МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ НАУЧНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ИНСТИТУТ СТРАТЕГИИ РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ ОБРАЗОВАНИЯ»

ФИЗИКА.
7 класс
(углубленный уровень)

Реализация требований ФГОС основного общего образования

Методическое пособие для учителя

Москва
2022

УДК 372.853
ББК 74.262.23
Ф50

Авторы:
А. Ю. Пентин, М. А. Пчелкина

Рецензенты:
И. М. Осмоловская, доктор педагогических наук, заведующий лабораторией теоретической педагогики и философии образования ФГБНУ «Институт стратегии развития образования РАО»;
Ю. А. Сауров, доктор педагогических наук, член-корреспондент РАО, профессор кафедры физики и методики обучения физике Вятского государственного университета

Под редакцией
Г. С. Ковалевой

Пособие подготовлено в лаборатории естественно-научного общего образования ФГБНУ «Институт стратегии развития образования РАО»

Ф50

Физика. 7 класс (углубленный уровень). Реализация требований ФГОС основного общего образования: методическое пособие для учителя / Пентин А. Ю., Пчелкина М. А.; под ред. Г. С. Ковалевой. М. : ФГБНУ «Институт стратегии развития образования РАО», 2022. 81 с.: ил.

ISBN 978-5-6049293-0-8

В методическом пособии рассмотрены подходы к обновлению методики преподавания физики на углубленном уровне в 7 классах основной школы в соответствии с требованиями обновленного ФГОС ООО и Рабочей программы по физике (углубленный уровень). Совершенствование методики обучения физике на углубленном уровне связывается с формированием методологических умений и модельного мышления. Важное значение уделяется подходам к формированию естественно-научной грамотности обучаемых как главной задачи естественно-научного образования в основной школе.

Работа подготовлена в рамках выполнения государственного задания № 073-00058-22-01 «Обновление содержания общего образования» по теме «Подготовка методических рекомендаций для учителей по реализации ФГОС начального общего и основного общего образования, в том числе внеурочной деятельности».

УДК 372.853
ББК 74.262.23

ISBN 978-5-6049293-0-8

© ФГБНУ «Институт стратегии развития образования РАО», 2022

Содержание

Введение ……..4

1. Сравнение предметных результатов для базового
   и углубленного уровней изучения физики в 7 классе ……...7
2. Особенности формирования исследовательских умений в 7 классе……..13
3. Некоторые методические аспекты углубленного
   изучения физики в 7 классе……..……..20

Заключение……....76
Список источников ……..…78

Введение

В обновленном Федеральном государственном образовательном стандарте основного общего образования (далее ФГОС ООО) [1] в части, касающейся учебных предметов, сформулированы требования к предметным результатам по физике как на базовом, так и на углубленном уровне. Эти требования сформулированы с той степенью детализации, которая достаточно полно определяет обязательное содержательное ядро учебного предмета

и уровень осваиваемых умений. Особенностью обновленного ФГОС ООО является также то, что ряд образовательных результатов должен отвечать условию функциональности. Это означает, что такие умения и компетенции относятся к какому-то из видов функциональной грамотности. Применительно к физике это прежде всего естественно-научная грамотность, но также читательская грамотность, за формирование которой отвечают почти все учебные предметы.

С учетом этих требований ФГОС ООО, а также требований к личностным и метапредметным образовательным результатам, построена примерная рабочая программа по физике (углубленный уровень) [2] (далее Программа). При этом *требования* к предметным результатам, зафиксированные в ФГОС ООО как итоговые для уровня основного общего образования, в Программе трансформируются в собственно *планируемые предметные результаты*, распределенные по годам обучения, с 7 по 9 класс. Эти результаты сформулированы в деятельностной форме и согласованы с теми элементами содержания, которые определены Программой для соответствующего года обучения.

Отличие углублённого курса физики от базового курса [3] состоит в незначительном расширении содержания курса (добавлении некоторых элементов содержания), но в значительно большей степени —

в формировании более сложных познавательных действий, связанных с освоением и активным применением физических знаний (исследовательские действия, работа с информацией, решение качественных задач). Более сложный характер этих действий отражён в планируемых предметных результатах освоения учебного предмета «Физика» на углублённом уровне.

Изучение физики на углублённом уровне предполагает и более высокий уровень сформированности естественно-научной грамотности учащихся, то есть более уверенное владение следующими компетентностями, характеризующими естественно-научную грамотность:

— научно объяснять явления;

— оценивать и понимать особенности научного исследования;

— интерпретировать данные и использовать научные доказательства для получения выводов [4].

Изучение физики на углублённом уровне также должно помочь учащимся осознанно выбрать дальнейший профиль обучения на уровне среднего общего образования, связанный с физикой или другими естественно-научными дисциплинами.

Данное методическое пособие затрагивает изучение физики на углубленном уровне в 7 классах, поскольку именно с 7 класса начинается изучение физики в соответствии с обновленным ФГОС ООО и на основе Программы. Гораздо более детальные методические рекомендации по преподаванию физики 7 класса можно найти в методическом пособии [5]. И хотя это пособие посвящено изучению физики на базовом уровне, многие описываемые там подходы могут быть использованы и на углубленном уровне. Кроме того, пособие [5] основывается на тех же идеях и принципах, на которые опирается Программа. В качестве дидактической основы преподавания физики в [5] предлагается научный метод познания, который в большой науке связывают, главным образом, с именами Галилея и

Ньютона, а использование его в методике преподавания естественно-научных предметов, и прежде всего физики – с именем академика РАО В.Г. Разумовского [6]. В то же время в пособии [5] ставится цель формирования естественно-научной грамотности, поэтому здесь можно говорить о соотношении между целью и средством, и в качестве средства выступает именно методика, основанная на научном методе познания. Таким образом, данное методическое пособие можно рассматривать как дополнение к пособию [5]. Назначение этого дополнения – проанализировать методические подходы более углубленного изучения некоторых ключевых вопросов курса физики. Особенность данного пособия также в том, что в нем сделан акцент на использовании одного из главных методических инструментов формирования естественно-научной грамотности – специальных учебных заданиях с практико-ориентированным содержанием, близких по формату к заданиям международного исследования PISA [4]. Однако в данном пособии применение таких заданий далеко не ограничивается контрольной или диагностической функцией. Задания часто рассматриваются как постановка проблемы, решаемой с использованием осваиваемых знаний и умений и одновременно формирующих нужные умения. При этом задания могут быть органичной частью или даже основой урока, трансформируясь иногда в задания экспериментального исследовательского характера.

1. Сравнение предметных результатов для базового и углубленного уровней изучения физики в 7 классе

Основные принципы и векторы углубления в изучении физики определены ФГОС ООО. Отчетливую картину того, что именно подлежит углублению в 7 классах, показывает детальное сравнение предметных результатов для базового и углубленного уровней изучения, представленных в соответствующих программах [3, 2]. Ниже приведена таблица, в которой сравниваются эти предметные результаты. В правой колонке таблицы (предметные результаты на углубленном уровне) жирным шрифтом с подчеркиванием выделены приращения, которые имеются в программе углубленного уровня по сравнению с программой базового уровня.

Таблица 1. Предметные результаты для базового и углубленного уровней изучения физики в 7 классе

	Предметные результаты на базовом уровне [3]	**Предметные результаты на углубленном уровне [2]**
1	использовать понятия: физические и химические явления; наблюдение, эксперимент, модель, гипотеза; единицы физических величин; атом, молекула, агрегатные состояния вещества (твёрдое, жидкое, газообразное); механическое движение (равномерное, неравномерное, прямолинейное), траектория, равнодействующая сил, деформация (упругая, пластическая), невесомость, сообщающиеся сосуды	использовать понятия: физические и химические явления; наблюдение, эксперимент, модель, гипотеза; единицы физических величин; атом, молекула, агрегатные состояния веще- ства (твёрдое, жидкое, газообразное); механическое движение (равномерное, неравномерное, прямолинейное), траектория, равнодействующая сил, деформация (упругая, пластическая), невесомость, сообщающиеся сосуды
2	различать явления (диффузия; тепловое движение частиц вещества; равномерное движение; неравномерное движение; инерция; взаимодействие тел; равновесие твёрдых тел с закреплённой осью вращения; передача давления твёрдыми телами,	**уверенно** различать явления (диффузия; тепловое движение частиц вещества; равномерное движение; неравномерное движение; инерция; взаимодействие тел; равновесие твёрдых тел с закреплённой осью вращения; передача давления твёрдыми

	жидкостями и газами; атмосферное давление; плавание тел; превращения механической энергии) по описанию их характерных свойств и на основе опытов, демонстрирующих данное физическое явление	телами, жидкостями и газами; атмосферное давление; плавание тел; превращения механической энергии) по описанию их характерных свойств и на основе опытов, демонстрирующих данное физическое явление
3	распознавать проявление изученных физических явлений в окружающем мире, в том числе физические явления в природе: примеры движения с различными скоростями в живой и неживой природе; действие силы трения в природе и технике; влияние атмосферного давления на живой организм; плавание рыб; рычаги в теле человека; при этом переводить практическую задачу в учебную, выделять существенные свойства/признаки физических явлений	распознавать проявление изученных физических явлений в окружающем мире (в том числе физические явления в природе: примеры движения с различными скоростями в живой и неживой природе; действие сил **тяжести**, трения, **упругости** в природе и технике; влияние атмосферного давления на живой организм; плавание рыб; рычаги в теле человека), при этом переводить практическую задачу в учебную, выделять существенные свойства/признаки физических явлений
4	описывать изученные свойства тел и физические явления, используя физические величины (масса, объём, плотность вещества, время, путь, скорость, средняя скорость, сила упругости, сила тяжести, вес тела, сила трения, давление (твёрдого тела, жидкости, газа), выталкивающая сила, механическая работа, мощность, плечо силы, момент силы, коэффициент полезного действия механизмов, кинетическая и потенциальная энергия); при описании правильно трактовать физический смысл используемых величин, их обозначения и единицы физических величин, находить формулы, связывающие данную физическую величину с другими величинами, строить графики изученных зависимостей физических величин	описывать изученные свойства тел и физические явления, используя физические величины (масса, объём, плотность вещества, время, путь, средняя скорость, сила упругости, сила тяжести, вес тела, сила трения, давление твёрдого тела, давление столба жидкости, выталкивающая сила, механическая работа, мощность, плечо силы, момент силы, коэффициент полезного действия механизмов, кинетическая и потенциальная энергия); при описании правильно трактовать физический смысл используемых величин, их обозначения и единицы физических величин, находить формулы, связывающие данную физическую величину с другими величинами, строить графики изученных зависимостей физических величин
5	характеризовать свойства тел, физические явления и процессы, используя правила сложения сил (вдоль одной прямой), закон Гука, закон Паскаля, закон Архимеда, правило равновесия рычага (блока), «золотое правило» механики, закон сохранения механической энергии; при этом давать словесную формулировку закона и записывать его математическое выражение	характеризовать свойства тел, физические явления и процессы, используя правила сложения сил (вдоль одной прямой), закон Гука, закон Паскаля, закон Архимеда, правило равновесия рычага (блока), «золотое правило» механики, закон сохранения механической энергии; при этом давать словесную формулировку закона и записывать его математическое выражение
6		**строить простые физические модели реальных объектов, процессов и явлений, выделять при этом существенные и второстепенные свойства объектов, процессов, явлений; применять физические модели для объяснения физических**

		процессов и решения учебных задач
7	объяснять физические явления, процессы и свойства тел, в том числе и в контексте ситуаций практико-ориентированного характера: выявлять причинно-следственные связи, строить объяснение из 1—2 логических шагов с опорой на 1—2 изученных свойства физических явлений, физических закона или закономерности	объяснять физические явления, процессы и свойства тел, в том числе в контексте ситуаций практико-ориентированного характера, **и решать качественные задачи, в том числе требующие численного оценивания характерных значений физических величин; при этом выбирать адекватную физическую модель**, выявлять причинно-следственные связи и выстраивать логическую цепочку рассуждений с опорой на изученные свойства физических явлений, физические законы, закономерности и **модели**
8	решать расчётные задачи в 1—2 действия, используя законы и формулы, связывающие физические величины: на основе анализа условия задачи записывать краткое условие, подставлять физические величины в формулы и проводить расчёты, находить справочные данные, необходимые для решения задач, оценивать реалистичность полученной физической величины	решать расчётные задачи **(в 2—3 действия)** по изучаемым темам курса физики, **выбирая адекватную физическую модель, с использованием законов и формул, связывающих физические величины**; записывать краткое условие и **развёрнутое решение задачи**, **выявлять недостающие или избыточные данные, обосновывать выбор метода решения задачи**, использовать справочные данные, **проводить математические преобразования и расчёты**, оценивать реалистичность полученного значения физической величины и **определять размерность физической величины, полученной при решении задачи**
9	распознавать проблемы, которые можно решить при помощи физических методов; в описании исследования выделять проверяемое предположение (гипотезу), различать и интерпретировать полученный результат, находить ошибки в ходе опыта, делать выводы по его результатам	распознавать проблемы, которые можно решить при помощи физических методов, и **предлагать ориентировочный способ решения**; в описании исследования распознавать проверяемое предположение (гипотезу), интерпретировать полученный результат
10	проводить опыты по наблюдению физических явлений или физических свойств тел: формулировать проверяемые предположения, собирать установку из предложенного оборудования, записывать ход опыта и формулировать выводы	проводить опыты по наблюдению физических явлений или физических свойств тел (**диффузия, тепловое расширение газов, явление инерции, изменение скорости при взаимодействии тел, передача давления жидкостью и газом, проявление действия атмосферного давления, действие простых механизмов**): формулировать предположение (гипотезу) о возможных результатах наблюдений, **самостоятельно** собирать установку из **избыточного** набора оборудования и формулировать выводы
11	выполнять прямые измерения расстояния, времени, массы тела, объёма, силы и температуры с использованием аналоговых и	проводить прямые и косвенные измерения физических величин (расстояние, промежуток времени, масса тела, объём тела, сила,

	цифровых приборов; записывать показания приборов с учётом заданной абсолютной погрешности измерений	температура, плотность жидкости и твёрдого тела, сила трения скольжения, давление воздуха, выталкивающая сила, действующая на погружённое в жидкость тело, коэффициент полезного действия простых механизмов) с использованием аналоговых и цифровых приборов; **обосновывать выбор метода измерения,** фиксировать показания приборов, **находить значение измеряемой величины с помощью усреднения результатов серии измерений и оценивать погрешность измерений**
12	проводить косвенные измерения физических величин (плотность вещества жидкости и твёрдого тела; сила трения скольжения; давление воздуха; выталкивающая сила, действующая на погружённое в жидкость тело; коэффициент полезного действия простых механизмов), следуя предложенной инструкции: при выполнении измерений собирать экспериментальную установку и вычислять значение искомой величины	
13	проводить исследование зависимости одной физической величины от другой с использованием прямых измерений (зависимости пути равномерно движущегося тела от времени движения тела; силы трения скольжения от веса тела, качества обработки поверхностей тел и независимости силы трения от площади соприкосновения тел; силы упругости от удлинения пружины; выталкивающей силы от объёма погружённой части тела и от плотности жидкости, её независимости от плотности тела, от глубины, на которую погружено тело; условий плавания тел, условий равновесия рычага и блоков); участвовать в планировании учебного исследования, собирать установку и выполнять измерения, следуя предложенному плану, фиксировать результаты полученной зависимости физических величин в виде предложенных таблиц и графиков, делать выводы по результатам исследования	проводить несложные экспериментальные исследования за- висимостей физических величин (зависимости пути равномерно движущегося тела от времени движения тела; силы трения скольжения от силы нормального давления, качества обработки поверхностей тел и независимости силы трения от площади соприкосновения тел; силы упругости от удлинения пружины; выталкивающей силы от объёма погружённой части тела и от плотности жидкости, её независимости от плот- ности тела, от глубины, на которую погружено тело; условий плавания тел, условий равновесия рычага и блоков): **совместно с учителем формулировать задачу и гипотезу исследования, самостоятельно планировать исследование**, **самостоятельно** собирать экспериментальную установку **с использованием инструкции**, представлять полученные зависимости физических величин в виде таблиц и графиков, **оценивать погрешности**, делать выводы по результатам исследования
14	соблюдать правила техники безопасности при работе с лабораторным оборудованием	соблюдать правила техники безопасного труда при работе с лабораторным оборудованием
15	указывать принципы действия приборов и технических устройств: весы, термометр, динамометр, сообщающиеся сосуды, барометр, рычаг, подвижный и неподвижный блок, наклонная плоскость	указывать принципы действия приборов и технических устройств: весы, термометр, динамометр, сообщающиеся сосуды, барометр, рычаг, подвижный и неподвижный блок, наклонная плоскость
16	характеризовать принципы действия изученных приборов и технических устройств с опорой на их описания (в том числе: подшипники, устройство водопровода, гидравлический пресс, манометр, высотомер, поршневой насос, ареометр), используя знания о свойствах физических явлений и необходимые физические законы и закономерности	характеризовать принципы действия изученных приборов, технических устройств и **технологических процессов** с опорой на их описания (в том числе: подшипники, устройство водопровода, гидравлический пресс, **сифон**, манометр, высотомер, поршневой насос, ареометр), используя знания о свойствах физических явлений и необходимые физические законы и

