

Пространство педагогических исследований, 2026, т. 3, № 1, с. 26–44.
Education Research Environment, 2026, vol. 3, no. 1, pp. 26–44.

Научная статья

УДК 37.016:53+51

<https://elibrary.ru/jvwceg>

<https://doi.org/10.23859/3034-1760.2026.96.54.003>

Методика межпредметной интеграции физики и математики при изучении механики в 7–9 классах: разработка и апробация

Ирина Владимировна Богомаз

Красноярский государственный педагогический

Университет им. В.П. Астафьева,

Красноярск, Россия

i_bogomaz@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0008-5962-3014>

Irina V. Bogomaz

V. P. Astafiev Krasnoyarsk State Pedagogical University,

Krasnoyarsk, Russia

i_bogomaz@mail.ru; <https://orcid.org/0009-0008-5962-3014>



Аннотация. В статье представлены результаты исследования, направленного на разработку и апробацию методики межпредметной интеграции физики и математики при изучении раздела «Механика» в 7–9 классах основной школы. Актуальность исследования обусловлена, с одной стороны, необходимостью достижения метапредметных результатов (ФГОС), а с другой – выявленными в научной литературе и подтверждаемыми статистикой ЕГЭ проблемами учащихся в применении математического аппарата для решения физических задач. В работе проанализированы теоретические основы межпредметных связей (МПС), установлены ключевые проблемы их реализации, в частности, хронологический разрыв в изучении понятийного аппарата. В качестве решения предложена целостная методика, основанная на системе дидактических принципов (синхронности, практико-ориентированности, доминирующей роли физического содержания), структурированном комплексе задач градуальной сложности и специфических методических приемах («двойной эксперимент», интегративный кейс, сравнительно-обобщающие таблицы). Экспериментальная проверка эффективности методики, проведенная в 2023–2024 учебном году на базе общеобразовательных учреждений г. Красноярска и г. Железногорска, показала ее результативность. Учащиеся экспериментальных групп продемонстрировали статистически значимо более высокую положительную динамику в освоении как физики (прирост среднего балла до 22,8 % в 7-х классах), так и математики (прирост среднего балла до 19,4 % в 9-х классах) по сравнению с контрольными группами. Качественный анализ позволил выявить высокий уровень сформированности ключевых межпредметных

© Богомаз И. В., 2026

© Bogomaz I. V., 2026

компетенций: умения применять математические знания в физическом контексте, выстраивать логические связи между дисциплинами и решать комплексные задачи. Результаты исследования подтверждают, что предложенная методика является эффективным средством повышения качества естественнонаучного образования и формирования целостной научной картины мира у учащихся основной школы.

Ключевые слова: межпредметная интеграция, физика, математика, механика, методика обучения, педагогический эксперимент

Для цитирования: Богомаз И. В. Методика межпредметной интеграции физики и математики при изучении механики в 7–9 классах: разработка и апробация. *Пространство педагогических исследований*, 2025, т. 3, № 1, с. 26–44. <https://doi.org/10.23859/3034-1760.2026.96.54.003>; EDN: JYWCEG

Methodology of Interdisciplinary Integration of Physics and Mathematics in Teaching Mechanics in Grades 7–9: Development and Testing

Abstract. This paper reports on the findings of the study aimed at the development and empirical validation of a methodology for the interdisciplinary integration of Physics and Mathematics in teaching of Mechanics in secondary education (grades 7–9). The relevance of the research is determined by the need to achieve meta-subject results within the scope of the Federal State Educational Standards (FSSES) and by statistically confirmed difficulties students face in applying mathematical tools to solve physics problems, which is reflected in consistently low Unified State Exam (USE) scores in physics. The paper analyzes theoretical foundations of interdisciplinary connections, identifies key problems in their implementation, particularly the chronological gap in mastering the conceptual apparatus. As a solution, a holistic methodology is proposed, based on a system of didactic principles (synchronization, practical orientation, dominance of physics content), a structured set of tasks with graduated complexity, and specific methodological techniques (“dual experiment,” integrative case study, comparative-generalizing tables). An experimental assessment of the methodology effectiveness, conducted during the 2023–2024 academic year in general education institutions in Krasnoyarsk and Zheleznogorsk, confirmed its efficacy. Students in the experimental groups demonstrated a statistically significant higher positive dynamic in mastering both Physics (an average score increase of up to 22.8% in 7th grade) and Mathematics (up to 19.4% in 9th grade) compared to the control groups. Qualitative analysis revealed an increase in the development of key interdisciplinary competencies: the ability to apply mathematical knowledge in a Physics context, to build logical connections between disciplines, and to solve complex problems. The study results confirm that the proposed methodology is an effective means of improving the quality of science education and forming a holistic scientific worldview in basic school students.

