

МЕТОДОЛОГИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

УДК 378.2

<https://doi.org/10.23951/1609-624X-2025-2-43-53>

Логико-содержательные линии между физикой и математикой как основа профессиональной подготовки учителей в современном педагогическом вузе

Ирина Владимировна Богомаз¹, Валентина Ивановна Тесленко²

^{1,2} Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, Красноярск, Россия

¹ i_bogomaz@mail.ru

² tiof_@mail.ru

Аннотация

Рассматривается проблема формирования у современного учителя математики и физики профессиональных компетенций, относящихся к прикладным и функциональным аспектам соответствующих дисциплин. Приводятся обоснования необходимости учета взаимосвязи между математикой и физикой. Выделяя логико-содержательные линии межпредметных связей между физикой и математикой, предлагается решать и методические задачи, которые проиллюстрированы на примере рассмотрения таких понятий, как «функция» и «движение». В соответствии с теоретическим анализом логико-содержательных межпредметных линий между математикой и физикой обосновывается необходимость согласованного формирования математических и физических понятий в процессе обучения студентов в соответствии со специально разработанными организационно-методическими условиями, а также представляется разработанная программная модель по механике и уровни ее реализации в практике обучения студентов педагогического вуза. При этом логико-содержательные межпредметные линии определяются прежде всего наличием общих фундаментальных и прикладных областей. Разработка логико-содержательных линий межпредметных связей математики и физики осуществлялась на основе методологии системного обзора, который позволяет исключить субъективный подход при интерпретации данных по взаимосвязи математики и физики, выявить тенденции развития исследуемой проблемы и определить ее значимые теоретические и прикладные аспекты. Данная методология предполагает использование совокупности взаимодополняющих методов: качественного и количественного анализа с целью выявления взаимосвязи программного содержания математики и физики; системного анализа с целью определения структурно-функциональных элементов при описании взаимосвязи математики и физики; аналитической группировки программного учебного материала и качественных и количественных характеристик разделов математики и физики. Реализация дизайна логико-содержательных линий межпредметных связей математики и физики осуществлялась на базе логического подхода. На первом этапе на основе практики обучения студентов педагогического вуза был сформулирован доказательный подход к исследуемой проблеме. Отбор программного материала осуществлялся на основе специальной модели, для реализации которой разрабатывались логико-содержательные линии межпредметных связей математики и физики. Системно-структурный подход позволил разработать уровни реализации программной модели и систему индивидуальных расчетно-графических заданий для подготовки будущих учителей в современном педагогическом вузе.

Ключевые слова: учитель, математика, физика, профессиональная подготовка, логико-содержательные линии, межпредметные связи, программная модель, организационно-методические условия, уравнения движения точки

Для цитирования: Богомаз И.В., Тесленко В.И. Логико-содержательные линии между физикой и математикой как основа профессиональной подготовки учителей в современном педагогическом вузе // Вестник Томского государственного педагогического университета (TSPU Bulletin). 2025. Вып. 2 (238). С. 43–53. <https://doi.org/10.23951/1609-624X-2025-2-43-53>

METHODOLOGY AND TECHNOLOGY OF PROFESSIONAL EDUCATION

Logical-content lines between physics and mathematics as a basis for professional teacher training in a modern pedagogical university

Irina V. Bogomaz¹, Valentina I. Teslenko²

^{1,2} Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev, Krasnoyarsk, Russian Federation

¹ i_bogomaz@mail.ru

² tiof_@mail.ru

Abstract

The article deals with the problem of formation of professional competencies related to applied and functional aspects of the respective disciplines in a modern teacher of mathematics and physics. Justifications of the necessity to take into account the interrelation between mathematics and physics are given. The authors, emphasizing the logical and substantive interdisciplinary links between physics and mathematics, offer to solve methodological problems, which are illustrated by the example of considering such concepts as «function» and «motion». In accordance with the theoretical analysis of logical and substantive interdisciplinary lines between mathematics and physics, the necessity of coordinated formation of mathematical and physical concepts in the process of teaching students in accordance with specially developed organizational and methodological conditions is substantiated, and the developed program model for mechanics and the levels of its implementation in the practice of teaching students of a pedagogical university are proposed. In this case, the logical and content interdisciplinary lines are determined, first of all, by the presence of common fundamental and applied areas. The development of logical and content lines of interdisciplinary links between mathematics and physics was carried out on the basis of the methodology of systematic review, which allows to exclude subjective approach in interpreting data on the relationship between mathematics and physics, to identify trends in the development of the problem under study and to determine its significant theoretical and applied aspects. This methodology implies the use of a set of complementary methods: qualitative and quantitative analysis in order to identify the relationship between the program content of mathematics and physics; system analysis to identify structural and functional elements in describing the relationship between mathematics and physics; analytical grouping of programmatic teaching material and qualitative and quantitative characteristics of mathematics and physics sections. Implementation of the design of logical and content lines of interdisciplinary links between mathematics and physics was carried out on the basis of the logical approach. At the first stage, based on the practice of teaching students at the pedagogical university, an evidence-based approach to the problem under study was formulated. The selection of program material was carried out on the basis of a special model, for the implementation of which the logical and content lines of interdisciplinary links between mathematics and physics were developed. The system-structural approach made it possible to develop the levels of program model implementation and develop a system of individual calculation and graphic tasks for training future teachers in a modern pedagogical university.

Keywords: teacher, mathematics, physics, teacher professional training, logical and content lines, interdisciplinary links, program model, organizational and methodological conditions, equations of motion of a point

For citation: Bogomaz I.V., Teslenko V.I. Logiko-soderzhatel'nyye linii mezhdru fizikoy i matematikoy kak osnova professional'noy podgotovki uchiteley v sovremennom pedagogicheskom vuze [Logical-content lines between physics and mathematics as a basis for professional teacher training in a modern pedagogical university]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta – Tomsk State Pedagogical University Bulletin*, 2025, vol. 2 (238), pp. 43–53 (in Russian). <https://doi.org/10.23951/1609-624X-2025-2-43-53>

Введение

Цель исследования состоит в постановке и решении проблемы взаимосвязи математики и физики при организации процесса профессионального обучения учителей этого профиля в современном педагогическом вузе. При этом необходима теоретическая разработка программных модулей и практическое решение вопросов в обеспечении орга-

низационно-методических условий ее использования в процессе профессионального обучения студентов. В качестве основного метода настоящего исследования выбран разноуровневый деятельностный подход к реализации предложенных программных модулей, а также в выделении организационно-методических условий для успешного формирования математических и физических понятий.