		закономерности
17		**использовать схемы и схематичные рисунки изученных технических устройств, измерительных приборов и технологических процессов при решении учебно-практических задач**
18	приводить примеры / находить информацию о примерах практического использования физических знаний в повседневной жизни для обеспечения безопасности при обращении с приборами и техническими устройствами, сохранения здоровья и соблюдения норм экологического поведения в окружающей среде	приводить примеры / находить информацию о примерах практического использования физических знаний в повседневной жизни для обеспечения безопасности при обращении с приборами и техническими устройствами, сохранения здоровья и соблюдения норм экологического поведения в окружающей среде
19	осуществлять отбор источников информации в сети Интернет в соответствии с заданным поисковым запросом, на основе имеющихся знаний и путём сравнения различных источников выделять информацию, которая является противоречивой или может быть недостоверной	осуществлять отбор источников информации физического содержания в сети Интернет, **самостоятельно формулируя поисковый запрос**, на основе имеющихся знаний и путём сравне- ния различных источников выделять информацию, которая является противоречивой или может быть недостоверной
20	использовать при выполнении учебных заданий научно-популярную литературу физического содержания, справочные материалы, ресурсы сети Интернет; владеть приёмами конспектирования текста, преобразования информации из одной знаковой системы в другую	использовать при выполнении учебных заданий научно-популярную литературу физического содержания, справочные материалы, ресурсы сети Интернет; владеть приёмами конспектирования текста, преобразования информации из одной знаковой системы в другую
21	создавать собственные краткие письменные и устные сообщения на основе 2—3 источников информации физического содержания, в том числе публично делать краткие сообщения о результатах проектов или учебных исследований; при этом грамотно использовать изученный понятийный аппарат курса физики, сопровождать выступление презентацией	создавать собственные краткие письменные и устные сообщения на основе 2—3 источников информации физического содержания, в том числе публично делать краткие сообщения о результатах проектов или учебных исследований; при этом грамотно использовать изученный понятийный аппарат курса физики, сопровождать выступление презентацией
22	при выполнении учебных проектов и исследований распределять обязанности в группе в соответствии с поставленными задачами, следить за выполнением плана действий, адекватно оценивать собственный вклад в деятельность группы; выстраивать коммуникативное взаимодействие, учитывая мнение окружающих	при выполнении учебных проектов и исследований распределять обязанности в группе в соответствии с поставленными задачами, следить за выполнением плана действий, адекват- но оценивать собственный вклад в деятельность группы; выстраивать коммуникативное взаимодействие, учитывая мнение окружающих

Из сравнения предметных результатов (см. таблицу 1) следует, что углубленный курс в 7 классах практически не отличается от базового курса по содержанию, но зато заметно отличается по уровню формируемых умений. Именно процесс формирования более развитых умений требует дополнительного учебного времени, которое в объеме 1 ч/нед и предусмотрено программой углубленного уровня [2]. В чем, если обобщить, выражается углубление умений по сравнению с базовым уровнем? Выделим основные направления:

действия с физическими моделями, их построение и применение для объяснения явлений;

решение качественных задач, включая выбор адекватной физической модели, и решение более сложных (2-3 действия) расчетных задач, в том числе с избыточными данными или выявлением недостающих данных;

более сложные исследовательские действия, предполагающие более высокую степень самостоятельности учащихся в определении цели и планировании исследования, выборе и обосновании метода измерений, при сборке установки, обработке и интерпретации данных;

самостоятельность в поиске и отборе информации в Интернет.

2. Особенности формирования исследовательских умений в 7 классе

Как уже упоминалось во Введении, эффективной методикой формирования естественно-научной грамотности можно считать методику, основанную на научном методе познания, описанную в [5, 6]. Эта методику целесообразно использовать как на базовом, так и на углубленном уровне изучения физики на уровне основного общего образования. Это кажется тем более справедливым, если обнаруживается, что «углубление» в основном затрагивает совершенствование исследовательских умений (см. выше).

В.Г. Разумовским была предложена «*схема цикла изучения* законов физики эвристическим методом: от исследования загадочного явления к выдвижению гипотезы в виде модели, формулы или принципа, от гипотезы — к вытекающим из нее логическим выводам при сопоставлении гипотезы с имеющимися знаниями, и далее к экспериментальной проверке этих выводов” [5, 6].



Сплошные стрелки на приведенной схеме указывают на неразрывную связь теории и опыта, гипотезы и следующих из нее логических выводов. Штриховые линии указывают на то, что эксперименты, подтверждающие

гипотезу, переходят для данной теории в разряд *исходных фактов*, а противоречащие ей — служат *основанием для нового цикла познания*.

Преподавание по данной методике предполагает, что содержание урока должно «создавать повод» для организации видов деятельности, соответствующих циклу научного познания. Это означает, что урок можно подвергнуть своеобразному тесту. Общий смысл вопросов этого теста следующий:

Дает ли материал урока возможность предлагать учащимся вопросы и задания, которые соответствуют видам деятельности, включенным
в цикл научного познания?

Этот общий вопрос можно раскрыть через более конкретные вопросы:

1. Дает ли материал урока возможность учащимся:

- проводить, описывать и обобщать наблюдения явлений?
- самостоятельно ставить или отвечать на вопросы, относящиеся к излагаемому материалу, например: *Как были получены изложенные факты? Какими способами можно узнать, что…?*
- самостоятельно формулировать вопрос, вытекающий из наблюдений, например: *Как можно объяснить, что …? От чего зависит…?*

2. Дает ли материал урока возможность предлагать учащимся вопросы и задания, где им нужно:

- проанализировать данные, представленные в виде графиков, таблиц, рисунков и сделать выводы на основании этого анализа?
- объяснить факты или явления с использованием имеющихся знаний?
- выдвинуть гипотезу, дающую вероятное объяснение полученным данным?

•предсказать следствия из выдвинутой гипотезы и оценить, как можно проверить эти следствия, иначе говоря, ответить на вопрос: *Как можно проверить выдвинутую гипотезу?*

3. Дает ли материал урока возможность предлагать учащимся задания,

где им нужно:

•спланировать экспериментальное исследование, с помощью которого можно проверить гипотезу?

•выполнить лабораторные эксперименты и обрабатывать их результаты?

•обсудить результаты выполненного экспериментального исследования или предлагаемых идей по объяснению фактов и явлений?

Конечно, речь не идет о том, что этот «тест» должен «выдержать» каждый отдельный урок. Скорее его надо отнести к некоторому блоку уроков, соответствующих, например, какой-то теме курса физики. Однако желательно, чтобы на каждом уроке были представлены какие-то из видов деятельности, соответствующих вопросам этого условного теста, а сам блок уроков в целом образовывал систему, своеобразным каркасом которой является полный цикл научного познания.

Применение методики, основанной на научном методе познания, в 7 классах имеет свои особенности. Большинство приведенных выше умений находятся еще на начальной стадии формирования. Поэтому степень самостоятельности учащихся при осуществлении тех или иных действий пока не может быть высока. Рассмотрим особенности формирования тех видов деятельности и умений, которые включены в «тест» урока, проводимого на основе научного метода познания.

Таблица 2. Особенности формирования видов деятельности, соответствующих циклу научного метода познания, в 7 классе

	Виды деятельности при осуществлении цикла научного познания	**Особенности формирования видов деятельности при изучении физики в 7 классе**
1	Проводить, описывать и обобщать наблюдения явлений	Учащихся надо учить описывать наблюдения. Главное, на что здесь следует обратить внимание учителю: ученики должны фиксировать то, что действительно наблюдают, а не домысливать то, чего они на самом деле не видят, например, пока не пытаться объяснять увиденное. Ученикам надо помочь сделать обобщение, например: чем больше мы нагружаем тело, лежащее на некоторой поверхности, тем большую силу (по показаниям динамометра) мы должны приложить, чтобы сдвинуть тело с места и перемещать его равномерно. Величина силы меняется для других поверхностей, но обобщение о зависимости от веса остается справедливым.
2	Самостоятельно ставить или отвечать на вопросы, относящиеся к излагаемому материалу, например: *Как были получены изложенные факты? Какими способами можно узнать, что…?*	Если у ученика нет опоры на собственные наблюдения изучаемого явления, то его надо подталкивать к постановке вопросов о происхождении излагаемых учителем или в учебнике фактов. Например, «как узнать, равномерно или неравномерно движется тело?», «каким способом можно установить, что на данной глубине давление жидкости одинаково во всех направлениях?» и т.д.
3	Самостоятельно формулировать вопрос, вытекающий из наблюдений, например: *Как можно объяснить, что …?* Или *От чего зависит…?*	Прежде чем ученик почти на уровне навыка будет готов к самостоятельной постановке вопроса о причинах или закономерностях наблюдаемого явления, этот навык должен быть сформирован с помощью учителя. Например, с помощью таких «наводящих» вопросов к ученикам: «Какой вопрос вы сформулировали бы, убедившись на собственных наблюдениях, что на каждое тело, погруженное в жидкость, действует выталкивающая сила?» Ожидаемая реакция ученика может быть как виде вопроса о происхождении этой силы («почему действует эта сила?»), так и «от чего зависит величина этой силы?» Достаточно часто в школьном курсе физики, особенно 7 класса, мы вынуждены оставаться в рамках второго, феноменологического по смыслу, вопроса. Трудно, например, обсуждать причины силы тяготения и не всегда обсуждается происхождение силы упругости (хотя это как раз возможно). Однако стремление к постановке вопроса «почему?» должно поддерживаться постоянно.
4	Анализировать данные, представленные в виде графиков, таблиц, рисунков и делать выводы на основании этого анализа	Речь здесь идет прежде всего об анализе и интерпретации данных, полученных самими учащимися в ходе лабораторной работы. Хотя ученики уже достаточно давно знакомы с графиками из курса математики, у них возникают затруднения при интерпретации реальных экспериментальных данных и

		построению по ним графиков. На этом этапе у них надо формировать понимание того, что экспериментальные данные *никогда* не ложатся на идеальную математическую кривую, и в определенном смысле им надо *угадать*, какая известная им математическая функция (например, линейная или квадратичная зависимость) описывает их наилучшим образом. Для формирования этого умения учащимся, помимо лабораторных работ, безусловно должны предлагаться и задания на интерпретацию данных, представленных в разных формах. Желательно при этом, чтобы и здесь они имели дело не только с идеализированными графиками и картинками, но и с реальными данными.
5	Объяснять факты или явления с использованием имеющихся знаний	Для учащихся 7 класса возможности объяснять факты или явления с помощью имеющихся физических знаний еще крайне ограничены. Причем чаще всего от учащегося для объяснения даже не требуется в явном виде применить (тем более построить) соответствующую физическую модель, а надо просто соотнести описываемую ситуацию с изученным физическим явлением или законом. Например: «Яйцо тонет в пресной воде, но плавает в соленой. Объясните почему» (А.В. Перышкин. Физика. 7 класс). Поэтому здесь (как, впрочем, и в следующих классах) следует обратить особое внимание на формирование умения объяснять явления с использованием физической модели. Иначе говоря, объяснение невозможно, если между описанием реальной ситуации и ее объяснением нет промежуточного звена – модели. Например: «Для того, чтобы набрать нужную высоту в прыжках на батуте, надо предварительно сделать несколько более низких прыжков. Объясните, почему». В этом случае для ответа на вопрос придется представить батут как упругое тело и оперировать физической величиной – силой упругости, – а также ее зависимостью от смещения батута от положения равновесия. Все это уже признаки работы с физической моделью.
6	Выдвигать гипотезы, дающие вероятное объяснение полученным данным	Выдвижение гипотезы – это предположительный ответ на вопрос, сформулированный на основе наблюдений (см. вид деятельности 3). Таким образом, в гипотезе может предлагаться либо вероятная причина наблюдаемого явления, либо *угадываться* некоторая зависимость между параметрами. Например: «происхождение, или причина, выталкивающей силы – в разности давлений, действующих на нижнюю и верхнюю поверхности тела» или «выталкивающая сила зависит от объема вытесненной жидкости». Однако этого недостаточно. Важно сформировать понимание, что в науке гипотеза – *проверяемое* предположение, экспериментальным и/или логическим способом. Таким образом, учащиеся должны быть подготовлены и к тому, что выдвинутая гипотеза в результате проверки оказалась «неправильной», даже если выглядела вполне правдоподобной. «Неправильная» – значит
7	Предсказывать следствия из выдвинутой гипотезы и оценивать, как можно проверить эти следствия, иначе говоря, ответить на вопрос: *Как можно проверить выдвинутую гипотезу?*	

		опровергнутая экспериментальными и/или логическим способом. Примеры «неправильных» гипотез: «выталкивающая сила зависит от массы погруженного тела», «при одной и той же массе тела сила трения зависит от площади соприкасающихся поверхностей». Если при выдвижении гипотезы иметь в виду ее последующую проверку, то она почти всегда должна иметь вид модели, содержащей измеряемые параметры. На определении таких параметров и надо акцентировать внимание учащихся. Тогда вопросы типа «а что должно быть, согласно нашей гипотезе, при других значениях параметра (например, объема, массы, формы тела) и будут вести к предсказанию проверяемых следствий из гипотезы.
8	Планировать экспериментальное исследование, с помощью которого можно проверить гипотезу	Постановка цели и планирование экспериментального исследования по проверке гипотезы – это достаточно сложные умения, которые у 7-классников могут находиться лишь на начальной стадии формирования. Поэтому при осуществлении этих видов деятельности учащиеся нуждаются в постоянной поддержке учителя. Цель и шаги исследования могут в неявном виде содержаться в «наводящих» вопросах учителя, например: «Что мы должны сделать, чтобы проверить гипотезу о зависимости выталкивающей силы от плотности жидкости?» «Из каких шагов должно состоять наше экспериментальное исследование?» Постепенно учащиеся могут сами научиться задавать себе подобные вопросы.
9	Выполнять лабораторные эксперименты и обрабатывать их результаты	Выполнение лабораторного эксперимента, в том числе направленного на проверку гипотезы, требует собственно лабораторных умений. Они включают в себя отбор нужного оборудования, сборку простейшей экспериментальной установки, выполнение измерений, регистрацию и обработку данных. Цель учителя состоит в том, чтобы на каждом из этих этапов со временем повышалась степень самостоятельности учащихся. Но уже и с самого начала 7 класса желательно отходить от выполнения эксперимента по жесткой пошаговой инструкции. Учитель может повышать степень самостоятельности учащихся постановкой локальных вопросов-задач типа: «какое оборудование из лежащего перед вами набора понадобится вам для определения зависимости силы трения от веса тела?» «какой опыт вы поставите, чтобы проверить, что давление внутри жидкости на одном и том же уровне действует одинаково по всем направлениям?» «как можно повысить надежность ваших измерений?»
10	Обсуждать результаты выполненного экспериментального исследования или предлагаемых идей по объяснению фактов и явлений	Обсуждение результатов экспериментального исследования – обязательный элемент научного или учебного исследования. Это обсуждение может иметь как текущий (в парах, группах), так и итоговый (например, фронтально) характер. В обсуждении

		отрабатывается научная аргументация и шлифуются общие речевые умения. Кроме того, обсуждение – это приобщение учащихся к культуре ведения научной дискуссии. Учитель выступает в таких обсуждениях и как равноправный субъект дискуссии и как консультант. В 7 классе соотношение этих ролей больше смещено в сторону консультанта: учитель корректирует и уточняет аргументацию, направляет дискуссию, т.е. фактически учит вести обсуждение результатов и идей. При переходе к следующим классам роль учителя постепенно сдвигается в сторону участника дискуссии.