Keywords: interdisciplinary integration, physics, mathematics, mechanics, teaching methodology, pedagogical experiment

For citation: Bogomaz I. V. Methodology of Interdisciplinary Integration of Physics and Mathematics in Teaching Mechanics in Grades 7–9: Development and Testing. *Education Research Environment*, 2026, vol. 3, no. 1, pp. 26–44. (in Russian) <https://doi.org/10.23859/3034-1760.2026.96.54.003>; EDN: JYWCEG

Введение

Современное физико-математическое образование переживает комплексный кризис, корни которого лежат в двух взаимосвязанных плоскостях: методологических вызовах нового времени и глубинных структурных проблемах системы образования. Методологические вызовы обусловлены необходимостью трансформации дидактических подходов в связи с появлением инструментов искусственного интеллекта, представляющих собой новый этап информатизации образования¹. Об этом свидетельствует ряд факторов:

- смещение приоритетов с идеи доступности информации на формирование навыков ее критической оценки, верификации и творческого преобразования;
- формулирование фундаментальной проблемы для физико-математического образования: ИИ предлагает готовые решения, что может подменять глубокое понимание законов поверхностной алгоритмической имитацией;
- феномен «цифровой дезориентации», когда учащиеся, активно использующие ИИ-генераторы, утрачивают навыки самостоятельного математического моделирования и понимания физической сущности явлений.

Таким образом, современный учитель оказывается в ситуации двойного давления: с одной стороны, ему необходимо преодолевать глубинные структурные проблемы, сложившиеся в образовании, и цифровое неравенство, а с другой – принципиально пересматривать методы преподавания в эпоху искусственного интеллекта. Готовые ответы, генерируемые нейросетями, обесценивают рутинные задания, выдвигая на первый план формирование подлинного понимания, критического мышления и способности к самостоятельному моделированию.

Наряду с этими методологическими вызовами, система образования сталкивается и с глубинными структурными проблемами, имеющими исторические корни в реформах прошлого века, заложивших фундамент современных дисбалансов². Современным проявлением отмечаемых сложностей может считаться,

¹ Роберт И. В. Теория и методика информатизации образования (психолого-педагогический и технологический аспекты). Москва: ИИО РАО, 2010. 398 с.; Роберт И. В., Поляков В. А., Кравцова А. Ю. Направления фундаментальных и прикладных научных исследований в области информатизации образования. Москва: ИИО РАО, 2018; Selwyn N. Should Robots Replace Teachers? AI and the Future of Education. Cambridge: Polity Press, 2019. 160 p.; Тесленко В. И., Богомаз И. В. Концептуально-дидактические основы управления развитием мышления студентов в условиях существования искусственного интеллекта // Человеческий капитал. 2025. № 7 (199). С. 186–202. <https://doi.org/10.25629/HC.2025.07.1>

² Костенко И. П. 1956–1965 гг. Подготовка второй «коренной»; реформы советской школы: «перестройка» программ и «научное» обоснование ложных идей (статья четвертая) // Математическое образование, 2014. № 2 (70). С. 2–17.

в частности, устойчивое снижение качества фундаментальной подготовки. Анализ результатов ЕГЭ за последние пять лет демонстрирует тревожную диспропорцию: в то время как доля сдающих профильную математику остается стабильно высокой, показатели по физике последовательно ухудшаются (см. табл. 1).

Таблица 1

**Сравнительная динамика показателей ЕГЭ по математике и физике
(2020–2024 гг., среднее по России)**

Год	Математика		Физика	
	Средний тестовый балл	Доля сдающих	Средний тестовый балл	Доля сдающих
2020	55,1	45 %	54,5	21 %
2021	56,9	47 %	55,1	20 %
2022	56,9	51 %	54,1	19 %
2023	57,1	53 %	53,8	18 %
2024	57,1	55 %	54,3	16,5 %

Примечание. Таблица составлена по данным официальных отчетов ФИПИ и пресс-релизов Рособрнадзора.

Следует отметить, что усредненные российские показатели скрывают значительную внутреннюю дифференциацию, превращая проблему качества в проблему образовательного неравенства. Так, в Москве средние баллы устойчиво превышают общероссийские на 12–15 пунктов по математике и на 5–6 – по физике, а концентрация стобалльников в указанном регионе максимальна. Интерпретация этих данных требует учета социально-экономических диспропорций. Высокая результативность столичных выпускников обеспечена не только качеством школьного образования, но и широкой доступностью дополнительных ресурсов (олимпиадные центры, репетиторство), что в гораздо меньшей степени присутствует в большинстве регионов, особенно в сельской местности. Следовательно, основная ответственность за подготовку учащихся ложится на школьного учителя, при этом проблема внутришкольной методической эффективности становится исключительно острой.

По нашему мнению, одной из причин кризиса является доминирование методов, ориентированных на механическое запоминание, а не глубокое понимание, а также отсутствие системных логико-содержательных связей между математическим аппаратом и физическими задачами. Особо показателен в данном отношении раздел «Механика», который, пронизывая весь курс физики 7–9 классов, требует уверенного владения математическим инструментарием для решения задач. Непонимание прикладного аспекта математики становится существенным препятствием для усвоения физики, что подтверждается анали-

зом типичных ошибок в ЕГЭ. Отмечаемый нами кризис имеет циклический характер: в вузы и школы приходят выпускники, не получившие полноценной фундаментальной подготовки. Исследования показывают, что лишь около 38,5 % первокурсников инженерных направлений и 24 % будущих учителей физики и математики соответствуют стандартным требованиям к знаниям¹. Это создает системные риски для будущего кадрового потенциала. В данном контексте проблемы межпредметных связей (МПС) и выстраивание логико-содержательных связей между ними приобретают стратегическое значение. Реализация ФГОС, ориентированных на достижение метапредметных результатов и формирование целостной картины мира, делает эффективную интеграцию дисциплин обязательной².

