

УДК 378.2

DOI: 10.54835/18102883_2024_36_7

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ИНЖЕНЕРНОГО ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ВЗАИМОСВЯЗИ МАТЕМАТИКИ И МЕХАНИКИ В СИСТЕМЕ ШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Богомаз Ирина Владимировна¹,

доктор педагогических наук, профессор,

i_bogomaz@mail.ru

Фомина Людмила Юрьевна²,

кандидат педагогических наук, доцент,

fomina_lu@mail.ru

Чабан Елена Анатольевна³,

кандидат технических наук, доцент,

chaban_tm@mail.ru

Рудина Маргарита Александровна¹,

магистрант,

margaretrudina@yandex.ru

¹ Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, Россия, 660049, г. Красноярск, ул. Ады Лебедевой, 89

² Инженерно-строительный институт, Сибирский федеральный университет, Россия, 660041, г. Красноярск, пр. Свободный, 82

³ Красноярский институт железнодорожного транспорта филиал Иркутского государственного университета путей сообщения, Россия, 660028, г. Красноярск, ул. Ладо Кецховели, 89

Аннотация. От современного инженера требуется не только умение анализировать и использовать готовые конструктивные разработки и решения, но и умение синтезировать, активно подчинять процесс желаемому функционированию и результату, которые требуют основательных знаний фундаментальных учебных дисциплин, таких как математика, механика и др. Недостаточная подготовка обучающихся по предметам «Математика» и «Физика» в современных общеобразовательных школах России в массовом измерении в совокупности с уменьшением аудиторных часов на изучение фундаментальных учебных дисциплин в инженерных вузах привели к угрожающей тенденции ухудшения качества высшего инженерного образования. Данное обстоятельство способствует низкой профессиональной квалификации инженерных кадров. Основы фундаментальных знаний закладываются в системе основного и общего образования. В связи с этим в статье обосновывается актуальность коррекции содержания раздела механики в курсе физики в системе основного и среднего образования, при этом выделяются логико-содержательные линии между математикой и механикой, которые определяются, прежде всего, наличием общих фундаментальных областей. Методику исследования составляет анализ взаимосвязи математики и механики. Практическая реализация предложенного взгляда на процесс обучения школьников с 7-го по 11-й класс проверялась в опытно-экспериментальной работе на протяжении шести лет. Средний бал ЕГЭ по физике и математике составили порядка 80 баллов, а обучающиеся, окончившие инженерные классы за последние четыре года и поступившие в ведущие технические вузы России, успешно обучаются на первом курсе университетов.

Ключевые слова: инженерное образование, система основного и общего образования, математика, механика, логико-содержательные межпредметные линии

Введение

В настоящее время существует значительный разрыв между инженерным образованием и высокотехнологичным современным производством, который связан с отсутствием квалифицированных инженерных кадров, способных решать современные междисциплинарные задачи. Одной из целей инженерного

образования становится формирование у обучающихся функциональных математических, естественнонаучных и общетехнических знаний, которые могут быть использованы в работе и в междисциплинарных областях в целях интенсивного развития экономики и социальной среды России. В этой связи образование в России требует серьезной модернизации.

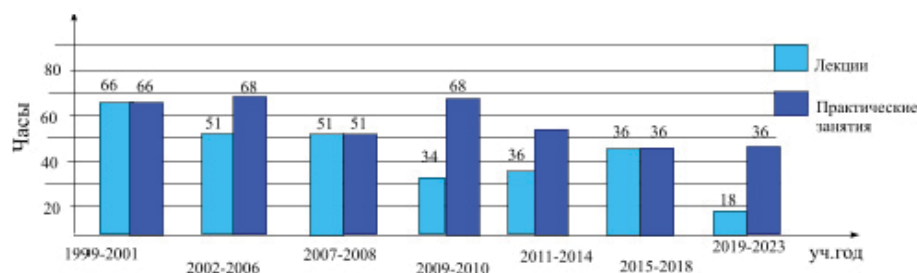


Рис. 1. Распределение аудиторных часов на изучение дисциплины «Теоретическая механика» в соответствии с ФГОС

Fig. 1. Distribution of classroom hours for studying the discipline “Theoretical Mechanics” in accordance with FSES

Требуемый уровень качества подготовки специалистов в высших инженерных учебных заведениях во многом зависит от уровня знаний и умений, формируемых у абитуриентов в системе основного и среднего образования по математике и физике [1–3].

С конца XIX в. и до середины XX в. по качеству подготовки инженеров Россия являлась лидером среди стран мира. Традиционный подход к организации Российского инженерного образования был описан выдающимся ученым-механиком XX в. С.П. Тимошенко [4]. Студенты, поступавшие в инженерные вузы, обладали отличными знаниями по физике и математике, что позволяло начинать обучение на высоком теоретическом уровне по фундаментальным дисциплинам с первого года обучения. При этом была выстроена преемственность школьного и вузовского образования (двусторонний характер преемственности) [5]. Автор отмечает разницу между подходом к подготовке в школах, направленным на воспроизводство знаний, и в вузах, требующим от студентов навыков анализа и использования понятийного аппарата.

За последние тридцать лет упомянутая преемственность содержания школьного и вузовского инженерного образования нарушена. «Слабые» для обучения в ВУЗе знания по математике и физике у абитуриентов становятся серьезным препятствием при изучении фундаментальных дисциплин на первом курсе обучения, поэтому для повышения уровня базовой подготовки студентов многие вузы вводят адаптационные курсы для первокурсников по математике и физике [6]. В технических вузах «либерализация» образования последних лет привела к существенному уменьшению аудиторных часов, отводимых на изучение фундаментальных учебных дисциплин [7]. При смене государственных стандартов для уровня бакалавриата в инженерных вузах начиная с 2001 г. по 2023 г. наблюдается резкое умень-

шение аудиторных часов, отводимых на изучение фундаментальных учебных дисциплин, при этом их количество уменьшалось с введением каждого поколения стандартов (рис. 1). Например, по дисциплине «Теоретическая механика» (ТМ), которая является азбукой для каждого инженера, количество аудиторных часов уменьшилось на 35 %!