В последующих разделах на ряде примеров будет рассмотрено, каковы могут быть подходы к формированию умений, предусмотренных планируемыми предметными результатами углубленного изучения физики в 7 классах.

3. Некоторые методические аспекты углубленного изучения физики в 7 классе

Далее будут рассмотрены некоторые подходы к углубленному изучению курса физики, которые могут быть реализованы на материале каждого

из разделов Программы. Сразу следует заметить, что в тематическом планировании Программы намеренно не указан точный объем учебного времени на изучение каждого из разделов, а вместо этого указан некоторый интервал учебных часов. Также внутри разделов не указан объем учебного времени для освоения каждого тематического блока. Это одно из важных отличий программы углубленного уровня от программы базового уровня. Такая особенность Программы обусловлена тем, что преподавание физики на углубленном уровне, как правило, ведут учителя, у которых уже сложился собственный профессиональный взгляд на то, какое учебное время может быть отведено для освоения той или иной темы. Кроме того, это может зависеть от состава и численности учебной группы (не обязательно целого класса), в которой ведется углубленное изучение. Таким образом, учитель, с учетом этих факторов, может по своему усмотрению варьировать часы на изучение отдельных тем и разделов в пределах некоторого интервала учебного времени. Ниже приведен первый раздел содержания Программы и его тематическое планирование.

Раздел 1. Физика и её роль в познании окружающего мира

Физика — наука о природе. Явления природы. Физические явления: механические, тепловые, электрические, магнитные, световые, звуковые.

Физические величины. Размерность. Измерение физических величин. Эталоны. Физические приборы. Цена деления. Погрешность измерений. Правила безопасного труда при работе с лабораторным оборудованием. Международная система единиц. Перевод внесистемных единиц в единицы СИ.

Как физика и другие естественные науки изучают природу. Естественно-научный метод познания: наблюдение, постановка научного вопроса, выдвижение гипотез, эксперимент по проверке гипотез, объяснение наблюдаемого явления. Описание физических явлений с помощью моделей.

Демонстрации

1. Механические, тепловые, электрические, магнитные, световые явления.

2. Физические приборы и процедура прямых измерений аналоговым и цифровым прибором.

Лабораторные работы и опыты

1. Определение цены деления шкалы измерительного прибора.

2. Измерение расстояний.

3. Измерение площади и объёма. Метод палетки.

4. Измерение времени.

5. Измерение объема жидкости и твердого тела.

6. Определение размеров малых тел. Метод рядов.

7. Проведение исследования по проверке гипотезы: дальность полёта шарика, пущенного горизонтально, тем больше, чем больше высота пуска.

№	Тематические блоки, темы	Основное содержание	Основные виды деятельности учащихся
Раздел 1. Физика и ее роль в познании окружающего мира (7-9 ч)			
1	**Физика — наука о природе.**	Физика – наука о природе. Явления природы. Физические явления: механические, тепловые, электрические, магнитные, световые, звуковые.	Выявление различий между физическими и химическими превращениями (МС - химия). Распознавание физических явлений: механических, тепловых, электрических, магнитных и световых. Наблюдение и описание физических явлений.
2	**Физические величины.**	Физические величины. Размерность. Измерение физических величин. Эталоны. Физические	Определение цены деления шкалы измерительного прибора. Измерение линейных размеров тел и промежутков времени.

		приборы. Цена деления. Погрешность измерений. Правила безопасного труда при работе с лабораторным оборудованием. Международная система единиц. Перевод внесистемных единиц в единицы СИ.	Определение погрешности при прямых измерениях. Измерение объема жидкости и твердого тела. Измерение температуры при помощи жидкостного термометра и датчика температуры. Измерение времени. Определение размеров малых тел методом рядов. Выполнение творческих заданий по поиску способов измерения некоторых физических характеристик, например, размеров малых объектов (волос, проволока), удаленных объектов, больших расстояний, малых промежутков времени. Обсуждение предлагаемых способов.
3	**Естественно-научный метод познания.**	Как физика и другие естественные науки изучают природу. Естественно-научный метод познания: наблюдение, постановка научного вопроса, выдвижение гипотез, эксперимент по проверке гипотез, объяснение наблюдаемого явления. Описание физических явлений с помощью моделей.	Выдвижение гипотез, объясняющих простые явления, например, - почему останавливается движущееся по горизонтальной поверхности тело; - почему в жаркую погоду в светлой одежде прохладней, чем в темной. Выдвижение идей о способах проверки гипотез. Проведение исследования по проверке какой-либо гипотезы, например: дальность полета шарика, пущенного горизонтально, тем больше, чем больше высота пуска. Построение простейших моделей физических явлений (в виде рисунков или схем), например: падение предмета; прямолинейное распространение света.

Раздел “Физика и её роль в познании окружающего мира” имеет очень важное значение для всего дальнейшего изучения курса физики. Характер его преподавания не только должен дать учащимся первоначальные

представления о том, *что* и *как* изучает наука «физика», но, что не менее важно, поддержать интерес к последующему освоения учебного предмета «физика». Таким образом, уже на этом, самом первом, этапе необходимо погрузить учащихся в атмосферу научного поиска, предполагающего постановку вопросов и выдвижение идей. При этом надо учитывать, что учащиеся, осознанно выбравшие углубленный уровень изучения физики в 7 классе, скорее всего изначально обладают более высокой мотивацией к изучению этой естественной науки, чем многие их сверстники, и возможно, уже имеют определенные представления о физических явлениях, полученные благодаря собственной любознательности, занятиям в системе дополнительного образования и семейному воспитанию.

Рассмотрим, какая деятельность учащихся может быть организована при изучении некоторых тематических блоков раздела 1. Блок «Физика – наука
о природе» посвящен первоначальному знакомству с различными физическими явлениями. Учитель может выбирать те или иные примеры физических явлений, которые он показывает учащимся в качестве демонстраций. И чем интереснее будут эти демонстрации, тем вернее будет достигаться цель поддержания и развития интереса учащихся к изучению физики. Ниже в таблице 3 предложены некоторые примеры демонстраций, иллюстрирующих различные физические явления (2-я колонка). Здесь надо обратить внимание на деятельность учащихся, связанную с наблюдением явлений, представленных через демонстрации. Ранее (таблица 2, п. 1) подчеркивается, что учащихся 7 классов надо учить наблюдать и описывать наблюдения. Примерный вид фиксации наблюдений представлен в 3-й колонке таблицы 3. Важный момент здесь тот, описывая наблюдения, ученик должен научиться фиксировать то, что действительно видит, не заменяя это каким-то “домысливанием” причин происходящего. Но и эта первоначальная фиксация уже может содержать немало информации о явлении, и она будет становиться тем глубже, чем больше развивается

наблюдательность. Однако за любым наблюдением явления должны последовать вопросы, касающиеся объяснения увиденного, и вкус к постановке вопросов, умение их формулировать также на этом этапе не могут формироваться без поддержки учителя (см. таблицу 2, п. 3). В 4-й колонке таблицы 3 представлены примеры вопросов, которые могут задать учащиеся (формулируя их сами или с помощью учителя) относительно причин наблюдаемых явлений. Далеко не все эти вопросы должны немедленно получать ответы в виде объяснений учителя или гипотез самих учеников. Большинство из этих вопросов – “приглашение” в будущее. Надо дать понять учащимся, что именно для того, чтобы отвечать на них, и стоит изучать физику. Такие же вопросы в разные эпохи задавали ученые, и из этих вопросов рождались великие открытия, позволяющие лучше понять мир.

Таблица 3. Первоначальное знакомство с различными физическими явлениями

Физические явления	**Возможные демонстрации**	**Описание явлений, фиксация наблюдений (ожидаеется от учащихся)**	**Возможные вопросы, возникающие у учащихся вопросы (фиксируются учителем)**
Механические	Движение игрушечного автомобиля; полет бумажного самолетика; скатывание шарика по наклонной плоскости.	Предмет постоянно меняет свое положение, скатывающийся шарик движется все быстрее.	Почему каждый из этих предметов движется? Почему шарик при скатывании движется все быстрее?
Тепловые	Закипание воды в прозрачном электрическом чайнике; разогревание полотна ножовки при распиливании доски.	Вода нагревается (можно прикоснуться к чайнику и почувствовать), при кипении образуются пузырьки. Полотно ножовки становится горячим; чем интенсивней и дольше движение ножовки, тем полотно горячее.	Что собой представляют пузырьки? Почему они образуются? Из-за чего разогревается полотно ножовки?

Электрические	Притягивание мелких кусочков бумаги или воздушного шарика к наэлектризованной палочке (расческе); проскакивание искры в электрофорной машине; свечение лампочки при замыкании цепи с батарейкой	Пластиковую палочку (расческу) потерли о шерсть (волосы), поднесли к мелким кусочкам бумаги или воздушному шарику – наблюдается притяжение. Между шариками электрофорной машины, после того как диски крутят некоторое время, проскакивает искра; чем дальше друг от друга расположены шарики, тем дольше надо крутить.	Что происходит с палочкой в результате трения? Почему притягиваются кусочки бумаги или шарик? Что происходит во время кручения дисков? Что собой представляет искра? Почему чем дальше шарики, тем дольше надо крутить, чтобы возникла искра?
Магнитные	Взаимодействие (притяжение или отталкивание) магнитов между собой, со стрелкой компаса и с различными металлическими предметами; демострация магнитов разной “силы”	Притягиваются или отталкиваются магниты, зависит от их взаимного расположения. Сила притяжения (отталкивания) магнитов зависит от расстояния между ними. Одни магниты обладают большей силой, чем другие. Магниты притягивают не любые металлические предметы.	Почему магниты обладают способностью притягивать или отталкивать? От чего зависит “сила” магнита? Почему одни металлы притягиваются магнитом, а другие нет?
Световые	Разложение белого света в спектр при отражении от поверхности компакт-диска; отражение луча фонарика или лазерной указки от зеркала; преломление луча в воде	Если смотреть на компакт-диск по определенными углами зрения, то на поверхности диска видна “радуга”. Луч лазера ломается, когда попадает в воду. Просто в обычном воздухе никакие лучи не видны. Положение пятна света (или световой точки), образованного отраженным от зеркала лучом, меняется, когда мы меняем направление луча фонарика или лазерной указки.	Что такое свет? Почему на поверхности компакт-диска образуется “радуга”? Почему луч “ломается” при попадании в воду? Почему пятно света (или световая точка), образованное отраженным от зеркала лучом, перемещается, когда мы меняем направление луча фонарика или лазерной указки?

Звуковые	Возникновение звука при щипке струны музыкального инструмента; усиление слышимого звука при приложении к уху воронки (например, свернутой из листа бумаги)	Звук возникает, когда мы оттягиваем и отпускаем струну. Разные по толщине струны издают звук разной тональности. С воронкой произносимые кем-то слова становятся слышнее.	Почему тональность звука зависит от толщины струны? Почему звук, создаваемый струной, усиливается, если у инструмента есть полый корпус? Засчет чего воронка усиливает звук?

При изучении следующего тематического блока «Физические величины» можно воспользоваться подробными рекомендациями в методическом пособии [5]. Но здесь надо подчеркнуть, что при переходе к этому блоку важно “не потерять” идею о том, что мы продолжаем наблюдать, описывать явления и задавать вопросы об их причинах. Но описывая какое-то из явлений, мы переходим уже на другой, более высокий уровень описания – с использованием измерений. Для чего нужны измерения? Для того чтобы установить какую-то количественную связь между физическими величинами, а в этой связи уловить закономерности, которые помогут объяснить явление. В [5] предлагается выбрать для исследований и измерений механическое явление, например, движение шайбы или гайки по наклонному желобу. Однако выбор явления может быть и другим. Важно, чтобы выбранное явление давало возможность для простых измерений с помощью доступных учащимся приборов.

В чем особенность проведения измерений в классах углубленного изучения физики? Обратим внимание на то, как соответствующие предметные результаты определяются в Программе (таблице 1, п. 11, 12): «… обосновывать выбор метода измерения, фиксировать показания приборов, находить значение измеряемой величины с помощью усреднения результатов серии измерений и оценивать погрешность измерений.” Ключевой момент на этом этапе: усреднение результатов серии измерений и оценка

погрешности. В предложенных в Программе лабораторных работах и опытах (см. выше) наиболее естественно проводить серию измерений, когда измеряется промежуток времени. Можно, например, измерять время скатывания шарика по наклонному желобу от самой верхней до самой нижней точки желоба. Можно многократно измерять и расстояние, например, на каком расстоянии от стола приземлится на пол шарик, пущенный горизонтально с фиксированной высоты. И то и другое соответствует наблюдению механических явлений (см. таблицу 3). В обоих случаях каждое последующее измерение скорее всего не будет давать в точности то же значение, что и предыдущее. “Какой вывод следует из этого факта? – можно спросить учащихся. – И какое же из полученных значений можно считать истинным?” Именно здесь появляется идея об усреднении результатов нескольких (серии) измерений, то есть о вычислении среднего арифметического полученных значений. Причем нужно подчеркнуть, что и среднее арифметическое не является истинным значением, а лишь близким к нему числом. Насколько близким? Вот тут и возникает вопрос о точности этого усредненного результата, то есть о погрешности.

Важнейшая методологическая и даже мировоззренческая идея, с которой благодаря выполнению измерений должны “свыкаться” учащиеся, состоит в том, что мы не можем знать абсолютно точного значения какой-либо физической величины. Любое значение известно нам только с большей или меньшей точностью, или погрешностью, получаемой в результате измерений. Методологический (но уже в практическом смысле) аспект состоит и в том, что надежность результатов измерений (шире – исследований) становится тем выше, чем меньше погрешность, которую нам удается получить [7]. А как мы можем снизить погрешность и увеличить точность получаемого значения? – такой вопрос может быть поставлен перед учащимися. Возможный ответ: “Например, благодаря многократному повторению измерения какой-то величины”. Отметим, что в составе естественно-научной грамотности присутствует умение “описывать

и оценивать способы, которые используют ученые, чтобы обеспечить надежность данных и достоверность объяснений” [4]. На как в 7 классе, да еще в самом его начале, можно показать, что погрешность результата серии измерений уменьшается с увеличением количества измерений в серии, а тем самым доказать и саму целесообразность проведения серии? Конечно, мы вряд ли можем говорить с 7-классниками о среднеквадратичной погрешности, доверительном интервале и т.д., откладывая это до изучения физики на углубленном уровне в старшей школе. Однако мы бы все-таки предложили такой, пусть и не совсем корректный, подход к оценке погрешности результата серии измерений. Если мы определяем среднее арифметическое для серии из *n* измерений, как

$$\overline{x} = \frac{1}{n}\left(\sum_{i=1}^{n} x_i\right)$$

то при разных *n* мы получим отличающиеся средние значения $\overline{x}$, но как правило, чем больше будет *n*, тем меньше будет разность между $\overline{x}$ для *n* и *n*-1 измерений. Вот эту разность при достаточно большом *n* (например, *n*=10) и можно принять за приблизительную оценку погрешности результата серии измерений. Но важнее тут даже не сама (не вполне корректная) оценка, сколько именно демонстрация учащимся того, что чем больше измерений одной и той же физической величины мы проводим, тем ближе друг к другу «ложатся» средние арифметические значения, которые мы рассматриваем как «замену» не известной нам истинной величины.

