

УДК 37.016:51 + 371.3:57+53 + 159.922.7

**ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО КУРСА «БИОМЕХАНИКА» ДЛЯ
ОСНОВНОЙ ШКОЛЫ****Николаев Сергей Викторович,**Старший преподаватель кафедры физики, биологии и инженерных технологий филиала
МАУ в г. Апатиты
qwerty-1990@yandex.ru**Николаева Елена Владимировна,**Специалист по учебно-методической работе ОКСиСО
филиала МАУ в г. Апатиты
89537562801@yandex.ru**Аннотация**

В статье обосновывается необходимость разработки междисциплинарного курса «Биомеханика» для основной школы (7–9 классы) в контексте современных требований к метапредметным образовательным результатам. На основе анализа существующих программ выявлены ключевые проблемы: фрагментарность изучения биомеханических явлений в курсах биологии и физики, отсутствие практико-ориентированных заданий и цифровых инструментов. Предлагается концепция курса, интегрирующего биологию, физику и технологии с учетом возрастных психолого-познавательных особенностей подростков (12–15 лет). Методологическую основу составляют принципы междисциплинарности, дифференциации, цифровизации и практической направленности. Особое внимание уделяется связи курса с профориентацией (биоинженерия, спортивные технологии) и формированию критического мышления. Результатом работы является структурно-содержательная модель курса, соответствующая ФГОС ООО и адаптированная для реализации в системе дополнительного образования.

Ключевые слова: биомеханика, междисциплинарный подход, основная школа, метапредметные результаты, возрастные особенности, практико-ориентированное обучение, цифровые образовательные ресурсы, STEM-образование, профориентация.

**THEORETICAL AND METHODOLOGICAL FOUNDATIONS OF AN
INTERDISCIPLINARY "BIOMECHANICS" COURSE FOR 7–9 GRADE
STUDENTS****Sergey V. Nikolaev,**Senior lecturer of the Department of Physics, Biology and Engineering Technologies Murmansk
Arctic University, Apatity Branch
qwerty-1990@yandex.ru

Elena V. Nikolaeva,

Specialist in educational and methodological work of OKSiSO Murmansk Arctic University,
Apatity Branch
89537562801@yandex.ru

ABSTRACT

The article substantiates the need for developing an interdisciplinary "Biomechanics" course for secondary school (grades 7-9) in the context of modern requirements for metasubject educational outcomes. Analysis of existing curricula reveals key issues: fragmented study of biomechanical phenomena in biology and physics courses, lack of practice-oriented tasks and digital tools. The concept of a course integrating biology, physics and technology is proposed, taking into account the age-related psychological and cognitive characteristics of adolescents (12-15 years old). The methodological framework is based on principles of interdisciplinarity, differentiation, digitalization, and practical orientation. Special attention is paid to linking the course with career guidance (bioengineering, sports technology) and developing critical thinking. The outcome is a structural-content model of the course aligned with the Russian Federal State Educational Standard (FGOS OOO) and adapted for implementation in supplementary education.

Keywords: biomechanics, interdisciplinary approach, secondary school, metasubject outcomes, age-specific features, practice-oriented learning, digital educational resources, STEM education, career guidance.

Современные вызовы научно-технологического развития требуют от системы образования формирования у школьников целостного естественнонаучного мировоззрения и навыков решения комплексных задач. Биомеханика, как наука о механических законах в живых системах, обладает уникальным потенциалом для интеграции знаний из биологии, физики и технологий, демонстрируя их практическую значимость. Однако в российской школьной программе для 7-9 классов биомеханические аспекты представлены фрагментарно: элементы анатомии изучаются на биологии без связи с законами механики, а физические принципы рассматриваются на примерах неживых объектов, игнорируя биологические системы. Этот дисциплинарный разрыв затрудняет формирование у учащихся метапредметных компетенций, предусмотренных ФГОС ООО, таких как критическое мышление, исследовательские умения и способность применять знания в реальных контекстах.