В результате вместо полноценных двух семестров изучения ТМ и обязательного выполнения обучающимся индивидуальных расчетно-графических заданий (РГЗ) по каждому разделу на сегодняшний день – один семестр без выполнения РГЗ.

Большая часть обучающихся на первом курсе технических вузов не подтверждают свои знания по математике и механике при выполнении тестовых заданий, составленных из основных разделов соответствующих дисциплин, изучаемых в школе (рис. 2).

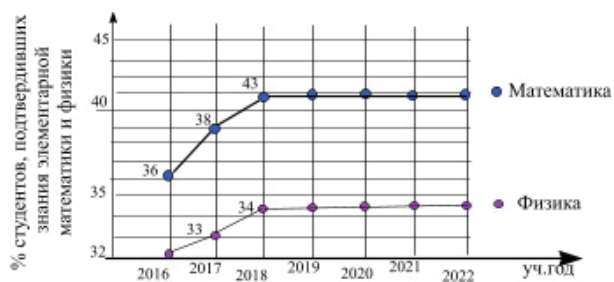


Рис. 2. Средний уровень знаний разделов математики и физики, необходимых для обучения по техническим специальностям

Fig. 2. Average level of knowledge of elementary mathematics and physics sections necessary for training in technical specialties

Из рис. 2 видно, что в среднем около 38,5 % студентов 1-го курса имеют базовые знания и навыки в соответствии со стандартами высшего инженерного образования по математике и физике. Низкие знания абитуриентов можно объяснить двумя причинами. Первая причина – школьное математическое образование построено на запоминании, а не

на понимании и усвоении [8]. Вторая причина, как следствие первой, – отсутствие логико-содержательных линий между математикой и механикой в школьных курсах. В частности, в учебниках по физике, рекомендованных к использованию при реализации имеющих государственную аккредитацию программ основного общего, среднего образования авторов И.М. Перышкина [9], Л.Э. Генденштейна и других [10–13], раздел Механика изучается в 7-м, 9–11-м классах. Можно отметить, что механика разделяется на кинематику и динамику только с 10-го класса, а раздела статики мы вообще не обнаружили. Тем не менее решаются достаточно сложные задачи на равновесие системы твердых тел.

Для формирования системы преемственного (содержательно непрерывного) инженерного образования на уровнях основного общего, среднего общего и высшего технического образования выделим основные положения, состоящие из [14]:

- исходных оснований: фундаментальных понятий, аксиом, принципов, законов, уравнений и т. п.;
- формулирования идеализированных объектов: абстрактной модели (существенные свойства и связи изучаемых объектов), например, «материальная точка», «абсолютно твердое тело» и т. п.;
- выстраивания логики теории: совокупности определенных правил и способов доказательства, нацеленных на прояснение структуры и изменение знания.

Стартовыми условиями обучения в вузе становится готовность студентов первого курса воспринимать учебный материал, в частности учебные курсы по фундаментальным дисциплинам, таким как математический анализ, теоретическая механика, сопротивление материалов и др. Для этого нужно выявить *логико-содержательные межпредметные линии между школьными и вузовскими курсами по математике и механике* и скорректировать содержание школьных учебников. При выстраивании логико-содержательных линий между изложением соответствующих разделов математики и механики можно добиться синергетического эффекта как наиболее перспективного междисциплинарного подхода.

Методика

Изучение Федеральных рабочих програм основного общего и среднего общего об-

разования (базовый уровень) [15] показало несоответствие между содержанием учебных дисциплин математики и механики, что приводит к нарушению логико-содержательных линий между изучением этих предметов как в школе, так и в вузе.

Механика, как раздел физики, изучает движение материальных тел и взаимодействие между ними. Законы движения заложены в основу практически всех естественнонаучных учебных дисциплин и всех разделов физики, механика при этом является фундаментом для понимания того мира, который нас окружает [16]. Неоспоримо и влияние механики на развитие технического и инженерного образования любого уровня. Сущность механики – практические приложения ее открытий. По словам А.А. Космодемьянского, известного отечественного ученого в области механики, «изложение курса механики нужно строить так, чтобы наука возникла перед учащимися как творение рук человеческих» [17, С. 7]. Поэтому крайне важно при изложении ее разделов в учебной школьной литературе соблюдать логику и последовательность изложения материала, корректность (научность) в определениях и вычислениях количественных характеристик. Отметим, что отсутствие строгих научных определений и логико-содержательных параллелей между математикой и физикой в современных школьных учебниках по физике не добавляет понимания физики и ее разделов ни обучающимся, ни учителям. В связи с этим становится необходимым при сопоставлении рабочих планов основного и среднего образования (базовый уровень) по математике и физике с 7-го по 11-й классы выстроить корреляцию в изложении разделов математики и механики. Тем самым частично вернуться к Российской и Советской практике последовательности в изложении разделов механики и разделить ее на три раздела: «Кинематика», «Статика», «Динамика».

Анализ содержания современных учебников физики показал, что разделы механики из курса школьной физики не имеет логических связей, существует несоответствие основных определений, принятых в научной среде. При описании механического движения до сих пор пользуются частными формулами, сформулированными Галилеем, а не уравнениями движения, позволяющими описывать любое переменное движение. Отметим также, что на занятиях по математике учителя не всегда

используют те определения, которые сформулированы на уроках физики. 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 неинвариантная физическая величина и не может быть собственной характеристикой точки, такой, например, как ее масса; при описании движения точки не вводятся понятия графика движения, абсолютного времени, абсолютного пространства и др. Фактически не рассматривается раздел механики «Статика», что также приводит к некорректному решению задач на равновесие твердого тела. Отсутствует четкое разграничение между объектами: материальная точка, абсолютно твердое тело и механическая система. Это приводит к некорректному определению скорости: определяется скорость материальной точки, а понятия «скорость тела» в науке не существует [16].