Другие составляющие погрешности измерений, доступные для оценки 7-классникам, причем и на базовом уровне изучения физики, подробно рассмотрены в [5, 7, 8]

Третий тематический блок раздела 1 посвящен естественно-научному методу познания. В дополнение к [5, 6, 9], где подробно раскрывается суть научного метода и той методики, которая позволяет начать знакомство с ним учащихся, остановимся на одной из главных задач в обучении физике –

формированию представлений о моделях. Вероятно, это ключевая проблема при изучении физики [10, 11]. В предметных результатах углубленного изучения физики действиям с физическими моделями уделяется особое внимание. Например, один из предметных результатов (таблица 1, п. 6) говорит об умениях “строить простые физические модели реальных объектов, процессов и явлений, выделять при этом существенные и второстепенные свойства объектов, процессов, явлений; применять физические модели для объяснения физических процессов и решения учебных задач.” В пп. 7, 8 таблицы 1 также идет речь о выборе “адекватной физической модели” для объяснения явлений и решения задач как качественных, так и расчетных.

Большинство учащихся вплоть до завершения школьного курса физики так и не понимают, какое отношение изучаемые ими элементы теории, выражаемые математическими формулами законы, решаемые задачи имеют к окружающему миру, наблюдаемым «живым» явлениям, работающим техническим устройствам и технологиям. Одна из причин как раз и состоит в том, что в преподавании физики не всегда уделяется достаточное внимание переходу от реальной наблюдаемой картины к ее схематическому, абстрактному представлению, то есть к модели. В курсе физики постоянно обращаются к моделям, но обычно они предлагаются учащимся в готовом виде и как нечто само собой разумеющееся. Учащиеся почти не приобретают собственного опыта перехода от реальности к модели как способу описания этой реальности. При изучении блока «Естественно-научный метод познания» может быть положено начало систематическому приобретению такого самостоятельного опыта. Например, если применение научного метода познания рассматривается при анализе падения предметов разной массы, как в [5], или торможения движущегося по горизонтальной поверхности тела, то можно предложить учащимся самим схематически, в виде простого рисунка, описать происходящее. И уже здесь естественным образом (хотя и с помощью учителя) могут появиться «физическое тело»

вместо конкретного предмета, «сила», изображаемая в виде стрелки, в качестве причины падения предмета или его торможения. «Стрелки» вместо лучей света могут возникнуть и при описании отражения света или нагревания излучением (Солнца или лампы) какого-то предмета. В дальнейшем, при систематическом повторении подобных «упражнений» у учащихся будет формироваться привычка такой схематической интерпретации реальных явлений, влияющей, в свою очередь, на формирование модельного мышления [10].

В качестве примера использования моделей для объяснения явлений приведем фрагмент комплексного задания по естественно-научной грамотности «Солнечный зайчик» (оно состоит из четырех вопросов-заданий), разработанного в рамках проекта «Мониторинг формирования функциональной грамотности» и размещенного на платформе Российской электронной школы (РЭШ) https://fg.resh.edu.ru/.

Солнечный зайчик
Задание 4 / 4

Прочитайте текст «Солнечный зайчик» и рассмотрите рисунки, расположенные справа. Запишите свой ответ на вопрос.

Почему при отражении солнца в настоящем зеркале мы видим изображение солнца, а при отражении в водной поверхности обычно получается солнечная дорожка?

Запишите свой ответ.

Солнечный зайчик

Иногда водную поверхность называют «водным зеркалом». Однако есть разница. Когда в настоящем зеркале отражается солнце, то мы видим в зеркале изображение солнца (фото слева). Но когда солнце отражается в водной поверхности, то часто возникает так называемая солнечная дорожка, как на фотографии справа.

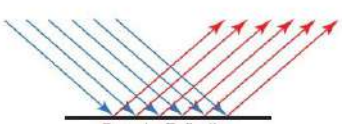




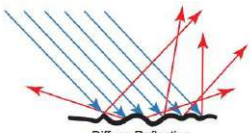
Само по себе это задание представляется совсем непростой качественной задачей, к тому формально относящейся к оптическим явлениям, систематическое изучение которых по Программе отнесено к 9 классу. Однако работа с этим заданием именно в рамках раздела “Физика

и ее роль в познании окружающего мира” имеет свое обоснование. Во-первых, как уже указывалось выше, с мотивационной целью и в обзорном ключе учащиеся на различных примерах уже знакомились со всем кругом интересных физических явлений (см. таблицу 3), и в этом обзоре наверняка демонстрировались явления, связанные с отражением света. А во-вторых, эта задача может быть полезна как демонстрации того, как выбор простой и адекватной физической модели помогает понять и объяснить реальные явления. Безусловно, 7-классники еще не готовы к тому, чтобы сразу самостоятельно выполнить это задание. Но с помощью учителя они могут подойти к идее о том, что ответ на вопрос, поставленный в задании, может быть получен благодаря использованию простых схематичных рисунков, которые и будут в данном случае выступать в роли моделей. В чем может состоять помощь учителя? В демонстрации того, как луч света отражается от зеркала и от поверхности воды в ванночке (или тазу), причем в одном случае вода должна быть спокойной, а в другом – “взволнованной”. Это будет наталкивать на мысль о том, что различный характер отражения связан с гладкостью поверхности. Помощь учителя будет состоять и в том, что учащимся предложат самим, как им это представляется, изобразить в виде рисунка отражение света в зеркале, и здесь могут появиться схематические образы отражающей поверхности и лучей-стрелочек. В принципе, этого может оказаться достаточно, чтобы кто-то из учащихся уже и сам пришел к объяснению, хотя и здесь возможно использование решающей “подсказки”, которой можно считать более простую версию того же задания (см. ниже).

Ученые часто объясняют наблюдаемые явления с помощью моделей, которые иногда выглядят как простые рисунки. Например, отражение света от различных поверхностей, иногда можно изображать с помощью таких моделей (в них синие стрелки – это падающие на поверхность лучи, а красные стрелки – отраженные лучи):



Модель 1



Модель 2

Какая модель правильно объясняет отражение солнца в зеркале, а какая – в водной поверхности (это может быть и одна и та же модель)?

Выберите в выпадающем меню нужные варианты ответа.

Вид поверхности	Выпадающие меню
Водная поверхность	Модель 1 Модель 2
Поверхность зеркала	Модель 1 Модель 2

Еще раз подчеркнем, что на данном этапе в фокусе внимания находятся не те или иные виды физических явлений, а язык, с помощью которого они могут описываться и объясняться в физике. Мы говорим о физических моделях. Явление отражения здесь выбрано по той причине, что переход к графической модели представляется здесь достаточно естественным.

Перейдем к рассмотрению некоторых аспектов преподавания раздела 2 Программы «Первоначальные сведения о строении вещества». Ниже приведено содержание тематическое планирование раздела.

Раздел 2. Первоначальные сведения о строении вещества

Строение вещества: атомы и молекулы, их размеры и массы. Опыты, доказывающие дискретное строение вещества.

Движение частиц вещества. Связь скорости движения частиц с температурой. Броуновское движение, диффузия. Взаимодействие частиц

вещества: притяжение и отталкивание.

Агрегатные состояния вещества: строение газов, жидкостей и твердых (кристаллических) тел. Взаимосвязь между свойствами веществ в разных агрегатных состояниях и их атомно-молекулярным строением. Особенности агрегатных состояний воды.

Демонстрации

1. Наблюдение броуновского движения.
2. Наблюдение диффузии.
3. Наблюдение явлений, объясняющихся притяжением или отталкиванием частиц вещества.

Лабораторные работы и опыты

1. Оценка диаметра атома методом рядов (с использованием фотографий).
2. Опыты по наблюдению теплового расширения газов.
3. Опыты по обнаружению действия сил молекулярного притяжения.

№	Тематические блоки, темы	Основное содержание	Основные виды деятельности учащихся
Раздел 2. Первоначальные сведения о строении вещества (7-9 ч)			
4	**Строение вещества**	Атомы и молекулы, их размеры и массы. Опыты, доказывающие дискретное строение вещества.	Наблюдение и интерпретация опытов, свидетельствующих об атомно-молекулярном строении вещества: опыты с растворением различных веществ в воде. Оценка размеров атомов и молекул с использованием фотографий, полученных на атомном силовом микроскопе (АСМ). Определение размеров молекулы методом рядов.
5	**Движение и взаимодействие частиц вещества**	Движение частиц вещества. Связь скорости движения частиц с температурой. Броуновское движение,	Наблюдение и объяснение броуновского движения и явления диффузии. Проведение и объяснение опытов по наблюдению

		диффузия. Взаимодействие частиц вещества: притяжение и отталкивание.	теплового расширения газов. Проведение и объяснение опытов по обнаружению сил молекулярного притяжения и отталкивания.
6	**Агрегатные состояния вещества**	Агрегатные состояния вещества: строение газов, жидкостей и твердых (кристаллических) тел. Взаимосвязь между свойствами веществ в разных агрегатных состояниях и их атомно-молекулярным строением. Особенности агрегатных состояний воды.	Описание (с использованием простых моделей) основных различий в строении газов, жидкостей и твердых тел. Объяснение малой сжимаемости жидкостей и твердых тел, большой сжимаемости газов. Объяснение сохранения формы твердых тел и текучести жидкости. Проведение опытов, доказывающих, что в твердом состоянии воды частицы находятся в среднем дальше друг от друга (плотность меньше), чем в жидком. Установление взаимосвязи между особенностями агрегатных состояний воды и существованием водных организмов (МС – биология, география).

Поскольку практически все содержательные элементы этого раздела прекрасно методически освоены в отечественной практике преподавания физики, в том числе в [5], то остановимся лишь на некоторых моментах. Первое, на чем хотелось бы остановиться, – обоснование того, почему этот небольшой раздел появляется в самом начале Программы. Действительно, в ряде авторских программ и УМК весь материал по атомно-молекулярному строению вещества систематически излагается в разделе “Тепловые явления”, который, разумеется, присутствует и в данной программе, в 8 классе. Однако отсутствие в самом начале курса физики хотя бы первоначальных представлений об атомно-молекулярном строении вещества и связанных с этим явлениях как бы лишает физику материальной основы, поскольку по самой сути своей физика – это наука о том, как устроен мир, а значит, и как *устроено* вещество. В конечном счете ни одно из наблюдаемых явлений нельзя понять и объяснить, не затрагивая вопросы строения

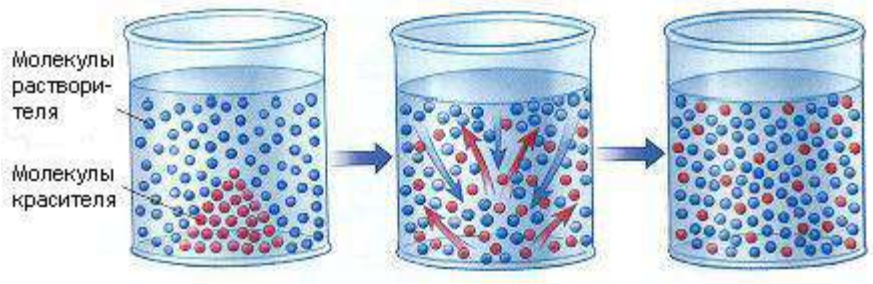
вещества. Тут лишь стоит процитировать замечательные слова, принадлежащие замечательному американскому физику Ричарду Фейнману, автору знаменитого курса "Фейнмановские лекции по физике":

– Если бы в результате какой-то мировой катастрофы все накопленные научные знания оказались бы уничтоженными и к грядущим поколениям живых существ перешла бы только одна фраза, то какое утверждение, составленное из наименьшего количества слов, принесло бы наибольшую информацию? Я считаю, что — это ***атомная гипотеза*** *(можете называть ее не гипотезой, а фактом, но это ничего не меняет):* ***все тела состоят из атомов – маленьких телец, которые находятся в беспрерывном движении, притягиваются на небольшом расстоянии, но отталкиваются, если одно из них плотнее прижать к другому.*** *В одной этой фразе ... содержится невероятное количество информации о мире, стоит лишь приложить к ней немного воображения и чуть соображения.*

Применительно к содержанию курса 7 класса, начиная с сил упругости, которые рассматриваются в следующем разделе, и уже в полной мере говоря о давлении в жидкости и газе, нельзя не затронуть природу этих сил, обусловленных атомно-молекулярным строением вещества и взаимодействием между частицами. В противном случае происхождение этих явлений (сил, давления) становится необъяснимым и они приобретают чисто феноменологический, а то и мифологический, характер.

Второй момент, на который мы обращаем внимание, это активное применение простых моделей для объяснения некоторых свойств агрегатных состояний вещества, таких как текучесть жидкости, сохранение формы твердыми телами, малая сжимаемость жидкостей и твердых тел, большая сжимаемость газов. Но использование моделей в этих случаях предполагается и на базовом уровне изучения физики. Несколько сложней объяснять с помощью модели диффузию. И задание на объяснение диффузии может быть предложено уже и на углубленном уровне, то есть учащимся

можно предложить объяснить это явление самостоятельно, выбрав для этого подходящую модель типа рисунка, показанного ниже.



Такое задание может иметь вид задания по естественно-научной грамотности, если, например, учащиеся в начале наблюдают постепенное распространение чайной заварки из пакетика чая, помещенного в стакан воды, а уже затем объясняют происходящее. Здесь учащимся надо, во-первых, распознать наблюдаемое явление – диффузия, – а во-вторых, изобразить с помощью модели (типа показанной выше), как и за счет чего эта диффузия происходит. Задача может быть расширена, если распространение заварки наблюдается в холодной и теплой воде. Подчеркнем, что объяснением здесь не будет просто узнавание явления, а именно демонстрация на модели механизма явления.

Работа с моделями, а также проведение простого, но самостоятельного исследования могут быть реализованы на материале еще одного задания по естественно-научной грамотности. При изучении содержательного элемента “Особенности агрегатных состояний воды» можно воспользоваться комплексными заданиями по естественно-научной грамотности «Айсберг» и «Глобальное потепление» [12]. Отметим, что эти задания имеют межпредметный характер (связи с географией и химией), что является одним из важных принципов Программы и одновременно свойством самого понятия «естественно-научная грамотность», универсального по отношению ко всем естественно-научным предметам. Для анализа особенностей агрегатных состояний воды можно объединить задание 1 из комплексного

задания «Айсберг» [12, с. 33] с заданием 5 из комплексного задания «Глобальное потепление» [12, с. 74] (см. ниже).



Внимание всего мира было привлечено к проблемам, связанным с айсбергом и его влиянием на Мировой океан.

В оценках последствий образования гигантского айсберга в Антарктиде нет единства:

- в СМИ высказывается мнение, что от шельфового ледника откололись фрагменты, находящиеся в воде. Такая большая потеря массы ледника теоретически грозит поднятием воды в Мировом океане и затоплением некоторых регионов;
- британские учёные считают, что общий объём жидкости в мире не изменится, поскольку этот лёд уже находился в воде.

Задание 1

Как изменится уровень Мирового океана после того, как плавающий в нём айсберг полностью растает?

Выберите один ответ.

A. Уровень Мирового океана повысится в соответствии с объёмом айсберга.
B. Уровень Мирового океана не изменится.
C. Уровень Мирового океана повысится в соответствии с объёмом надводной части айсберга.
D. Уровень Мирового океана понизится.

Задание 5

Какой эксперимент можно провести в домашних условиях, чтобы выяснить, изменится или не изменится уровень Мирового океана, если растают льды, плавающие на его поверхности?

Ответ: _____

_____

_____

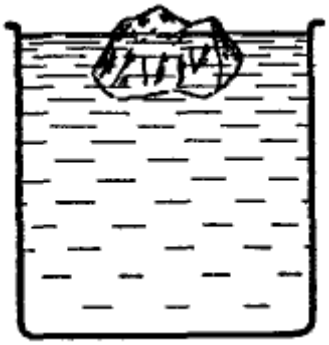
В комбинации эти два задания можно рассматривать как выбор достоверной гипотезы (первое из этих заданий) и определение простого экспериментального способа проверки гипотезы (второе задание). При этом идея эксперимента, которую нужно описать, может (и это даже крайне желательно) быть реализованной в классе.

Остановимся на проведении этого простого исследования. В предметных результатах углубленного изучения физики в 7 классах определяются следующие умения:

“совместно с учителем формулировать задачу и гипотезу исследования, самостоятельно планировать исследование, самостоятельно собирать экспериментальную установку с использованием инструкции” (см. таблица 1, п. 13).