Взаимосвязь учебных предметов математики и физики отражает глубокую внутреннюю связь соответствующих наук. Физические законы являются основой работы механических систем и механизмов, принципы работы которых излагаются в разделах теоретической и технической механики.

Понимание физической сути явления и правильная формулировка задачи приводят к аналитическим решениям поставленной задачи. А физические определения и законы не существуют без математических понятий [1].

Например, понятие «мгновенная скорость» невозможно без понятия «бесконечно малая величина и предел» (*lim*) и определяется как предел отношений Δx (приращение пути) к промежутку времени Δt :

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta x}{\Delta t} = \dot{x};$$

понятие «уравнение движения» – без понятия «функции и области ее определения», «законы движения» – без дифференциального и интегрального исчисления и др. Необходимо отметить, что для вычисления кинематических характеристик элементов механизмов и робототехнических систем записывают уравнения движения в виде функциональной зависимости и анализируют полученные функции методами математического анализа.

Таким образом, математика фактически пропитала физику и является ее языком и неотъемлемой частью, а аналитические методы анализа механических систем дают в ряде случаев достаточно оснований для точной количественной характеристики процессов движения. Кроме того, математика (совместно с логикой) дает физике возможность из некоторой системы постулатов (аксиом) получать новые следствия (теоремы). Таким путем физики решают большое число важнейших прикладных задач и создают теоретическую базу для общетехнического и профессионального образования. Применение математических методов в физике имеет свои особенности, которые отличны от методов, используемых в чисто математических науках. В то время как математики изучают абстрактные объекты, физики изучают реальный объективный мир, существующий независимо от них, иначе говоря, физика – это применение математических теорий к реально существующим объектам.

Проблема качества образования в современной России широко обсуждается в научной литературе [2–3]. Отмечается, что на сегодняшний день образование в России отстает от реальных потребностей высокотехнологического производства. Одной из причин является низкий уровень знаний по физике и математике абитуриентов, поступающих в высшие учебные заведения. В связи с этим перед

педагогическими учебными заведениями поставлена задача усилить фундаментальную подготовку будущих учителей математики и физики, что требует серьезной модернизации содержания педагогического обучения. При этом ощущается нехватка высококвалифицированных учителей физики и математики, владеющих методами исследования. Модернизация учебных программ при обучении педагогов соответствующих профилей невозможна без реализации принципа междисциплинарности, в основе которого лежат логико-содержательные межпредметные линии между математикой, физикой и техническими дисциплинами [4–9].

Логико-содержательные линии межпредметных связей математики и физики определяются в явном виде в прикладных областях, связанных с расчетами инженерных систем и сооружений, машин, механизмов, манипуляторов и др., в основе которых лежат общие законы физики и соответствующий математический аппарат. Восприятие этих взаимосвязей студентами осложняется тем, что:

- математические теории и модели, сформулированные теоретиками и математиками, как правило, плохо воспринимаются, так как зачастую предлагаемые теоретические модели не сопоставляются с реальностью, а логическая строгость, достигаемая теоретиками при создании математических выражений, чрезвычайно ценна только в том случае, когда дается приложение математического аппарата к той или иной конкретной области физики, например к механике;

- как фундаментальная наука механика является не только одной из дисциплин, дающей углубленные знания о природе, она также служит средством, помогающим формировать математические модели происходящих в природе и технике процессов, к выработке способностей к научным обобщениям и выводам общих законов механического движения;

- механика опирается на основы теории функций, математический анализ, элементы векторной алгебры, дифференциальное и интегральное исчисление. Конкретные задачи обогащают математику идейным содержанием, оттачивают ее логические построения не меньше, чем предельно формализованные исследования в чисто внутренних областях математики [10–15].

Результаты исследования

Для формирования логико-содержательных линий межпредметных связей математики и физики возникает необходимость согласованного формирования общих определений и понятий в процессе профессионального обучения студентов. Основным методом данного исследования является сопоставление содержания разделов теоретической механики, являющейся составной частью теоретической физики, и математики на примерах расчетов механических систем.

Для того чтобы действительно понять теоретические основы механики, необходимо знать факты и явления, для объяснения которых была создана теория. Например, понять и усвоить теоретическую основу наиболее простого случая движения – равномерного поступательного движения тела невозможно без математической трактовки, так как языком любой физической теории, начиная с конца XVII в., является математика. И. Ньютон и Л. Эйлер разработали математический аппарат, который стал основой классической теории движения в непрерывном пространстве. Они ввели бесконечно малые величины и понятие «*lim* – предел» и на этой основе сформулировали основы математического анализа и дифференциального исчисления. На основании данного математического аппарата до настоящего времени строятся математические модели движения различных объектов.

Восприятие математического аппарата может быть облегчено, если понять и освоить такие основные фундаментальные понятия классической физики, как «материя», «движение», «взаимодействие», «пространство», «время». Таким образом, линии логических связей математики и физики существуют не обособленно, а в тесном взаимодействии и в диалектическом единстве при анализе прикладных вопросов применения физических знаний. Теоретический анализ логико-содержательных линий указывает на необходимость согласованного формирования математических и физических понятий в процессе обучения студентов.

Как показывает практика организации процесса профессионального обучения студентов педагогических вузов, при изучении механики и математики возникает ряд несоответствий:

- несогласованность в формировании общих для обоих курсов понятий. Это относится, например, к понятию производной: в математике это тангенс угла наклона касательной, проведенной к графику функции в заданной точке, в механике – скорость движения в заданный момент времени; интеграл в математике – это площадь, в механике – путь, пройденный объектом, и др.;

- при изучении математики не всегда своевременно формируются методы вычисления некоторых величин, необходимых для изучения механики, например, момента инерции твердого тела или вычисления центра тяжести фигур и др.;

- на занятиях по математике студенты не всегда используют те определения, которые сформированы у них при изучении механики. Например, в задачах на сложное движение на занятиях по математике при решении задач «движение по воде» вводится понятие «собственная скорость тела», что принципиально неверно. Во-первых, определение скорости дается для материальной точки; во-вторых, скорость – инвариантная физическая вели-

чина и не может быть собственной характеристикой материальной точки как ее масса;

- при описании движения не вводятся понятия «уравнение движения», «график движения», «абсолютное время», «абсолютное пространство» и др.

