

Научная статья
УДК 372.853
DOI: 10.18384/2949-4974-2025-2-87-95

О РЕАЛИЗАЦИИ МЕЖПРЕДМЕТНЫХ СВЯЗЕЙ В ШКОЛЬНОМ ОБУЧЕНИИ ФИЗИКЕ И МАТЕМАТИКЕ

Черемных Д. К.

*Государственный университет просвещения, г. Москва, Российская Федерация
e-mail: dkcheremnykh@gmail.com*

Поступила в редакцию 11.12.2024

После доработки 10.03.2025

Принята к публикации 21.03.2025

Аннотация

Цель. Статья направлена на анализ и описание межпредметных связей в обучении физике и математике учащихся для формирования у них системного мышления и ключевых компетенций.

Методология и методы. Исследование основано на литературном анализе, а также на практическом подходе, включающем использование метапредметного подхода и дифференциального исчисления в обучении физике. Также для исследования использованы методы анализа учебных материалов, наблюдения за учебной деятельностью учащихся и анализа педагогической практики.

Результаты. В статье подчёркивается, что межпредметные связи помогают объединить знания из различных дисциплин, что способствует лучшему усвоению материала и развитию критического мышления у учащихся. Использование метапредметного подхода и дифференциального исчисления в преподавании физики способствует более глубокому пониманию реальных физических процессов и развитию аналитических способностей учащихся. Включение современных образовательных технологий, таких как симуляторы и программное обеспечение, способствует повышению эффективности образовательного процесса.

Теоретическая и/или практическая значимость. Теоретическая значимость исследования заключается в уточнении понятия «межпредметные связи» и их роли в образовательном процессе, а также в разработке методических рекомендаций для реализации межпредметных связей. Практическая значимость заключается в рассмотрении конкретных методов и примеров для внедрения межпредметных связей в школьную практику, что способствует более глубокому и осмысленному усвоению учебных предметов.

Выводы. Реализация межпредметных связей является важным элементом современного образования, способствующим развитию у учащихся комплексных знаний и навыков. Метапредметный подход и использование дифференциального исчисления помогают формировать ключевые компетенции, необходимые для успешной адаптации в быстро меняющемся мире. Для эффективной реализации межпредметных связей требуется подготовка педагогов, создание методических материалов и внедрение инновационных образовательных технологий.

Ключевые слова: физика, математика, межпредметные связи, метапредметный подход, дифференциальное исчисление, образовательные стандарты

Для цитирования: Черемных Д. К. О реализации межпредметных связей в школьном обучении физике и математике // Московский педагогический журнал. 2025. №2. С. 87–95. <https://doi.org/10.18384/2949-4974-2025-2-87-95>

Original research article

IMPLEMENTING INTERDISCIPLINARY CONNECTIONS IN TEACHING PHYSICS AND MATHEMATICS AS SCHOOL

D. Cheremnykh

Federal State University of Education, Moscow, Russian Federation

e-mail: dkcheremnykh@gmail.com

Received by the editorial office 11.12.2024

Revised by the author 10.03.2025

Accepted for publication 21.03.2025

Abstract

Aim. To analyze and describe interdisciplinary connections in teaching physics and mathematics to develop students' systematic thinking and key competencies.

Methodology and methods. The study is grounded in a literature review and a practical approach that integrates a meta-subject framework and differential calculus into physics teaching. The study also used methods of analyzing educational materials, observing students' learning activities and analyzing teaching practice.

Results. The article highlights that interdisciplinary connections facilitate the integration of knowledge across different fields, leading to improved material retention and the development of critical thinking skills in students. The application of the meta-subject approach and differential calculus in teaching physics enhances students' understanding of real-world physical processes and fosters analytical skills. The inclusion of modern educational technologies, such as simulations and software, further contributes to more effective learning.

Theoretical and/or practical significance. The theoretical significance of the study lies in clarifying the concept of interdisciplinary connections and their role in the educational process, as well as in developing methodological recommendations for implementing interdisciplinary connections. The practical significance is found in providing specific methods and examples for applying interdisciplinary connections in school practice, which facilitates deeper and more meaningful learning.