Цель нашего исследования состоит в разработке, теоретическом обосновании и экспериментальной проверке методики реализации МПС физики и математики при изучении раздела «Механика» в 7–9 классах. Мы предполагаем, что качество знаний учащихся по физике и математике существенно повысится при условии планомерной реализации методики, основанной на принципе опережающего формирования математических компетенций, практико-ориентированном характере учебного процесса.

Теоретические основы межпредметной интеграции физики и математики

Исторический и психолого-педагогический контекст. Исторический анализ дает возможность продемонстрировать циклический характер идеи интеграции: от ее методологического зарождения в эпоху Научной революции (Галилей, Ньютон) через периоды предметной разобщенности к новой актуализации в современных STEM-подходах³. Ключевыми историческими препятствиями остаются организационно-методические трудности и недостаточная готовность педагогического сообщества.

Психолого-педагогической основой для интеграции в 7–9 классах служат возрастные особенности учащихся (13–15 лет). Данный период, по Ж. Пиаже, соответствует стадии формальных операций, характеризующейся развитием абстрактно-логического мышления, способности к гипотетико-дедуктивным рас-

¹ Богомаз И. В., Фомина Л. Ю., Чабан Е. А., Рудина М. А. Повышение качества инженерного образования на основе взаимосвязи математики и механики // Инженерное образование. 2024. № 36. https://doi.org/10.54835/18102883_2024_36_7; EDN RHEOYZ.

² Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. URL: <https://fgos.ru/> (дата обращения: 22.10.2024).

³ Галилей Г. Диалог о двух главнейших системах мира. Москва; Ленинград: Гостехиздат, 1948. 380 с.; Максимова В. Н. Межпредметные связи в учебно-воспитательном процессе современной школы. Москва: Просвещение, 1987. 157 с.

суждениям¹. Согласно Л. С. Выготскому, происходит активное формирование научных понятий², а ведущей потребностью становится практическая апробация знаний, что создает благоприятную почву для реализации МПС через проблемное обучение и проектную деятельность³.

В системно-деятельностной парадигме ФГОС МПС трансформируются из дидактического приема в необходимое условие достижения метапредметных результатов – универсальных учебных действий (УУД). Для интеграции физики и математики наиболее продуктивной является классификация МПС по содержательно-деятельностному критерию:

- 1) понятийные (формирование общих математических понятий: вектор, функция, график, производная);
- 2) инструментальные (использование математического аппарата для решения физических задач);
- 3) методологические (применение общих методов познания: математическое моделирование, эксперимент);
- 4) мировоззренческие (формирование представления о механике как о точной науке, законы которой выражены на языке математики).

Проблемы корреляции содержания. Анализ типовых программ по математике и физике позволил выявить ряд устойчивых проблем. Наиболее острая из них – хронологический разрыв: базовые математические понятия (векторы, основы тригонометрии) в курсе математики (8–9 класс) изучаются позднее, чем возникает потребность в них в курсе физики (7–8 класс) – для определения проекций сил оси координат, сложения векторов сил и скорости и т. д.⁴ Кроме того, внимания заслуживают такие явления, как разная степень формализации одних и тех же понятий в дисциплинах, дефицит практико-ориентированного контекста в математических задачах, терминологическая разобщенность. В качестве методологического инструмента преодоления этих проблем предлагается модель уровневого построения интеграции, задающая последовательность и глубину взаимодействия⁵. Она подразумевает следующую градацию:

¹ Огольцова Е. Г., Анисимова И. В. Теория интеллекта Ж. Пиаже // Молодой ученый. 2022. № 50 (445). С. 491–492. EDN: GPGVJX

² Выготский Л.С. Мышление и речь. Москва: Лабиринт, 1999. 352 с.

³ Залингер В.А. Проблемы реализации межпредметных связей математики и физики в школе // Физика в школе. 2015. № 5. С. 44–48.

⁴ Афанасьева И. А. Реализация межпредметных связей как одно из направлений повышения качества образования. URL: <https://urok.1sept.ru/articles/527712> (дата обращения: 25.09.2024).

⁵ Рудина М. А. Межпредметная интеграция физики и математики в 7–9 классах: методический подход к повышению эффективности обучения // Образование и наука в XXI веке: математика, физика, информатика и технологии в смарт-мире; сборник статей по итогам

- 1) информационный уровень (обмен фактами, языком);
- 2) методологический уровень (применение общих методов);
- 3) концептуальный уровень (взаимное обогащение понятийного аппарата);
- 4) мировоззренческий уровень (формирование целостной научной картины мира).

Каждый последующий уровень является этапом в формировании системных знаний и компетенций.

Методика межпредметной интеграции при изучении механики

Разработанная методика базируется на системе взаимосвязанных дидактических принципов.

1. Принцип научности и корректности МПС предполагает, что математический аппарат рассматривается как адекватный язык описания физических законов (например, вывод расчетных формул для баллистической задачи через анализ квадратичной функции).

2. Принцип доминирующей роли физического содержания подразумевает позиционирование математики в качестве инструмента решения содержательных физических проблем, что предотвращает формализацию обучения.

3. Принцип синхронности и преемственности требует согласования рабочих программ для опережающего или параллельного изучения необходимого математического аппарата.

4. Принцип практико-ориентированности включает отбор содержания, направленный на решение прикладных задач (например, расчет тормозного пути, вычисление скорости точек кривошипного механизма), повышающих мотивацию.

