителя. Предполагая, что ученик уже не останется «один на один» с заданием, а обратится к искусственному интеллекту, само задание нужно изначально формулировать так, чтобы заложить вопросы для дальнейшего обсуждения. Это естественным образом должно привести к повышению уровня учебного материала, отказу от простых вычислений по формуле в пользу качественного анализа полученных результатов. Возрастание роли качественных методов в

физических исследованиях и в обучении физике уже давно связывалось с возможностью проведения компьютерных вычислений, избавляющих в ряде случаев от необходимости построения строгого аналитического решения [41], но использование систем искусственного интеллекта значительно усиливает эту тенденцию.

Еще один важный аспект — организационный, который связан с построением урока и проверкой домашнего задания. При условии использования искусственного интеллекта модель урока «перевернутый класс» уже не выглядит чужеродной.

В поле нашего внимания были системы искусственного интеллекта, наиболее распространенные и хорошо разработанные, к которым можно сравнительно легко получить доступ, и вероятность обращения к которым со стороны учащихся достаточно высока.

Известно, что генеративный искусственный интеллект сам обучается на запросах пользователей. Уже созданы и достаточно успешно используются модели искусственного интеллекта, ориентированные на определенную область деятельности. Не исключено, что и в широком доступе скоро появится модель искусственного интеллекта, которая сможет разбираться с графиками, рисунками, электрическими схемами и более точно решать задачи по физике. В этом случае потребуются более значительный пересмотр всех методических подходов к обучению физике, к которым мы привыкли.

И, наконец, эффективность предлагаемого метода обучения на основе верификации результатов поисковых запросов систем искусственного интеллекта будет во многом зависеть от накапливающегося опыта его применения учителями и ожидаемых методических разработок педагогов-исследователей этой проблемы.

Литература

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 28.02.2025) «Об образовании в Российской Федерации» (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.04.2025), ст. 43, п.1.4.1.
2. Гладун А.Д. Миссия современного педагога // Физическое образование в ВУЗах. 2014. Т. 20. № 4. С. 5–7.
3. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://fgos.ru/fgos-ooo/>.
4. Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://fgos.ru/fgos-soo/>.
5. Корешникова Ю.Н., Чернобай Е.В. Школа будущего: путь к самообучающейся организации // Образовательная политика. 2024. № 1 (97). С. 64–76. DOI: 10.17853/1994-5639-2024-1-64-76.
6. Шукина Г.И. Педагогические проблемы формирования познавательных интересов учащихся: для специалистов в области педагогики. М.: Педагогика, 1988. 203 с.
7. Аксенова И.В., Бурцева Е.Ю., Гоголашвили О.В., Кузнецова Н.М., Созонтова О.В., Стрельникова Т.Д., Углова Н.В. Методические рекомендации по активизации познавательной деятельности обучающихся. Липецк: ГАУДПО ЛО «ИРО», 2019. 169 с.
8. Морыженкова Е.А. Интегрированные уроки в школе как фактор развития познавательной активности учащихся // Вопросы современной науки: проблемы, поиски, решения. М.: ПЕРСПЕКТИВА, 2023. С. 95–103.
9. Усольцев А.П. Идеальный урок. М.: ФЛИНТА, 2013. 296 с.
10. Вараксина Е.И. Иллюстративный и доказательный учебный физический эксперимент // Учебная физика. 2021. № 4. С. 58–67.
11. Вохидов Э.Р. Роль и значимость практических занятий в освоении курса физики в специализированных школах // Мир образования – образование в мире. 2023. № 3 (91). С. 97–103. DOI: 10.51944/20738536_2023_3_97.
12. Медовикова Е.А., Морозова, И.С., Мороденко Е.В. Формирование готовности к личностному выбору выпускника основной школы средствами рефлексивных семинаров // Казанский педагогический журнал. 2024. Т. 30. № 1–2. С. 85–107. DOI: 10.11621/KPJ-24-05.
13. Усова А.В., Завьялов В.В. Учебные конференции и семинары по физике в средней школе. М.: Просвещение, 1975. 111 с.
14. Белянин В.А., Кречетова И.В., Целищева Л.В. Организация самостоятельной работы учащихся инженерных классов по решению и составлению задач по физике // Современные наукоемкие технологии. 2023. № 10. С. 85–90. DOI: 10.17513/snt.39796.
15. Кубанычбекова Г., Юсупова А.М., Алгожоева Ж.Б. Самостоятельная работа на уроке как форма развития самостоятельности учащихся // Вестник Кыргызского Национального Университета имени Жусупа Баласагына. 2023. № 2 (114). С. 50–56. DOI: 10.58649/1694-8033-2023-2(114)-50-56.
16. Белоусова Ю.В. Цифровой сервис «Тесты» ФГИС «Моя школа» как инструмент оптимизации работы учителя // Калининградский вестник образования. 2024. № 3 (23). С. 33–41.
17. Демидова М.Ю. Государственная итоговая аттестация учащихся по физике: эволюция экзаменационных материалов // Педагогические измерения. 2018. № 2. С. 57–66.
18. Кухарев А.И. Теоретические основания для анализа организационных и педагогических условий реализации проектного обучения в школах // Отечественная и зарубежная педагогика. 2024. Т. 1. № 2 (98). С. 140–155. DOI: 10.24412/2224-0772-2024-98-140-155.
19. Федорова Н.Б., Кузнецова О.В., Огнева М.А. Проектная деятельность по физике в основной и старшей школе. Рязань: Рязанский государственный университет им. С.А. Есенина, 2021. 184 с.
20. Железнова А.Ф., Смирнова М.О. Развитие познавательной активности учащихся средней школы при изучении темы «диаграммы» на основе использования кейс метода // Актуальные проблемы современного образования. 2023. № 9(34). С. 233–241.
21. Гусева Н.Н. Применение игровых технологий на уроках математики в средней и старшей школе // Вестник+. 2024. № 1 (3). С. 61–65.
22. Тропникова В.В. Применение технологий геймификации в образовательном процессе в системе среднего профессионального образования // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2021. № 3. С. 86–96. DOI: 10.24412/2304-120X-2021-11016.
23. Атигаев А.С. Преподавание курса «Вероятность и статистика» обучающимся 7–9 классов с использованием технологии перевернутого класса и ИКТ // Universum: психология и образование. 2024. № 9 (123). С. 4–6.
24. Селиверстова Е.Н. Перевернутый класс: модный вызов или потребность времени? // Вестник Владимирского государственного университета им. Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых. Серия: Педагогические и психологические науки. 2022. № 51 (70). С. 31–43.
25. Червонный М.А., Швалева Т.В., Власова А.А. Исследование готовности учителей физики к реализации STEM-образования // Russian Journal of Education and Psychology. 2020.