Conclusions. The implementation of interdisciplinary connections is an important element of modern education, contributing to the development of comprehensive knowledge and skills in students. A meta-subject approach and the use of differential calculus help to form the key competencies necessary for successful adaptation in a rapidly changing world. Effective implementation of interdisciplinary connections requires training teachers, creating methodological materials and introducing innovative educational technologies.

Keywords: physics, mathematics, interdisciplinary connections, meta-subject approach, differential calculus, educational standards

For citation: Cheremnykh, D. K. (2025). Implementing interdisciplinary connections in teaching physics and mathematics at school. In: *Moscow Pedagogical journal*, 2, 87–95. <https://doi.org/10.18384/2949-4974-2025-2-87-95>

ВВЕДЕНИЕ

Современное образование сталкивается с новыми вызовами, связанными с необходимостью подготовки учащихся к жизни в быстро меняющемся мире. В

условиях постоянных технологических изменений учащиеся должны обладать не только глубокими знаниями в отдельных предметных областях, но и развитыми компетенциями для применения этих

знаний в разных контекстах. Это требует от образовательных систем перехода к подходам, способствующим более глубокому осмыслению учебного материала и формированию целостного восприятия мира. Одним из таких подходов является использование межпредметных связей, которые обеспечивают объединение знаний и умений из различных дисциплин.

В последние десятилетия в российском образовании активно внедряются новые стандарты, направленные на формирование ключевых компетенций у школьников. В рамках Федерального государственного образовательного стандарта особое внимание уделяется метапредметному подходу, который способствует развитию у учеников системного мышления и способности к решению комплексных задач. Этот подход позволяет объединять знания из разных предметных областей, таких как математика и физика, что способствует более глубокому пониманию как самих дисциплин, так и их взаимосвязей¹ [9].

Тем не менее несмотря на значительный прогресс, проблема межпредметных связей остаётся недостаточно разработанной в практике школьного образования. На данный момент существует множество теоретических подходов к реализации межпредметных связей, но на практике при их внедрении учителя сталкиваются с рядом трудностей. В частности, недостаточная подготовка части педагогов к использованию метапредметных методов, расхождения во времени введения ключевых понятий в разных предметах и отсутствие единого методического подхода препятствуют эффективному обучению. Это создаёт пробелы в образовательном процессе и затрудняет формирование у учащихся целостной картины мира.

¹ Федеральный государственный образовательный стандарт среднего (полного) общего образования // Российская газета [сайт]. URL: <http://www.rg.ru/2012/06/21/obrstandart-dok.html> (дата обращения: 01.12.2024).

Актуальность данной проблемы обусловлена необходимостью адаптации образовательного процесса к требованиям современности. Без использования межпредметных связей в обучении учащиеся часто сталкиваются с трудностями в восприятии информации, что препятствует развитию критического мышления и способности решать практические задачи. Таким образом, развитие и внедрение межпредметных связей в обучении физике является не только актуальным, но и необходимым шагом в повышении качества образования и подготовки учеников к жизни в условиях многозадачности и быстрого изменения технологической среды.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Цель и задачи исследования

Физика и математика неразрывно связаны. Математика предоставляет язык, с помощью которого физика может описывать и предсказывать явления в природе. Без математического аппарата, например, основ анализа, физика не смогла бы развиваться в том виде, в каком мы её знаем сегодня. В этой статье рассматривается, как осознанное использование математических знаний в физике способствует более глубокому пониманию физических процессов и помогает формировать у учащихся навыки аналитического и критического мышления.

Целью данной статьи является анализ и описание межпредметных связей в обучении физике и математике учащихся для формирования у них системного мышления и ключевых компетенций.

Для достижения цели были поставлены и решены следующие задачи:

- 1) выявление основных проблем, связанных с использованием межпредметных связей в школьном обучении;
- 2) выявление особенностей использования межпредметных связей при изучении физики и математики;

3) описание метапредметного подхода как метода объединения знаний из различных учебных предметов;

4) определение значимости дифференциального исчисления для глубинного понимания физики;

5) рассмотрение успешных примеров внедрения межпредметных связей в образовательный процесс.

Проблемы использования межпредметных связей в школьном обучении

Процесс внедрения межпредметных связей в образовательный процесс может сопровождаться рядом трудностей. Одной из ключевых проблем, например, является недостаточная подготовка некоторых преподавателей, которым необходимо уметь объединять знания из различных предметных областей. Педагоги нередко сталкиваются с нехваткой методических материалов, которые бы помогли им реализовывать межпредметные связи [9].