Однако надо учитывать, что мы находимся лишь на начальном этапе формирования этих умений. Особенности этого этапа формулируются в таблице 2, где в п. 8 говорится: “Постановка цели и планирование экспериментального исследования по проверке гипотезы – это достаточно сложные умения, которые у 7-классников могут находиться лишь на начальной стадии формирования. Поэтому при осуществлении этих видов деятельности учащиеся нуждаются в постоянной поддержке учителя.”

При выполнении задания в “живых” лабораторных условиях могут формироваться именно эти умения. Действительно, какое-то из утверждений в зад. 1 может быть с помощью учителя переопределено как гипотеза исследования, например: “уровень воды не измененится, если растает плавающий в ней лед”. Причем уже здесь осуществляется переход от таяния айсберга в океане к модели этого явления. И лучше если эту модельную ситуацию предложат сами учащиеся. Дальше они же могут предложить как саму идею, так и план эксперимента. Речь идет, понятно, о воде в каком-то прозрачном сосуде (лучше в мерном стакане), опускании туда кусочка льда и фиксации уровня воды: первый раз, когда плавает кусочек льда, и второй раз, когда лед уже растаял.



В итоге учащиеся самостоятельно делают вывод о том, подтвердилась или не подтвердилась гипотеза, с переносом вывода на ситуацию с айсбергом в океане. Еще один вывод может касаться того, как проведенный опыт иллюстрирует “особенности агрегатных состояний воды” – содержательный элемент, изучаемый в соответствии с Программой.

Отметим, что при выполнении подобных заданий мы решаем сразу ряд методических задач:

- ❖ формируем исследовательские умения, определенные в предметных результатах;
- ❖ продолжаем формировать модельное мышление;
- ❖ предлагаем решать практико-ориентированную проблемную задачу, то есть работаем в контексте естественно-научной грамотности;
- ❖ актуализируем межпредметные связи (география, экология).

Обратимся к рассмотрению некоторых аспектов изучения раздела 3 Программы «Взаимодействие тел». Ниже приведено содержание и тематическое планирование раздела.

Раздел 3. Движение и взаимодействие тел

Механическое движение. Путь и перемещение. Равномерное и неравномерное движение. Свободное падение как пример неравномерного движения тел. Скорость. Средняя скорость при неравномерном движении. Расчет пути и времени движения.

Графики зависимостей величин, описывающих движение. Общие понятия об относительности движения. Сложение скоростей для тел,

движущихся параллельно.

Явление инерции. Закон инерции. Взаимодействие тел как причина изменения скорости движения тел. Масса как мера инертности тела в поступательном движении. Плотность вещества. Связь плотности с количеством молекул в единице объема вещества. Смеси и сплавы. Поверхностная и линейная плотность.

Сила как характеристика взаимодействия тел. Сила упругости и закон Гука. Измерение силы с помощью динамометра. Явление тяготения и сила тяжести. Сила тяжести на других планетах. Вес тела. Невесомость. Сложение сил, направленных по одной прямой. Равнодействующая сил. Сила трения. Трение скольжения и трение покоя, вязкое трение. Трение в природе и технике.

Демонстрации

1. Наблюдение механического движения тела.
2. Измерение скорости прямолинейного движения.
3. Наблюдение явления инерции.
4. Наблюдение изменения скорости при взаимодействии тел.
5. Сравнение масс по взаимодействию тел.
6. Сложение сил, направленных по одной прямой.

Лабораторные работы и опыты

1. Определение скорости равномерного движения (шарика в жидкости, модели электрического автомобиля и т. п.).
2. Определение средней скорости скольжения бруска или шарика по наклонной плоскости.
3. Определение плотности твердого тела.
4. Опыты, демонстрирующие зависимость растяжения (деформации) пружины от приложенной силы.

5. Опыты, демонстрирующие зависимость силы трения скольжения от силы давления и характера соприкасающихся поверхностей.

№	Тематические блоки, темы	Основное содержание	Основные виды деятельности учащихся
Раздел 3. Движение и взаимодействие тел (32-34 ч)			
7	**Механическое движение.**	Механическое движение. Путь и перемещение. Равномерное и неравномерное движение. Свободное падение как пример неравномерного движения тел. Скорость. Средняя скорость при неравномерном движении. Расчет пути и времени движения. Графики зависимостей величин, описывающих движение. Общие понятия об относительности движения. Сложение скоростей для тел, движущихся параллельно.	Исследование равномерного движения и определение его признаков. Наблюдение неравномерного движения и определение его отличий от равномерного движения. Изучение свободного падения тел разной массы. Экспериментальное доказательство, что свободное падение — пример неравномерного движения (с использованием замедленного режима съёмки). Получение и анализ графиков зависимости пути и скорости от времени. Решение задач (в том числе графическим методом) на определение пути, скорости и времени равномерного движения.
8	**Инерция, масса, плотность.**	Явление инерции. Закон инерции. Взаимодействие тел как причина изменения скорости движения тел. Масса как мера инертности тела в поступательном движении. Плотность вещества. Связь плотности с количеством молекул в единице объёма вещества. Смеси и сплавы. Поверхностная и линейная плотность.	Объяснение и прогнозирование явлений, обусловленных инерцией, например: что происходит при торможении или резком маневре автомобиля, почему невозможно мгновенно прекратить движение на велосипеде или самокате и т. д. Проведение и анализ опытов, демонстрирующих зависимость изменения скорости тела от его массы при взаимодействии тел. Проведение и анализ опытов, демонстрирующих изменение скорости движения тела в результате действия на него других тел. Измерение массы тела различными способами. Решение задач на определение

			массы тела, его объёма и плотности. Определение плотности тела в результате измерения его массы и объёма.
9	**Сила. Виды сил.**	Сила как характеристика взаимодействия тел. Сила упругости и закон Гука. Измерение силы с помощью динамометра. Явление тяготения и сила тяжести. Сила тяжести на других планетах. Вес тела. Невесомость. Сложение сил, направленных по одной прямой. Равнодействующая сил. Сила трения. Трение скольжения и трение покоя, вязкое трение. Трение в природе и технике.	Изучение взаимодействия как причины изменения скорости тела или его деформации. Описание реальных ситуаций взаимодействия тел с помощью моделей, в которых вводится понятие и изображение силы. Изучение силы упругости. Исследование зависимости силы упругости от удлинения резинового шнура или пружины (с построением графика). Анализ практических ситуаций, в которых проявляется действие силы упругости (упругость мяча, кроссовок, веток дерева и др.). Решение качественных задач, связанных с явлением тяготе-ния. Объяснение орбитального движения планет с использованием явления тяготения и закона инерции (МС – астрономия). Измерение веса тела с помощью динамометра. Обоснование этого способа измерения. Анализ и моделирование явления невесомости. Экспериментальное получение правила сложения сил, направленных вдоль одной прямой. Определение величины равнодействующей сил. Изучение силы трения скольжения и силы трения покоя. Исследование зависимости силы трения от силы давления и свойств трущихся поверхностей. Решение качественных задач, основанных на анализе практических ситуаций, в которых проявляется действие

			силы трения, используются способы её уменьшения или увеличения (катание на лыжах, коньках, торможение автомобиля, использование подшипников, плавание водных животных и др.). Решение задач с использованием формул для расчёта силы тяжести, силы упругости, силы трения.

Выделим некоторые моменты изучения этого раздела. Первым из таких моментов станет введение понятия “масса как мера инертности тела” и проведение опытов, которые обосновывают такое понимание массы тела. Выбор именно этой методической проблемы связан с тем, что это выходит за рамки бытовых представлений ребят – а иногда и взрослых – о массе как мере количества вещества, и требует существенного изменения этого восприятии. Но и исторически уловить связь между массой и изменением скорости тел было далеко не просто. Античность воспринимала массу как неотъемлемое и универсальное свойство материи. Поэтому метафизический принцип неуничтожимости материи формулировался именно как закон сохранения массы. Далее, в ряде случаев мы воспользуемся материалом интерактивного методического кейса «Взаимодействие тел. Масса» [13].

Имея в виду изучение физики на углубленном уровне, обратим внимание на меру самостоятельного участия учащихся в проведении и интерпретации этих опытов, которые обычно проводятся как демонстрационные. В описании видов деятельности учащихся в тематическом планировании (см. выше) эти опыты представлены следующим образом:

- Проведение и анализ опытов, демонстрирующих зависимость изменения скорости тела от его массы при взаимодействии тел.

Обычно введение понятия “масса” происходит после того, как на предыдущих уроках вводятся понятия инерция как явления и инертности как свойства тела. И тогда встает вопрос: "А от чего эта инертность зависит?" Ведь какие-то тела более инертны, какие-то - менее инертны. Чтобы помочь 7-классникам подойти к ответу на этот вопрос, учитель демонстрирует опыт. Ребятам предлагается пронаблюдать, что происходит с одинаковыми по размеру стальным (синим) и алюминиевым (желтым) цилиндрами при скатывании их с одной высоты по наклонному желобу. На горизонтальном участке сразу под желобом расположена клейкая лента, на которую и попадает каждый из цилиндров. Ребята должны *самостоятельно* прокомментировать увиденное.



Разумеется, первое, что будет зафиксировано: стальной (синий) цилиндр прокатился дальше, чем алюминиевый (желтый). Это так сказать *очевидный* вывод. Но здесь-то нам нужно прийти к *не-очевидному*, который бы приблизил нас к ответу на вопрос: “От чего зависит инертность?”

Поскольку свойство инертности как способности тела “сопротивляться” изменению своего состояния при взаимодействии с другими телами обсуждалось на предыдущих уроках, то учитель вправе задать вопрос: “У какого из цилиндров, если судить по этому опыту, инертность больше?” Вот здесь учащимся класса с углубленным изучением

физики надо предоставить возможность самостоятельно построить рассуждение, обосновывающее их ответ на этот вопрос. В этом рассуждении в явном или неявном виде должны “участвовать” и закон инерции, и эмпирически освоенное знание о том, что скорость скатывания шарика по наклонному желобу не зависит от массы шарика, и тормозящее действие клейкой ленты как причины изменения скорости катящегося цилиндра. Заметим, что построение такого рассуждения соответствует требованиям к метапредметным образовательным результатам, определенным в Программе:

- выявлять причинно-следственные связи при изучении физических явлений и процессов; делать выводы с использованием дедуктивных и индуктивных умозаключений, выдвигать гипотезы о взаимосвязях физических величин;
- самостоятельно формулировать обобщения и выводы по результатам проведённого наблюдения, опыта, исследования.

Затем остается сделать всего один, уже несложный шаг, ответив на вопрос о том, в чем же главное отличие между двумя цилиндрами. Для этого достаточно просто подержать каждый из этих цилиндров в руке. Главный вывод, который пока является лишь гипотезой: чем больше масса тела, тем больше его инертность. Желательно, чтобы этот вывод учащиеся сделали как можно более самостоятельно. Но почему пока это только гипотеза? Это важный методологический момент, который должен быть прояснен с учащимися. Для того чтобы мы рассматривали утверждение “чем больше масса, тем больше инертность” как установленный факт, мы должны поставить эксперимент, в котором меняется только один фактор – масса, но воздействие на тела разной массы остается неизменным. То есть мы должны иметь так называемое однофакторное исследование. Остается ли воздействие клейкой ленты неизменным для стального и алюминиевого цилиндров? Мы этого не знаем. Значит, для того чтобы экспериментально подтвердить нашу гипотезу, нужно организовать такой эксперимент,

в котором разной была бы только масса, а все остальное - одинаково. Здесь можно предложить выдвинуть идеи такого эксперимента учащимся. Они должны исходить из того, что нужно взять легкое и тяжелое тела и подействовать на них одинаково. Какое больше изменит свою скорость – то будет менее инертно. Таких возможностей немало, и учитель должен очень внимательно отнестись к предложениям учащихся. Что же касается традиционной методики, то в этом месте учитель предлагает согнутую и удерживаемую в таком состоянии ниткой стальную линейку. С одной стороны расположить легкую тележку, с другой - тяжелую. Если пережечь нить, линейка распрямится и одинаково подействует на тележки.



Более массивная тележка приобретет меньшую скорость, менее массивная – большую. Это и будет экспериментальной проверкой. А отсюда может быть сделан и вывод о том, что масса – это мера инертности.

Мы специально подробно остановились на этой теме программы, чтобы показать, как вместе с учащимися можно обсуждать очень непростые методологические моменты, связанные с научным методом познания и методикой эксперимента.

Остановимся на введении понятия «сила». Это тоже непростой методический момент. Недаром у многих учащихся вызывают затруднения задачи, требующие выделения и обозначения всех сил, действующих на тело. С одной стороны, слово «сила» и производные от него – это знакомые всем элементы бытовой лексики. Но с другой, это обиходное понимание имеет не так много общего со значением понятия «сила» в физике. Да и в физике, начиная с Аристотеля, а затем Галилея, это понятие либо заменялось какими-то другими, либо приобретало различный смысл. При этом не утихали дискуссии, а есть ли вообще необходимость в понятии «сила». Действительно, сила в физике – некая абстракция, ненаблюдаемый феномен. А что наблюдаемо? Движение и взаимодействие тел. Когда силу определяют как причину (причем невидимую) изменения характера движения тела, то сразу же возникают вопросы о том, можно ли говорить о силах, действующих на неподвижное тело. Словом, сила – это основной элемент некоторой *неочевидной* (в буквальном смысле) модели, претендующей на описание реальности, причем эта модель даже не всегда востребована современной физикой. Но в прикладных целях (инженерия, сопромат и т.п.) она вполне работает и отчасти поэтому *силовая модель* остается основной механической моделью в школе. Однако с методической точки зрения этот переход от наблюдаемого к *неочевидному*, с введением всех этих «стрелочек», обозначающих какие-то невидимые силы, заслуживает специального внимания. Достаточно естественным и наглядным является введение такого описания, когда речь идет о непосредственном (контактном) толкающем или тянущем воздействии одного тела на другое, неподвижное, тело. Тогда сила и обозначающая ее стрелка (при углубленном изучении физики уже вполне можно говорить о векторах) совпадает по направлению с движением второго тела. Но дальше, когда мы имеем дело уже с бесконтактным воздействием, гравитационным или магнитным, надо по сути переносить этот язык, найденный для контактного взаимодействия, на новые явления, причем специально это оговаривая.

То же самое относится к таким неочевидным воздействиям, как трение, упругость (реакция опоры), давление, которые внешне мало похожи на столкновение тел или когда мы тянем тело веревкой. И здесь мы уже начинаем говорить о силе как *причине* в изменении положения тела или его деформации. Но исходным для нас был именно наглядный образ, от которого мы постепенно переходим к абстракции.

В тематическом планировании раздела 3 при изучении блока “Сила. Виды сил” в качестве учебной деятельности учащихся предусмотрен “Анализ практических ситуаций, в которых проявляется действие силы упругости (упругость мяча, кроссовок, веток дерева и др.)”. При организации этого вида деятельности мы можем воспользоваться заданиями по естественно-научной грамотности. Формы использования таких заданий продемонстрируем на примере комплексного задания «Мячи», опубликованного в сборнике [14]. Содержание этого задания связано с проявлением сил упругости в спортивных мячах. Ниже приведены три из четырех заданий, составляющих это комплексное задание.



Мячи

Ребята собрались пойти поиграть в баскетбол. Илья принёс мяч. Ваня подержал его в руках и сказал, что мяч надо подкачать. «Зачем? — спросил Илья. — У него итак хороший отскок». Ваня объяснил, что для мячей, которыми играют профессиональные игроки, существуют свои стандарты отскока. Например, если мяч свободно падает с высоты 180 см, то отскок от твёрдой поверхности у него должен быть не меньше 120 см и не больше 140 см.

Задание 1

Может ли вообще баскетбольный или футбольный мяч отскочить от твёрдой поверхности на такую же высоту, с какой он свободно падает?

Напишите в ответе «Может» или «Не может» и объясните своё решение.

Ответ: _____

_____

Ваня предложил Илье определить, соответствует ли этим стандартам тот мяч, который он принёс. Ребята, забыв про игру, провели исследование, схема которого показана на рисунке 1.

