

УДК 373.51:53

Дидактическое обеспечение реализации STEM-подхода при обучении физике в учреждениях общего среднего образования

Кротов Виктор Михайлович,
профессор кафедры физики и
компьютерных технологий
Могилёвского государственного
университета имени А. А. Кулешова,
кандидат педагогических наук, доцент;
vmkrotov@mail.ru

**Моисеенко Константин
Александрович,**
учитель физики
средней школы № 25 г. Могилёва;
kostik-moiseenko02@mail.ru

Актуализируются сущность и принципы реализации STEM-подхода в образовании. Аргументируется возможность его применения при обучении физике в учреждениях общего среднего образования. Обосновывается система дидактических средств по обеспечению реализации этого подхода. Описываются методические особенности применения таких компонент системы, как задачи с техническим и межпредметным содержанием, мини-, локальные и тематические проекты.

Ключевые слова: STEM-подход; принципы реализации STEM-подхода; физика как учебный предмет; система дидактических средств; физическая задача; учебный проект; учебное исследование.

Энергичное развитие общества предполагает совершенствование системы образования. На место традиционного образования, ориентированного на запоминание предметных знаний и усвоение элементарных умений, приходит образование развития способностей и мышления, инициативного личностного действия. В связи с этим возникает необходимость разработки и применения в образовательном процессе новых подходов к его организации и современных образовательных технологий.

Сегодня одним из способов совершенствования обучения является реализация образовательного подхода, который получил название STEM-подход. Данный подход широко используется в образовательной практике многих развитых стран мира, в системах образования которых применение STEM представлено различными вариациями. Преподавание ведётся по-разному в зависимости от направленности образования. Это свидетельствует о том, что в настоящее время на практике отсутствует единое мнение о способах реализации данного подхода в обучении.

В основе STEM-подхода лежат четыре принципа:

1) проектная форма организации обучения, в ходе которого учащиеся объединяются в группы для совместного решения учебных задач;

2) практический характер учебных задач, результат решения которых может быть использован для нужд семьи, класса, школы;

3) межпредметный характер обучения: учебные задачи создаются таким образом, что для их решения необходимо использование знаний сразу нескольких учебных дисциплин;

4) содержание обучения включает аспекты дисциплин, которые являются ключевыми для подготовки инженера или специалиста по прикладным научным исследованиям (предметы естественнонаучного цикла, современные технологии и инженерные дисциплины) [1].

Физика является фундаментом современного естествознания, так как исследует строение материи, простейшие формы её движения и взаимодействия и обладает тремя потенциалами: научно-познавательным, техническим и гуманитарным. Она позволяет человеку познавать окружающий мир. В процессе развития этой науки при поиске «первоначала вещей» и «первопричины явлений» были сформированы вначале механическая, затем электромагнитная и, наконец, современная физические картины мира.

Физика — научная основа научно-технического прогресса. Это достаточно отчётливо проявилось в ходе развития производительной техники и технологий. В XX веке благодаря развитию квантовой теории, возникновению атомной физики и физики твёрдого тела быстрое развитие получила электроника. Фундаментальные исследования в области ядерной физики позволили создать ядерную энергетику.

Изучение физики даёт возможность показать, что все физические представ-

ления и теории отражают объективную реальность лишь приближённо, что наши представления о мире непрерывно углубляются и расширяются, а процесс познания материального мира бесконечен.

Под влиянием физической науки развиваются новые направления научных исследований, возникающие на стыке с другими науками (химическая физика, астрофизика, биофизика, агрофизика, петрофизика), создаются техника и технологическая база инновационного развития общества [2]. Поэтому физика, как и другие естественные науки, лучше всего подходит для использования STEM-подхода при обучении учащихся.

Однако существует необходимость разработки дидактического обеспечения по реализации данного подхода в учреждениях общего среднего образования. Это в полной мере касается и обучения физике. Разработанное дидактическое обеспечение должно носить системный характер и включать компоненты, соответствующие требованиям описанных выше принципов и деятельностного подхода в обучении.

