

УДК 371.78:372.853  
DOI 10.17513/snt.39796

## ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ ИНЖЕНЕРНЫХ КЛАССОВ ПО РЕШЕНИЮ И СОСТАВЛЕНИЮ ЗАДАЧ ПО ФИЗИКЕ

<sup>1</sup>Белянин В.А., <sup>2</sup>Кречетова И.В., <sup>2</sup>Целищева Л.В.

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Марийский государственный университет», Йошкар-Ола,  
e-mail: skva12@mail.ru;

<sup>2</sup>ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет»,  
Йошкар-Ола, e-mail: KrechetovaIV@volgatech.net

Статья посвящена актуальному на сегодняшний день вопросу преподавания физики в инженерных классах, которые готовят выпускников школы к поступлению на инженерные специальности вузов. Основной целью данной статьи является рассмотрение вопросов организации и контроля самостоятельной работы учащихся инженерных классов при решении и составлении физических задач. В качестве основного метода решения и составления физических задач предлагается использовать метод анализа физической ситуации, которая рассматривается в решаемой учебной задаче. Составление физических задач предполагается осуществлять за счет раскрытия сущности физической ситуации как области существования физического объекта, в которую входят физические законы, модели, процессы, понятия. Отмечается, что в инженерных классах важно решать не любые физические задачи из школьных учебников, а учить учеников решать задачи с техническим содержанием. В таких задачах обязательно должны присутствовать элементы конструирования устройств и механизмов, что позволит раскрыть перед учеником содержание творческого и исследовательского характера инженерной работы. Организация самостоятельной работы учащихся инженерных классов обсуждается в статье на примере составления, решения и анализа учебных физических задач в рамках конкретной физической ситуации «Сила Лоренца». Рассматриваются вопросы организации самостоятельной работы обучающихся как в учебной аудитории, так и в домашних условиях, при выполнении проектов по составлению физических задач и исследования физической ситуации на основе составления и решения систем физических задач.

**Ключевые слова:** изучение физики в школе, инженерные классы, самостоятельная работа учащихся по физике, физическая ситуация, составление задач, составление и исследование систем физических задач

## ORGANIZATION OF ENGINEERING CLASS STUDENTS' INDEPENDENT WORK ON SOLUTION AND GENERATION OF PROBLEMS IN PHYSICS

<sup>1</sup>Belyanin V.A., <sup>2</sup>Krechetova I.V., <sup>2</sup>Celishheva L.V.

<sup>1</sup>Mari State University, Yoshkar-Ola, e-mail: skva12@mail.ru;

<sup>2</sup>Volga State University of Technology, Yoshkar-Ola, e-mail: KrechetovaIV@volgatech.net

The paper is devoted to a currently urgent issue of teaching Physics in Engineering Classes that focus school-leavers on entering Engineering majors at universities. The main purpose of this paper is to consider the organization of and control over Engineering Class students' independent work on solution and generation of physical problems. As the main method for solution and generation of physical problems we propose to use a method implying analysis of a physical situation considered in an academic problem to be solved. It is intended to generate physical problems based on manifestation of the essential nature of a physical situation as an existence domain for a physical object, which includes physical laws, models, processes, and concepts. It is emphasized that students of Engineering Classes should be taught to solve technical problems rather than physical problems of any kind from school textbooks. The problems under question should include elements of device or mechanism design that could demonstrate the creative and research nature of engineering profession to a student. The paper discusses the organization of Engineering Class students' independent work based on a case study of generation, solution, and analysis of academic physical problems within a specific physical situation of Lorentz force. It deals with the organization of students' independent work both in a classroom and at home during their work in the projects on generation of physical problems and investigation of a physical situation based on generation and solution of physical problem systems.

**Keywords:** studying Physics at school, Engineering Classes, students' independent work in Physics, physical situation, generation of problems, generation and investigation of physical problem systems

Актуальность данной статьи обусловлена большой потребностью бурно развивающейся промышленности России в высококвалифицированных инженерных кадрах. Актуальна стратегия популяризации среди школьников технического образования и престижа профессии инженера, которая

включает в себя тесное взаимодействие школ, лицеев, гимназий и образовательных центров с университетами и институтами нашей страны. Особую роль в этой профессиональной ориентации учащихся могут сыграть инженерные классы, создаваемые по поручению Правительства Российской

Федерации на базе российских вузов и курируемые Министерством просвещения.