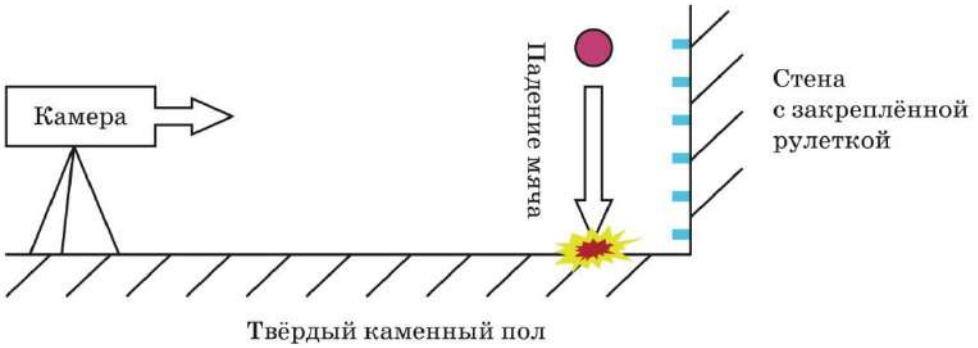


Рис. 1

Для этого исследования они использовали смартфон с видеокамерой, позволяющей вести замедленную съёмку со скоростью 120 кадров в секунду, а на стене закрепили рулетку с ценой деления 1 см.

Задание 2

Можно ли в таком исследовании определить следующие характеристики?

Отметьте в таблице ниже те характеристики, которые можно определить в этом исследовании.

Средняя скорость падения мяча	
Время падения мяча	
Давление воздуха внутри мяча	
Высота отскока	



«Видимо, — сказал Илья, — высота отскока зависит от упругости мяча». «Смотря что ты называешь упругостью», — ответил Ваня и показал фотографию ещё одного испытания, которому подвергают мячи, на этот раз теннисные. В этом испытании мяч сдавливают так, чтобы он сжался на 1 см, и фиксируют, при какой нагрузке, измеряемой в ньютонах, это происходит.

Задание 4

Какая физическая величина, характеризующая мяч, определяется в этом испытании?

Выберите один ответ.

A. Масса мяча.
B. Плотность мяча.
C. Жёсткость мяча.
D. Температура мяча.

Как этот сюжет и эти задания могут использоваться при углубленном изучении физики? Первое из этих заданий (задане 1), с точки зрения естественно-научной грамотности, предполагает проявление компетенции “научное объяснение явлений”. Конечно, у 7-классников еще нет соответствующей теоретической опоры для того, чтобы верно и обоснованно ответить на вопрос. Такой опорой является здесь закон сохранения энергии, который по Программе изучается значительно позднее. Однако в классах с углубленным изучением физики уже вполне можно рассчитывать на проявление хотя бы у некоторых ребят физической интуиции и наблюдательности. Для этого начать, конечно, стоит с реальной демонстрации падения на пол и отскока хотя бы пары мячей с разной степенью накачки. Эта демонстрация покажет, что даже очень хорошо накачанный мяч, просто выроненный из рук, никогда не подскочит на ту же высоту. Почему? Некоторые ребята, даже не оперируя законом сохранения энергии, могут объяснить это тем, что на мяч действует сопротивление воздуха, которое постоянно гасит его скорость. Но на первом задании,

которое скорее носит пропедевтический характер, не надо долго останавливаться. Более важными оказываются второе и третье задания (соответственно задание 2 и задание 4). Их можно связать и с изучаемой темой Программы (задание 4), и с формированием исследовательских умений (задание 2). Задание 2 желательно перевести в формат реального исследования, которое, вообще говоря, можно выполнить в условиях практикума, возможность проведения которого предусмотрена Программой. В этом исследовании ребятам надо определить те характеристики, которые они отметят в таблице (см. задание 2). Проведение такого исследования будет вполне соответствовать предметному результату углубленного изучения физики:

“совместно с учителем формулировать задачу и гипотезу исследования, самостоятельно планировать исследование, самостоятельно собирать экспериментальную установку с использованием инструкции, представлять полученные зависимости физических величин в виде таблиц и графиков, оценивать погрешности, делать выводы по результатам исследования.”

Действительно:

- задачей исследования будет определение соответствующих характеристик (средней скорости, времени, высоты отскока);
- при этом может быть выдвинута и проверена гипотеза – определенная зависимость ряда характеристик от степени накачки или давления воздуха в мяче;
- сборкой установки можно считать воспроизведение рисунка, который можно считать инструкцией;
- результаты могут быть представлены с учетом погрешности (например, погрешности приборов).

Третье задание (Задание 4) для 7-классников, углубленно изучающих физику, очевидно может быть переформатировано в задание со свободным ответом, то есть в нем не стоит давать вариантов ответа, один из которых

верный. Это задание напрямую связано с изучаемым теоретическим материалов (сила упругости), и в нем надо узнать проявление закона Гука и его использование для определения жесткости мячей. Вообще говоря, и этот промышленный способ не так уж трудно реализовать как школьное лабораторное исследование, которое нужно правильным образом спланировать и осуществить.

Напомним, что выполняя эти задания, мы организовываем те виды деятельности, описание которых в тематическом планировании начинается со слов “анализ практических ситуаций…”. Анализ – это обобщенное понятие, включающее в данном случае и объяснение конкретных явлений и исследовательские действия по отношению к практическим ситуациям. Иначе говоря, эти задания могут использоваться для формирования компетенций, относящихся к естественно-научной грамотности.

Рассмотрим теперь ряд практических ситуаций, связанных с проявлением силы тяжести. Начнем с того, что учащиеся (мы говорим сейчас о полной выборке, а не только об учащихся классов с углубленным изучением физики) часто испытывают на первый взгляд странные затруднения при анализе несложных ситуаций. Рассмотрим два сходных по смыслу задания (см. ниже), которые входят в состав комплексных заданий по естественно-научной грамотности, размещенных на портале [4].

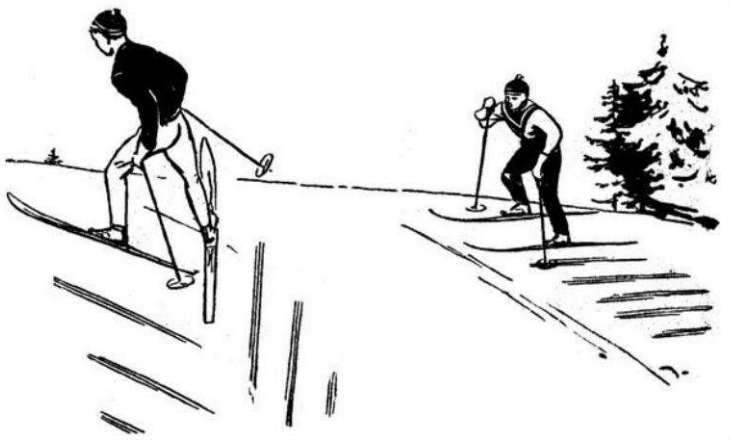
Лыжники
Задание 1 / 5
Для ответа на вопрос отметьте нужный вариант ответа.

Перед тем как съехать с горки, друзья обсудили друг с другом вопрос о том, почему вообще лыжник на горе неудержимо катится вниз.

Какая причина приводит к тому, что лыжник с ускорением спускается с горы?
Отметьте один верный вариант ответа.

- **Притяжение Земли.**
- **Атмосферное давление**
- **Трение между лыжами и снегом**
- **Движение лыжника по инерции**

Марат с другом Сергеем катались на беговых лыжах. У них были лыжи одной и той же марки, и смазку на лыжи друзья наносили одинаковую. Когда ребята подъехали к небольшой горке, то решили не просто спуститься с нее, но еще и посмотреть, кто из них проедет дальше после спуска на своих лыжах.



Почему реки текут?

Летом Серёжа успел побывать на трёх реках. Он заметил, что все эти реки имели разную скорость течения. Например, одна из рек была горная, и у неё было самое быстрое течение, а другая река неторопливо текла по равнине. «А почему вообще у всех рек есть течение, то есть вся вода в ней движется в каком-то одном направлении?» – задумался Серёжа.

---

1. Какова основная причина того, что река течёт?

Выберите один ответ.

A) Притяжение Земли

B) Притяжение Луны

C) Разница между температурами воздуха в верховьях и низовьях реки

D) Разница атмосферных давлений в верховьях и низовьях реки

Казалось бы, выбор правильного ответа и в том, и в другом задании очевиден – Притяжение Земли. Однако многократная апробация этих заданий в составе диагностических тестов показывает, что правильный ответ (притяжение Земли) выбирает небольшой процент учащихся (около 20%), хотя, казалось бы, это задание не должно вызывать никаких затруднений. В чем тут дело? Почему многие учащиеся «не распознают» силу тяжести (гравитацию, тяготение) в качестве причины движения лыжника (или санок)

по склону горы или движения воды в реке (ее течения)? При этом они наверняка в большинстве своем ответят, что причина вертикального падения предмета (того же ньютонова яблока) или падения струи воды из крана состоит в действии на эти тела силы тяжести. Но как только вопрос поставлен неожиданным образом, хотя он и касается хорошо знакомых ситуаций, то у ребят тут же возникают затруднения. Объяснение, конечно, можно искать в том, что движение лыжника или речной воды – это совокупный результат действия нескольких сил и в итоге эти движения не похожи на свободное падение под действием одной только силы тяжести. То есть эту силу нужно «вычленить» из всего набора действующих сил в качестве основной причины. Но вряд ли для ответа на поставленный вопрос необходимо производить столь сложную мысленную процедуру. Дело скорее в том, что подобные ситуации не анализируются на уроке, а действие силы тяжести чаще всего рассматривается только на примерах вертикального падения предметов или как причины возникновения веса как давления тела на опору. Вполне вероятно, что учащиеся классов с углубленным изучением физики этих затруднений испытывать не будут, однако это все-таки стоит проверить, предложив подобные задания не только во время изучения темы «Явление тяготения и сила тяжести», но и в составе каких-то итоговых тестов, например, по окончанию изучения раздела «Движение и взаимодействие тел».

В 7 классах, в том числе и с углубленным изучением физики, явление тяготения рассматривается, как правило, без обращения к математическому выражению закона всемирного тяготения. Вместо этого, на качественном уровне, дается представление о том, что гравитационное притяжение между телами тем больше, чем больше массы этих тел, и уменьшается при увеличении расстояния между ними. Этого достаточно, чтобы анализировать ситуации и даже решать качественные задачи, связанные с явлением тяготения. В тематическом планировании одним из рекомендованных видов деятельности учащихся при изучении этой темы

является «Объяснение орбитального движения планет с использованием явления тяготения и закона инерции.” Разумеется, мы можем рассматривать не только движение планет, но и автоматических космических станций, направленных с Земли к планетам или другим телам Солнечной системы. Для анализа таких ситуаций с точки зрения явления тяготения вновь можно обратиться к ряду заданий по естественно-научной грамотности. В одном из них, входящем в состав комплексного задания «Луна» [12, с. 57], по сути предлагается объяснить, почему Луна не падает на Землю, несмотря на взаимное притяжение между ними (см. ниже). Тот же вопрос можно задать и про спутник любой другой планеты и про сами планеты, которые “почему-то” не падают на Солнце.

Задание 1

Луна вращается по устойчивой орбите вокруг Земли, не падая на Землю и не улетая от неё в космос.

Какие утверждения объясняют устойчивое движение Луны по орбите?

Вообще говоря, это задание можно оставить именно в такой формулировке (почему не падает?...), предлагая детям самостоятельно построить объяснение. При этом сам вопрос вначале может показаться ребятам парадоксальным, хотя они и понимают, что притяжение между Луной и Землей существует. Но как правило, вопрос о том, почему эти небесные тела в результате не сталкиваются, у большинства из них не возникает. При этом обоснованный ответ на него совсем не очевиден, и даже учащимся, углубленно изучающим физику, дать его будет нелегко. Для этого им надо будет соединить в своих рассуждениях представления об инерции (законе инерции) и явлении тяготения. В [12] к этому заданию предлагаются утверждения (см. ниже), некоторые из которых (B, C) верно описывают это явление.

Выберите все верные утверждения.

A. Силу притяжения между Землёй и Луной уравновешивает сила притяжения между Луной и Солнцем.
B. Луна упала бы на Землю, если бы не обладала инерцией и скоростью, направленной по касательной к её орбите.
C. Если бы не было притяжения между Землёй и Луной, то Луна улетела бы от Земли далеко в космическое пространство.
D. Если Луна начинает приближаться к Земле, между ними возникают силы отталкивания.

Влияние тяготения на траектории автоматических космических станций можно анализировать на материале комплексных заданий “Садимся на Марс” и “Сесть на астероид”, разработанных в рамках проекта «Мониторинг формирования функциональной грамотности» и размещенных на платформе Российской электронной школы (РЭШ) https://fg.resh.edu.ru/, а также на платформе [4]. Ниже приведены два очень похожих задания из состава этих комплексных заданий.

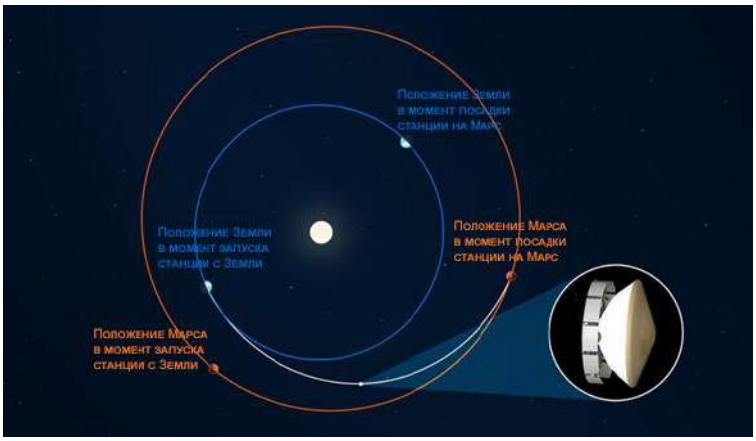
Садимся на Марс
Задание 1 / 5

Прочитайте текст и рассмотрите рисунок, расположенные справа. Запишите свой ответ на вопрос.

Какова основная причина искривления траектории межпланетной космической станции на пути от Земли к Марсу?

Запишите свой ответ.

Представьте себя учёными и инженерами, вычисляющими траекторию космической станции, которая отправляется к Марсу. Как видно на рисунке, эта траектория не пойдёт по кратчайшему пути от Земли к Марсу, а будет иметь искривлённую форму.



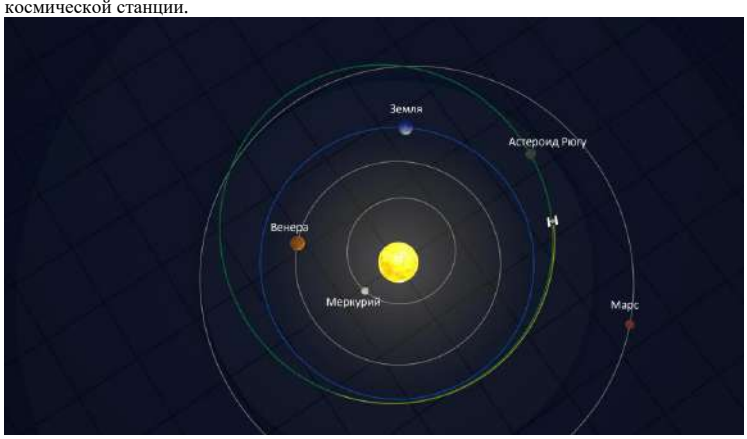
Сесть на астероид
Задание 1 / 5

Воспользуйтесь текстом и рисунком, расположенными справа. Запишите свой ответ на вопрос.

КАК и КАКИЕ небесные тела, показанные на рисунке, могут влиять на траекторию движения космической станции к астероиду?

Запишите свой ответ.

Вообразите себя учёными или инженерами, отправляющими космическую станцию к астероиду. Как видно на рисунке, орбита Рюгу расположена между орбитами Марса и Земли, а в некоторых областях даже пересекает эти орбиты. При расчёте траектории космической станции инженеры должны учитывать влияние небесных тел на движение космической станции.