Ещё одной проблемой является традиционное восприятие предметов как отдельных дисциплин, что затрудняет реализацию связей. Важно менять подходы к обучению, способствуя формированию у учащихся системного мышления. Кроме того, необходимо развивать у учителей навыки междисциплинарного сотрудничества, чтобы они могли работать в команде и совместно разрабатывать учебные программы.

Существует концептуальное расхождение между учебными программами по физике и математике. В этих дисциплинах определения и интерпретации терминов часто различаются, и одно и то же понятие может обозначаться разными способами.

Несмотря на то, что на первый взгляд векторы в физике и математике могут восприниматься как различные объекты, нельзя не отметить, что они имеют общие особенности, которые определяют их векторную сущность. В обоих случаях

векторы поддаются операциям сложения, вычитания, а также умножения на скаляр и другой вектор (как скалярное, так и векторное). Это означает, что на начальных этапах физического образования не требуется акцентировать внимание на том, что скорость и сила – это векторы. Основное внимание следует уделить тому, что эти физические величины обладают особыми свойствами, а операции с ними существенно отличаются от стандартных алгебраических операций с числами.

Другим примером несоответствия программ является различие в трактовке векторной проекции на ось координат, которая вводится в физике, и векторных координат, рассматриваемых в геометрии [4].

Особенности использования межпредметных связей при изучении физики и математики

Анализ литературы показывает, что межпредметные связи между физикой и математикой имеют глубокие корни. Такие выдающиеся умы, как Я. А. Коменский, Дж. Локк и многие другие, самым серьёзным образом повлияли на развитие концепции межпредметных связей. Так, Я. А. Коменский заложил научные основы этой проблемы и обратил внимание на важность этого элемента образования.

Взаимосвязь различных учебных дисциплин важна для того, чтобы учащиеся могли в полной мере усвоить полученные знания. Я. А. Коменский подчёркивал, что связанные друг с другом предметы должны объясняться и преподаваться в одинаковой взаимосвязи [2]. Эту идею также можно проследить в трудах Дж. Локка. В одной из своих работ он подчёркивает значимость обобщённого познания как ключевого способа приближения к истинным открытиям, высказываясь о необходимости органичной взаимосвязи составляющих одной учебной дисциплины с другими [5].

В свою очередь, с точки зрения знаменитого педагога К. Д. Ушинского, раз-

витие межпредметных связей играет решающую роль в выработке целостного мировоззрения у учащихся; он делает акцент на системном подходе при обустройстве учебного процесса, подчёркивая риск интеллектуальной стагнации при изолированном восприятии знаний [6].

С другой стороны, межпредметные связи, как указано в педагогическом словаре, помогают найти наилучший подход к преподаванию и образованию, содействующий формированию у учащихся специфических знаний, решению эпистемологических задач, необходимых для полноценного освоения основ естественных наук, а также способствуют развитию научного мышления¹.

Таким образом, в образовательном процессе наблюдается многообразие мнений относительно природы и значения межпредметных связей. Отсутствие общего универсального определения акцентирует внимание на богатстве подходов и интерпретаций этой категории. Широкий спектр точек зрения и методов взаимодействия с межпредметными связями подчёркивает всю сложность и многоаспектность данного педагогического явления, а также его неоднозначность в контексте образования.

И в наши дни вопрос использования межпредметных связей остаётся важной темой для изучения. Многообразие подходов к рассматриваемому понятию стимулирует педагогов, изучающих эту проблему, создавать собственные определения. Для более глубокого осознания связей в образовательном процессе исследователи стремятся найти более точные формулировки, которые помогут лучше понять их значимость и роль в образовательной практике.

Однако не все учителя обладают достаточной подготовкой для реализации межпредметного подхода на практике. Важно отметить, что недостаточная те-

оретическая база, а также разное время введения ключевых понятий в учебные программы создают сложности в усвоении материала учащимися.

Как упоминается в исследованиях, в курсе математики понятие вектора вводится в 9 классе, тогда как в физике оно, можно сказать, появляется уже в 7 классе при изучении силы. Это расхождение в сроках изучения приводит к путанице и непониманию у учеников. Кроме того, векторная алгебра в математике не всегда сопоставима с используемыми физическими концепциями, что также усложняет обучение [3].