Приведем возможный вариант скорректированного учебного плана основного общего образования по изучению разделов математики и механики для 7-го класса (табл. 1).

Необходимо отметить, что механическое движение точки как таковое характеризуется ее перемещением без объяснения причин в Евклидовом пространстве в зависимости от параметра, который определяется как абсолютное время t , причем $t \geq 0$.

В школьных учебниках приводится определение скорости $V = S/t$, известное со времен Г. Галилея. Этой формулой можно пользоваться в 7-м классе при общем обзоре механического движения. И. Ньютоном в работе «Математические начала натуральной философии» (*Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*), вышедшей в 1686 г. в Лондоне и Л. Эйлером в работе «Механика», вышедшей из печати в Петербурге в 1736 г. приведено определение скорости в виде:

$$V = \frac{\text{промежуток пути}}{\text{промежуток времени}} = \frac{S(t_2) - S(t_1)}{t_2 - t_1} = \frac{\Delta S(t)}{\Delta t}. \quad (1)$$

Между двумя определениями средней скорости большая разница. В первом случае S – число, во втором случае $S(t)$ – функция. При этом вводятся понятия «уравнение движения» и «график движения». Эти определения необходимо вводить с 9-го по 11-й классы, когда обучающиеся уже усвоили понятие функции.

Если известно, как изменяется дуговая координата $\cup OM = S(t)$ отсчитываемая от начала движения – точки O (рис. 3, а), то положение точки на траектории определено в любой момент времени функцией от времени, которая в сочетании с ограничениями по времени называется «уравнением движения»:

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

Таблица 1. Сопоставление тематического планирования рабочих программ основного общего образования по математике и механике для 7-го класса

Table 1. Comparison of working programs of basic general education in mathematics and mechanics for the 7th grade

Математика/Mathematics	Механика/Mechanics
Координата точки на прямой; числовые промежутки; расстояние между двумя точками координатной прямой; прямоугольная система координат, оси Ox и Oy ; абсцисса и ордината точки на координатной плоскости; примеры графиков, заданных формулами; чтение графиков реальных зависимостей; понятие функции; график функции; свойства функций; линейная функция, её график; графическое решение линейных уравнений и систем линейных уравнений Coordinate of a point on a line; numerical intervals; distance between two points of a coordinate line; rectangular coordinate system, axes Ox and Oy ; abscissa and ordinate of a point on a coordinate plane; examples of graphs given by formulas; reading graphs of real dependencies; concept of a function; graph of a function; properties of functions; linear function, its graph; graphical solution of linear equations and systems of linear equations	Объекты изучения: материальная точка – абсолютно твердое тело, механическая система; система отсчёта; механическое движение; инерциальная система отсчёта. Кинематика точки – равномерное и неравномерное движение; уравнение движения; график движения; средняя скорость при равномерном движении; расчёт пути и времени движения при равномерном прямолинейном движении; примеры решения текстовых задач с помощью уравнений движения Objects of study: material point – absolutely rigid body, mechanical system; frame of reference; mechanical motion; inertial frame of reference. Kinematics of a point – uniform and non-uniform motion; equation of motion; motion graph; average speed during uniform motion; calculation of the path and time of motion during uniform rectilinear motion; examples of solving word problems using equations of motion

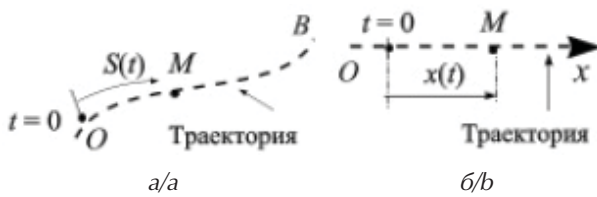


Рис. 3. Определение дуги, пройденной движущейся точкой от начала отсчета, как функции времени: а – криволинейное движение точки; б – прямолинейное движение точки

Fig. 3. Determination of the arc traversed by a moving point from the origin as a function of time: а – point curvilinear motion; б – point rectilinear motion

Если точка движется по прямолинейной траектории (рис. 3, б), например, по оси Ox , то ее положение на траектории в любой момент времени определено координатой $x_M = x(t)$. В этом случае уравнение прямолинейного движения точки примет вид:

$$\begin{cases} t \geq 0; \\ x_M = x(t). \end{cases}$$

Для графического описания движения точки вводится «система отсчета», под которой понимается пространственно-временная система $\{Oxt\}$: по оси абсцисс откладывается время $t \geq 0$ (с), по оси ординат – путь x (м). Полученные кривые называются *графиком движения точки*. При равномерном прямолинейном движении графиком движения будет прямая линия (рис. 4, а).

Следовательно, это механическое движение записывается в виде линейной функции:

$$\begin{cases} t \geq 0; \\ x_M = k \cdot t. \end{cases}$$

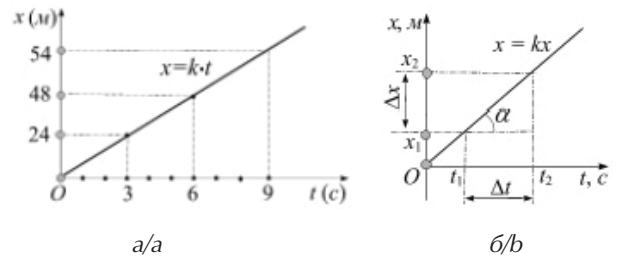


Рис. 4. Прямолинейное равномерное движение точки: а – график движения, б – определение скорости движения

Fig. 4. Graph of rectilinear uniform motion of a point: а – traffic schedule; б – determining the speed of movement