5. Принцип деятельностного подхода и наглядности предполагает активизацию самостоятельной познавательной деятельности посредством эксперимента, построения и анализа графиков, а также через визуализацию зависимостей.

Комплекс межпредметных задач. Практическим ядром методики является специально разработанный структурированный комплекс задач для 7–9 классов, построенный по принципу градуальности – постепенного усложнения содержания, математического аппарата и уровня интеграции. Комплекс служит инструментом последовательного формирования у учащихся умения применять математический язык для описания, анализа и прогнозирования физических явлений.

1. 7 класс. Установление базовых функциональных зависимостей.

Цель: сформировать понимание физического закона как функциональной зависимости, описываемой и анализируемой математически.

Физическая основа: Равномерное прямолинейное движение, понятия пути, скорости, времени, силы, плотности, уравнений движения, графиков движения.

Математический аппарат: понятие координат точки на плоскости, понятие координатных осей, прямая пропорциональность ($y(x) = k \cdot x$), линейная функция ($y = k \cdot x + b$), построение и «чтение» графиков по точкам, решение простейших уравнений.

Типовые задачи

Экспериментально-исследовательская: «По данным измерений пути и времени для движущейся тележки постройте график $x(t)$. Докажите, что движение равномерное. Определите по графику скорость тела».

Расчетно-графическая: «По графику зависимости координаты от времени для двух тел определите их скорости, начальные координаты и время встречи. Запишите уравнения движения $x(t)$ для каждого тела».

Качественная задача на интерпретацию: «Почему график зависимости пройденного пути от времени при равномерном движении всегда выходит из начала координат, а график координаты – не всегда?»

II. 8 класс. Освоение операционного инструментария и введение векторных величин.

Цель: научить использовать математический аппарат (уравнения, системы уравнений) для решения типовых физических задач; ввести на наглядном уровне понятие векторной величины.

Физическая основа: законы Ньютона, закон сохранения импульса для упругого удара, давление, работа, мощность.

Математический аппарат: системы линейных уравнений с двумя неизвестными, графическое представление сил как величин, имеющих две характеристики: модуль и направление (интуитивное введение вектора силы как направленного отрезка), масштаб, пропорции.

Типовые задачи

Алгоритмическая (с применением систем уравнений): «Два вагона движутся навстречу друг другу. После упругого соударения они остановились. Используя закон сохранения импульса, составьте систему уравнений и найдите начальную скорость одного из вагонов, если известны масса тела и то, что на него действуют две силы, направленные под углом 90° . Изобразите их в выбранном масштабе как отрезки. Геометрически постройте равнодействующую силу (по

правилу параллелограмма) и определите ее модуль, используя теорему Пифагора».

Прикладная задача: «Рассчитайте, какую силу надо приложить к поршню гидравлического пресса, чтобы поднять груз заданной массы, используя пропорциональность площадей поршней и приложенных сил».

III. 9 класс. Построение и анализ комплексных математических моделей.

Цель: сформировать умение синтезировать знания для создания целостной модели явления, требующей применения всего арсенала математических средств.

Физическая основа: кинематика равноускоренного движения, движение по окружности, баллистическое движение, законы сохранения, механические колебания.

Математический аппарат: квадратичная функция и ее график (парабола), векторы на плоскости (разложение на проекции, сложение), основы тригонометрии для углов 30° , 45° , 60° , построение и анализ графиков движения, решение квадратных уравнений.

Типовые задачи

Моделирующая (баллистика): «Тело брошено под углом 30° к горизонту с заданной начальной скоростью. Запишите уравнения свободного движения тела (уравнения движения). Получите уравнение траектории. Определите время полета, максимальную высоту и дальность. Объясните, почему траектория является параболой».

Исследовательская (с обработкой данных): «По результатам измерений периода колебаний пружинного маятника при разной массе груза постройте график зависимости $T^2(m)$. Обоснуйте его линейность. По угловому коэффициенту графика определите жесткость пружины».

Комплексная задача-проект: «Рассчитайте параметры “мертвой петли” для аттракциона: минимальную высоту стартовой платформы и скорость в нижней точке, необходимые для безопасного прохождения петли заданного радиуса. Учитывайте законы динамики движения по окружности и закон сохранения энергии».

Принципы отбора и типология задач. Комплекс включает задачи трех типов, обеспечивающих единство теории и практики:

- 1) *вычислительные* – формируют навык работы с формулами и точных расчетов;
- 2) *качественные (на интерпретацию)* – развивают концептуальное понимание, умение объяснять физический смысл математических результатов, графиков и зависимостей;

3) *экспериментально-исследовательские* – связывают теоретические знания с практикой, формируя целостное естественнонаучное мышление через цикл гипотеза → эксперимент → сбор данных → математическая обработка → вывод.

Такой градуальный комплекс обеспечивает плавный переход от простых аналогий к глубокой интеграции, где математика выступает не как вспомогательный предмет, а как естественный язык физического познания.

Система методических приемов. Для реализации МПС на уроках физики и математики была разработана и апробирована система специфических приемов, каждый из которых направлен на преодоление разрыва между абстрактным математическим знанием и его физической интерпретацией.

1. Прием *Физический контекст для математической абстракции*. Цель – введение и осмысление нового математического понятия через физическую задачу.