Математический аппарат не всегда в полной мере находит корректное отражение при изучении различных видов движения. По-прежнему на лекциях по физике в педагогических вузах даются формулы только для вычисления скорости при равномерном и равноускоренном прямолинейном движении материальной точки. Однако точки в реальном механизме движутся равномерно, ускоренно или замедленно, и приведенные формулы не соответствуют реальным характеристикам движения. Кинематические характеристики различных точек механизма получают из анализа уравнений движения соответствующих точек, исходя из известных данных ведущего звена механизма. Приведем классический пример моделирования кривошипно-шатунного механизма, кинематическая схема которого показана на рис. 1а; геометрия задачи показана на рис. 1б.

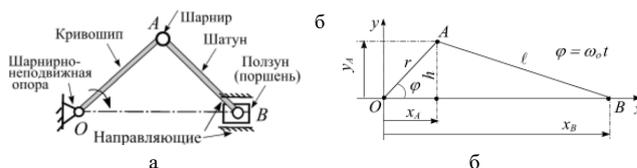


Рис. 1. Кривошипно-шатунный механизм

Записываются уравнения движения любой точки механизма через функциональную зависимость ведущего звена механизма – кривошипа, движение которого задано уравнением движения

$$\begin{cases} t \geq 0, \\ \varphi(t) = \omega_0 t. \end{cases}$$

Здесь угол φ в радианах, ω_0 – угловая скорость вращения кривошипа.

Тогда уравнения движения шарнира A и ползуна B примут вид:

Уравнения движения шарнира A

$$\begin{cases} t \geq 0, \\ x_A = r \cos(\omega_0 \cdot t), \\ y_A = r \sin(\omega_0 \cdot t). \end{cases}$$

Уравнения движения шарнира B

$$\begin{cases} t \geq 0, \\ x_B = r \cos(\omega_0 \cdot t) + \sqrt{l^2 - r^2 \sin^2(\omega_0 \cdot t)}. \end{cases}$$

Вычисление модуля и направления векторов скорости и ускорения соответствующих точек ме-

ханизма требует использования простой процедуры дифференцирования функций, описывающих движение соответствующих точек:

$$\begin{cases} V = \sqrt{\dot{x}^2(t) + \dot{y}^2(t)}, \\ \cos\left(\overset{\wedge}{\vec{V}}, \overset{\wedge}{\vec{x}}\right) = \frac{\dot{x}(t)}{V}; \end{cases} \quad \begin{cases} a = \sqrt{\ddot{x}^2(t) + \ddot{y}^2(t)}, \\ \cos\left(\overset{\wedge}{\vec{a}}, \overset{\wedge}{\vec{x}}\right) = \frac{\ddot{x}(t)}{a}. \end{cases}$$

Проводя логико-содержательные параллели между функциями и движением, можно решить три методические задачи:

1. Наполнить физическим смыслом характеристики функций, такие как область определения (учитывать, что $t \geq 0$), области возрастания и убывания функций, появляется значимость графиков функций, которые определяют кинематические характеристики движения исследуемой материальной точки: траекторию, путь, перемещение, скорость, ускорение.

2. Визуализировать математические выражения. Например, при описании равноускоренного движения используют квадратичные функции по времени, следовательно, если материальная точка будет двигаться в плоскости в поле силы тяжести, то траектория ее движения – парабола; при описании периодических движений, например движение шарнира А кривошипа, используются периодические тригонометрические функции $-\cos(\omega_0 \cdot t)$ или $\sin(\omega_0 \cdot t)$, аргументами которых являются частота вращения ω_0 и время t .

3. Стандартизировать решение задач на движение.

Таким образом, логико-содержательные линии математики и физики существуют не обособленно, а в тесном взаимодействии и в диалектическом единстве при анализе прикладных вопросов применения физических знаний. Теоретический анализ логико-содержательных линий указывает на необходимость согласованного формирования математических и физических понятий в процессе обучения студентов. Успешное решение этой проблемы возможно при выполнении определенных организационно-методических условий.

В качестве первого условия следует рассматривать *взаимосвязь между этапами физического и математического образования при изучении разделов «Общая физика», «Экспериментальная физика» и «Теоретическая физика»*. При этом следует отметить, что общая и экспериментальная физика основана на экспериментально установленных фактах. Теоретическая физика изучает не свойства самой природы, а свойства предлагаемых теоретических моделей и сопоставления их с реальностью. Механика как раздел экспериментальной и теоретической физики опирается на проверенные практикой аксиомы, рассматривает движение и

взаимодействие материальных тел, а также исследует при помощи строгого математического аппарата различные модели движения материальной точки, абсолютно твердого тела и механических систем и модели механики твердого деформируемого тела, анализирует системы сил, действующих на тело (систему тел), которые приводят в общем случае к динамическому венту, т. е. к одной силе и одной паре сил – главному вектору и главному моменту, создает основу многих прикладных направлений, таких как теория колебаний, динамика и прочность машин и механизмов и др.

Ко второму организационно-методическому условию относят *изменение определенным образом последовательности изучения и содержания учебных дисциплин математики и физики в педагогических вузах, что дает возможность последовательно реализовывать логико-содержательную линию этих дисциплин*. Проведенное теоретическое и экспериментальное исследование взаимосвязи обозначенных учебных дисциплин в педагогическом вузе позволило в полной мере выделить логико-содержательные линии между обозначенными учебными дисциплинами.