Т. 11. № 5. С. 93–108. DOI: 10.12731/2658-4034-2020-5-93-108.

26. Казакова Е.И., Кузьминов Я.И., «Мы должны воспитать культуру критического отношения к ответам искусственного интеллекта». О стоящих перед системой образования вызовах беседуют Елена Казакова и Ярослав Кузьминов // Вопросы образования. 2025. № 1. С. 8–24. DOI: 10.17323/vo-2025-25882.

27. Константинова Л.В., Ворожихин В.В., Петров А.М., Титова Е.С., Штыхно Д. А. Генеративный искусственный интеллект в образовании: дискуссии и прогнозы // Открытое образование. 2023. Т. 27. № 2. С. 36–48. DOI: 10.21686/1818-4243-2023-2-36-48.

28. Левченко И.В., Садыкова А.Р., Меренкова П.А. Модель вариативного обучения учащихся основной школы в области искусственного интеллекта // Информатика и образование. 2024. Т. 39. № 2. С. 16–24. DOI: 10.32517/0234-0453-2024-39-2-16-24.

29. Черных С.И. Генеративный искусственный интеллект в обучении: перспективы новой дидактики // Философия образования. 2024. Т. 24. № 2. С. 74–86. DOI: 10.15372/PHE20240205.

30. DeepSeek [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://web.telegram.org/k/#@Neuro_Mentor_bot.

31. ChatGPT [Электрон. ресурс]. Режим доступа: https://web.telegram.org/k/#@martii_chat_botbot.

32. Открытый банк заданий ЕГЭ. Физика [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://fipi.ru/>.

33. Демидова М.Ю., Грибов В.А. Методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2024 года по физике [Элек-

трон. ресурс]. Режим доступа: https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2024/fi_mr_2024.pdf /.

34. Ларченкова Л.А. Методическая система обучения решению физических задач в средней школе. СПб.: Российский государственный педагогический университет им. А.И. Герцена, 2013. 155 с.

35. Ларченкова Л.А., Лаптев В.В., Ляпцев А.В. и др. Познавательные барьеры при обучении физике в условиях использования информационных технологий. СПб.: Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, 2022. 168 с.

36. GigaChat сдал ЕГЭ по обществознанию [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://lenta.ru/news/2023/11/23/sdal/>.