Анализ существующих образовательных программ выявил существенные пробелы в междисциплинарном изучении биомеханики. В курсе биологии 7-9 классов (Колесов и др., 2019) рассматривается строение опорно-двигательного аппарата, но отсутствует объяснение его работы с позиций физических законов – рычагов, силы трения и других механических принципов [1]. Аналогично, в учебниках физики (Перышкин, Иванов, 2021) законы механики демонстрируются на примерах технических устройств, без применения к биологическим системам [2]. Даже в дополнительных программах по робототехнике и инженерии (Бутова, 2023), где создаются биоинспирированные проекты, отсутствует должная связь с биологическими принципами работы живых организмов [3].

Зарубежный опыт (например, программа PLTW [4]) показывает более комплексный подход к преподаванию биомеханики, однако такие курсы обычно рассчитаны на старшие классы и требуют адаптации для основной школы. Основная системная проблема

заключается в изолированном преподавании биологии, физики и технологий, что не позволяет сформировать у учащихся целостное понимание биомеханических процессов в живых системах. Такой дисциплинарный разрыв значительно ограничивает возможности практического применения знаний в реальных жизненных ситуациях.

Выявлены ключевые пробелы:

Отсутствие системной межпредметной интеграции;

Недостаток практико-ориентированных заданий (лабораторных работ, проектов);

Ограниченное использование цифровых инструментов (симуляторов, ПО для 3D-моделирования);

Неучет возрастных познавательных и мотивационных особенностей подростков 12–15 лет.

Учащиеся данной возрастной группы, по данным психологов (Л.И. Божович [5], Д.Б. Эльконин [6]), проявляют повышенный интерес к практической деятельности, цифровым технологиям и самореализации через проекты, что не находит отражения в традиционных дисциплинах.

Цель исследования – разработать теоретико-методологические основы междисциплинарного курса «Биомеханика» для 7–9 классов, интегрирующего биологию, физику и технологии с учетом:

возрастных психолого-познавательных особенностей учащихся;

требований ФГОС ООО к метапредметным результатам;

практико-ориентированной и цифровой образовательной среды.

Объектом исследования является образовательный процесс в основной школе (7–9 классы), а предметом – методика разработки междисциплинарного курса «Биомеханика». Для достижения поставленной цели был применен комплекс методов, основанных на анализе существующей практики и педагогическом проектировании.

Разработка курса основывалась на глубоком понимании психолого-познавательных характеристик подростков 12–15 лет. Потребность в самореализации и признании, описанная Л.И. Божович [5], удовлетворяется через обязательную проектную деятельность с презентацией и защитой результатов. Ведущая роль общения со сверстниками, отмеченная Д.Б. Элькониним [6], реализуется через преобладание групповых форм работы (совместные эксперименты, проекты). Учет перехода к абстрактному мышлению при необходимости опоры на наглядность (Л.С. Выготский) обеспечивается неразрывной связью теории с практикой (лабораторные работы, эксперименты, моделирование) и активной визуализацией (3D-модели, видеоанализ) [8]. Повышенный интерес подростков к цифровым технологиям, описанный И.Н. Погожиной [9], учитывается интеграцией цифровых инструментов (Phyphox, Tinkercad, Coach's Eye) на всех этапах обучения.

При этом, как подчеркивает А.К. Маркова (1990) в своей работе «Формирование мотивации учения», важно отвечать на вопрос «Зачем мне это нужно?» [10]. Необходимо в практической направленности курса учесть интерес подростков к цифровым технологиям – например, аспекты биомеханики в киберспорте и геймдизайне. Почему у киберспортсменов часто болят запястья после многочасовых игр?

Курс системно преодолевает выявленный дисциплинарный разрыв. Каждая тема раскрывается через призму трех дисциплин. Например, изучение работы мышц включает биологию (строение), физику (расчет работы/мощности/КПД) и технологии (эксперимент, обсуждение гаджетов). Сквозные практические задания (лабораторные работы, проекты) требуют применения знаний из разных областей одновременно. Цифровые инструменты выступают естественным связующим звеном. Практическая составляющая (не менее 60% времени) представлена разнообразными экспериментами

(измерение силы мышц, трения, объема легких), проектными заданиями возрастающей сложности (от простых моделей до устройств с Arduino) и анализом реальных кейсов (биомеханика спорта, протезирование).