Физический смысл коэффициента пропорциональности k в уравнении равномерного прямолинейного движения определяется следующим образом (рис. 4, б):

$$\begin{aligned} V_i &= \frac{\Delta x}{\Delta t} \Rightarrow \\ \Rightarrow \begin{cases} x_2 = k(t_1 + \Delta t), \\ x_1 = k \cdot t_1; \end{cases} &\Rightarrow \Delta x = x_2 - x_1 = k \Delta t \Rightarrow \\ &\Rightarrow V_i = b \left(\frac{i}{n} \right). \end{aligned}$$

С учетом ненулевых начальных условий задачи $t_0 = 0 \Rightarrow [x = x_0]$; в общем виде уравнения прямолинейного равномерного движения точки имеют вид:

$$\begin{cases} t \geq 0; \\ x(t) = k \cdot t + x_0 \end{cases} \Rightarrow [k = V] \Rightarrow \begin{cases} t \geq 0; \\ x = V_0 \cdot t. \end{cases}$$

Сопоставление уравнения равномерного прямолинейного движения точки и линейной функции показано в табл. 2.

Таблица 2. Сопоставление линейной функции с уравнением равномерного прямолинейного движения материальной точки

Table 2. Comparison of the linear function with the equation of uniform rectilinear motion of a material point

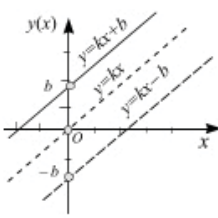
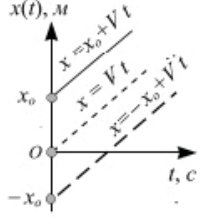
 Уравнение линейной функции и ее график в декартовой системе координат Oxy Equation of a linear function and its graph in the Cartesian coordinate system Oxy Линейной функцией называется зависимость переменной y от переменной x, при которой для каждого действительного значения x значение y вычисляется в общем случае по формуле $y=kx+b$. Linear function is a dependence of a variable y on a variable x, in which for each real value of x the value of y is calculated in the general case by the formula $y=kx+b$.	 Уравнение равномерного прямолинейного движения точки и график ее движения Equation of uniform rectilinear motion of a point and the graph of its motion Уравнение равномерного движения будет иметь вид Equation of uniform motion will have the form $\begin{cases} t \geq 0, \\ x(t) = V \cdot t + x_0. \end{cases}$
--	---

Таблица 3. Сопоставление тематического планирования рабочих программ основного общего образования по математике и механике для 8-го класса

Table 3. Comparison of thematic planning of work programs for basic general education on mathematics and mechanics for 8th grade

Математика/Mathematics	Механика/Mechanics
Понятие функции; область определения и множество значений функции; способы задания функций; график функции; чтение свойств функции по её графику; примеры графиков функций, отражающие реальные процессы. Геометрия: подобие треугольников, коэффициент подобия; признаки подобия треугольников; применение подобия при решении практических задач; Теорема Пифагора. Элементы тригонометрии: синус, косинус, тангенс острого угла прямоугольного треугольника; тригонометрические функции углов в 30°, 45° и 60° Concept of a function; domain and range of a function; methods of defining functions; function graph; reading the properties of a function from its graph; examples of function graphs reflecting real processes. Geometry: similarity of triangles, similarity coefficient; signs of similarity of triangles; application of similarity in solving practical problems; Pythagorean theorem. Elements of trigonometry: sine, cosine, tangent of an acute angle of a right triangle; trigonometric functions of angles of 30°, 45° and 60°	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, условия равновесия. Простейшие механизмы: наклонная плоскость, ворот, весы, винт, клин, подвижный блок, полиспаст. Трение: трение покоя, трение скольжения, закон Амонтона–Кулона Definitions: forces, systems of forces, resultant; axioms; relationships; reactions of relations; weight of a body; system of converging forces; three-force theorem. System of parallel forces: lever rule, moment of force relative to the point, stability of a body when overturned, center of gravity of a rigid body, equilibrium conditions. Simple mechanisms: inclined plane, winch, scales, screw, wedge, sliding block, pulley. Friction: static friction, sliding friction, Amontons–Coulomb law

Сопоставление рабочих программ основного общего образования по математике и механике для 8-го класса приведено в табл. 3.

Элементы статики, предусмотренные для изучения в 7-м классе, следует перенести в 8-й класс. Это связано с тем, что вывод правила рычага (золотого правила механики) связан с геометрией, а именно с подобием треугольников, которое изучаются в 8-м классе. Вывод этого правила – первый опыт школьников, вслед за Архимедом, в построении математической модели, которая приводит к теоретическому обобщению. Как следствие этого доказательства, появились понятия момента силы, вычисления центра тяжести, принципов работы простейших механизмов.

В разделе механики при описании равноускоренного движения используют квадратичные функции по времени, следовательно, если точка будет двигаться в поле действия гравитационных сил, траекторией ее движения будет являться парабола. При описании периодических движений используются периодические тригонометрические функции (синус или косинус), аргументами которых является частота вращения и время. При этом подходе на уроках по математике школьники решают текстовые задачи на равномерное прямолинейное движение (навстречу и вдогонку), при этом акцентируется математическая сторона задачи, а на уроках по физике

школьники, решая подобные задачи, акцентируют физическую сторону задачи.

Сопоставление тематического планирования рабочих программ основного общего образования по математике и механике в 9-м классе приведено в табл. 4

Для примера рассмотрим построение математической модели равноускоренного прямолинейного движения точки. Для этого на рис. 5, а показан график свободного падения тела с высоты 20-ти этажного дома, на рис. 5, б показан график движения материальной точки, а также на рис. 5, в показано определение скорости движения материальной точки.

Прямолинейное движение точки задано квадратичной функцией:

$$\begin{cases} t \geq 0, \\ x(t) = k' \cdot t^2; \end{cases}$$

где x выражены в метрах, t – в секундах.