Формат обучения в инженерном классе предполагает углубленное изучение профильных предметов: физики, математики, информатики, а также проведение элективных курсов в соответствии с выбранной в будущем специальностью. Школьники получают возможность выполнения индивидуальных исследовательских проектов, работают в научных кружках на базе университетов и имеют доступ к их лабораторному оборудованию. Инженерные классы задуманы для проведения углубленной подготовки школьников по естественно-научным предметам и формирования у них навыков решения инженерно-технических задач. Школьники получают шанс реализовать свой интерес к инженерному творчеству, заранее подготовиться к поступлению на инженерные специальности технических вузов.

При изучении физики в инженерном классе основное внимание нужно уделять обобщению и систематизации физических знаний, их практическому применению в науке и технике, отработке навыков самостоятельной работы при решении расчетных и экспериментальных физических задач. Необходимо показать основополагающую роль физики в инженерном деле, привить и закрепить через изучение физики интерес к работе инженера, к работе с приборами и оборудованием, продемонстрировать на конкретных примерах творческий характер работы инженера, осуществить включение элементов проектной деятельности в процесс решения физических задач и изучение теоретического материала. И все это следует проделать с опорой на физику, но без ее усложнения для учащихся. Для успешной работы инженера важным является глубокое знание всех разделов физики. Современные перспективные профессии связаны с атомной и ядерной физикой, энергетикой, астрофизикой, физикой элементарных частиц, ускорителями, что предполагает наличие знаний о физических явлениях, протекающих при движении заряженных частиц в электромагнитных полях. Именно поэтому вопросы организации самостоятельной работы учащихся инженерных классов в процессе решения и составления физических задач авторы данной статьи рассматривают на примере изучения силы Лоренца.

Вопросы организации работы учащихся инженерных классов стали в последние годы объектом изучения в достаточно большом числе научно-методических работ. Так, А.В. Ярцев в своей статье рассматривает роль проектно-исследовательской

деятельности в предпрофессиональной подготовке учащихся инженерных классов [1]. О.В. Солнышкова обсуждает вопросы технологии сотрудничества вуза с инженерными классами школ как первый этап непрерывной образовательной траектории [2]. Е.С. Кодикова анализирует проблемы обучения физике в инженерных классах [3]. В.В. Лунегова раскрывает важные для организации самостоятельной работы учащихся вопросы, рассматривая наглядно-графическую деятельность как средство достижения метапредметных результатов при обучении физике в школе [4]. О.В. Абрамова в своей статье изучала особенности конвергентного обучения в инженерных классах [5]. Движение заряженных частиц в неоднородном магнитном поле под действием силы Лоренца было рассмотрено С.В. Соболевым в работе [6].

Целью настоящей статьи является рассмотрение в теоретическом и практическом плане вопросов методики изучения физики учащимися инженерных классов на примере организации самостоятельной работы на практических занятиях по решению и составлению физических задач с техническим содержанием. В предлагаемые для решения и составления учебные физические задачи планируется включать элементы конструирования технических устройств и механизмов, что позволит раскрыть перед учениками содержание творческого и исследовательского характера инженерной работы. Предполагается проанализировать методические особенности самостоятельной работы учащихся инженерных классов при составлении и решении учебных физических задач на примере конкретной физической ситуации «Сила Лоренца». Учащиеся работают самостоятельно как в учебной аудитории, так и в домашних условиях, а также при выполнении проектов по исследованию физической ситуации через составление и решение систем физических задач.

### Материалы и методы исследования

Эмпирическая часть исследования выполнялась в инженерных классах, открытых при Поволжском государственном технологическом и Марийском государственном университетах. Занятия по физике проводились преподавателями университета. Эти занятия не заменяли, а дополняли школьный курс физики. Отводимое число часов распределялось между занятиями по решению и составлению физических задач и занятиями по выполнению физических экспериментов и изучению физических приборов.