Разработанный курс напрямую способствует достижению ключевых метапредметных результатов ФГОС ООО. Проектная деятельность формирует умение самостоятельно планировать пути достижения целей и соотносить действия с результатами. Критериальная оценка и рефлексия развивают основы самоконтроля и самооценки. Анализ биомеханических систем (сравнение рычагов, классификация трения) тренирует умение определять понятия, устанавливать аналогии, классифицировать. Активное использование информационных и компьютерных технологий на протяжении курса формирует компетентность в этой области. Групповая работа является основой для формирования умений сотрудничества.

Практическая значимость курса ярко выражена в его профориентационной направленности. Знакомство с прикладными аспектами биомеханики в биоинженерии, робототехнике, спортивных технологиях и медицине формирует у учащихся представление о востребованных профессиях будущего. Выполнение проектов, моделирующих реальные инженерно-биологические задачи, развивает необходимые для этих профессий навыки. Предложенные методические рекомендации, акцентирующие использование доступных ресурсов (подручные материалы, смартфоны, открытые платформы), обеспечивают потенциал широкого внедрения курса в систему дополнительного образования или факультативов основной школы, независимо от уровня ее оснащения.

Не углубляясь в подробное планирование уроков для 8-9 класса, рассмотрим План факультативного курса для 7 класса.

№ урока	Тема урока	Связь с биологией	Связь с физикой	Практическая часть
1	Введение в биомеханику. Что изучает биомеханика?	Многообразие животных	Физические термины, измерения	Просмотр видео о биомеханике в природе (полёт птиц, движение рыб)
2	Скелет как система рычагов	Строение опорно-двигательного аппарата	Рычаги, момент силы	Расчет силы мышц при поднятии груза (динамометр)
3	Мышцы и сила упругости	Функции мышц у животных и человека	Сила упругости, закон Гука	Эксперимент: измерение деформации резинового жгута как аналога сухожилий
4	Движение и скорость	Приспособления животных к бегу	Механическое движение, скорость	Видеоанализ бега животных (гепард, человек) с расчетом скорости
5	Энергия и работа	Энергозатраты при	Механическая работа, мощность	Расчет КПД мышц при подъеме по

	в живых системах	движении		лестнице
6	Давление в живой природе	Строение конечностей животных.	Давление, способы его уменьшения	Сравнение давления на снег человека и лыжника (расчет площади опоры).
7	Плавание и закон Архимеда	Адаптации рыб и водных животных	Архимедова сила, плавание тел.	Опыт с имитацией плавательного пузыря (шарик в воде с изменением плавучести).
8		Строение крыльев птиц и насекомых	Давление жидкости и газа, подъёмная сила.	Создание бумажных крыльев и тестирование в аэродинамической трубе (вентилятор).
9	Трение в природе	Чешуя рептилий, лапы геккона	Сила трения, её виды	Эксперимент: сравнение трения разных поверхностей (имитация кожи змеи)
10	Биомеханика простейших	Биомеханика простейших	Диффузия, броуновское движение.	Наблюдение за движением простейших под микроскопом
11	Проект: «Бионическая рука»	Строение конечностей.	Рычаги, равновесие сил	Создание модели руки из картона, ниток и пружин.
12	Проект: «Идеальный прыгун»	Скелет и мышцы кенгуру.	Энергия, работа, КПД.	Расчет высоты прыжка модели с учетом массы и силы «мышц»
13	Проект: «Экзоскелет»	Строение экзоскелета членистоногих	Давление, распределение нагрузки	Конструирование экзоскелета из проволоки и картона для игрушечной фигурки
14	Биомеханика в спорте	Анализ техники прыжков, бега	Кинетическая и потенциальная энергия	Видеоанализ движений спортсменов с расчетом энергии
15	Биомеханика в медицине	Ортопедия, протезирование	Упругость, деформация	Обсуждение: «Как законы физики

			материалов	помогают создавать протезы?»
16	Итоговая презентация проектов	Защита моделей и исследований	Применение физических законов	Презентация проектов перед классом с демонстрацией работы моделей
17	Рефлексия и обратная связь	Роль биомеханики в природе	Значение междисциплинарного подхода	Дискуссия: «Как биомеханика поможет решить проблемы будущего?»