Выясним физический смысл коэффициента k' в уравнении движения:

$$\begin{aligned} \begin{cases} x_2 = k' \cdot (t + \Delta t)^2, \\ x_1 = k' \cdot t; \end{cases} & \Rightarrow \Delta x = x_2 - x_1 = \\ & = k' \left[(t + \Delta t)^2 - t^2 \right] = k' \left(t^2 + 2t\Delta t + (\Delta t)^2 - t^2 \right) = \\ & = k' \left(2t \cdot \Delta t + (\Delta t)^2 \right). \end{aligned}$$

Таблица 4. Сопоставление тематического планирования рабочих программ основного общего образования по математике и механике для 9-го класса

Table 4. Comparison of working programs of basic general education in mathematics and mechanics for the 9th grade

Математика Mathematics	Физика, разделы механики Physics, sections of mechanics
Функции: квадратичная функция, её график и свойства, парабола, координаты вершины параболы, ось симметрии параболы. Геометрия: вектор, длина (модуль) вектора, линейные операции над векторами, разложение вектора по двум неколлинеарным векторам, координаты вектора, декартовы координаты на плоскости, метод координат и его применение, синус, косинус, тангенс углов от 0 до 180°, теорема косинусов и теорема синусов Functions: quadratic function, its graph and properties, parabola, coordinates of the vertex of the parabola, axis of symmetry of the parabola. Geometry: vector, length (modulus) of the vector, linear operations on vectors, decomposition of a vector into two non-collinear vectors, vector coordinates, cartesian coordinates on the plane, coordinate method and its application, sine, cosine, tangent of angles from 0 to 180°, theorem of cosines and theorem of sines	Уравнение равноускоренного прямолинейного движения, ускорение, движение точки на плоскости, нормальное и касательное ускорения, неравномерное прямолинейное движение, баллистическая задача Equation of uniformly accelerated rectilinear motion, acceleration, motion of a point on a plane, normal and tangential acceleration, non-uniform rectilinear motion, ballistic problem

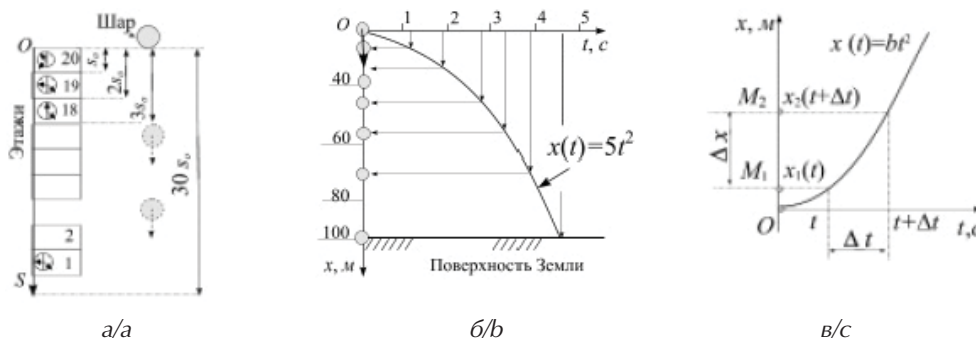


Рис. 5. Траектория и график свободного падения шар точки: а – свободное падение тела; б – график движения материальной точки; в – определение скорости движения

Fig. 5. Trajectory and graph of free fall of the ball точки: а – free fall of the body; б – graph of the material point movement; в – determining the speed of movement

Тогда:

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{x_2(t+\Delta t) - x_1(t)}{\Delta t} = k' \frac{2t\Delta t + (\Delta t)^2}{\Delta t} = 2k' \cdot t + k' \cdot \Delta t.$$

Вводя физическую величину, характеризующую быстроту изменения скорости точки, получим ускорение

$$a = \frac{\Delta V}{\Delta t} = \frac{2k' \cdot \Delta t}{\Delta t} = 2b \Rightarrow k' = \frac{1}{2}a, \text{ м/с}^2.$$

Движение, при котором ускорение – постоянная величина, называется равноускоренным. Уравнения равноускоренного движения примут вид

$$\begin{cases} t \geq 0, \\ x(t) = k' \cdot t^2; \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} k' = \frac{1}{2}a \\ x(t) = \frac{1}{2}a \cdot t^2. \end{cases}$$

Получили, что координата $x(t)$ при равноускоренном движении пропорциональна ускорению и зависит от квадрата скорости, т. е. описывается квадратичной функцией по времени.

Сопоставление тематического планирования рабочих программ основного среднего образования по математике и механике в 10-м классе приведено в табл. 5

В качестве примера рассмотрим колебания различной природы, которые подчиняются одинаковым закономерностям и лежат в основе множества явлений и технических процессов. Математическая модель периодических (колебательных) движений связана с периодическими функциями. Уравнение периодического движения точки имеет вид

$$\begin{cases} t \geq 0, \\ x(t) = x_0 \sin(\varphi + \omega \cdot t). \end{cases}$$

Таблица 5. Сопоставление тематического планирования рабочих программ основного среднего образования по математике и механике в 10-м классе

Table 5. Comparison of working programs of basic secondary education in mathematics and mechanics in the 10th grade

Математика/Mathematics	Механика/Mechanics
Тригонометрическая окружность, определение тригонометрических функций числового аргумента Trigonometric circle, definition of trigonometric functions of a numerical argument	Колебательное движение. Основные характеристики колебаний: период, частота, амплитуда. Гармонические колебания. Математический и пружинный маятники Oscillatory motion. Main characteristics of oscillations: period, frequency, amplitude. Harmonic oscillations. Mathematical and spring pendulums

В этом уравнении движения содержатся четыре основные характеристики периодического движения: амплитуда A , частота ω , период T и начальная фаза φ . Начальная фаза колебаний φ определяется как начальный угол отклонения от синусоиды. На графике колебаний начальная фаза φ влияет на вертикальный сдвиг точки, из которой стартует колебательный процесс. Значит, можно для простоты сказать, что колебания имеют начальную точку (рис. 6).