Анализ дидактического обеспечения обучения физике учащихся учреждений общего среднего образования позволил определить компоненты системы дидактических средств. Они представлены на рисунке 1.

Рассмотрим сущность и особенности выделенных компонент системы. Виды учебных проектов различаются по разным основаниям их классификации. Выбор того или иного вида зависит от многих факторов, среди которых дидактическая цель применения проектов, их роль и значение в дидактической системе учителя [3].

При выполнении мини-проектов учащиеся выступают в роли исследователей, самостоятельно «добывающих» знания, используя разнообразные источники и материалы.

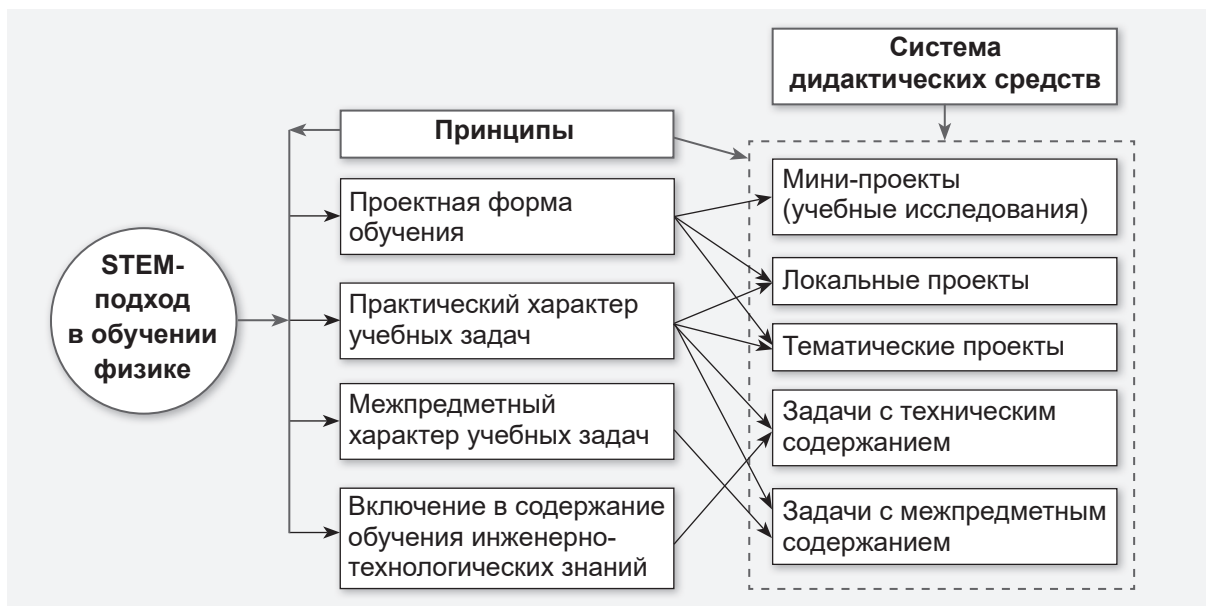


Рисунок 1. — Принципы и система дидактических средств

Подготовка к учебным исследованиям при изучении определённой темы школьного курса физики заключается:

- в разбиении содержания обучения по этой теме на учебные модули;
- выделении в содержании обучения физических знаний, составляющих информационный базис для выполнения исследовательских заданий;
- подборе тем исследовательских заданий, выполнение которых обеспечивает освоение учащимися учебной программы;
- подготовке рекомендаций учащимся по выполнению этих заданий;
- подборе для учащихся необходимых приборов и принадлежностей.

Под учебным модулем содержания обучения физике понимают совокупность структурных элементов физических знаний (часть содержания обучения), обладающую относительной самостоятельностью.

По каждому учебному модулю учитель готовит 3—4 исследовательских задания, которые не дублируют лабораторные работы по рассматриваемой теме курса

физики. На уроках проведения учебных исследований учащиеся выполняют их в группах (каждая группа осуществляет одно исследование), пишут отчёт и выступают с презентацией.