Это является перспективным условием в повышении значимости фундаментальных дисциплин в учебных планах обучения будущих учителей математики и физики. Отметим, что механика как самостоятельная фундаментальная наука была и остается одним из важных разделов физики. При ее изучении формируются навыки и умения к построению математических моделей движения и равновесия тел, рассматриваются физические и технические приложения. С целью формирования у студентов педагогических вузов универсальных профессиональных компетенций в предметной области «Физика» (в части общей, экспериментальной и теоретической физики) разработана следующая структура содержания изучения механики на базе рекомендованного в предметно-методическом модуле подготовки студентов по профилю «Физика» – база «Ядро высшего педагогического образования» (рис. 2).

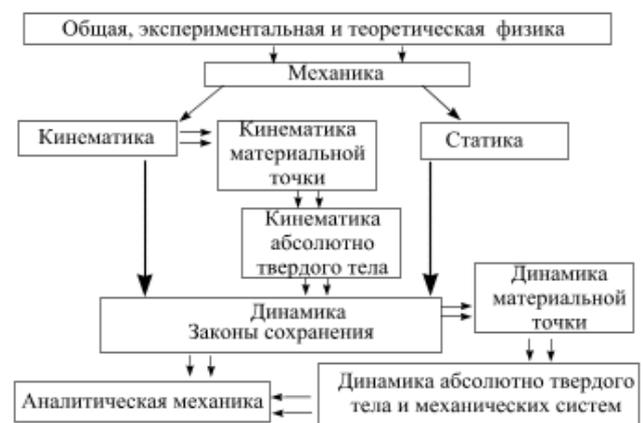


Рис. 2. Структура содержания изучения механики

Программная модель изучения механики

I. Кинематика материальной точки	Математический аппарат
<p>Способы задания движения точки: векторный, координатный, естественный. Связь между способами задания движения точки; частные случаи криволинейного движения точки, круговое движение; математическая модель кривошипно-шатунного механизма. Баллистическая задача: постановка задачи, движение снаряда, парабола безопасности, задача попадания в цель. Сложное движение точки: определения: абсолютная, относительная, переносная скорости; абсолютное, относительное, переносное, кориолисово ускорение движения точки, методы их вычисления</p>	<p>Элементарная математика: алгебра, основные элементарные функции, правила построения функций. Геометрия, тригонометрия. Основы векторной алгебры: метод координат на плоскости: декартова и полярная системы координат, линейные операции над свободными векторами.</p>
<p>II. Кинематика абсолютно твердого тела Определения: абсолютно твердое тело, степени свободы тела; основная теорема кинематики (теорема Грасгофа). Простейшие движения твердого тела в плоскости: поступательное, вращательное, плоскопараллельное. Кинематические механизмы; маятник Максвелла, кривошипно-шатунный механизм, планетарный механизм, шасси летательного аппарата и др., многосвязный механизм</p>	<p>Высшая математика: пределы и непрерывность функции; производная; задача о проведении касательной и нормали к кривой; исследование графиков функций; задачи на экстремум</p>
<p>III. Статика Определения: силы, системы сил, равнодействующая. Аксиомы. Связи, реакции связей, вес тела. Система сходящихся сил. Теорема о трех силах. Система параллельных сил: правило рычага, момент силы относительно точки, устойчивость тела при опрокидывании, центр тяжести твердого тела. Простейшие механизмы: наклонная плоскость, ворот, весы, винт, клин, подвижный блок, полиспаст. Стержневые системы: фермы. Главный вектор, главный момент, условия равновесия. Трение: трение покоя, трение скольжения, закон Амонтона-Кулона, угол и конус трения, трение качения. Трение гибкой нити о шероховатую цилиндрическую поверхность</p>	<p>Математический аппарат Основы векторной алгебры: геометрическое и аналитическое правила сложения векторов, линейные операции над свободными, скользящими и связанными векторами</p>
<p>IV. Динамика материальной точки Основные законы Ньютона. Прямолинейное и криволинейное движения материальной точки. Две задачи динамики: решение первой задачи, решение второй задачи: внешняя сила постоянна по модулю, зависит от времени, зависит от скорости, зависит от координаты. Задачи свободного падения тела без учета и с учетом сопротивления среды. Криволинейное движение точки без учета и с учетом сопротивления среды. Задача о движении материальной точки под действием центральной силы, прямо пропорциональной расстоянию. Основные законы механики материальной точки. Движение планет. Законы Кеплера. Всемирное тяготение. Движение тела в центральном гравитационном поле. Принцип Д'Аламбера для материальной точки. Движение в НИСО. Свободные оси вращения твердого тела. Гироскоп. Прецессия</p>	<p>Математический аппарат Высшая математика: Первообразная и неопределенный интеграл. Табличные интегралы, методы интегрирования. Тригонометрические интегралы. Определение и свойства определенного интеграла. Формула Ньютона-Лейбница. Дифференциал дуги. Определенный интеграл в физических задачах. Двойные интегралы. Дифференциальные уравнения 1-го и 2-го порядков. Физические и геометрические задачи, приводящие к дифференциальным уравнениям. Вычисление площадей плоских фигур и длин дуг. Дифференциал дуги. Определенный интеграл в физических задачах. Двойные интегралы</p>
<p>V. Динамика абсолютно твердого тела и механических систем Внутренние и внешние силы. Механическая система: центр масс, момент инерции. Теорема о движении и закон сохранения центра масс. Теорема об изменении и закон сохранения количества движения. Теорема об изменении и закон сохранения кинетического момента. Физический и математический маятник. Дифференциальные уравнения: поступательного движения, вращения твердого тела вокруг неподвижной оси, плоского движения. Экспериментальное вычисление моментов инерции твердых тел. Работа сил, приложенных к твердому телу. Работа сил, приложенных к элементам механической системы. Кинетическая энергия твердого тела при поступательном, вращательном и плоском движениях. Теорема об изменении кинетической энергии механической системы. Потенциальная энергия. Закон сохранения механической энергии. Принцип Д'Аламбера для механической системы. Метод кинетостатики. Вычисление динамических реакций в точках закрепления. Балансировка</p>	<p>Математический аппарат Высшая математика: производные и дифференциалы высших порядков. Формулы Тейлора и Маклорена для функций. Дифференциальное исчисление функций нескольких переменных. Определение функций двух и нескольких переменных. Частные производные. Дифференцирование сложных и неявных функций. Дифференциал функций двух переменных</p>
<p>VI. Аналитическая механика Связи и их классификация, уравнения связи. Основные понятия аналитической механики. Элементарная работа силы на возможных перемещениях. Условия равновесия. Принцип возможных перемещений. Общее уравнение динамики; обобщенные силы, обобщенные координаты. Уравнения Лагранжа 2-го рода. Механические системы с двумя и более степенями свободы. Функция Гамильтона. Канонические уравнения Гамильтона</p>	<p>Математический аппарат Высшая математика: производные и дифференциалы высших порядков. Формулы Тейлора и Маклорена для функций. Дифференциальное исчисление функций нескольких переменных. Определение функций двух и нескольких переменных. Частные производные. Дифференцирование сложных и неявных функций. Дифференциал функций двух переменных</p>