37. GigaChat сдал экзамен на врача [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://lenta.ru/news/2024/02/13/vracha/>.

38. Мариносян А.Х. ChatGPT-4 в обучении физике и математике: возможности, ограничения и перспективы совершенствования // Вестник МГПУ. Серия «Информатика и информатизация образования». 2024. № 4(70). С. 95–115.

39. Действительно ли большие языковые модели галлюцинируют? Эксперимент [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://habr.com/ru/companies/yadro/articles/837744/>.

40. Носкова Т.Н. Дидактика цифровой среды. СПб.: Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена, 2020. 383 с.

41. Кондратьев А.С., Ларченкова Л.А., Ляпцев А.В. Инновационные аспекты применения качественных методов при обучении физике // Физическое образование в ВУЗах. 2009. Т. 15. № 4. С. 114–126.

References

1. Federal Law of 29.12.2012 № 273-FZ (as amended on 28.02.2025) «On Education in the Russian Federation» (as amended and supplemented, entered into force on 01.04.2025), Art. 43, p. 1.4.1. (In Russ.)

2. Gladun A.D. Mission of a modern teacher. Fizicheskoye obrazovaniye v VUZakh = Physics education in universities. 2014; 20; 4: 5-7. (In Russ.)

3. Federal state educational standard of basic general education [Internet]. Available from: <https://fgos.ru/fgos-ooo/>. (In Russ.)

4. Federal state educational standard of secondary general education [Internet]. Available from: <https://fgos.ru/fgos-soo/>. (In Russ.)

5. Koreshnikova Yu.N., Chernobay Ye.V. School of the Future: The Path to a Self-Learning Organization. Obrazovatel'naya politika = Educational Policy. 2024; 1(97): 64-76. DOI: 10.17853/1994-5639-2024-1-64-76. (In Russ.)

6. Shchukina G.I. Pedagogicheskiye problemy formirovaniya poznavatel'nykh interesov uchashchikhsya: dlya spetsialistov v oblasti pedagogiki = Pedagogical Problems of Forming Students' Cognitive Interests: for Pedagogics Specialists. Moscow: Pedagogy; 1988. 203 p. (In Russ.)

7. Aksenova I.V., Burtseva Ye.Yu., Gogolashvili O.V., Kuznetsova, N.M., Sozontova O.V., Strel'nikova T.D., Uglova N.V. Metodicheskiye rekomendatsii po aktivizatsii poznavatel'noy deyatel'nosti obuchayushchikhsya = Methodical Recommendations for Activating Students' Cognitive Activity. Lipetsk: GAUDPO LO «IRO»; 2019. 169 p. (In Russ.)

8. Moryzhenkova Ye.A. Integrated lessons at school as a factor in the development of cognitive activity of students. Voprosy sovremennoy nauki: problemy, poiski, resheniya = Issues of modern science: problems, searches, solutions. Moscow: PERSPECTIVE; 2023: 95-103.