Необходимо обратить внимание на то, что в курсе геометрии понятие вектора рассматривается как направленный отрезок, что является абстрактным и не всегда привязывается к практическому применению в физике. Таким образом, нужно, чтобы учителя математики и физики синхронизировали свои программы, обеспечивая согласованное введение понятий.

Учитывая вышеизложенное, ещё раз подчеркнём, что к ключевым проблемам при реализации межпредметных связей можно отнести не только различия в содержании разных учебных предметов, но и во временных рамках их изучения. Например, математический аппарат, требуемый для изучения физики, на уроках математики может закладываться позже. Эти расхождения по времени могут вызывать разрыв в осознании и восприятии материала учащимися, что, в свою очередь, может приводить к затруднениям при применении знаний на практике. Примером может служить ситуация, когда на уроках физики учащиеся начинают работать с конкретными физическими величинами, решать задачи, используя понятие производной, но, как правило, не имеют чёткого представления о самом процессе дифференцирования, т. к. это понятие в математике вводится позднее. Также, безусловно, важно учитывать, что разные сроки введения тех или иных по-

¹ Бим-Бад Б. М. Педагогический энциклопедический словарь. М.: Большая Российская энциклопедия, 2002. С. 140.

нятий могут влиять на глубину усвоения материала, создавая трудности в дальнейшем освоении более сложных тем. В связи с этим, синхронизация временных рамок изучения учебных предметов становится не менее важной задачей, чем согласование содержания.

Роль метапредметного подхода в объединении знаний из различных учебных предметов

Метапредметный подход становится ключевым в решении проблемы разобщённости учебных предметов. Этот подход позволяет учителям использовать знания и навыки из разных предметов, формируя у учащихся целостное восприятие образовательного процесса. Таким образом, школьники начинают осознавать, что изученные формулы и концепции могут быть применены в различных контекстах.

Важно отметить различие между метапредметным и межпредметным подходами. Метапредметный подход фокусируется на формировании универсальных знаний и навыков, таких как критическое мышление и способность решать задачи, которые могут быть использованы в разных предметных областях. В отличие от этого, межпредметный подход направлен на интеграцию знаний из разных предметных областей с целью углублённого понимания и применения материала в контексте конкретных учебных предметов. Применение метапредметного подхода для связей физики с математикой позволит создавать совместные проекты и использовать математические модели для анализа физических явлений.

Существует множество способов реализации метапредметного подхода в образовательном процессе. Например, учителя могут проводить совместные уроки, где физика и математика рассматриваются в едином контексте. Такие уроки позволяют ученикам не только изучать теоретические концепции, но и применять их на практике. Проектные

работы также могут стать эффективным инструментом для объединения знаний. Ученики могут работать над задачами, которые требуют применения как математических, так и физических знаний, что способствует более глубокому пониманию учебного материала.

Кроме того, стоит обратить внимание на использование современных образовательных технологий. Интерактивные симуляторы, программное обеспечение и онлайн-ресурсы могут стать важными инструментами для реализации межпредметных связей. Например, симуляторы физических процессов позволяют учащимся визуализировать и анализировать различные сценарии, что делает обучение более увлекательным и наглядным.

Значение дифференциального исчисления при изучении механики

Дифференциальное исчисление играет важную роль в изучении механики и других разделов физики. Знание о производной функции помогает учащимся понять связь между изменениями различных физических величин. В современных экзаменах, таких как ЕГЭ, требования к знаниям начал математического анализа становятся всё более актуальными. Учителя должны уделять внимание подготовке учащихся к таким заданиям, чтобы они могли успешно справляться с комплексными задачами [8].

В качестве примера можем рассмотреть такую задачу. Допустим, автомобиль движется по прямой линии с функцией перемещения, заданной уравнением $s(t) = 3t^2 + 2t$ (где s – перемещение в метрах, а t – время в секундах). Чтобы найти мгновенную скорость автомобиля в момент времени $t = 4$ с, учащиеся могут взять производную от функции перемещения:

$$v(t) = \frac{ds}{dt} = 6t + 2$$

Теперь подставим $t = 4$ с:

$$v(4) = 6 \cdot 4 + 2 = 26(\text{м/с})$$

Таким образом, учащиеся учатся применять дифференциальное исчисление для анализа реальных физических процессов, что укрепляет их понимание темы.