К третьему организационно-методическому условию относится разработка преподавателями не только содержания изучения соответствующих разделов, но и согласование последовательности изучения соответствующих программ содержания физики и математики в учебных планах.

Разработанная модель содержания изучения раздела «Механика» и изучение соответствующего математического аппарата с рекомендациями по последовательности изучения в учебных планах представлены в табл. 1.

Разработанная модель программы состоит из шести частей: кинематика материальной точки, абсолютно твердого тела; статика; динамика материальной точки, абсолютно твердого тела; аналитическая механика. Механика и входящие в нее разделы являются фундаментальной базой для изучения других разделов, входящих в содержание общей, экспериментальной и теоретической физики (рис. 3).



Рис. 3. Связь механики с другими разделами общей и экспериментальной физики

Усвоение выделенной информации взаимосвязи физики и математики связано с дидактическими целями активизации познавательной деятельности студентов. Для осмысления предложенной взаимосвязи необходимо обеспечить применение этих знаний в процессе профессиональной подготовки будущего учителя физики и математики.

Для реализации предложенной модели программы выделяются следующие уровни ее реализации в практике обучения студентов педагогического вуза: дидактический, понятийный и теоретический.

На дидактическом уровне целесообразно применять методы обучения, стимулирующие наглядные зрительные образы (моделирование, графическое описание и т. д.). Дидактический уровень реализации программы стимулирует воспроизведение применения знаний и эпизодические их переносы за счет осмысления воспринятого материала и овладение соответствующей деятельностью. Например, при анализе прямолинейного периодического движения точки задается уравнение движения в виде $x(t) = A \sin(\omega_0 \cdot t)$, где A – амплитуда колебаний, ω_0 – частота колебаний, которая определяет, сколько полных колебаний выполняется за одну секунду. При построении графика движения легко определяется амплитуда, частота и период колебания (рис. 4).

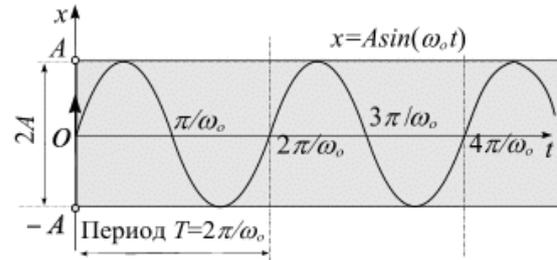


Рис. 4. График периодического прямолинейного движения точки

Понятийный уровень реализации программы обеспечивает использование математического аппарата для создания моделей движения элементов различных механизмов и вычисления их кинематических характеристик. Это, как показывает исследование, вызывает у студентов внутрипредметные ассоциации, способствующие формированию и развитию фундаментальных внутрипредметных и междисциплинарных понятий.

Например, при изучении линейной функции $y = kx + x_0$ учащиеся строят график – прямую линию в системе декартовых координат Oxy , область определения которой $x \in (-\infty; +\infty)$. При изучении прямолинейного равномерного движения в плоскости записывают уравнения движения в виде системы линейных функций, зависящих от времени:

$$\begin{cases} t \geq 0, \\ x = V_{ox} \cdot t + x_0, \\ y = V_{oy} \cdot t + y_0; \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} t = \frac{x - x_0}{V_{ox}} \geq 0, \\ y = \frac{V_{oy}}{V_{ox}} x + \left(y_0 - \frac{V_{oy}}{V_{ox}} x_0 \right); \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x \geq x_0, \\ y = \frac{V_{oy}}{V_{ox}} x + \left(y_0 - \frac{V_{oy}}{V_{ox}} x_0 \right). \end{cases}$$

Исключая параметр t , строят траекторию движения как график линейной функции, область определения которой $x \in (x_0; +\infty)$.

Как показывает практика обучения, теоретический уровень учебной информации стимулирует у студентов применение знаний на творческой основе в сочетании с многосторонним систематизированным их переносом, что вызывает у обучающихся обширные межсистемные ассоциации на основе взаимосвязи математики и физики. Для примера рассмотрим колодец – простейший механизм, предназначенный для подъема воды (рис. 5а).

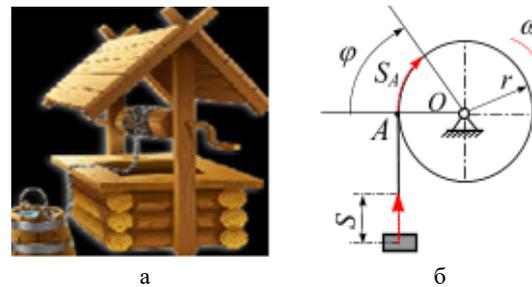


Рис. 5. Колодец и расчетная схема колодца (подъемный механизм)

На конец троса, намотанного на бревно, прикреплено ведро с водой, которое поднимается со

скоростью V с помощью коловорота (гнутая в форме скобы рукоять). Расчетная схема состоит из диска радиусом r , на который намотан нерастяжимый трос, канат и т. д. (рис. 5б). При вычислении скорости подъема ведра с водой из колодца используем знания из тригонометрии: длина дуги S_A и центральный угол φ (в радианах) связаны выражением: $S_A(t) = r \cdot \varphi(t)$. При описании движения это выражение будет иметь смысл уравнения движения. Имеем:

$$V = \frac{\Delta S_A(t)}{\Delta t} = \frac{r \cdot \Delta \varphi(t)}{\Delta t} = \left[\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} \right] = r \cdot \omega.$$

Здесь ω – круговая частота точки A . Предположим, что коловорот делает

$$n = 45 \frac{\text{обор.}}{\text{мин}}, r = 0,2 \text{ м},$$

тогда

$$\omega = \frac{2\pi}{60} \cdot n = \frac{3,14}{30} \cdot 45 \approx 4,7 \text{ с}^{-1}; V = r \cdot \omega = 0,2 \cdot 4,7 \approx 0,94 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

В качестве второго примера можно рассмотреть педальное устройство (рис. 6а). Расчетная схема и математическая модель педального устройства показаны на рис. 6б, в.