9. Usol'tsev A.P. Ideal'nyy urok = Ideal lesson. Moscow: FLINTA; 2013. 296 p. (In Russ.)
10. Varaksina Ye.I. Illustrative and evidence-based educational physical experiment. *Uchebnaya fizika* = Educational physics. 2021; 4: 58-67. (In Russ.)
11. Vokhidov E.R. The role and significance of practical classes in mastering the physics course in specialized schools. *Mir obrazovaniya – obrazovaniye v mire* = The world of education – education in the world. 2023; 3(91): 97-103. DOI: 10.51944/20738536_2023_3_97. (In Russ.)
12. Medovikova Ye.A., Morozova, I.S., Morodenko Ye.V. Formation of readiness for personal choice of a secondary school graduate by means of reflective seminars. *Kazanskiy pedagogicheskiy zhurnal* = Kazan Pedagogical Journal. 2024; 30; 1-2: 85-107. DOI: 10.11621/KPJ-24-05. (In Russ.)
13. Usova A.V., Zav'yalov V.V. *Uchebnyye konferentsii i seminary po fizike v sredney shkole* = Educational conferences and seminars on physics in secondary school. Moscow: Education; 1975. 111 p. (In Russ.)
14. Belyanin V.A., Krechetova I.V., Tselishcheva L.V. Organization of independent work of students of engineering classes on solving and composing problems in physics. *Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii* = Modern science-intensive technologies. 2023; 10: 85-90. DOI: 10.17513/snt.39796. (In Russ.)
15. Kubanychbekova G., Yusupova A.M., Algozhoyeva Zh.B. Independent work in the lesson as a form of developing students' independence. *Vestnik Kyrgyzskogo Natsional'nogo Universiteta imeni Zhusupa Balasagyna* = Bulletin of the Kyrgyz National University named after Zhusup Balasagyn. 2023; 2(114): 50-56. DOI: 10.58649/1694-8033-2023-2(114)-50-56.
16. Belousova Yu.V. Digital service «Tests» of the Federal State Information System «My School» as a tool for optimizing teacher work. *Kaliningradskiy vestnik obrazovaniya* = Kaliningrad Bulletin of Education. 2024; 3(23): 33-41. (In Russ.)
17. Demidova M.Yu. State final certification of students in physics: evolution of examination materials. *Pedagogicheskiye izmereniya* = Pedagogical measurements. 2018; 2: 57-66. (In Russ.)
18. Kukharev A. I Theoretical foundations for the analysis of organizational and pedagogical conditions for the implementation of project-based learning in schools. *Otechestvennaya i zarubezhnaya pedagogika* = Domestic and foreign pedagogy. 2024; 1; 2(98): 140-155. DOI: 10.24412/2224-0772-2024-98-140-155. (In Russ.)
19. Fedorova N.B., Kuznetsova O.V., Ogneva M.A. *Proyektnaya deyatel'nost' po fizike v osnovnoy i starshey shkole* = Project activities in physics in basic and high school. Ryazan: Ryazan State University named after S. A. Yesenin; 2021. 184 p. (In Russ.)
20. Zheleznova A.F., Smirnova M.O. Development of cognitive activity of secondary school students in studying the topic «diagrams» based on the use of the case method. *Aktual'nyye problemy sovremennogo obrazovaniya* = Actual problems of modern education. 2023; 9(34): 233-241. (In Russ.)
21. Guseva N.N. Application of game technologies in mathematics lessons in middle and high school. *Vestnik+*. 2024; 1(3): 61-65. (In Russ.)
22. Tropnikova V.V. Application of gamification technologies in the educational process in the system of secondary vocational education. *Nauchno-metodicheskiy elektronnyy zhurnal «Kontsept»* = Scientific and methodological electronic journal «Concept». 2021; 3: 86-96. DOI: 10.24412/2304-120X-2021-11016. (In Russ.)
23. Atigayev A.S. Teaching the course «Probability and Statistics» to students in grades 7-9 using the flipped classroom technology and ICT. *Universum: psikhologiya i obrazovaniye* = Universum: psychology and education. 2024; 9(123): 4-6. (In Russ.)
24. Seliverstova Ye.N. Flipped classroom: a fashionable challenge or the need of the time? *Vestnik Vladimirskego gosudarstvennogo universiteta im. Aleksandra Grigor'yevicha i Nikolaya Grigor'yevicha Stoletovyykh. Seriya: Pedagogicheskiye i psikhologicheskiye nauki* = Bulletin of the Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletov. Series: Pedagogical and psychological sciences. 2022; 51(70): 31-43. (In Russ.)
25. Chervonnyy M.A., Shvaleva T.V., Vlasova A.A. Study of physics teachers' readiness to implement STEM education. *Russian Journal of Education and Psychology* = Russian Journal of Education and Psychology. 2020; 11; 5: 93-108. DOI: 10.12731/2658-4034-2020-5-93-108. (In Russ.)
26. Kazakova Ye.I., Kuz'minov Ya.I. «My dolzhny vospitat' kul'turu kriticheskogo otnosheniya k otvetam iskusstvennogo intellekta». O stoyashchikh perez sistemoy obrazovaniya vyzovakh besedyut Yelena Kazakova i Yaroslav Kuz'minov «We must cultivate a culture of critical attitude towards the answers of artificial intelligence.» Elena Kazakova and Yaroslav Kuzminov discuss the challenges facing the education system. *Voprosy obrazovaniya* = Education Issues. 2025; 1: 8-24. DOI: 10.17323/vo-2025-25882. (In Russ.)
27. Konstantinova L.V., Vorozhikhin V.V., Petrov A.M., Titova Ye.S., Shtykhn D.A. Generative artificial intelligence in education: discussions and forecasts. *Otkrytoye obrazovaniye* = Open education. 2023; 27; 2: 36-48. DOI: 10.21686/1818-4243-2023-2-36-48. (In Russ.)
28. Levchenko I.V., Sadykova A.R., Merenkova P.A. Model of variable learning of basic school students in the field of artificial intelligence. *Informatika i obrazovaniye* = Computer science and

education. 2024; 39; 2: 16-24. DOI: 10.32517/0234-0453-2024-39-2-16-24. (In Russ.)