Пример (7 класс, алгебра / физика): введение линейной функции начинается не с формального определения, а с эксперимента по изучению равномерного движения тележки. Учащиеся фиксируют время и пройденный путь, заполняют таблицу, строят график зависимости $x(t)$. Анализируя прямую линию графика и табличные данные, они самостоятельно приходят к форме уравнения движения в координатах Oxt :

$$\begin{cases} t \geq 0, \\ x(t) = V_o \cdot t + x_o. \end{cases} \Leftrightarrow y(x) = kx + b.$$

Учитель акцентирует внимание на том, что эта зависимость является математической моделью движения, проводит аналогию с линейной функцией в координатной плоскости Oxy , дает определения графика движения. Таким образом, угловой коэффициент k в линейной функции отождествляется с постоянной скоростью движения V_o , а свободный член b – с начальной координатой движения.

2. Прием *Двойной эксперимент*. Цель – проведение единого исследования, последовательно реализуемого на уроках двух дисциплин, что демонстрирует неразрывность этапов научного познания.

Пример (9 класс, физика / алгебра): изучение зависимости периода колебаний математического маятника от его длины.

На уроке физики: учащиеся экспериментально измеряют период колебаний T для маятников разной длины l . Цель – установить качественный вид зависимости $T(l)$.

На уроке математики: используя полученные экспериментальные пары значений (l ; T), школьники строят график $T(l)$ и убеждаются, что он нелинейный. Затем записывают теоретическую формулу $T = 2\pi\sqrt{l/g}$, строят график зависимости квадрата периода от длины $T^2(l)$. Полученная линейная зависимость подтверждает теорию. Угловой коэффициент прямой k позволяет рассчитать ускорение свободного падения: $g = 4\pi^2 / k$. Этот прием наглядно показывает, как математическая обработка данных проверяет и уточняет физическую гипотезу.

Пример (9 класс, проект): Кейс *Проектирование безопасного дорожного участка*.

Физический контекст: на уроке изучаются понятия скорости V , времени реакции, ускорения (замедления), силы трения ($T_{тр} = \mu \cdot N$), тормозной путь ($x = V_o^2 / (2\mu g)$).

Математический контекст: используется работа с формулами, школьники исследуют квадратичную зависимость тормозного пути от скорости, строят сравнительные графики для разных коэффициентов трения μ (асфальт сухой / мокрый, лед).

Задача: «Рассчитать тормозной путь автомобиля на разных покрытиях при скорости 60 км/ч и 90 км/ч. Определить, как меняется безопасная дистанция. Проанализировать, почему на мокрой дороге опасность возрастает непропорционально». Результатом решения задачи становится не просто числовой ответ, а аргументированный вывод о необходимости соблюдения скоростного режима и дистанции, подкрепленный расчетами и графиками.

3. Прием *Построение математической модели равноускоренного прямолинейного движения*¹. Вводим определение скорости:

$$V = \text{скорость} = \frac{\text{путь}}{\text{время}} = \frac{x_2 - x_1}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta x}{\Delta t} \frac{м}{с} \left(\frac{\text{метр}}{\text{секунда}} \right).$$

Условный эксперимент показал (см. рис. 1, слева), что путь x , пройденный падающим шаром с высоты 100 м, пропорционален квадрату времени падения, т. е. описывается квадратичной функцией: $x(t) = k \cdot t^2 \approx 5 \cdot t^2$.

¹ Богомаз И. В., Чабан Е. А. Формирование функциональной грамотности школьников для инженерно-ориентированного обучения (на примерах построения математических моделей движения) // Grede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2025. Вып. 2. С. 175–189. https://doi.org/10.51955/2312-1327_2025_2_175; EDN ROEACP

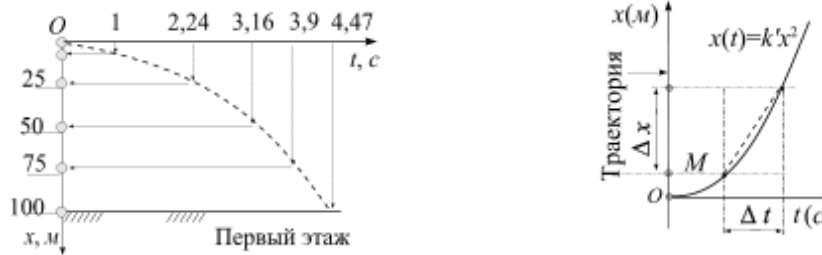


Рис. 1. Иллюстрация эксперимента (слева) и график зависимости пути от времени (справа) для шара, падающего с высоты 100 м

Построим график этой функции. Вычислим скорость шара как отношение перемещения Δx к малому промежутку времени Δt : $V = \Delta x / \Delta t$, где

$$\Delta x = x_2 - x_1 = k \left[(t + \Delta t)^2 - t^2 \right] = k \left(t^2 + 2t\Delta t + (\Delta t)^2 - t^2 \right) = k \left(2t\Delta t + (\Delta t)^2 \right).$$

Тогда скорость будет равна

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = k' \frac{2t\Delta t + (\Delta t)^2}{\Delta t} = 2k' \cdot t + k' \Delta t.$$

Будем уменьшать Δt до предела точности измерения (например, время падения шара равно 5 с, а $\Delta t \approx 0,01$ с.), тогда $t \gg \Delta t$ (см. рис. 1, справа). Как видно на графике (см. рис. 1, справа), это позволяет приблизиться к значению мгновенной скорости в точке M : $V(t) = 2k \cdot t$. Получили, что скорость точки M зависит линейно от времени. Введем величину, определяющую изменение скорости, – ускорение.