Перед началом исследования учащимся выдаются рекомендации, в которых формулируется цель проведения, перечисляется предоставленное оборудование, предлагается самостоятельно сформулировать гипотезу и вывод, приводятся важная теоретическая информация и план реализации [4].

Локальные проекты выполняются учащимися в рамках одного учебного модуля, а тематические — за время изучения всей темы. И первые, и вторые имеют конструкторскую направленность. Перед началом работы над этими проектами учащимся выдаётся задание, включающее важную информацию: цель выполнения, предложение сформулировать конкретные задачи по достижению цели, описать информационный базис (основные понятия, законы и закономерности, на которые нужно опираться при выполнении зада-

ния), используемое оборудование и его параметры, физический принцип действия и схему установки, привести экспериментальные материалы, расчёты значений физических величин и погрешностей их измерений, сделать выводы.

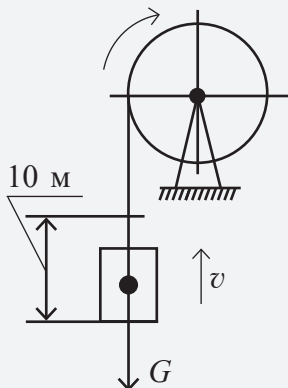
При изучении физики учащиеся решают различного вида задачи. Физической задачей в учебной практике обычно называют учебную проблему, которая решается с помощью логических умозаключений, математических действий и эксперимента на основе законов и методов физики.

По содержанию выделяют задачи абстрактные, конкретные, с историческим, производственным (техническим) и межпредметным содержанием, занимательные и бытовые [5].

Для создания условия задачи с техническим содержанием целесообразнее всего использовать текст, графики и обязательно поясняющие рисунки. Это связано с необходимостью тщательного ознакомления учащихся с техническими и технологическими объектами.

Приведём пример физической задачи с техническим содержанием.

Определить развиваемую мощность мотором лебёдки для равномерного подъёма груза весом $P = 3 \text{ кН}$ на высоту $h = 10 \text{ м}$ за время $t = 2,5 \text{ с}$. КПД механизма лебёдки $\eta = 0,75$.



Решение физических задач включает определённые этапы:

- ◆ восприятие задачной ситуации;
- ◆ анализ задачной ситуации (выделение взаимодействующих объектов, изменение условий взаимодействия тел и их состояний, введение параметров состояний, выполнение рисунка, схемы);
- ◆ краткая запись условия и требования задачи;
- ◆ составление плана решения (установление связей между параметрами и очередности выполнения действий по решению задачи);
- ◆ реализация плана решения (составление системы уравнений, решение уравнений, расчёт искомой величины);
- ◆ анализ полученного результата [5].

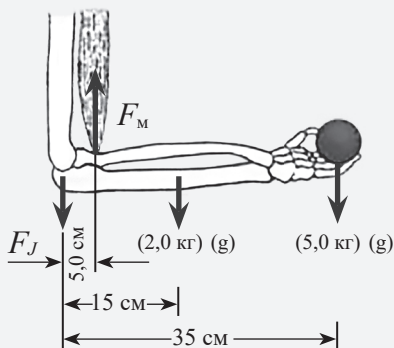
Важным для решения физических задач с техническим содержанием является этап анализа задачной ситуации. Для этого вида физических задач в него должны входить:

- описание технических и технологических объектов;
- определение физических принципов их действия;
- создание физической модели явлений и процессов;
- выделение физических величин, законов и закономерностей для количественного описания модели явлений и процессов;
- дополнение приведённого в задаче поясняющего рисунка или выполнение схемы или чертежа.

К задачам с межпредметным содержанием относятся задачи, в которых рассматриваются объекты и процессы из двух или более областей естествознания. Решение этих задач включает такие же этапы, но с учётом своей специфики.

Приведём пример физической задачи с межпредметным содержанием.

Вычислите силу $\vec{F}_M$, которую должна создавать дельтовидная мышца, чтобы удержать: вытянутую руку без груза; вытянутую руку с грузом в горизонтальном положении.