Другой пример: в задачи о свободном падении мяча, заданной уравнением $h(t) = 30 - 5t^2$, где h — высота в метрах, а t — время в секундах, учащиеся могут вычислить скорость падения:

$$v(t) = \frac{dh}{dt} = -10t$$

При этом, например, в момент времени $t = 3$ с:

$$v(3) = -10 \cdot 3 = -30(\text{м/с})$$

Такой подход помогает учащимся осознать взаимосвязь между математическими концепциями и физическими явлениями, улучшая их аналитические навыки.

В приведённых выше примерах зависимость координаты от времени была изначально задана, однако в реальных задачах ученикам необходимо самостоятельно составить такую функцию, опираясь на условия задачи. Этот процесс вызывает определённые трудности у учащихся, поскольку для его выполнения требуется не только умение работать с текстовыми задачами, но и способность правильно интерпретировать и анализировать их условие, что нередко становится сложной частью решения [7].

Примеры успешного внедрения межпредметных связей при изучении физики и математики

На практике существуют различные подходы к реализации межпредметных связей. Одним из успешных примеров является использование уроков, где учителя физики и математики работают совместно, демонстрируя учащимся, как теоретические концепции применимы в различных областях. Это может быть реализовано через проектные работы, где ученики исследуют реальные физические

явления, опираясь на математические модели [1].

Другим примером является использование лабораторных исследований, где ученики могут применять математические расчёты для анализа данных экспериментов. Это не только укрепляет их знания, но и развивает практические навыки, что особенно важно в условиях современного образования. Кроме того, такие подходы позволяют учащимся видеть связь между теорией и практикой, что способствует лучшему усвоению материала.

Ещё одним примером может являться проведение профильных кружков дополнительного образования, что становится всё более и более распространённым, поскольку на таких занятиях есть возможность рассказать и объяснить больше материала, на который не остаётся времени на основном уроке.

Современные образовательные технологии также могут сыграть важную роль в реализации межпредметных связей. Использование интерактивных симуляторов и компьютерных моделей позволяет учащимся визуализировать физические процессы и применять математические расчёты в режиме реального времени. Это не только делает процесс обучения более интересным, но и способствует более глубокому освоению материала.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основными вызовами внедрения межпредметных связей являются недостаточная подготовленность педагогов, разрозненность учебных планов, а также необходимость синхронизации понятий между учебными предметами. Однако эти вызовы создают уникальные возможности для углублённого понимания материала, формирования системного мышления и развития у учащихся компетенций, необходимых для успешной адаптации в быстроменяющемся мире.

Интеграция межпредметных связей при обучении физике и математике является важным аспектом современного

образовательного процесса. Метапредметный подход и использование дифференциального исчисления помогают формировать у учащихся необходимые компетенции, подготавливая их к вызовам XXI в. Педагоги должны осознавать значимость таких связей и активно внедрять новые методы преподавания, что в конечном итоге будет способствовать созданию творческой и свободной личности.

Поддержка со стороны образовательных учреждений, включая подготовку учителей и создание методических материалов, является необходимым условием

успешной реализации межпредметного подхода. Только комплексный подход к решению этих задач позволит сделать обучение более эффективным и актуальным для современных учеников.