Теоретическая основа рассматриваемого в данной статье подхода к организации

самостоятельной работы учащихся инженерных классов была разработана и изложена одним из авторов настоящей статьи в публикациях [7, 8]. К таким основам относятся понятие физической ситуации, решение физических задач на основе анализа физической ситуации, понятие обобщенной физической ситуации, составление отдельных задач и систем задач на основе обобщенной физической ситуации, исследование физической ситуации с помощью составления и решения систем физических задач.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Занятие по теме «Сила Лоренца» начинается с краткого повторения, где отмечают роль и значение для современной науки и техники вопросов, связанных с движением заряженных частиц в магнитном поле, приводятся примеры приборов, использующих при своей работе силу Лоренца. Повторяется теоретический материал темы, например в виде краткой лекции, беседы или опроса: индукция магнитного поля, линии индукции, сила Ампера, сила Лоренца, направление силы, траектория движения частиц. Вводится понятие физической ситуации как некоторого «окружения» заряженной частицы. Объектом физической ситуации выбирается заряженная частица, движущаяся в магнитном поле. Выбор объекта физической ситуации обсуждается с учащимися. Рассматривается и характеризуется «окружение» заряженной частицы в виде физических явлений, законов, моделей, величин, процессов и приборов.

Для изучения физической ситуации обучающиеся заполняют схему, представленную на рисунке, которая раскрывает физическую

сущность силы Лоренца и «окружения» заряженной частицы. В схеме, которая передается учащимся для заполнения, есть только названия полей, но нет ни слова о силе Лоренца. Все остальное нужно выбрать, понять и осознанно прописать, например так, как это представлено на рисунке.

Данная схема есть рабочий вариант совместной работы учеников и учителя. В нее можно добавлять и другие поля, например поле «Приборы». Поле «Физическая модель» может быть дополнено моделью «Материальная точка», в «Физический закон» можно добавить зависимость силы Лоренца от угла между векторами скорости частицы и индукцией магнитного поля. Данная схема будет и может дорабатываться в процессе изучения темы и решения задач.

На втором этапе организации самостоятельной работы в учебной аудитории учащимся предлагается составить 10–15 вопросов, которые вызывают у них затруднения в понимании силы Лоренца и ее применения в том или ином частном случае. Эти вопросы будут не чем иным, как качественными задачами по изучаемому материалу. Это могут быть, например, вопросы, приведенные ниже: Когда возникает сила Лоренца? От каких физических величин и как зависит модуль силы Лоренца? От чего зависит направление силы Лоренца? При каких условиях сила Лоренца равна нулю? Как определить направление силы Лоренца? Как применить правило левой руки для определения направления силы, действующей в магнитном поле на положительно заряженную частицу? Как применить правило левой руки для определения направления силы, действующей в магнитном поле на отрицательно заряженную частицу?



Содержательная схема физической ситуации «Сила Лоренца»

При каких условиях заряженная частица будет двигаться в магнитном поле по окружности? При каких условиях заряженная частица будет двигаться в магнитном поле по винтовой линии? Как наглядно представить себе винтовую линию: диаметр ее окружности, шаг спирали? Как на одном рисунке изобразить линии индукции магнитного поля, вектор скорости частицы, проекции скорости на направление вектора индукции и на направление, перпендикулярное вектору индукции, винтовую линию, по которой движется частица? Как устроена камера Вильсона? Как она ориентирована относительно линий индукции магнитного поля? Как устроен прибор для измерения масс заряженных частиц – масс-спектрограф? Какую роль играют в нем магнитное поле и сила Лоренца? Как устроен циклотрон – прибор для ускорения заряженных частиц? Какую роль играют в нем магнитное поле и сила Лоренца? Как устроен перспективный термоядерный реактор «Токамак»? Какую роль играют в нем магнитное поле и сила Лоренца?