Содержание компонент описанной системы дидактических средств по реализации STEM-подхода при обучении физике было создано авторами на примере изучения механики в IX классах учреждений общего среднего образования. При этом подобрано или составлено:

- 76 задач с техническим содержанием;
- 63 задачи с межпредметным содержанием;
- 27 заданий для учебных исследований (мини-проектов);
- 20 заданий для локальных проектов;
- 4 задания для тематических проектов.

Для оценки качества содержания созданного дидактического обеспечения по реализации STEM-подхода при изучении механики в IX классе проводилась его экспертиза учителями физики учреждений общего среднего образования г. Могилёва. Стаж работы и педагогическая категория учителей-экспертов приведены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. — Педагогическая категория экспертов

Педагогическая категория	Количество учителей
б/к	—
2-я	2
1-я	3
в/к	12

Таблица 2. — Стаж педагогической работы экспертов

Стаж работы	Количество учителей
0—5	2
6—10	—
11—15	1
16—20	1
21—25	4
Более 25	9

Учителям предлагалось оценить качество созданных дидактических материалов по следующим параметрам:

1. Необходимость создания дидактического обеспечения реализации STEM-подхода при обучении физике учащихся IX класса.
2. Целесообразность включения в состав системы дидактических средств:
 - 2.1. мини-проектов (учебных исследований);
 - 2.2. локальных проектов;
 - 2.3. тематических проектов;
 - 2.4. задач с техническим содержанием;
 - 2.5. задач с межпредметным содержанием.
3. Выражение системности экспертируемого дидактического обеспечения.
4. Оптимальность системы дидактических средств.
5. Соответствие содержания дидактических средств учебной программе:
 - 5.1. мини-проектов (учебных исследований);
 - 5.2. локальных проектов;
 - 5.3. тематических проектов;
 - 5.4. задач с техническим содержанием;
 - 5.5. задач с межпредметным содержанием.
6. Рациональность структуры дидактических средств:
 - 6.1. мини-проектов (учебных исследований);
 - 6.2. локальных проектов;
 - 6.3. тематических проектов;
 - 6.4. задач с техническим содержанием;
 - 6.5. задач с межпредметным содержанием.
7. Предполагаемая эффективность применения.

Результаты проведённой экспертизы представлены в виде гистограммы (рисунк 2).

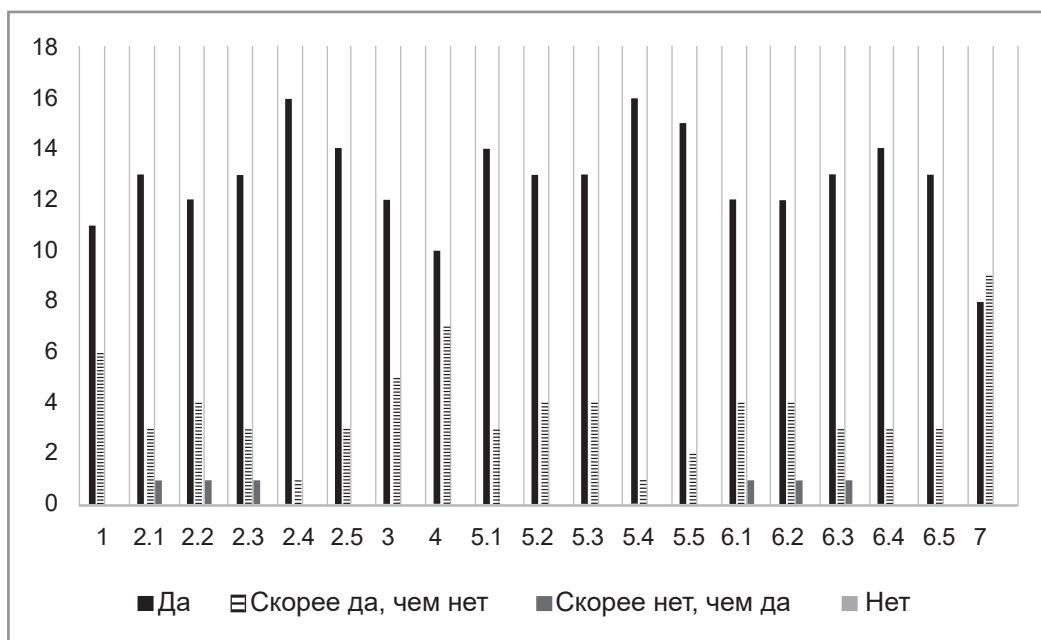


Рисунок 2. — Результаты экспертизы

На полученной гистограмме номера пунктов и подпунктов соответствуют номерам пунктов и подпунктов параметров экспертизы.