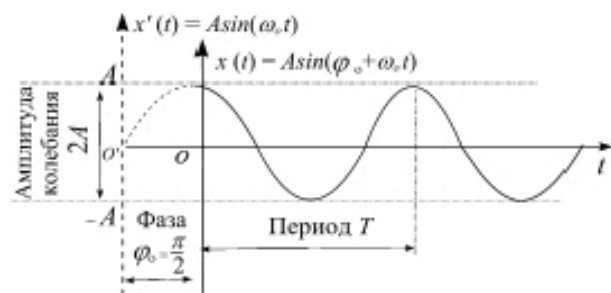


Рис. 6. График периодического движения точки
Fig. 6. Graph of periodic movement of a point

Сопоставление тематического планирования рабочих программ основного общего образования по математике и механике в 11-м классе приведено в табл. 6.

Таблица 6. Сопоставление рабочих программ основного среднего образования по математике и механике в 11-м классе

Table 6. Comparison of working programs of basic secondary education in mathematics and mechanics in the 11th grade

Математика/Mathematics	Механика/Mechanics
Начала математического анализа: производная функции, геометрический и физический смысл производной, производные элементарных функций, применение производной для определения скорости и ускорения, интеграл, его геометрический и физический смысл, вычисление интеграла по формуле Ньютона–Лейбница, задача вычисления пути Principles of mathematical analysis: derivative of a function, geometric and physical meaning of the derivative, derivatives of elementary functions, using the derivative to determine speed and acceleration, integral, its geometric and physical meaning, calculating the integral using the Newton–Leibniz formula, problem of calculating the path	Мгновенная скорость, вычисление кинематических характеристик, задача вычисления пути, пройденного точкой при неравномерном прямолинейном движении Instantaneous velocity, calculation of kinematic characteristics, problem of calculating the path traveled by a point during non-uniform rectilinear motion

В данном случае провести переход к понятию производной в идеологии Л. Эйлера можно логично и достаточно просто для обучающихся. Он определяется переходом от средней скорости (1) к мгновенной, при этом уменьшаются промежутки времени Δt и пути ΔS до бесконечно малых величин:

$$V = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta S}{\Delta t} = \frac{dS}{dt} = \left| \dot{S} \right|.$$

Из последнего выражения легко перейти к понятию дифференциального уравнения и интеграла

$$dS = V(t)dt \Rightarrow S = \int V(t)dt + C.$$

Отметим, что операция перехода к пределу – это инструментальный исследовательский приём, не имеющий никакого природного аналога.

Заключение

При использовании логико-содержательных связей между аналитическими функциями, изучаемыми в школе, и построением математических моделей движения точки у школьников формируется единый взгляд на математический аппарат и естественные на-

уки. Задать движение точки – значит задать способы вычисления положения материальной точки в любой момент времени через уравнения движения. При этом возникает значимость математических знаний для описания законов природы.

Проводя логико-содержательные параллели между математическими функциями и движением точки, можно решить следующие методические проблемы:

1. Наполнение физическим смыслом характеристики функций, такие как область определения, поскольку $t \geq 0$, области возрастания и убывания функций, появляется значимость графиков функций, которые определяют все кинематические характеристики движения точки: траекторию, путь, перемещение, скорость и ускорение и др.
2. Визуализация математических выражений. Например, в дальнейшем при описании равноускоренного движения используют квадратичные функции по времени, следовательно, если точка будет двигаться в поле силы тяжести, траектория ее движения – парабола.
3. Стандартизация решения задач на движение.

На основании выделенных замечаний можно сделать вывод, что действующие учебные программы не обеспечивают логико-содер-

жательных связей физики и математики. Соответственно преемственность школьных и вузовских курсов по изучению математического анализа и теоретической механики не выстраивается.

Проведенное авторами теоретическое и экспериментальное исследование взаимосвязи обозначенных учебных дисциплин позволило выделить логико-содержательные линии между обозначенными учебными дисциплинами [18–22]. Следует отметить актуальность выделенной проблемы и для решения задач, стоящих перед системой образования России в области подготовки научно-технических специалистов среднего и высшего звена, а также инженерных кадров.

Практическая реализация предложенного подхода в процессе математической подготовки школьников проверялась в опытно-экспериментальной работе на базе лицея № 102 г. Железнодорожника Красноярского края в специализированных инженерно-технологических классах. Наиболее объективный и независимый ее результат может быть предъявлен на основе данных ЕГЭ по математике и физике за 2019–2023 учебные годы (рис. 7).

За последние четыре года следует отметить 100%-ю успеваемость на первом курсе выпускников инженерных классов лицея № 102 г. Железнодорожника, обучающихся в ведущих вузах России.