Первоначально такие системы качественных задач по выделенной физической ситуации учащиеся составляют совместно с учителем. Обсуждение ответов на них может быть как на текущем уроке в присутствии учителя, так и на последующих уроках в виде обсуждения, совмещенного с проверкой домашнего задания.

Третий этап в организации самостоятельной работы является основным, так как он связан с составлением и решением системы количественных задач по теме «Сила Лоренца». Численные значения физических величин, входящих в физическую ситуацию, полученные в результате решения таких задач, позволяют более детально и конкретно охарактеризовать объект физической ситуации – в нашем случае заряженную частицу, и процессы, раскрывающие физическую сущность явления и содержание физической ситуации в целом. При обучении учащихся составлению учебных физических задач обязательными являются анализ физической ситуации задачи, графическое изображение ее условия и наглядное представление, анализ ответа на предельные случаи, сопоставление числового ответа с реальностью, постановка вопросов типа: «Что будет, если...?» Каждая последующая задача составляется как после анализа выполненного решения предыдущей задачи, так и тщательного анализа и исследования ответа, полученного при решении предыдущей задачи. В результате такой совместной работы учеников и преподавателя составляется система задач, которая

для темы «Сила Лоренца» приведена ниже. Эта система задач показана в «окончательном виде», т.е. эти задачи не только были сформулированы, поставлены, но и решены учащимися инженерных классов.

*Задача 1.* Электрон, имеющий постоянную скорость  $V=5$  Мм/с, влетает в однородное магнитное поле с индукцией  $B=0,2$  Тл под углом  $\alpha=90^\circ$  к линиям индукции магнитного поля. Определите силу Лоренца, действующую на электрон в магнитном поле.

*Задача 2.* Протон, имеющий постоянную скорость  $V=5$  Мм/с, влетает в камеру Вильсона, помещенную в однородное магнитное поле с индукцией  $B=0,2$  Тл под углом  $\alpha=90^\circ$  к линиям индукции магнитного поля. Рассчитайте радиус окружности, по которой будет двигаться протон.

*Задача 3.* Камера Вильсона имеет рабочий объем в виде параллелепипеда, в основании которого лежит квадрат со стороной 10 см, а высота камеры 5 см. Камера помещена в постоянное магнитное поле с индукцией  $B=1$  Тл, линии индукции которого нормальны к основанию камеры. В каком месте и с какой скоростью пучок электронов должен влетать в камеру, чтобы он мог попадать в углы камеры?

*Задача 4.* Камера Вильсона, имеющая рабочий объем в виде цилиндра, помещена в однородное магнитное поле с индукцией  $B=0,8$  Тл, направленной вдоль оси цилиндра. Диаметр камеры 10 см, ее высота 4 см. Альфа-частицы влетают в камеру по диаметру цилиндра. Какой должна быть скорость частиц, чтобы они двигались в камере по окружности максимального диаметра?

*Задача 5.* Камера Вильсона, имеющая рабочий объем в виде цилиндра, помещена в однородное магнитное поле с индукцией  $B=0,8$  Тл, направленной вдоль оси цилиндра. Диаметр камеры 10 см, ее высота 4 см. В камеру влетает пучок электронов, движущихся со скоростью  $4 \cdot 10^6$  м/с. 1) Какой должна быть индукция магнитного поля, чтобы электроны двигались по окружности максимально возможного радиуса? 2) Где нужно расположить окно для электронов, влетающих в камеру?

*Задача 6.* Нарисуйте трехмерную прямоугольную систему координат  $XYZ$ . Точкой  $O$  обозначим начало координат. Как нужно направить векторы скорости заряженной частицы и индукции однородного магнитного поля, чтобы частица двигалась по винтовой линии, ось которой должна быть направлена: 1) вдоль оси  $X$ ? 2) вдоль оси  $Y$ ? 3) вдоль оси  $Z$ ? Какие составляющие скорости частицы по осям координат ответственны за движение частицы по окружности, а какие определяют шаг спирали?