Анализ результатов экспертизы созданных дидактических материалов позволяет сделать следующие выводы:

- 64,7 % экспертов убеждены в необходимости создания дидактических материалов по реализации STEM-подхода при изучении механики в IX классе.
- Уверены в целесообразности включения в состав системы дидактических материалов следующих компонент:
 - мини-проектов — 76,4 %;
 - локальных проектов — 70,6 %;
 - тематических проектов — 76,4 %;
 - задач с техническим содержанием — 94,1 %;
 - задач с межпредметным содержанием — 82,4 %.
- 58,8 % экспертов без сомнения подтверждают системный характер экспертируемого дидактического материала.
- 70,6 % экспертов считают созданную дидактическую систему оптимальной.
- По мнению экспертов, учебной программе соответствует содержание следующих компонент дидактических материалов:
 - мини-проектов — 82,4 %;
 - локальных и тематических проектов — 76,6 %;
 - задач с техническим содержанием — 94,1 %;
 - задач с межпредметным содержанием — 88,2 %.
- Эксперты считают рациональной структуру следующих компонент дидактических материалов:
 - мини- и локальных проектов — 70,6 %;
 - тематических проектов и задач с межпредметным содержанием — 76,5 %;
 - задач с техническим содержанием — 82,4 %.
- 47 % экспертов убеждены в эффективности применения разработанных дидактических материалов, а 53 % подтверждают это, хотя и с некоторыми сомнениями.

Для определения эффективности использования разработанной системы дидактических средств в ГУО «Средняя школа № 25 г. Могилёва» при изучении темы «Основы статистики» в третьей четверти 2022/2023 учебного года проводился поисково-обучающий эксперимент с участием 72 учащихся IX классов. Они были распределены по двум группам (экспериментальная и контрольная).

До начала эксперимента для этих групп по четвертным отметкам были определены их средние значения и среднеквадратические отклонения ($M_k = 6,48$; $M_s = 6,65$; $\sigma_k = 1,46$; $\sigma_s = 1,36$).

Из приведённых данных следует, что до начала эксперимента уровень обученности учащихся экспериментальной и контрольной групп примерно одинаковый.

В контрольной группе при изучении статистики применялись традиционные средства обучения, а в экспериментальной — разработанная дидактическая система. По окончании изучения учащимися экспериментальной и контрольной групп темы «Основы статистики» проводилась диагностика их обученности. Учащиеся выполняли задания пяти уровней сложности.

Для статистической оценки результатов проведённой диагностики уровня усвоения предметных знаний был выбран критерий t -Стьюдента для независимых выборок. Применение этого критерия позволяет проверить гипотезу о том, что средние значения двух генеральных совокупностей, из которых извлечены сравниваемые независимые выборки, отличаются друг от друга.

Структура исходных данных: изучаемый признак измерен у объектов (испытываемых), каждый из которых принадлежит к одной из двух сравниваемых независимых выборок. Формулы для эмпирического значения критерия t -Стьюдента:

$$t_3 = \frac{|M_1 - M_2|}{\sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}}$$

или

$$t_3 = \frac{|M_1 - M_2|}{\sqrt{\frac{(N_1 - 1)\sigma_1^2 + (N_2 - 1)\sigma_2^2}{N_1 + N_2 - 2} \left(\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2} \right)}},$$

$$df = N_1 + N_2 - 2,$$

где M_1 и M_2 — средние значения отметок учащихся экспериментальной и контрольной групп по результатам диагностики их знаний по завершении поисково-обучающего эксперимента; N_1 и N_2 — количество учащихся в экспериментальной и контрольной группах.