$$a = \frac{\text{промежуток скорости}}{\text{промежуток времени}} = \frac{(V_2 - V_1)}{(t_2 - t_1)} = \frac{\Delta V}{\Delta t}, \frac{м}{с^2}.$$

Ускорение – физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости точки:

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{2k'(t + \Delta t) - 2k' \cdot t}{\Delta t} = \frac{2k' \cdot \Delta t}{\Delta t} = 2k' \Rightarrow k' = \frac{1}{2} a, \left(\frac{м}{с^2} \right).$$

Получим уравнения равноускоренного движения:

$$\left[\begin{array}{l} t \geq 0, \\ x(t) = k't^2, \end{array} \Rightarrow \left[k' = \frac{1}{2}a \right] \Rightarrow \left[\begin{array}{l} t \geq 0, \\ x(t) = \frac{1}{2}a \cdot t^2. \end{array} \right.$$

Если ускорение и скорость тела изменяются на одну и ту же величину за равные промежутки времени – такое движение точки называется равноускоренным. Отметим, что при свободном падении $a = g \approx 10 \text{ м/с}^2$.

4. Прием *Использование сравнительно-обобщающих таблиц*. Цель – визуальная систематизация межпредметных аналогий, формирование у учащихся обобщенных схем мышления.

Описанные приемы трансформируют традиционный урок в бинарное образовательное явление, где физика ставит познавательные проблемы, а математика предоставляет инструменты для их решения. Это способствует преодолению фрагментарности знаний, формированию у учащихся целостного естественно-научного мышления и готовности применять интегративные знания в нестандартных ситуациях.

Организация и методы педагогического эксперимента

С целью проверки эффективности разработанной методики был проведен педагогический эксперимент. Он осуществлялся в течение 2023–2024 учебного года на базе двух общеобразовательных учреждений: МАОУ Гимназия № 13 «Академ» (г. Красноярск) и Школы космонавтики им. академика С. П. Королева (г. Железногорск). В эксперименте участвовали параллели 7-х и 9-х классов общим количеством 168 учащихся. В каждой параллели методом случайной выборки были сформированы экспериментальные (ЭГ) и контрольные (КГ) группы, сопоставимые по исходному уровню знаний и мотивации (отсутствие статистически значимых различий по t -критерию Стьюдента, $p < 0,05$ по результатам входного тестирования).

Констатирующий этап (сентябрь 2023 г.) включал вводное диагностическое тестирование по физике и математике для всех групп. Цель этапа – определение исходного уровня предметных знаний, проверка статистической сопоставимости групп и выявление начального уровня сформированности межпредметных умений. Диагностический инструментарий включал стандартизированные тесты, адаптированные под программу начала учебного года и содержащие задания с явной межпредметной составляющей (например, задачи на чтение графиков, перевод единиц, применение простейших формул).

На контрольном этапе (май 2024 г.) было проведено итоговое тестирование, аналогичное вступительному по структуре и уровню сложности, но с другим вариантом заданий. Цель – оценка динамики предметных знаний и сформированности интегративных умений после завершения формирующего этапа.

Для обеспечения объективности результатов использовался комплекс взаимодополняющих методов: тестирование (входное и итоговое) как основной метод количественной оценки предметных знаний; педагогическое наблюдение с фиксацией в протоколах активности учащихся, характера их рассуждений при решении межпредметных задач, умения строить математические модели физических процессов; анализ письменных работ (контрольных, проектных заданий) для оценки корректности и осознанности применения знаний. Для проверки достоверности различий между группами и внутри групп на разных этапах эксперимента применялись методы математической статистики (t-критерий Стьюдента для независимых и зависимых выборок). Статистическая значимость принималась при $p < 0,05$.

Результаты и их обсуждение. Для оценки эффективности методики был проведен сравнительный анализ динамики средних баллов в контрольных и экспериментальных группах. Обработка данных итогового тестирования с применением t-критерия Стьюдента подтвердила наличие статистически значимых различий ($p < 0,05$) в пользу экспериментальных групп как по физике, так и по математике.

В табл. 2 представлены количественные результаты эксперимента. Средние баллы приведены по 5-балльной шкале. Процентный прирост (Δ , %) для каждой группы рассчитан относительно ее собственного исходного уровня по формуле:

$$\Delta = \frac{\text{Средней итоговый балл} - \text{средней входной балл}}{\text{Средней входной балл}} \cdot 100 \%.$$

Данные наглядно демонстрируют, что прирост знаний в ЭГ по всем показателям существенно превышает аналогичные показатели в КГ.

Таблица 2

Результаты педагогического эксперимента

Группа	Класс	Предмет	Средний балл (входной)	Средний балл (итоговый)	Прирост Δ , %
Контрольная (КГ)	7	Физика	3,6	3,9	+8,3
		Математика	3,4	3,81	+11,8
	9	Физика	3,5	3,81	+8,9
		Математика	3,5	4,08	+11,4
Экспериментальная (ЭГ)	7	Физика	3,6	4,42	+22,8
		Математика	3,5	4,1	+17,1
	9	Физика	3,8	4,4	+15,8
		Математика	3,6	4,3	+19,4

Как видно из табл. 2, учащиеся ЭГ продемонстрировали существенно более высокие темпы прироста как по физике (до 22,8 % против 8,9 % в КГ), так и по математике (до 19,4 % против 11,8 % в КГ). Наибольший эффект от интеграции наблюдался в 7-х классах, что может быть связано с формированием основ межпредметного мышления на начальном этапе изучения физики.