**Задача 7.** В вакуумной кольцевой камере установки «Токамак» электрон, имеющий скорость  $4 \cdot 10^6$  м/с, попадает в однородное магнитное поле с индукцией 0,4 Тл под углом  $60^\circ$  к линиям индукции. Определите радиус винтовой линии и шаг спирали, по которой будут двигаться электроны в магнитном поле установки «Токамак». Диаметр камеры установки «Токамак», по которой движутся электроны,  $D=1$  м, диаметр вакуумной кольцевой камеры, в которой электроны движутся по винтовой линии,  $d=5$  см.

**Задача 8.** Камера Вильсона, имеющая рабочий объем в виде цилиндра, помещена в однородное магнитное поле, индукцию которого можно изменять от  $B_1=0,1$  Тл до  $B_2=1,0$  Тл. Направление вектора индукции магнитного поля в камере можно изменять по желанию экспериментатора. Диаметр камеры 10 см, ее высота 4 см. В камеру через окно влетает пучок электронов, движущихся со скоростью  $4 \cdot 10^6$  м/с. Подберите величину индукции магнитного поля и угол между векторами скорости электрона и магнитной индукции, чтобы электроны двигались по винтовой линии вдоль оси камеры.

**Задача 9.** Три иона многократно ионизированных атомов: водорода  ${}^1_1H^+$ , гелия  ${}^4_2He^{++}$  и лития  ${}^7_3Li^{+++}$ , имеющие постоянную скорость  $V=5$  Мм/с, вылетают из щели масс-спектрографа и попадают в однород-

ное магнитное поле с индукцией  $B=0,2$  Тл. Траектории ионов в магнитном поле – полуокружности. Рассчитайте удельный заряд и радиус полуокружности, которую описывает каждый из ионов.

**Задача 10.** Вдоль оси  $X$  направлены линии индукции магнитного поля. Модуль вектора индукции меняется по закону:  $B_x=0,1 + kx$ , где  $k = 0,2$  Тл/м. Протон влетает в данное магнитное поле в точке  $x=0$  под углом  $\alpha = 30^\circ$  к линиям индукции со скоростью  $10^5$  м/с. Определите параметры траектории протона в магнитном поле, если длина камеры с магнитным полем 10 см. Нарисуйте схему камеры, в которой можно было бы изучать движение протона в этом магнитном поле.

Процесс составления каждой очередной задачи системы происходит за счет введения в условие предыдущей задачи новых добавлений или постановки новых вопросов в требование задачи. Эти добавления и задания формулируются так, чтобы более полно раскрыть ученикам выбранную для изучения физическую ситуацию. Учащиеся, которые быстро справляются с заданиями, могут приступать к составлению новых задач и к выполнению индивидуальных домашних заданий по составлению и решению более сложных задач, задач с более громоздкими вычислениями, с описанием более сложных приборов, таких как масс-спектрограф или МГД-генератор.

Последовательность основных этапов и результатов самостоятельной работы учащихся инженерных классов при изучении физики

№ п/п	Этапы самостоятельной работы учащихся	Результаты самостоятельной работы учащихся по изучаемой теме
1.	Повторение теоретического материала	Повторение и обобщение основных положений теоретического материала темы, изученной ранее на уроках физики (определений, формул, понятий, законов, величин, схем, рисунков)
2.	Выбор физической ситуации, ее анализ	Формирование целостного представления об объекте изучения, на основе которого будет построена работа по составлению и решению физических задач с техническим содержанием. Оформление схемы «Физическая ситуация» по рисунку 1 с обозначением конкретных явлений, моделей, законов, процессов
3.	Составление качественных вопросов	Раскрытие связей выделенного для изучения объекта физической ситуации с его окружением, раскрытие сущности изучаемого явления и физических законов
4.	Составление и решение системы задач	Формирование умения решать и составлять учебные физические задачи, требующие нахождения числовых ответов и предполагающие включение в процесс решения элементов инженерной деятельности
5.	Выполнение домашней работы	Отработка умений по решению и составлению задач, аналогичных тем, которые были составлены и решены в учебной аудитории
6.	Включение учащихся в проектную деятельность	Выполнение и защита проектов, связанных с решением и составлением задач или разработкой элементарных устройств и приборов, возможно, учебных
7.	Рефлексия	Подведение итогов, обсуждение и анализ результатов работы. Составление планов для дальнейшей работы

После решения таких достаточно сложных задач обучающиеся имеют возможность перейти к самостоятельной работе по выполнению физических проектов. В работе над проектами учащиеся обращаются к истории открытия физических законов и изобретений, к личности ученых, что позволяет популяризировать престиж инженерных профессий и личности отечественных ученых и инженеров.