Первая формула применяется для расчётов близких по численности выборок, а вторая — для более точных расчётов, когда выборки заметно различаются по численности.

Стандартное отклонение (σ , среднеквадратическое отклонение) — положительное значение квадратного корня из дисперсии: $\sigma_x = \sqrt{D_x}$.

Для вычислений дисперсии использовалась следующая формула:

$$D_x = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - M_x)^2}{N - 1} [6].$$

Эмпирическое значение коэффициента t -Стьюдента по результатам эксперимента — 3,20. По таблице «Критические значения критерия t -Стьюдента» определялось теоретическое значение этого коэффициента для $df = (40 + 32) - 2 = 70$ и уровня статистической значимости $p = 0,05$: $t_{\tau} = 1,99$. Так как $t_3 > t_{\tau}$ ($3,20 > 1,99$), то с вероятностью 95 % можно утверждать, что уровень обученности учащихся экспериментальной группы выше уровня обученности учащихся контрольной группы. Это подтверждает достаточно высокую

эффективность применения созданной системы дидактических средств по реализации STEM-подхода при изучении статики.

На основании проведённой экспериментальной работы можно сделать следующие выводы:

1. Физика как учебный предмет в учреждениях общего среднего образования обладает высоким потенциалом для реализации STEM-подхода в обучении учащихся.

2. В состав системы дидактических средств для STEM-подхода целесообразно

включать: мини-проекты (учебные исследования); локальные проекты; тематические проекты; задачи с техническим и межпредметным содержанием.

3. Созданные авторами дидактические материалы могут успешно применяться при изучении механики в IX классе.

4. Поисково-обучающий эксперимент подтвердил высокую эффективность использования созданных дидактических материалов для реализации STEM-подхода при изучении темы «Основы статики».

Література

1. STEM-подход в образовании [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <https://edu4future.by/storage/app/media/camp/stem-podkhod-v-obrazovaniiprint.pdf>. — Дата доступа : 15.10.2022.
2. Кротов, В. М. Физика как учебный предмет в учреждениях общего среднего образования : монография / В. М. Кротов. — Могилёв : МГУ имени А. А. Кулешова, 2021. — 156 с.
3. Ступницкая, М. А. Что такое учебный проект? / М. А. Ступницкая. — М. : Первое сентября, 2010. — 44 с.
4. Кротов, В. М. Учебное исследование как действенный инструмент познания : модель организации обучения предметам естественнонаучного цикла / В. М. Кротов // Народная асвета. — 2017. — № 5. — С. 18—21.
5. Герасимова, Т. Ю. Методика обучения решению задач по физике : метод. пособие / Т. Ю. Герасимова, В. М. Кротов. — Могилёв : МГУ им. А. А. Кулешова, 2009. — 160 с.
6. Методика организации и проведения педагогического эксперимента : метод. рекомендации / авт.-сост. В. М. Кротов. — Могилёв : МГУ им. А. А. Кулешова, 2008. — 92 с.

Материал поступил в редакцию 23.06.2023.

DIDACTIC SUPPORT FOR THE IMPLEMENTATION OF THE STEM APPROACH IN TEACHING PHYSICS IN INSTITUTIONS OF GENERAL SECONDARY EDUCATION

Viktor M. Krotov,
Professor of the Department of Physics and Computer Technologies of Mogilev State University
named after A. A. Kuleshov, Cand. Sci. (Pedagogics), Associate Prof.; vmkrotov@mail.ru

Konstantin A. Moiseenko,
physics teacher of secondary school No. 25 of Mogilev;
kostik-moiseenko02@mail.ru

The essence and principles of the implementation of the STEM approach in education are updated. The possibility of its application in teaching physics to students of institutions of general secondary education is argued. A didactic system to ensure the implementation of this approach is substantiated. The methodological features of the application of such components of the system as tasks with technical and interdisciplinary content, mini, local and thematic projects are described.

Keywords: STEM approach; principles of implementation of STEM approach; physics as an academic subject; system of didactic means; physical task; educational project; educational research.

Submitted 23.06.2023.