Таблица 1. Поурочный план курса «Биомеханика» для 7 класса.

На основе выявленных пробелов и теоретических положений был осуществлен этап педагогического проектирования. Его результатом стала концепция факультативного курса «Биомеханика», включающая четко сформулированные цели и задачи, направленные на достижение метапредметных результатов ФГОС ООО (формирование понимания биомеханических процессов, развитие навыков экспериментальной и проектной деятельности). Ключевыми методическими принципами курса были определены: междисциплинарность (связь биологии, физики, технологий), дифференциация заданий, цифровизация (активное использование ИКТ) и практическая направленность (акцент на экспериментах и проектах). Была разработана содержательная структура курса с модулями и тематическим планированием для каждого класса (7-9), предусматривающая постепенное усложнение материала. Подобраны адекватные методы обучения: эксперименты, работа с цифровыми инструментами (Phyphox, Tinkercad), проектная и игровая деятельность. Разработаны критерии оценки, смещенные с простого воспроизведения знаний на умение применять их в практических заданиях и защищать проекты. Сформулированы методические рекомендации для учителей, включая адаптацию курса для школ с разным уровнем оснащения (использование подручных средств, смартфонов).

Результатом проектирования явилась программа факультативного курса «Биомеханика» объемом 17 часов в год (1 час в неделю) для 7-9 классов. Программа построена на органичном синтезе трех компонентов: биологического (анатомия и физиология опорно-двигательного аппарата, адаптации), физического (применение законов механики, гидродинамики, а в перспективе акустики и оптики) и технологического (цифровые инструменты, бионическое проектирование). Структура курса реализует принцип возрастающей сложности. В 7 классе фокус смещен на базовые принципы биомеханики через движение животных и человека (рычаги скелета, трение, плавание, полет) с акцентом на простых экспериментах и создании физических моделей (бионическая рука). В 8-9 классе целесообразно расширить изучение предмета до общей Биофизики. В 8 классе происходит углубление в анализ систем организма человека (кровообращение, дыхание, терморегуляция, сенсорные системы) и их связь с физическими законами, проекты ориентированы на медицинские технологии. В 9 классе изучаются молекулярные основы (работа мышц), нейробиомеханика и современные биотехнологии, итогом становится комплексный проект по созданию функциональной биомеханической системы.

Список литературы:

1. Колесов Д. В. (д-р мед. наук) Биология учебник, 8 [класс] / Д. В. Колесов, Р. Д. Маш, И. Н. Беляев. – 7-е изд., испр.. – Москва : Дрофа, 2019. – 415, [1] с. ил., цв. ил., табл.; 22. – (Российский учебник, Вертикаль); ISBN 978-5-358-22312-7.
2. Перышкин И. М. Физика 7 класс / И.М. Перышкин, А.И. Иванов. – Москва : Просвещение, 2021. – 238, [2] с. ил., цв. ил., портр., табл.; 22. – ISBN 978-5-09-084609-7.
3. Бутова, И.В. Авторская программа вариативного компонента специализированной школы «STEM» для 5, 6, 7, 8, 9 классов [Электронный ресурс] / И.В. Бутова ; сост. И.В. Бутова. – Усть-Каменогорск, 2023. – URL: <https://infourok.ru/avtorskaya-programma-elektivnogo-kursastem-fizika-6744444.html>.
4. Project Lead The Way (PLTW). Biomedical Science: Human Body Systems [Электронный ресурс]. – США, 2023. – URL: <https://www.pltw.org/our-programs/pltwbiomedical-science>.
5. Божович Л. И. Личность и ее формирование в детском возрасте. – СПб. [и др.] : Питер, 2008. – 398 с.
6. Эльконин Д. Б. Э-53 Избранные психологические труды. – М.: Педагогика, 1989. 560 с.: ил. – (Труды д. чл. и чл.-кор. АПН СССР).
7. Эриксон, Эрик Гомбургер. Идентичность: юность и кризис: Пер. с англ. / Общ. ред. и предисл. А. В. Толстых. - Москва : Прогресс, Б. г. (1996). - 340,[2] с.; 21 см. - (Библиотека зарубежной психологии); ISBN 5-01-004479-X (В пер.) : Б. ц.
8. Выготский Л. С. Собрание сочинений: в 6 т. / Гл. ред. А. В. Запорожец. – М.: Педагогика, 1982–1984. Т. 4 : Детская психология / Под. ред. Д. Б. Элькониной. – 1984. – 433 с.
9. Погожина, И. Н., Подольский, А. И., Идобаева, О. А., Подольская, Т. А. (2020). Цифровое поведение и особенности мотивационной сферы интернетпользователей: логикокатегориальный анализ. Вопросы образования, 3, 60–94. doi: <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2020-3-60-94>
10. Маркова, Аэлига Капитоновна. Формирование мотивации учения: Кн. для учителя / А. К. Маркова, Т. А. Матис, А. Б. Орлов. - Москва: Просвещение, 1990. - 191,[1] с.

References:

1. Kolesov D. V. (D.Sc.) Biology textbook, 8 [grade] / D. V. Kolesov, R. D. Mash, I. N. Belyaev. - 7th ed., corrected. - Moscow: Drofa, 2019. - 415, [1] p. ill., color ill., tab.; 22. - (Russian textbook, Vertical); ISBN 978-5-358-22312-7.
2. Peryshkin I. M. Physics 7th grade / I. M. Peryshkin, A. I. Ivanov. - Moscow: Prosveshchenie, 2021. - 238, [2] p. ill., color ill., port., tab.; 22. - ISBN 978-5-09-084609-7.
3. Butova, I.V. Author's program of the variable component of the specialized school "STEM" for grades 5, 6, 7, 8, 9 [Electronic resource] / I.V. Butova; compiled by I.V. Butova. - Ust-Kamenogorsk, 2023. - URL: <https://infourok.ru/avtorskaya-programma-elektivnogo-kursastem-fizika-6744444.html>.
4. Project Lead The Way (PLTW). Biomedical Science: Human Body Systems

- [Electronic resource]. - USA, 2023. - URL: <https://www.pltw.org/our-programs/pltwbiomedical-science>.
5. Bozhovich L.I. Personality and its formation in childhood. - St. Petersburg. [and others]: Piter, 2008. – 398 p.
 6. Elkonin D. B. E-53 Selected psychological works. – Moscow: Pedagogy, 1989. 560 p.: ill. – (Works of the full member and corresponding member of the USSR Academy of Pedagogical Sciences).
 7. Erikson, Eric Homburger. Identity: youth and crisis: Trans. from English / General editorship and foreword by A. V. Tolstykh. - Moscow: Progress, B. g. (1996). - 340,[2] p.; 21 cm. - (Library of foreign psychology).; ISBN 5-01-004479-X (In translation): B. c.
 8. Vygotsky L. S. Collected works: in 6 volumes / Ch. ed. A. V. Zaporozhets. - M.: Pedagogy, 1982-1984. T. 4: Child Psychology / Ed. D. B. Elkonin. - 1984. - 433 p.
 9. Pogozhina, I. N., Podolsky, A. I., Idobaeva, O. A., Podolskaya, T. A. (2020). Digital behavior and features of the motivational sphere of Internet users: a logical-categorical analysis. *Education Issues*, 3, 60-94. doi: <https://doi.org/10.17323/1814-9545-2020-3-60-94>
 10. Markova, Aelita Kapitonovna. Formation of learning motivation: Book for the teacher / A. K. Markova, T. A. Matis, A. B. Orlov. - Moscow: Prosveshchenie, 1990. - 191,[1] p.