Основные положения методики организации самостоятельной работы учащихся инженерных классов по составлению и решению физических задач, ориентирующих учеников на инженерную профессию, можно представить в следующей последовательности, показанной в виде таблицы.

### Заключение

Опыт изучения физики в инженерных классах показал достаточно высокую эффективность предлагаемого метода организации самостоятельной работы учащихся, ориентирующего их на выбор после окончания школы инженерных специальностей. В личных беседах учащиеся положительно оценивали включение в процесс изучения физики методики составления и решения систем физических задач на основе анализа физической ситуации. Они отмечали, что процесс составления задач вызывает интерес к самостоятельному изучению физики, в частности к самостоятельному решению физических задач. Этот факт еще раз позволяет отметить актуальность данной статьи. Подавляющее большинство задач по школьному курсу физики имеет в сети Интернет готовые решения, что подталкивает учеников к их использованию без критического анализа. Задачи, которые составляются учениками и учителем, отсутствуют в Интернете, следовательно, такие задачи ученик будет решать самостоятельно, совершенствуя свои знания и умения по физике. Несомненным достоинством методики составления учеником физических задач является возможность включения в их условие описаний, параметров и характеристик физических приборов, технических устройств и конструкций, а в во-

прос задачи – элементов конструирования. Действительно, итоговые контрольные работы, проведенные для оценивания результатов предлагаемой методики, позволили выявить умения учеников формулировать учебную физическую задачу, включать в ее условие параметры технического устройства, понимать принцип работы прибора, творчески подходить к решению составленной задачи, эффективно работать в команде. Возникающие при этом трудности большинство учащихся связывали с отсутствием прежнего опыта составления задач, с неумением грамотно излагать свои мысли на бумаге и ограниченным словарным запасом технических терминов. Методику изучения учащимися инженерных классов силы Лоренца, предлагаемую в данной статье, можно перенести, пользуясь аналогией, на достаточно большое число тем, изучаемых в школьном курсе физики.

### Список литературы

1. Ярцев А.В. Роль проектно-исследовательской деятельности в предпрофессиональной подготовке учащихся инженерных классов // Физика в школе. 2020. № S2. С. 190-193.
2. Солнышкова О.В. Технология сотрудничества вуза с инженерными классами школ как первый этап непрерывной образовательной траектории // Актуальные вопросы образования. 2022. № 1. С. 241-244. DOI 10.33764/2618-8031-2022-1-241-244.
3. Кодикова Е.С. Проблемы обучения физике в инженерных классах // Физика в системе высшего и среднего образования: тезисы докладов Международной школы-семинара (г. Москва, 26–28 июня 2019 г.). Москва: ООО «Агентство Печати и Рекламы», 2019. С. 51-57.
4. Лунегова В.В. Наглядно-графическая деятельность как средство достижения метапредметных результатов при обучении физике в школе // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки. 2018. Т. 10, № 1. С. 47–54.
5. Абрамова О.В. Особенности конвергентного обучения в инженерных классах // Физика в школе. 2023. № S2. С. 92-96. DOI 10.47639/0130-5522\_2023\_S2\_92.
6. Соболев С.В. К вопросу об изучении движения заряженной частицы в магнитном поле // Физика в школе. 2023. № 1. С. 30-34.
7. Белянин В.А. Методическая система формирования исследовательской компетенции будущего учителя при изучении физики: теоретический аспект. М.: МПГУ, 2011. 224 с.
8. Белянин В.А., Исаева А.И. Физическая ситуация как объект изучения на уроках физики // Вестник Марийского государственного университета. 2019. Т.13, № 2. С.146–152. DOI: 10.30914/2072-6783-2019-13-2-146-152.