29. Chernykh S.I. Generative Artificial Intelligence in Education: Prospects of New Didactics. *Filosofiya obrazovaniya = Philosophy of Education*. 2024; 24; 2: 74-86. DOI: 10.15372/PHE20240205. (In Russ.)

30. DeepSeek [Internet]. Available from: https://web.telegram.org/k/#@Neuro_Mentor_bot.

31. ChatGPT [Internet]. Available from: https://web.telegram.org/k/#@martii_chat_botbot.

32. Otkrytyy bank zadaniy YEGE. Fizika = Open bank of tasks of the Unified State Exam. [Internet]. Available from: <https://fipi.ru/>. (In Russ.)

33. Demidova M.Yu., Gribov V.A. Metodicheskiye rekomendatsii dlya uchiteley, podgotovlennyye na osnove analiza tipichnykh oshibok uchastnikov YEGE 2024 goda po fizike = Methodological recommendations for teachers, prepared on the basis of the analysis of typical mistakes of participants of the 2024 Unified State Exam in Physics [Internet]. Available from: https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2024/fi_mr_2024.pdf /. (In Russ.)

34. Larchenkova L.A. Metodicheskaya sistema obucheniya resheniyu fizicheskikh zadach v sredney shkole = Methodical system of teaching solving physics problems in high school. Saint Petersburg: Russian State Pedagogical University named after A.I. Herzen; 2013. 155 p. (In Russ.)

35. Larchenkova L.A., Laptev V.V., Lyaptsev A.V. et al. Poznavatel'nyye bar'yery pri obuchenii fizike

v usloviyakh ispol'zovaniya informatsionnykh tekhnologiy = Cognitive barriers in teaching physics using information technology. Saint Petersburg: Russian State Pedagogical University named after A.I. Herzen; 2022. 168 p. (In Russ.)

36. GigaChat passed the Unified State Exam in Social Science [Internet]. Available from: <https://lenta.ru/news/2023/11/23/sdal/>. (In Russ.)

37. GigaChat passed the exam to become a doctor [Internet]. Available from: <https://lenta.ru/news/2024/02/13/vracha/>. (In Russ.)

38. Marinosyan A.Kh. ChatGPT-4 in teaching physics and mathematics: possibilities, limitations and prospects for improvement. *Vestnik MGPU. Seriya «Informatika i informatizatsiya obrazovaniya» = Bulletin of Moscow State Pedagogical University. Series «Informatics and informatization of education»*. 2024; 4(70): 95–115. (In Russ.)

39. Deystvitel'no li bol'shiye yazykovyye modeli gallyutsiniruyut? Eksperiment = Do Large Language Models Really Hallucinate? Experiment [Internet]. Available from: <https://habr.com/ru/companies/yadro/articles/837744/>.

40. Noskova T.N. Didaktika tsifrovoy sredy = Didactics of the Digital Environment. Saint Petersburg: A. I. Herzen State Pedagogical University of Russia; 2020. 383 p. (In Russ.)

41. Kondrat'yev A.S., Larchenkova L.A., Lyaptsev A.V. Innovative Aspects of Using Qualitative Methods in Teaching Physics. *Fizicheskoye obrazovaniye v VUZakh = Physics Education in Universities*. 2009; 15; 4: 114-126. (In Russ.)

Сведения об авторе

Владимир Валентинович Лаптев

Д.п.н., К.ф.-м.н., профессор,
профессор кафедры методики обучения физике,
академик РАО
Российский государственный педагогический
университет им. А.И. Герцена,
Москва, Россия

Людмила Анатольевна Ларченкова

Д.п.н., заведующий кафедрой методики обучения
физике, член-корреспондент РАО
Российский государственный педагогический
университет им. А.И. Герцена
Москва, Россия

Алексей Анатольевич Лоза

Российский государственный педагогический
университет им. А.И. Герцена, Москва, Россия

Information about the author

Vladimir V. Laptev

Dr. Sci. (Pedagogical), Cand. Sci. (Physics and
Mathematics), Professor, Professor of the Department
of Teaching Methods of Physics, Academician of the
Russian Academy of Education
A.I. Herzen Russian State Pedagogical University,
Moscow, Russia

Lyudmila A. Larchenkova

Dr. Sci. (Pedagogical), Head of the Department of
Methods of Teaching Physics, Corresponding Member
of the Russian Academy of Education
Russian State Pedagogical University named after
A.I. Herzen. Moscow, Russia

Alexey A. Loza

A.I. Herzen Russian State Pedagogical University,
Moscow, Russia