Таким образом, в данной статье мы приходим к выводу, что межпредметные связи, в частности, при изучении физики и математики, являются важным инструментом для развития ключевых компетенций учащихся, способствующим не только лучшему усвоению материала, но и формированию навыков, необходимых для успешной профессиональной деятельности в будующем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Грань Т. Н. Реализация межпредметных связей при обучении математике и физике // Проблемы и перспективы развития образования по физике: Общеобразовательные учреждения, педагогические вузы: доклады научно-практической конференции (Москва, 11–12 апреля 2018 года) / под ред. С. А. Холиной. М.: МГОУ, 2018. С. 52–56.
2. Коменский Я. А. Избранные педагогические сочинения: в 2-х т. / под ред. А. И. Пискунова. М.: Педагогика, 1982. Т. 1. 656 с.
3. Кондаурова Т. А. Пути реализации межпредметных связей математики и физики в школьном курсе общего образования // Наука и образование в контексте глобальной трансформации: сборник статей V Международной научно-практической конференции (Петрозаводск, 09 июня 2022 года). Петрозаводск: Новая Наука, 2022. С. 33–38.
4. Кравченко В. В. Межпредметные связи физики и математики // XVII Царскосельские чтения: материалы международной научной конференции (Санкт-Петербург, 23–24 апреля 2013 года) / под ред. В. Н. Скворцова. Т. 2. СПб: Ленинградский государственный университет им. А. С. Пушкина, 2013. С. 206–210.
5. Локк Д. Педагогические сочинения / пер. с англ. М.: Учпедгиз, 1939. 320 с.
6. Ушинский К. Д. Избранные педагогические сочинения. М.: Государственное учебно-педагогическое издательство Наркомпроса РСФСР, 1945. 1023 с.
7. Холина С. А., Ильина Д. А. Методика изучения производной в средней школе // Фундаментальные проблемы математики, физики и математического образования: научные исследования в начале III тысячелетия: сборник трудов кафедры математического анализа и геометрии. М.: МГОУ, 2021. С. 74–78.
8. Черемных Д. К. Межпредметные связи физики с математикой при изучении механики в средней школе // Проблемы теории и практики инновационного развития и интеграции современной науки и образования : материалы V Международной научно-практической конференции (Москва, 14 февраля 2024 года). М.: Принтика, 2024. С. 84–86.
9. Шурыгин В. Ю., Шурыгина И. В. Активизация межпредметных связей физики и математики как средство формирования метапредметных компетенций школьников // Карельский научный журнал. 2016. Т. 5. № 4 (17). С. 41–44.

REFERENCES

1. Gran, T. N. (2018). Implementation of interdisciplinary connections in teaching mathematics and physics. In: Problems and prospects for the development of education in physics: General education institutions, pedagogical universities: reports of the scientific and practical conference (Moscow, April 11–12, 2018). Moscow: Moscow State University of Education Publ., pp. 52–56 (in Russ.).

2. Komensky, Ya. A. (1982). Selected pedagogical works: in 2 volumes. Moscow, Pedagogy Publ. Vol. 1. (in Russ.).
3. Kondaurova, T. A. (2022) Ways to implement interdisciplinary connections between mathematics and physics in the school curriculum of general education. In: Science and education in the context of global transformation: collection of articles from the V International scientific and practical conference (Petrozavodsk, June 09, 2022). Petrozavodsk: Novaya Nauka Publ., pp. 33–38 (in Russ.).
4. Kravchenko, V. V. (2013). Interdisciplinary connections between physics and mathematics. In: XVII Tsarskoye Selo Readings: materials of the international scientific conference (St. Petersburg, April 23–24, 2013). Vol. 2. St. Petersburg: Leningrad State University named after A. S. Pushkin Publ. pp. 206–210 (in Russ.).
5. Locke, D. (1939). Pedagogical works. Moscow: Uchpedgiz Publ. (in Russ).
6. Ushinsky, K. D. (1945). Selected pedagogical works. Moscow: State educational and pedagogical publishing house of the People's Commissariat of Education of the RSFSR (in Russ.).
7. Kholina, S. A. & Ilyina, D. A. (2021). Methodology for studying the derivative in high school. In: Fundamental problems of mathematics, physics and mathematical education: scientific research at the beginning of the 3rd millennium: collected works of the department of mathematical analysis and geometry. Moscow: MGOU Publ., pp. 74–78 (in Russ.).
8. Cheremnykh, D. K. (2024). Interdisciplinary connections of physics with mathematics in the study of mechanics in high school. In: Problems of the theory and practice of innovative development and integration of modern science and education: materials of the V International scientific and practical conference (Moscow, February 14, 2024). Moscow: Printika Publ., pp. 84–86 (in Russ.).
9. Shurygin, V. Yu. & Shurygina, I. V. (2016). Activation of physics and mathematics inter subject communications as the means of forming students' metasubject competencies. In: Karelian Scientific Journal, 5, 4 (17), 41–44 (in Russ.).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Черемных Данил Константинович – аспирант кафедры фундаментальной физики и нанотехнологии Государственного университета просвещения;
e-mail: dkcheremnykh@gmail.com

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Danil K. Cheremnykh – Postgraduate Student of the Department of Fundamental Physics and Nanotechnology of Federal State University of Education;
e-mail: dkcheremnykh@gmail.com