В обоих заданиях, основываясь на рисунках, надо назвать тела, которые влияют на траекторию космической станции, и охарактеризовать характер этого влияния, то есть тяготение (или гравитацию). В ответах к обоим заданиям обязательно должно фигурировать Солнце как самое массивное тело, но если для первого задания указания на Солнце достаточно, поскольку речь идет об основной причине, то во втором задании при расчете траектории “инженеры”, конечно, должны учитывать гравитационное влияние и других тел. Оба этих задания можно рассматривать как качественные задачи, в которых анализируются реальные ситуации, связанные с явлением тяготения при условии что от учащихся ожидается как можно более полный и обоснованный письменный ответ.

Напомним еще раз, что важное значение при изучении физики является способность применять знания в практических ситуациях, то есть по существу демонстрировать естественно-научную грамотность. Этой задаче соответствует и такой из предметных результатов изучения физики на углубленном уровне:

“объяснять физические явления, процессы и свойства тел, в том числе в контексте ситуаций практико-ориентированного характера, и решать качественные задачи, в том числе требующие численного оценивания

характерных значений физических величин; при этом выбирать адекватную физическую модель, выявлять причинно-следственные связи и выстраивать логическую цепочку рассуждений с опорой на изученные свойства физических явлений, физические законы, закономерности и модели”.

Рассмотрим, как к достижению этого предметного результата может приближать работа с учебными заданиями в духе естественно-научной грамотности при изучении темы “Сила трения”. Проблема, почти как всегда, состоит в том, чтобы увидеть возможность применения полученных знаний в новой ситуации (перенос знаний). Применительно к силе трения речь идет, в первую очередь, о применении закона о зависимости силы трения скольжения от силы давления и свойств трущихся поверхностей. И пусть этот закон в явном (математическом) виде, как правило, не изучается в 7 классах даже при углубленном изучении физики, соответствующая зависимость исследуется и выявляется в одной из лабораторных работ (см. Программу). Программа в тематическом планировании рекомендует также “решение качественных задач, основанных на анализе практических ситуаций, в которых проявляется действие силы трения, используются способы её уменьшения или увеличения (катание на лыжах, коньках, торможение автомобиля, использование подшипников, плавание водных животных и др.)”.

Первый пример – одно из заданий, входящих в состав комплексного задания «Какие шины лучше?» [4] (см. ниже).

Представьте, что три одинаковых автомобиля едут по одному и тому же дорожному покрытию с одинаковой скоростью. На автомобилях стоят колеса с шинами, сделанными из одной и той же резины, но имеющими разные размеры: на первом автомобиле – шины 1, на втором – шины 2, на третьем – шины 3 (см. рисунок).



У какого из автомобилей будет самый короткий тормозной путь, если все три автомобиля начинают торможение при одной и той же скорости и во время торможения колеса полностью заблокированы?

Отметьте один верный вариант ответа.

А. У автомобиля с шинами 1.	☐
Б. У автомобиля с шинами 2.	☐
В. У автомобиля с шинами 3.	☐
Г. Одинаковый у всех трёх автомобилей.	☐

Даже если на уроках не обсуждались подобного рода реальные ситуации, ключ к верному выбору ответа (Г) кроется в наблюдении или проведении опытов с определением силы трения, действующей на брусок с гранями разной площади, но одинакового качества. Выполнение задания с шинами предполагает перенос результатов этих опытов (сила трения не зависит от того, на какой грани лежит брусок) на ситуацию с

шинами. Другое дело, что в задании вопрос касается тормозного пути. Тем самым мы вновь встречаемся с необходимостью использования модели для решения этой задачи. Действительно, надо связать длину тормозного пути с силой трения, представить автомобиль на разных шинах как один и тот же брусок на разных гранях и вспомнить, от чего зависит сила трения, основываясь на опытах или, возможно, на соответствующей формуле (если она все же вводилась в классах с углубленным изучением физики), где не фигурирует площадь поверхности, а лишь сила давления (в ряде случаев просто вес) и коэффициент трения для трущихся поверхностей.

Второй пример – комплексное задание “Лыжи”, размещенное на том же портале [4]. Ниже приведены 2 из 3-х заданий, составляющих это комплексное задание.

Лыжи

❖ Денис и Андрей увлекаются беговыми лыжами, но Андрей обычно опережает Дениса на дистанции. Денис объясняет это тем, что он крупнее и тяжелее Андрея, и поэтому лыжи под ним скользят по лыжне хуже, чем лыжи под Андреем.



Рисунок 1

Задание 1.

Согласны ли вы с тем, что лыжи под Денисом должны скользить хуже, чем лыжи под Андреем, при условии, что сами лыжи у ребят совершенно одинаковые?

Выберите «Да» или «Нет».

☐ Да
☐ Нет

Объясните свой выбор.

❖ Каждый, кто катался на лыжах, знает, что у лыж иногда бывает отдача. Когда лыжник, делая очередной шаг на лыжне, отталкивается ногой, то лыжа, вместо того чтобы скользить вперед, проскальзывает назад, мешая лыжнику быстро бежать. Это и есть отдача. Для того чтобы уменьшить или даже совсем устранить отдачу, используют так называемую лыжную мазь держания. Ее наносят на лыжу в области максимального прогиба, как показано на рисунке 3.

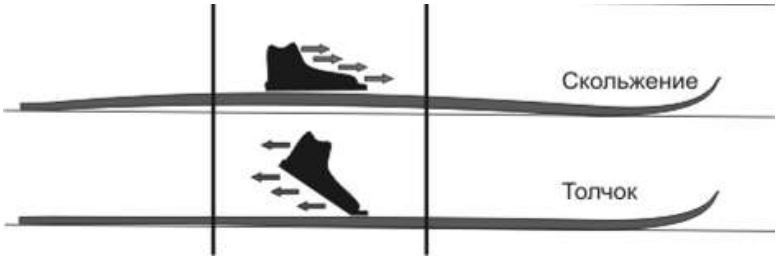


Рисунок 2

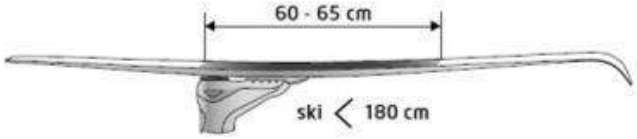


Рисунок 3

Задание 3.

Каково должно быть действие мази держания?
Выберите один ответ.

А. Уменьшение трения между лыжей и снегом во время свободного скольжения лыжника по лыжне.
Б. Увеличение трения между лыжей и снегом во время свободного скольжения лыжника по лыжне.
В. Уменьшение трения между лыжей и снегом во время отталкивания от лыжни.
Г. Увеличение трения между лыжей и снегом во время отталкивания от лыжни.

Задание 1, как и задание о шинах, оказывается достаточно трудным для большинства 7-классников (да и для учащихся 9 классов). Причина этого понятна. Здесь вновь для объяснения нужно *модельно* воспринимать ситуацию, мысленно преобразуя картинку из задания в схему, в которой вместо мальчиков фигурируют физические тела разной массы, а качество скольжения связывается с силой трения скольжения, действующей на тела разной массы. Как мы уже знаем, преобразовать реальную ситуацию в модель – непростая задача, но именно это действие и составляет суть

физического мышления. Конечно, учащийся может успешно выполнить задание просто благодаря своей интуиции, или быстро распознав, что перед ним случай знакомого ему закона о пропорциональности силы трения скольжения силе давления.

Задание 3 – более простое, но в нем как раз представлен случай, когда трение играет полезную роль.

У кого-то может возникнуть вопрос: а зачем вообще мы рассматриваем эти бытовые ситуации, в которых фигурируют лыжи, джамперы, текущие реки и т.д. Ведь это даже не задачи в нашем привычном понимании, где надо, например, вычислить силу, действующую на тело, или удлинение пружины под действием груза. Однако если все же относиться к учебному предмету “физика” не как к набору теоретических знаний, а способу научного понимания окружающих явлений, тогда мы должны показывать учащимся, как “работает” физика практически в любом знакомом нам явлении или процессе, и научить их самих это видеть.

Перейдем к рассмотрению некоторых аспектов раздела 4 «Давление твердых тел, жидкостей и газов». Далее приведено содержание и тематическое планирование раздела.

Раздел 4. Давление твердых тел, жидкостей и газов

Давление. Сила давления. Способы уменьшения и увеличения давления. Давление газа. Зависимость давления газа от объема и температуры. Передача давления твердыми телами, жидкостями и газами. Закон Паскаля. Пневматические машины.

Зависимость давления жидкости от глубины погружения. Гидростатический парадокс. Сообщающиеся сосуды. Гидравлические механизмы. Использование высоких давлений в современных технологиях Устройство водопровода.

Атмосфера Земли и атмосферное давление. Причины существования

воздушной оболочки Земли. Опыт Торричелли. Измерение атмосферного давления. Зависимость атмосферного давления от высоты над уровнем моря. Приборы для измерения атмосферного давления.

Действие жидкости и газа на погруженное в них тело. Выталкивающая (архимедова) сила. Закон Архимеда. Условие возникновения выталкивающей (архимедовой) силы, подтекание. Плавание тел. Воздухоплавание.

Демонстрации

1. Зависимость давления газа от температуры.
2. Передача давления жидкостью и газом.
3. Сообщающиеся сосуды.
4. Гидравлический пресс.
5. Проявление действия атмосферного давления.
6. Сифон.
7. Зависимость выталкивающей силы от объёма погруженной в жидкость части тела и плотности жидкости.
8. Равенство выталкивающей силы весу вытесненной жидкости.
9. Условие плавания тел: плавание или погружение тел в зависимости от плотности тела и жидкости.

Лабораторные работы и опыты

1. Исследование зависимости веса тела в воде от объема погруженной в жидкость части тела.
2. Определение выталкивающей силы, действующей на тело, погруженное в жидкость.
3. Проверка независимости выталкивающей силы, действующей на тело в жидкости, от массы тела.
4. Опыты, демонстрирующие зависимость выталкивающей силы, действующей на тело в жидкости, от объема погруженной в жидкость части тела и от плотности жидкости.
5. Конструирование ареометра или конструирование лодки и определение её грузоподъёмности.

№	Тематические блоки, темы	Основное содержание	Основные виды деятельности учащихся
Раздел 4. Давление твердых тел, жидкостей и газов (28-30 ч)			
10	**Давление. Передача давления твердыми телами, жидкостями и газами.**	Давление. Сила давления. Способы уменьшения и увеличения давления. Давление газа. Зависимость давления газа от объема и температуры. Передача давления твердыми, жидкостями и газами. Закон Паскаля. Пневматические машины.	Анализ и объяснение опытов и практических ситуаций, в которых проявляется сила давления. Обоснование способов уменьшения и увеличения давления. Изучение зависимости давления газа от объема и температуры. Изучение особенностей передачи давления твердыми телами, жидкостями и газами. Обоснование результатов опытов особенностями строения вещества в твердом, жидком и газообразном состояниях. Экспериментальное доказательство закона Паскаля. Решение задач на расчёт давления твёрдого тела.
11	**Давление жидкости.**	Зависимость давления жидкости от глубины погружения. Гидростатический парадокс. Сообщающиеся сосуды. Гидравлические механизмы. Использование высоких давлений в современных технологиях. Устройство водопровода.	Исследование зависимости давления жидкости от глубины погружения и плотности жидкости. Наблюдение и объяснение гидростатического парадокса на основе закона Паскаля. Изучение сообщающихся сосудов. Решение задач на расчет давления жидкости. Объяснение принципа действия гидравлического пресса. Анализ и объяснение практических ситуаций, демонстрирующих проявление давления жидкости и закона Паскаля, например, процессов в организме при глубоководном нырянии (МС – биология). Анализ систем водопровода.
12	**Атмосферное давление.**	Атмосфера Земли и атмосферное давление. Причины существования воздушной оболочки Земли. Опыт	Экспериментальное обнаружение атмосферного давления. Анализ и объяснение опытов и практических ситуаций, связанных с действием

		Торричелли. Измерение атмосферного давления. Зависимость атмосферного давления от высоты над уровнем моря. Приборы для измерения атмосферного давления.	атмосферного давления. Планирование и постановка опыта с сифоном. Объяснение существования атмосферы на Земле и некоторых планетах или ее отсутствия на других планетах и Луне (МС – география, астрономия). Решение качественных и расчётных задач, связанных с действием атмосферного давления, изменением плотности атмосферы с высотой и зависимостью атмосферного давления от высоты. Изучение устройства барометра-анероида. Конструирование простейшего манометра.
13	**Действие жидкости и газа на погруженное в них тело.**	Действие жидкости и газа на погруженное в них тело. Выталкивающая (архимедова) сила. Закон Архимеда. Условие возникновения выталкивающей (архимедовой) силы, подтекание. Плавание тел. Воздухоплавание.	Экспериментальное обнаружение действия жидкости и газа на погруженное в них тело. Определение выталкивающей силы, действующей на тело, погруженное в жидкость. Проведение и обсуждение опытов, демонстрирующих зависимость выталкивающей силы, действующей на тело в жидкости, от объема погруженной в жидкость части тела и от плотности жидкости. Исследование зависимости веса тела в воде от объема погруженной в жидкость части тела. Решение задач на применение закона Архимеда и условия плавания тел. Конструирование ареометра. Конструирование лодки и определение её грузоподъёмности.

Содержание раздела 4 предоставляет богатые возможности для анализа различных жизненных ситуаций, в которых проявляет себя давление твердых тел, жидкости и газа. В этих случаях мы оказываемся в той

области проблем и постановки задач, которая относится к естественно-научной грамотности. В пособии [5] упоминаются многие из этих ситуаций: предметы и технические устройства, в которых намеренное уменьшение или увеличение давления используется для выполнения определенных действий (широкие покрышки или гусеницы, колющие или режущие предметы, и т.д.); действие гидростатического давления на живые организмы; климатические следствия изменений атмосферного давления или принципы измерения кровяного давления человека. Любая из подобных ситуаций допускает постановку вопросов, предполагающих объяснение каких-то явлений, решение качественных и расчетных задач, проведение исследований, анализ и интерпретацию фактических данных. Все это представлено в предметных результатах изучения физики на углубленном уровне (см. таблицу 1).

Рассмотрим примеры комплексных заданий, в которых с разных сторон анализируются эффекты, связанные с атмосферным и гидростатическим давлением. Первое из этих заданий «Как заставить воду течь вверх?», размещенное на портале Российской электронной школы (РЭШ) https://fg.resh.edu.ru и портале [4]. Ниже это комплексное задание приведено почти полностью. Отметим, что комплексное задание может быть комплексным не только с точки зрения формата (задание в формате PISA), но и с точки зрения комбинированного содержания, в частности, объединения вопросов, относящихся к разным темам предметного курса. На примере этого задания мы видим, что первый вопрос в нем (1/5) связан с силой тяжести (земным притяжением), а остальные вопросы – с гидростатическим и атмосферным давлением, в том числе принципом действия сифона и водопроводной системой. Все эти содержательные элементы можно найти в Программе (см., например, таблицу 1, п. 16):

“характеризовать принципы действия изученных приборов, технических устройств и технологических процессов с опорой на их описания (в том числе: подшипники, устройство водопровода, гидравлический пресс, сифон, манометр, высотомер, поршневой насос,

ареометр), используя знания о свойствах физических явлений и необходимые физические законы и закономерности”.