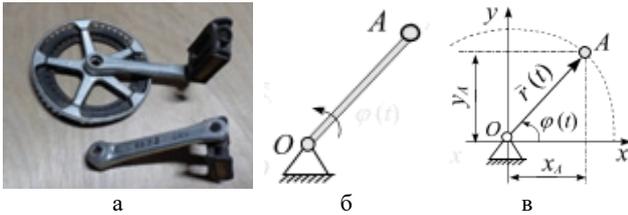


Рис. 6. Педаль, расчетная схема и математическая модель педального устройства

Шарнир A педального устройства движется в плоскости Oxy , и его положение определяется радиус-вектором

$$\vec{r}_A = x_A \cdot \vec{i} + y_A \cdot \vec{j},$$

координаты которого определяют уравнения движения шарнира A :

$$\begin{cases} t \geq 0, \\ x_A = r \cos \varphi(t), \\ y_A = r \sin \varphi(t); \end{cases} \Rightarrow [\varphi(t) = \omega \cdot t] \Rightarrow \begin{cases} t \geq 0, \\ x_A = r \cos(\omega \cdot t), \\ y_A = r \sin(\omega \cdot t). \end{cases} \quad (\text{а})$$

Уравнение траектории шарнира A в явном виде получается исключением параметра t (время) из уравнений движения (а):

$$\begin{aligned} x_A^2 &= r^2 \cdot \cos^2(\omega \cdot t) \\ + \\ y_A^2 &= r^2 \cdot \sin^2(\omega \cdot t) \\ \hline x_A^2 + y_A^2 &= r^2 \end{aligned}$$

Получили, что траектория движения шарнира A – окружность радиусом r (рис. 7).

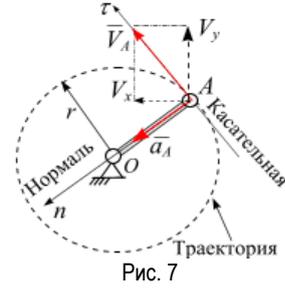


Рис. 7

Далее легко вычисляются вектор скорости и вектор ускорения шарнира A :

$$\dot{\vec{r}}_A = \dot{x}_A(t) \cdot \vec{i} + \dot{y}_A(t) \Rightarrow \begin{cases} V_{Ax} = |\dot{x}_A| = |-\omega \cdot r \sin(\omega \cdot t)|, \\ V_{Ay} = |\dot{y}_A| = |\omega \cdot r \cos(\omega \cdot t)|; \end{cases}$$

$$\ddot{\vec{r}}_A = \ddot{x}_A(t) \cdot \vec{i} + \ddot{y}_A(t) \Rightarrow \begin{cases} a_x = |\ddot{x}_A| = |-\omega^2 r \cdot \cos(\omega \cdot t)|, \\ a_y = |\ddot{y}_A| = |-\omega^2 r \sin(\omega \cdot t)|. \end{cases}$$

Модуль скорости и ускорения (рис. 7):

$$V_A = \sqrt{V_{Ax}^2 + V_{Ay}^2} = \omega \cdot r;$$

$$a_A = \sqrt{a_{Ax}^2 + a_{Ay}^2} = \omega^2 r.$$

В процессе исследования появилось понимание того, что для повышения качества фундаментальной подготовки студентов необходимо использовать дифференцированный подход к индивидуальным заданиям и методам обучения.

С учетом вышесказанного разработана система индивидуальных расчетно-графических заданий – РГЗ (аналог проектной деятельности) с учетом формирования логико-содержательных линий физики и математики при их выполнении. В заданиях нужно соотносить теоретические расчеты, чертежи с конкретными элементами заданного механизма, проверить работу механизма на опыте и сопоставить математическую модель механизма и зависимости физических величин от заданных параметров.

При вычислении параметров механизма студенты используют полученные теоретические знания, известные способы задания и законы движения элементов механизма, функции, графики, методы математического анализа. Для успешной защиты РГЗ студенты, помимо непосредственной работы над заданием, восстанавливают знания из курса физики, связанные с источниками энергии. Во время защиты, как правило, возникает среди студентов дискуссия относительно двигателей, приводящих в движение рассмотренный механизм. При этом прослеживается вся история эволюции двигателей – от водяного колеса до гидравлических тур-

бин и электродвигателей. Иначе говоря, студенты в дискуссии прослеживают всю эволюцию технологических укладов. Безусловно, это имеет огромное значение для целостного восприятия фундаментальных наук и инженерной деятельности.

Приведем пример индивидуального задания (табл. 2).

Результатом индивидуального расчетно-графического задания является сам механизм с соответствующей пояснительной запиской (рис. 8).