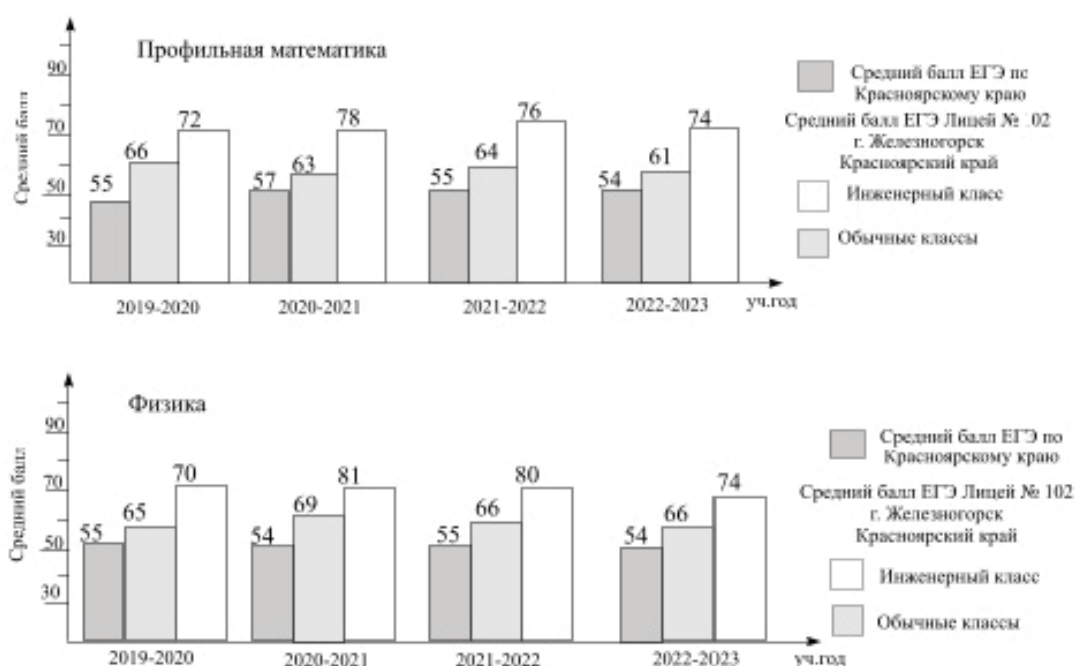


Рис. 7. Результаты Единого Государственного экзамена по профильной математике (2019 – 2023 гг.)

Fig. 7. Data of the Unified State Examination in profile mathematics (2019 – 2023 гг.)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Похолков Ю.П. Печально, но факт. Тезис о лучшем в мире российском образовании сегодня звучит неубедительно // Поиск. – 2011. – № 10–11(1136–1137). – С. 13–25.
2. Похолков Ю.П., Рожкова С.В., Толкачева К.К. Уровень подготовки инженеров России. Оценка, проблемы и пути их решения // Проблемы управления в социальных системах. – 2012. – Т. 4. – Вып. 7. – С. 6–14.
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. 7–16.
4. Тимошенко С.П. Инженерное образование в России. – Люберцы: Произв.-изд. комбинат ВИНТИ, 1996. – 81 с.
5. Годник С.М. Процесс преемственности высшей и средней школы. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1981. – 207 с.
6. Казакова Е.А., Мошкина Е.В., Сергеева О.В. Об объективности оценивания качества знаний при преподавании физики в вузе // Инженерное образование. – 2023. – № 34. – С. 88–100.
7. Солдатов Д.П. Генезис образовательных стандартов высшего профессионального образования России. URL: <https://pedagog.eee-science.ru/wp-content/uploads/2017/05/Statya.pdf> (дата обращения: 10.04.2024).
8. Богомолова Е.П. От математической грамотности к математическим компетенциям // Вестн. Моск. Ун-та. Сер. 20. Педагогическое образование. – 2015. – № 3. – С. 1–18.
9. Перышкин И.М., Иванов А.И. Физика. Базовый уровень. – М.: Просвещение, 2023. – 239 с.
10. Физика. Базовый уровень / Л.Э. Генденштейн, А.А. Булатова и др. – М.: Просвещение, 2022. 7 класс. – 160 с.
11. Физика. Базовый уровень / Л.Э. Генденштейн, А.А. Булатова и др. – М.: Просвещение, 2022. 9 класс. – 239 с.
12. Физика. Базовый уровень / Л.Э. Генденштейн, А.А. Булатова и др. – М.: Просвещение, 2022. 10 класс. – 304 с.
13. Физика. Базовый уровень / Л.Э. Генденштейн, А.А. Булатова и др. – М.: Просвещение, 2022. 11 класс. – 190 с.
14. Эйнштейн А. Физика и реальность. – М.: Наука, 1965. – 264 с.
15. Единое содержание общего образования. URL: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/08/19_ (дата обращения: 10.04.2024).
16. Вавилов И.С. Исаак Ньютон. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1945. – 227 с.
17. Космодемьянский А.А. Очерки по истории механики. – М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – 296 с.
18. Богомаз И.В., Степанова И.Ю. Математическое знание как фундаментальный элемент пропедевтики инженерной подготовки в общеобразовательной школе // Проблемы современного педагогического образования. – 2018. – № 59. – С. 99–102.
19. Богомаз И.В., Песковский Е.А., Фомина Л.Ю. Формирование межпредметных понятий как аспект практико-ориентированности школьного обучения // Проблемы современного педагогического образования. – 2018. – № 59. – С. 102–110.
20. Богомаз И.В., Песковский Е.А., Степанова И.Ю. Концептуальное осмысление педагогических вопросов для развития инновационного общества // Проблемы современного педагогического образования. – 2018. – № 4. – С. 96–99.
21. Богомаз И.В., Степанова И.Ю. Межпредметное содержание подготовки будущего учителя в эпоху цифровой революции // Человеческий капитал. – 2020. – № 2 (332). – С. 65–83.
22. Богомаз И.В., Степанов Е.А., Чабан Е.А. Графическая компетентность студентов, обучающихся в педагогических вузах // Вестник Томского государственного педагогического университета. – 2020. – № 6 (212). – С. 108–117. DOI: 10.23951/1609-624X-2020-6-108-117. EDN OMQWTE.

Поступила: 25.07.2024

Опубликована: 30.12.2024

UDC 378.2

DOI: 10.54835/18102883_2024_36_7

IMPROVING THE QUALITY OF ENGINEERING EDUCATION BASED ON THE RELATIONSHIP BETWEEN MATHEMATICS AND MECHANICS IN SCHOOL EDUCATION SYSTEM

Irina V. Bogomaz¹,Dr. Sc., Professor,
i_bogomaz@mail.ru**Lyudmila Yu. Fomina²,**Cand. Sc., Associate Professor,
fomina_lu@mail.ru**Elena A. Chaban³,**Cand. Sc., Associate Professor,
chaban_tm@mail.ru**Margarita A. Rudina¹,**Master Student,
margaretrudina@yandex.ru

¹ Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev,
89, Ada Lebedeva street, 660049, Krasnoyarsk, Russian Federation

² Siberian Federal University,
82, Svobodny avenue, Krasnoyarsk, 660041, Russian Federation