Качественный анализ на основе педагогического наблюдения и оценки по специальным критериям (содержательно-понятийному, математико-языковому, практико-прикладному, системно-интеграционному, автономно-деятельностному) показал, что в ЭГ произошли значимые изменения. К концу эксперимента доля учащихся с высоким уровнем сформированности межпредметных умений (свободное выявление связей, самостоятельное построение моделей, аргументация) выросла до 36 %, в то время как в КГ осталась на уровне 8 %. Учащиеся ЭГ чаще и успешнее применяли математический аппарат в физическом контексте, демонстрировали умение перекодировать информацию (например, из условия задачи в график или уравнение), аргументированно объясняли физический смысл математических результатов.

Выводы

Проведенное исследование подтвердило выдвинутые предположения и позволило достичь поставленной цели: разработана, теоретически обоснована и экспериментально апробирована методика межпредметной интеграции физики и математики при изучении механики в 7–9 классах.

Научная новизна исследования заключается в разработке структурно-логической модели уровневого построения интеграции, основанной на принципе синхронизации и опережающего формирования математического аппарата, а

также в определении критериев отбора и конструирования межпредметных задач, обеспечивающих формирование умения применять математические знания в физическом контексте.

Теоретическая значимость состоит в углублении основ методики преподавания физики за счет разработки принципов и модели межпредметной интеграции с математикой на материале ключевых разделов механики основной школы.

Практическая значимость определяется наличием готового инструментария: комплекса градуальных задач, системы методических приемов и рекомендаций по организации учебного процесса, которые могут быть непосредственно использованы учителями физики и математики в общеобразовательных школах для повышения эффективности обучения и достижения метапредметных результатов.

Экспериментальные данные доказывают, что системная реализация предложенной методики приводит к статистически значимому повышению качества предметных знаний по физике и математике, а также к качественному росту метапредметных компетенций учащихся: системного мышления, способности к интеграции знаний, решению комплексных практико-ориентированных задач. Следовательно, методика является эффективным средством формирования у учащихся 7–9 классов целостной естественнонаучной картины мира.

Таким образом, апробированная методика доказала свою эффективность в условиях общеобразовательных учреждений крупного регионального центра и специализированной школы. Однако наиболее острую потребность в подобных системных, «встроенных» в урок, методических решениях испытывают сельские и малокомплектные школы, для которых характерны кадровый дефицит, ограниченность ресурсов и профессиональная изоляция учителя. Перспективным направлением дальнейших исследований является разработка адаптированной и максимально технологически автономной версии данного методического комплекса, предназначенной специально для таких условий, что будет являться реальным вкладом в преодоление образовательного неравенства и повышение доступности качественного естественно-научного образования на всей территории страны.

Литература / References

Афанасьева И. А. Реализация межпредметных связей как одно из направлений повышения качества образования. 2009. URL: <https://urok.1sept.ru/articles/527712> (дата обращения: 25.09.2024).

Afanasyeva I. A. *The Implementation of Interdisciplinary Connections As One of the Directions for Improving the Quality of Education*. 2009. URL: <https://urok.1sept.ru/articles/527712> (accessed: 25.09.2024). (in Russian)

Богомаз И. В., Фомина Л. Ю., Чабан Е. А., Рудина М. А. Повышение качества инженерного образования на основе взаимосвязи математики и механики. *Инженерное образование*, 2024, № 36. https://doi.org/10.54835/18102883_2024_36_7; EDN: RHEOYZ

Bogomaz I. V., Fomina L. Yu., Chaban E. A., & Rudina, M. A. Improving the Quality of Engineering Education Based on the Relationship Between Mathematics and Mechanics. *Engineering Education*, 2024, no. 36. (in Russian) https://doi.org/10.54835/18102883_2024_36_7; EDN: RHEOYZ

Богомаз И. В., Чабан Е. А. Формирование функциональной грамотности школьников для инженерно-ориентированного обучения (на примерах построения математических моделей движения). *Grede Experto: транспорт, общество, образование, язык*. 2025, вып. 2, с. 175–189. https://doi.org/10.51955/2312-1327_2025_2_175; EDN: ROEACP

Bogomaz I. V., Chaban E. A. Formation of Functional Literacy of Schoolchildren for Engineering-oriented Learning (Using Examples of Building Mathematical Models of Motion). *Grede Experto: Transport, Society, Education, Language*, 2025, vol. 2, pp. 175–189. (in Russian) https://doi.org/10.51955/2312-1327_2025_2_175; EDN: ROEACP

Выготский Л. С. *Мышление и речь*. Москва: Лабиринт, 1999. 352 с.

Vygotsky L. S. *Thought and Language*. Moscow: Labirint. 1999. 352 p. (in Russian)

Галилей Г. *Диалог о двух главнейших системах мира*. Москва; Ленинград: Гостехиздат, 1948. 380 с.