Таблица 2
Индивидуальное расчетно-графическое задание
«Водяная пилорама»

1. Нарисовать эскиз механизма, подобрать размеры элементов механизма.
2. Составить чертежи элементов механизма в программе «Компас».
3. Распечатать элементы механизма на 3D-принтере или выполнить из подручных материалов, собрать механизм.
4. Подобрать высоту H , с которой вода падает на лопасти водяного колеса, приводящего в движение передаточные механизмы, так, чтобы скорость пилы была равна V_0 .
5. Рассмотреть альтернативные двигатели, приводящие в движение механизм

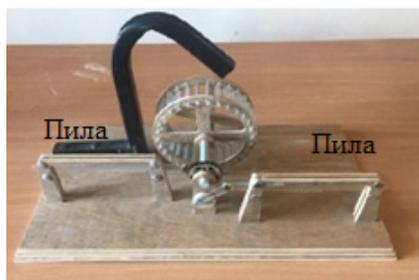
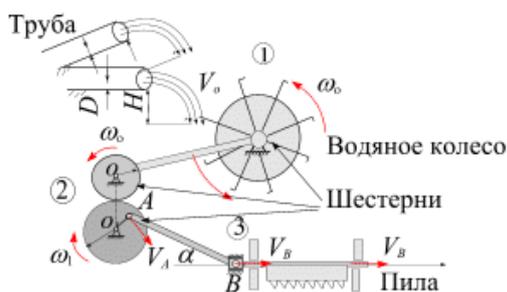


Рис. 8. Расчетная схема и общий вид механизма «Водяная пилорама»

Заключение

Полученные результаты проведенного исследования по реализации логико-содержательных межпредметных связей физики и математики в педагогических вузах позволили сделать следующие выводы:

1. Решение проблемы логико-содержательных межпредметных связей физики и математики в учебном процессе подготовки студентов в педаго-

гическом вузе приобретает в современных условиях теоретическую и практическую значимость. Важность ее обусловлена требованиями уровня развития высокотехнологического производства в России. В настоящее время данная проблема поставлена всем ходом развития современного педагогического образования по подготовке учителей физики и математики, повышение его фундаментальности и качества.

2. Постановке и решению проблемы межпредметных связей в организации процесса обучения педагогических кадров во многом содействует теоретическая разработка программных модулей и практическое решение вопросов в обеспечении организационно-методических условий ее использования в процессе обучения студентов. Эта методологическая посылка позволила выбрать в качестве основного метода настоящего исследования разноуровневый деятельностный подход к реализации предложенных программных модулей: дидактический, понятийный и теоретический.

Разработанная программная модель по разделу «Механика», а также предложенные организационно-методические условия реализации логико-содержательных линий взаимосвязи физики и математики использованы в качестве основы повышения качества профессиональной подготовки студентов в современном педагогическом вузе.

В итоге выявлено, что повышение качества подготовки учителей физики и математики осуществляется на основе взаимосвязи физики и математики посредством специально разработанных организационно-методических условий на различных уровнях исследования программной модели:

- на педагогическом уровне закономерности и взаимосвязи методов и приемов в обучении должны отражать связь методики как науки с педагогикой вообще, реализуя общие закономерности профессионального обучения будущего учителя;
- на общедидактическом уровне исследования оптимизации методов в обучении студентов предполагают выявление всех существенных связей между программным материалом предметов физики и математики.

Следует заметить, что в одном исследовании невозможно решить всей совокупности проблем, возникающих при учете логико-содержательных линий межпредметных связей физики и математики.

Принципиального решения ждут такие проблемы, как разработка программных модулей по другим разделам физики с учетом закономерностей взаимосвязей методов и приемов обучения студентов в современном педагогическом вузе.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Богомаз И.В., Степанова И.Ю., Математическое знание как фундаментальный элемент пропедевтики инженерной подготовки в общеобразовательной школе // Проблемы современного педагогического образования. 2018. № 59. С. 96–99.
2. Костенко И.П. Динамика качества математического образования. Причины деградации // Математическое образование. 2011. Вып. 2. С. 2–13.
3. Алексеевнина А.К. К вопросам непрерывного образования инженерных кадров: необходимость формирования функциональной грамотности школьников на уроках физики и математики // Инженерное образование. 2022. Вып. 32. С. 7–14.
4. Приказ Минобрнауки России от 17.05.2012 № 413 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования» (Зарегистрирован в Минюсте России 07.06.2012 № 24480) (ред. от 29.06.2017) // СПС «Консультант Плюс».
5. 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.
6. Милинский А.Ю., Днепровская О.А. Реализация междисциплинарной подготовки будущих учителей математики и физики // Школа будущего. 2022. № 4. С. 172–179.
7. Богомаз И.В., Степанова И.Ю., Песковский Е.А. Концептуальное осмысление педагогических вопросов для развития инновационного общества // Проблемы современного педагогического образования. 2018. № 59. С. 96–99.
8. Богомаз И.В., Степанов Е.А., Чабан Е.А. Графическая компетентность студентов, обучающихся в педагогических вузах // Вестник Томского государственного педагогического университета (TSPU Bulletin). 2020. Вып. 6. С. 108–117.
9. Богомаз И.В., Песковский Е.А., Фомина Л.Ю. Формирование межпредметных понятий как аспект практикоориентированности школьного обучения // Проблемы современного педагогического образования. 2018. № 59. С. 96–99.
10. Маркеев А.П. Теоретическая механика: учебное пособие для университетов. М.: Наука, 1990. 416 с.
11. Пиларова О.Ф. Теоретические основы оптимизации обучения профессиональным дисциплинам в условиях современного технического вуза. М.: Академия естествознания, 2011. 195 с.
12. Вареников С.В. К вопросу изучения общетехнических дисциплин будущими учителями технологии // Проблемы современного педагогического образования. 2018. № 59. С. 163–167.
13. Становление и развитие системы университетского технического образования России / под ред. И.Б. Федорова, В.К. Балтяна. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. 187 с.
14. Тесленко В.И., Прокопьева Н.В. Организационно-дидактические условия воспитания мировоззренческой активности будущего учителя физики в процессе обучения // Физическое образование в вузах. 2020. Т. 6, № 3. С. 102–109.
15. Тесленко В.И., Прокопьева Н.В. Методологические основы проектирования индивидуальной траектории непрерывного профессионального образования // Инновации в образовании. 2021. № 7. С. 66–74.