³ Krasnoyarsk Institute of Railway Transport Branch of the Irkutsk University of Railway Transport,
89, Lado Ketskhoverly street, Krasnoyarsk, 660028, Russian Federation

Abstract. A modern engineer is required not only the ability to analyze and use ready-made constructive developments and solutions, but also the ability to synthesize, actively subordinate the process to the desired functioning and result, which require thorough knowledge of fundamental academic disciplines such as mathematics, mechanics, etc. Insufficient training of students in the subjects "Mathematics" and "Physics" in modern general education schools in Russia in a mass dimension, combined with a decrease in classroom hours for studying fundamental academic disciplines in engineering universities, has led to a threatening trend of deterioration in the quality of engineering higher education. This circumstance contributes to the low professional qualification of engineering personnel. The foundations of fundamental knowledge are laid in the system of basic and general education. In this regard, the article substantiates the relevance of correcting the content of the mechanics section in the physics course in the system of basic and secondary education, at the same time, logical and meaningful lines between mathematics and mechanics are highlighted, which are determined primarily by the presence of common fundamental areas. The research methodology is based on the analysis of the relationship between mathematics and mechanics. The practical implementation of the proposed view on the learning process of schoolchildren from 7th to 11th grade was tested in experimental work for six years. The average score of the Unified State Exam in physics and mathematics was about 80 points, and students who graduated from engineering classes over the past four years and enrolled in leading technical universities in Russia are successfully studying in the first year of universities.

Keywords: engineering education, system of basic and general education, mathematics, mechanics, logical and meaningful interdisciplinary lines

REFERENCES

1. Pohlkov Yu.P. It's sad, but a fact. The thesis about the best Russian education in the world today sounds unconvincing. *Poisk*, 2011, no. 10–11 (1136–1137), pp. 13–25. In Rus.
2. Pohlkov Yu.P., Rozhkova S.V., Tolkacheva K.K. The level of training of Russian engineers. Assessment, problems and solutions. *Problems of management in social systems*, 2012, vol. 4, Iss. 7, pp. 6–14. In Rus.
3. Alyekseevnina A.K. On the issues of continuing education for engineering personnel: the need to form functional literacy of schoolchildren at the lessons of physics and mathematics. *Engineering Education*, 2022, Iss. 32, pp. 7–16. In Rus.
4. Timoshenko S.P. *Engineering education in Russia*. Lyubertsy, VINITI Publ., 1996. 81 p. In Rus.

5. Godnik S.M. *The process of succession of higher and secondary schools*. Voronezh, VGY Publ., 1981. 207 p. In Rus.
6. Kazakova Y.L., Moshkina Y.V., Sergeeva O.V. On the objectivity of assessing the quality of knowledge when teaching physics at a university. *Engineering Education*, 2023, Iss. 34, pp. 88–100.
7. Soldatov D.P. *The genesis of educational standards of higher professional education in Russia*. In Rus. Available at: <https://pedagog.eee-science.ru/wp-content/uploads/2017/05/Statya.pdf> (accessed: 10 April 2024).
8. Bogomolova E.P. From mathematical literacy to mathematical competencies. *Vestnik Moskovskogo Universiteta, Pedagogicheskoye obrazovanie*, 2015, no. 3, pp. 1–18. In Rus.
9. Pyerishkin I.M., Ivanov A.I. *Physics. Basic level*. Moscow, Prosvechenie Publ., 2023. 239 p. In Rus.
10. Gendenshtein L.E., Bulatova A.A. *Physics. Basic level*. Moscow, Prosvechenie Publ., 2022. 7 Grade. 160 p. In Rus.
11. Gendenshtein L.E., Bulatova A.A. *Physics. Basic level*. Moscow, Prosvechenie Publ., 2022. Grade. 239 p. In Rus.
12. Gendenshtein L.E., Bulatova A.A. *Physics. Basic level*. Moscow, Prosvechenie Publ., 2022. 10 Grade. 304 p. In Rus.
13. Gendenshtein L.E., Bulatova A.A. *Physics. Basic level*. Moscow, Prosvechenie Publ., 2022. 1 Grade. 190 p. In Rus.
14. Enshteyn A. *Physics and reality*. Moscow, Nauka Publ., 1965. 264 p. In Rus.
15. Unified content of general education. In Rus. Available at: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/08/13_
16. Vavilov I.S. *Isaac Newton*. Moscow, Leningrad, USSR Academy of Sciences Publ., 1945. 227 p. In Rus.
17. Kosmodemyanskiy A.A. *Essays on the history of mechanics*. Moscow, LIBROKOM Publ., 2010. 296 p. In Rus.
18. Bogomaz I.V., Stepanova I.Y. Mathematical knowledge as a fundamental element of propaedeutics of engineering training in secondary schools. *Problems of modern pedagogical education*, 2018, no. 59, pp. 99–102. In Rus.
19. Bogomaz I.V., Pyeskovskiy Y.A., Fomina L.Y. Formation of interdisciplinary concepts as an aspect of practice-oriented school education. *Problems of modern pedagogical education*, 2018, no. 59, pp. 102–110. In Rus.
20. Bogomaz I.V., Pyeskovskiy Y.A., Stepanova I.Y. Conceptual understanding of pedagogical issues for the development of an innovative society. *Problems of modern pedagogical education*, 2018, no. 4, pp. 96–99. In Rus.
21. Bogomaz I.V., Stepanova I.Y. Interdisciplinary content of future teacher training in the era of the digital Revolution. *Human capital*, 2020, no. 2 (332), pp. 65–83. In Rus.
22. Bogomaz I.V., Stepanov E.A., Chaban E.A. Graphic competence of students studying at pedagogical universities. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta*, 2020, no. 6 (212), pp. 108–117. In Rus. DOI: 10.23951/1609-624X-2020-6-108-117. EDN OMQWTE

Received: 25.07.2024

Accepted: 30.12.2024