Galilei, G. *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*. Moscow; Leningrad: Gostekhizdat, 1948. 380 p. (in Russian)

Залингер В.А. Проблемы реализации межпредметных связей математики и физики в школе. *Физика в школе*, 2015, № 5, с. 44–48.

Zalinger V. A. Problems of Implementing Interdisciplinary Connections Between Mathematics and Physics in School. *Physics at School*, 2015, no. 5, pp. 44–48. (in Russian)

Костенко И. П. 1956–1965 гг. Подготовка второй «коренной» реформы советской школы: «перестройка» программ и «научное» обоснование ложных идей (статья четвертая). *Математическое образование*, 2014, № 2 (70), с. 2–17. EDN: SYMXCF

Kostenko I. P. 1956–1965. Preparation of the Second “Radical” Reform of the Soviet School: “Restructuring” Programs and “Scientific” Justification of False Ideas (article four). *Mathematical Education*, 2014, no. 2 (70), pp. 2–17. (in Russian) EDN: SYMXCF

Максимова В. Н. *Межпредметные связи в учебно-воспитательном процессе современной школы*. Москва: Просвещение, 1987. 157 с.

Maksimova V. N. *Interdisciplinary Connections in the Educational Process of the Modern School*. Moscow: Prosveshchenie, 1987. 157 p. (in Russian)

Огольцова Е. Г., Анисимова И. В. Теория интеллекта Ж. Пиаже. *Молодой ученый*, 2022, № 50 (445), с. 491–492. EDN: GPGVJX

Ogoltsova E. G., & Anisimova I. V. Jean Piaget's Theory of Intelligence. *Young Scientist*, 2022, no. 50 (445), pp. 491–492. (in Russian) EDN: GPGVJX

Роберт И. В. *Теория и методика информатизации образования (психолого-педагогический и технологический аспекты)*. Москва: ИИО РАО, 2010. 398 с. EDN: OWYWYI

Robert, I. V. *Theory and Methodology of Education Informatization (Psychological-pedagogical and Technological Aspects)*. Moscow: ИО РАО, 2010. 398 p. (in Russian) EDN: OWYWYI

Роберт И. В., Поляков В. А., Кравцова А. Ю. *Направления фундаментальных и прикладных научных исследований в области информатизации образования*. Москва: ИИО РАО, 2018.

Robert I. V., Polyakov V. A. & A. Yu. Kravtsova. *Directions of Fundamental and Applied Scientific Research in the Field of Education Informatization*. Moscow: ИО РАО, 2018. (in Russian)

Рудина М. А. Межпредметная интеграция физики и математики в 7–9 классах: методический подход к повышению эффективности обучения. *Образование и наука в XXI веке: математика, физика, информатика и технологии в смарт-мире: сборник статей по итогам Всероссийской конференции с международным участием*, под редакцией Е. Г. Дорошенко. Красноярск: Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева, 2025, с. 281–285. EDN: RSFJDQ

Rudina, M. A. Interdisciplinary Integration of Physics and Mathematics in Grades 7–9: A Methodological Approach to Enhancing Learning Effectiveness. *Education and Science in the 21st Century: Mathematics, Physics, Informatics and Technologies in the Smart World*. Proceedings of the All-Russian Conference with International Participation, ed. by E. G. Doroshenko. Krasnoyarsk: Krasnoyarskii gosudarstvennyi pedagogicheskii universitet im. V P Astafeva, 2025, pp. 281–285. (in Russian) EDN: RSFJDQ

Тесленко В.И., Богомаз И.В. Концептуально-дидактические основы управления развитием мышления студентов в условиях существования искусственного интеллекта. *Человеческий капитал*, 2025, № 7 (199), с. 186–202. <https://doi.org/10.25629/HC.2025.07.18>; EDN: GCJQGY

Teslenko V. I., & Bogomaz I. V. Conceptual and Didactic Foundations of Managing the Development of Student Thinking in the Context of Artificial Intelligence. *Human Capital*, 2025, no. 7 (199), pp. 186–202. (in Russian) <https://doi.org/10.25629/HC.2025.07.18>; EDN: GCJQGY

Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования. URL: <https://fgos.ru/> (дата обращения: 22.10.2024).

Federal State Educational Standard for Basic General Education. URL: <https://fgos.ru/> (accessed: 22.10.2024). (in Russian)

Selwyn N. *Should Robots Replace Teachers? AI and the Future of Education*. Cambridge: Polity Press, 2019. 160 p.

Сведения об авторе

Ирина Владимировна Богомаз – доктор педагогических наук, кандидат физико-математических наук, профессор, <https://orcid.org/0009-0008-5962-3014>, SPIN-код: 8227-5391, i_bogomaz@mail.ru, Красноярский государственный педагогический университет им. В. П. Астафьева (89, ул. А. Лебедевой, 660049 Красноярск, Россия); **Irina V. Bogomaz** – Doctor of Pedagogical Sciences, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Professor, <https://orcid.org/0009-0008-5962-3014>, SPIN-code: 8227-5391, i_bogomaz@mail.ru, V.P. Astafiev Krasnoyarsk State Pedagogical University (89, ul. A. Lebedevoy, 660049 Krasnoyarsk, Russia).

Статья поступила в редакцию – 23.12.2025; одобрена после рецензирования – 12.01.2026; принята к публикации – 27.01.2026.

The article was submitted – 23.12.2025; approved after reviewing – 12.01.2026; accepted for publication – 27.01.2026.