References

1. Bogomaz I.V., Stepanova I.Yu., Matematicheskoye znaniye kak fundamental'nyy element propedevтики inzhenernoy podgotovki v obshcheobrazovatel'noy shkole [Mathematical knowledge as a fundamental element of propaedeutics of engineering training in comprehensive schools]. *Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya – Problems of modern pedagogical education*, 2018, no. 59, pp. 96–99 (in Russian).
2. Kostenko I.P. Dinamika kachestva matematicheskogo obrazovaniya. Prichiny degradatsii [Dynamics of the quality of mathematical education. Causes of degradation]. *Matematicheskoye obrazovaniye*, 2011, no. 2, pp. 2–13 (in Russian).
3. Alekseevnina A.K. K voprosam nepreryvnogo obrazovaniya inzhenernykh kadrov: neobkhodimost' formirovaniya funktsional'noy gramotnosti shkol'nikov na urokakh fiziki i matematiki [On the issues of continuous education of engineering personnel: the need to develop functional literacy of schoolchildren in physics and mathematics lessons]. *Inzhenernoye obrazovaniye – Engineering Education*, 2022, no. 32, pp. 7–14 (in Russian).
4. *Prikaz Minobrnauki Rossii ot 17.05.2012 no. 413 "Ob utverzhdenii federal'nogo gosudarstvennogo obrazovatel'nogo standarta srednego obshchego obrazovaniya" (Zaregistririvan v Minyuste Rossii 07.06.2012 no. 24480) (red. ot 29.06.2017)* [Order of the Ministry of Education and Science of Russia from 17.05. 2012 No 413 "On approval of the federal state educational standard of secondary general education" (Registered in the Ministry of Justice of Russia 07.06.2012 No 24480) (ed. from 29.06.2017)]. *Konsul'tant Plyus [Consultant Plus]* (in Russian).
5. Shurigin V.Yu., Shurigina I.V. Aktivizatsiya mezhpredmetnykh svyazey fiziki i matematiki kak sredstvo formirovaniya metapredmetnykh kompetentsiy shkol'nikov [Activation of interdisciplinary connections between physics and mathematics as a means of developing meta-subject competencies in schoolchildren]. *Karelskiy nauchnyy zhurnal – Karelian Scientific Journal*, 2016, vol. 5, no. 4(17), pp. 41–44 (in Russian).
6. Milinskiy A.Yu., Dneprovskaya O.A. Realizatsiya mezhdistsiplinarnoy podgotovki budushchikh uchiteley matematiki i fiziki [Realization of interdisciplinary training of future teachers of mathematics and physics]. *Shkola budushchego – School of the Future*, 2022, no. 4, pp. 172–179 (in Russian).
7. Bogomaz I.V., Stepanova I.Yu., Peskovskiy E.A. Kontseptualnoye osmysleniye pedagogicheskikh voprosov dlya razvitiya innovatsionnogo obshchestva [Conceptual understanding of pedagogical issues for the development of an innovative society].

Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya – Problems of modern pedagogical education, 2018, no. 59, pp. 96–99 (in Russian).

8. Bogomaz I.V., Stepanov E.A., Chaban E.A. Graficheskaya kompetentnost' studentov, obuchayushchikhsya v pedagogicheskikh vuzakh [Graphic competence of students studying in pedagogical universities]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta – TSPU Bulletin*, 2020, vol. 6, pp. 108–117 (in Russian).
9. Bogomaz I.V., Peskovskii E.A., Fomina L.Yu. Formirovaniye mezhpredmetnykh ponyatiy kak aspekt praktikoorientirovannosti shkol'nogo obucheniya [Formation of interdisciplinary concepts as an aspect of practice-oriented school education]. *Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya – Problems of modern pedagogical education*, 2018, no. 59, pp. 96–99 (in Russian).
10. Markeev A.P. *Teoreticheskaya mekhanika: uchebnoye posobiye dlya universitetov* [Theoretical mechanics: textbook for universities]. Moscow, Nauka Publ., 1990. 416 p. (in Russian).
11. Pilarova O.F. *Teoreticheskiye osnovy optimizatsii obucheniya professional'nym distsiplinam v usloviyakh sovremennogo tekhnicheskogo vuza* [Theoretical foundations for optimizing teaching professional disciplines in a modern technical university]. Moscow, Academy of Natural Sciences Publ., 2011. 195 p. (in Russian).
12. Varenikov S.V. K voprosu izucheniya obshchetekhnicheskikh distsiplin budushchimi uchitelyami tekhnologii [Problems of modern pedagogical education]. *Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya – Problems of modern pedagogical education*, 2018, no. 59, pp. 163–167 (in Russian).
13. *Stanovleniye i razvitiye sistemy universitetskogo tekhnicheskogo obrazovaniya Rossii* [Formation and development of the system of university technical education in Russia]. Ed. I.B. Fedorov, V.K. Baltyan. Moscow, BMSTU Publ., 2007. 187 p. (in Russian).
14. Teslenko V.I., Prokopeva N.V. Organizatsionno-didakticheskiye usloviya vospitaniya mirovozzrencheskoy aktivnosti budushchego uchitelya fiziki v protsesse obucheniya [Organizational and didactic conditions for the development of the ideological activity of future physics teachers in the learning process]. *Fizicheskoye obrazovaniye v vuzakh – Physics in Higher Education*, 2020, vol. 6, no. 3, pp. 102–109 (in Russian).
15. Teslenko V.I., Prokopeva N.V. Metodologicheskie osnovy proektirovaniya individual'noy traektorii nepreryvnogo professional'nogo obrazovaniya [Methodological foundations for designing an individual trajectory of continuous professional education]. *Innovatsii v obrazovanii – Innovation in Education*, 2021, no. 7, pp. 66–74 (in Russian).

Информация об авторах

Богомаз И.В., доктор педагогических наук, кандидат физико-математических наук, профессор, Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева (ул. А. Лебедевой, 89, Красноярск, Россия, 660049).
E-mail: i_bogomaz@mail.ru

Тесленко В.И., доктор педагогических наук, профессор, Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева (ул. А. Лебедевой, 89, Красноярск, Россия, 660049).
E-mail: tiof@mail.ru

Information about the authors

Bogomaz I.V., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev (ul. A. Lebedevoy, 89, Krasnoyarsk, Russian Federation, 660049).
E-mail: i_bogomaz@mail.ru

Teslenko V.I., Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev (ul. A. Lebedevoy, 89, Krasnoyarsk, Russian Federation, 660049).
E-mail: tiof@mail.ru

Статья поступила в редакцию 19.03.2024; принята к публикации 04.02.2025

The article was submitted 19.03.2024; accepted for publication 04.02.2025