Одна из самых древних водопроводных систем работала просто благодаря гравитации, и этому посвящено задание 1/5. Об особенностях распознавания действия силы тяжести в различных процессах и явлениях говорилось выше, и на задании 1/5 желательно просто проверить, насколько легко справляются с подобной постановкой вопроса учащиеся, углубленно изучающие физику в 7 классах. Можно считать, что это задание предлагается им в качестве «разминки». Дальше следуют более трудные задания. Действие гидростатического и атмосферного давления рассматривается на примере водопроводной системы с водонапорной башней (2/5), всасывания напитка через соломинку (3/5) и сифона (4/5). Заметим, что всасывание жидкости через соломинку можно рассматривать как самостоятельную качественную задачу. Для этого, конечно, ее надо трансформировать в задание с открытым ответом (т.е. снять варианты ответа). И не стоит строить иллюзий относительно кажущейся простоты или банальности вопроса, поставленного в задании 3/5. Полный и физически грамотный ответ на этот вопрос требует достаточно серьезного анализа, и навыки этого анализа должны формироваться при углубленном изучении физики. Было бы также очень хорошо, если бы учащиеся увидели сходство ситуации с соломинкой с опытом Торричелли, если этот опыт рассматривался до выполнения задания. Задание 4/5, в котором предлагается вопроизвести эксперимент юного Роберта Вуда, можно отнести к заданиям исследовательского характера, поскольку в нем из предлагаемых элементов надо выстроить план эксперимента, приводящий к нужному результату. В классах с углубленным изучением физики это задание желательно выполнить «живьем», обосновывая и объясняя свои действия. При этом, в зависимости от степени самостоятельности учащихся, которую планирует увидеть учитель, учащиеся могут проводить эксперимент или с «подпоркой» в виде набора действий (как в задании 4/5) или просто по описанию опыта юного Роберта Вуда

(введение к заданию) и рисунку в правой части задания 4/5, но без набора действий, как в левой части задания. Выполнение учащимися этого опыта соответствует одному из предметных результатов углубленного изучения физики: «совместно с учителем формулировать задачу и гипотезу исследования, самостоятельно планировать исследование, самостоятельно собирать экспериментальную установку с использованием инструкции…”.

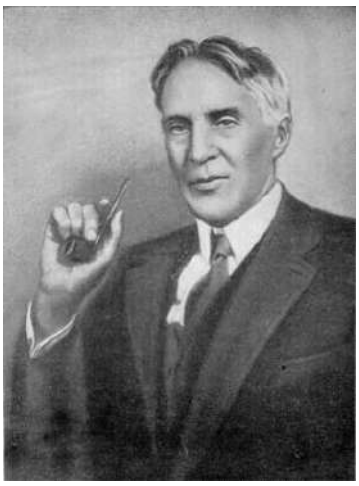
Как заставить воду течь вверх?

Введение

Прочитайте введение. Затем наж мите на стрелку ДАЛЕЕ.

КАК ЗАСТАВИТЬ ВОДУ ТЕЧЬ ВВЕРХ

Саша прочитал в одной книге, что знаменитый американский физик и изобретатель Роберт Вуд ещё мальчишкой проводил увлекательные опыты. Сашу очень заинтересовал один из его экспериментов. На дороге в городке, где жил юный Роберт, стояла лужа, которая никак не просыхала. Хорошо было бы удалить воду из этой лужи в проходящую рядом канаву, но между лужей и канавой находился забор. Юный экспериментатор придумал, как перелить воду из лужи в канаву с помощью шланга. И после того как Роберт с товарищем произвели некоторые действия, по шлангу, опущенному одним концом в лужу и перекинутому через забор, потекла вода, выливаясь в канаву. Она текла до тех пор, пока в луже воды не осталось. Но в книге не было ясно описано, как же юный Роберт заставил воду из лужи течь по шлангу вверх. И Саша решил сам додуматься до того, как же это сделать. Но перед этим он проанализировал разные ситуации, когда вода течёт сверху вниз и снизу вверх.



Роберт Вуд

Как заставить воду течь вверх?
Задание 1 / 5

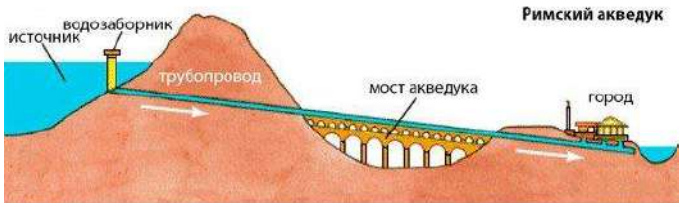
Прочитайте текст, располож енный справа. Для ответа на вопрос отметьте нуж ный вариант ответа.

В чём состоит главная причина того, что вода движется по акведуку?

*Отметьте **один** верный вариант ответа.*

- Земное притяжение
- Притяжение Луны
- Разница в температурах между верхней и нижней точками акведука
- Разница в атмосферном давлении между верхней и нижней точками акведука

Конечно, гораздо более понятны ситуации, когда вода течёт от более высокой точки к более низкой. Так текут реки, вода из крана, так двигалась вода по акведукам к городам Древнего Рима.





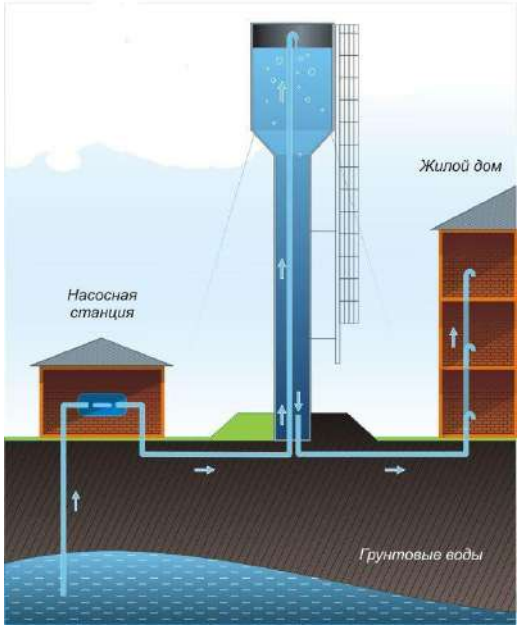
Как заставить воду течь вверх?
Задание 2 / 5

Прочитайте текст, расположенный справа. Запишите свой ответ на вопрос.

Какому условию должна подчиняться высота жилого дома, чтобы вода, подаваемая водонапорной башней, могла подняться по трубам до верхних этажей?

Объясните свой ответ.

Но и когда вода течёт снизу вверх – это тоже не такой уж редкий случай. В посёлках и небольших городах часто есть водонапорная башня. Вверху башни находится бак, который наполняется водой. Из бака вода по трубам спускается вниз и поступает в дома, поднимаясь там до верхних этажей.



Как заставить воду течь вверх?
Задание 3 / 5

Прочитайте текст, расположенный справа. Для ответа на вопрос отметьте нужный вариант ответа.

Почему жидкость поднимается вверх, когда мы всасываем её через соломинку?

*Отметьте **один** верный вариант ответа.*

- На жидкость в стакане действует атмосферное давление, а на жидкость внутри соломинки не действует.
- На жидкость в стакане действует сила тяжести, а на жидкость внутри соломинки не действует.
- Жидкость притягивается внутренними стенками соломинки.
- Жидкость притягивается к всасываемому воздуху.

Саша любит пить сок через соломинку. Но теперь он задался вопросом, а почему же сок поднимается вверх, когда он пьет его через соломинку.



Как заставить воду течь вверх?
Задание 4 / 5

Прочитайте текст, располож енный справа. Для ответа на вопрос используйте метод «Перетащить и оставить».

Расположите в правильной последовательности действия Саши и Игоря, после которых вода начинает переливаться из одного сосуда в другой по трубке, перекинутой через барьер.

Используйте метод «Перетащить и оставить», чтобы переместить соответствующие прямоугольники с буквами в ячейки цепочки. Чтобы изменить свой ответ, перетащите элемент на его исходное место, а затем перетащите другой элемент в выбранное место.

А Саша через открытый конец трубки налил в неё доверху воды

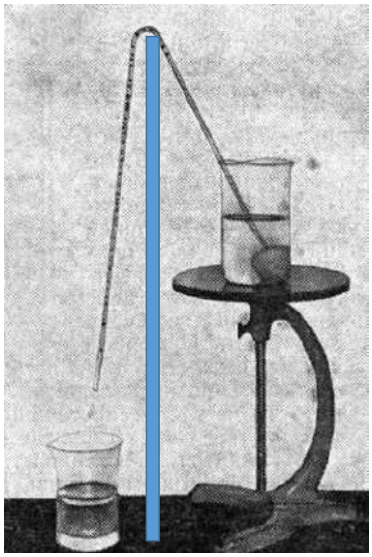
Б Игорь убирает палец и открывает свой конец трубки

В Саша перекидывает трубку через барьер

Г Игорь заткнул конец трубки пальцем и опустил этот конец трубки в воду



Наконец Саша со своим другом Игорем решили повторить опыт юного Роберта Вуда. Вместо лужи они использовали сосуд с водой. Вместо забора поставили перед ним барьер, а за барьером расположили другой сосуд, в который они и собирались перелить воду из первого сосуда. Ребята не знали точной последовательности действий Роберта Вуда и его товарища, поэтому опыт получился у них не сразу. Но в конце концов они поняли, как и в каком порядке надо действовать, и вода начала переливаться из первого сосуда во второй.



Еще одно комплексное задание, в котором проявляется действие атмосферного давление – “Антиграв и хватка осьминога”. Познакомиться с ним полностью можно в пособии [14, с. 50]. Описание исходной проблемной ситуации (см. ниже) и следующий за этим вопрос можно рассматривать как условие качественной задачи, предполагающей физическое объяснение описанного явления. Заметим, что когда авторы этих материалов вместе с коллегами сами впервые увидели эту игрушку, они испытали такое же (а может, и большее) удивление, какое в этих же обстоятельствах обычно испытываают ребята. И в первый момент даже у некоторых учителей физики возникает вопрос: «А как это работает?». Но все же лучше не ограничиваться только этим вопросом и форматом короткой качественной задачи, а провести на этом материале исследование, включающее аналитический и экспериментальный этапы.

Антиграв и хватка осьминога

Мише подарили управляемую машинку, которая может ездить по стене, по окну и даже по потолку. Эта игрушка называется «Антигравитационая машинка» или просто «Антиграв» (рис. 1).

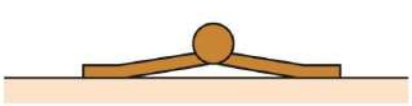


Рис. 1

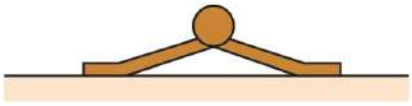
«Как она работает?» – спросил Миша у старшего брата-студента Льва. Лев повертел игрушку в руках, включил ее и после этого сказал: «Попробуем разобраться вместе». После этого он предложил Мише выполнить следующие задания.

Как мы увидим далее, все это комплексное задание можно рассматривать как разбитый на шаги эвристический процесс, то есть путь к открытию субъективно нового знания. Этот путь начинается с удивления, продолжается затем в виде анализа фактов (включающего и исследовательские действия), а заканчивается пониманием и объяснением, то есть в данном случае ответом на первоначально поставленный вопрос, а как же она (машинка) работает.

Анализ фактов начинается с выполнения заданий, связанных с принципом действия обычных присосок (см. ниже), где уже должно “появиться” понятие атмосферного давления. Но, кроме того, может возникнуть еще и понимание того, что даже небольшая разница давлений может привести к эффекту “присасывания”.



положение 1



положение 2

Рис. 3

Задание 1

Чем отличаются друг от друга эти два положения присоски? Отметьте один верный ответ.

A. В положении 2 объём воздуха под присоской меньше; давление воздуха под присоской меньше, чем в положении 1.
B. В положении 2 объём воздуха под присоской меньше; давление воздуха под присоской больше, чем в положении 1.
C. В положении 2 объём воздуха под присоской больше; давление воздуха под присоской меньше, чем в положении 1.
D. В положении 2 объём воздуха под присоской больше; давление воздуха под присоской больше, чем в положении 1.

Задание 2

Если вы сделали верный выбор в задании 1, то вам будет нетрудно объяснить, почему присоска удерживается на поверхности. Напишите своё объяснение ниже.

Объяснение: _____

_____

Отметим, что в условиях урока могут демонстрироваться и какие-то настоящие присоски, благодаря чему текстовые задания обретают предметность и наглядность.

Далее эффект присоски рассматривается на примере осьминога, где место атмосферного давления занимает уже давление гидростатическое, и учащимся предлагается выполнить задание, в котором сравниваются эти две ситуации, и в них выделяются признаки сходства и отличия [14, сс. 51-53]. Принесенные в класс реальные присоски можно попробовать и в воде (например, в аквариуме), давая объяснение тому, почему они там работают или не работают.

В следующем задании предлагается придумать экспериментальный способ определения силы присоски (см. ниже).

Задание 4

Разные присоски с разной силой прижаты к поверхности. Одни, как стрелу дартса (см. рис. 2*а*), оторвать довольно легко, с помощью других можно удерживать тяжелые предметы, например, большие оконные стёкла.



Рис. 7

Предложите способ, с помощью которого можно измерить силу присоски такого типа, который показан на рисунке 7.

Ответ: _____

_____

Разумеется, при использовании этого задания в учебном процессе этот экспериментальный способ нужно не только придумать, но и реализовать. Может показаться, что идея такого эксперимента проста: надо зацепить петлю “прилипшей” к какой-то поверхности присоски динамометром, плавно потянуть и зафиксировать показания динамометра, при которых присоска “оторвется”. Однако для того, чтобы учащийся пришел к этому способу, он должен физически интерпретировать понятие “сила присоски”, представив ее измеряемой величиной и, соответственно, вспомнить способ, с помощью которого эта величина измеряется. Тем самым мы вновь оказываемся

в *модельной ситуации*. Затем проводится само экспериментальное исследование, которое вполне соответствует следующим предметным результатам углубленного изучения физики (см. таблицу 1):

- “проводить прямые и косвенные измерения физических величин (…сила…) с использованием аналоговых и цифровых приборов; обосновывать выбор метода измерения, фиксировать показания приборов, находить значение измеряемой величины с помощью усреднения результатов серии измерений и оценивать погрешность измерений”;

- «совместно с учителем формулировать задачу и гипотезу исследования, самостоятельно планировать исследование, самостоятельно собирать экспериментальную установку с использованием инструкции…”.

Два завершающих задания (см. ниже) подводят учащихся к ответу на первоначальный вопрос, а тем самым и к научному объяснению того, почему машинка, вопреки гравитации, может ездить по стене и потолку. При этом и здесь присутствует экспериментальный момент, а именно, обнаружение того, что машинка всасывает воздух (задание 5). А дальше, на основании этого факта и выполнения всех предыдущих действий, нужно путем рассуждений прийти к окончательному выводу.

Задание 5

После того как Миша (вместе с вами) выполнил все задания, Лев снова включил машинку и предложил Мише приложить ладонь к её дну. «Она засасывает воздух, как пылесос», — заметил Миша. «Тогда ответь, что происходит в результате всасывания воздуха из-под машинки в то время, когда она едет по стене или потолку», — спросил Лев. А вы как думаете?



Рис. 8

Выберите один ответ.

A. Увеличивается давление воздуха под машинкой.
B. Уменьшается сила тяжести, действующая на машинку.
C. Уменьшается трение между машинкой и поверхностью.
D. Уменьшается давление воздуха под машинкой.

Задание 6

«Теперь, я думаю, ты уже и сам сможешь объяснить, как работает эта машинка», — сказал Лев брату.

Объясните, почему машинка может ездить по стенам и потолку. Напишите своё объяснение ниже.

Объяснение: _____

_____

Нетрудно представить, что на материале этого комплексного задания может быть выстроен целый урок, лабораторная работа или занятие практикума, сочетающее в себе экспериментальную и условно теоретическую части. Для этого, конечно, школе нужно приобрести такую машинку,

с демонстрации возможностей которой и постановки проблемы надо начать учебное занятие. Проведение такого урока или лабораторной работы исследовательского типа вряд ли это можно считать напрасной затратой учебного времени. Формально мы решаем здесь разные дидактические задачи: мотивационную, формирование умений, связанных с установлением причинно-следственных связей, исследовательских экспериментальных умений, и даже стимулирование креативных способностей. При этом мы работаем с программным материалом, его актуализацией и способами практического применения.

Заключение

Изучение физики в 7 классах в соответствии с примерной рабочей программой (углубленный уровень) направлено на достижение целей и решение задач, сформулированных в ФГОС ООО. Вектор развития школьного физического образования определяется также в Концепции преподавания учебного предмета «Физика» [16], где отмечается необходимость введения углубленного изучения этого предмета на уровне основного общего образования для учащихся с повышенной мотивацией. Также в [16] естественно-научная грамотность определяется в качестве главной задачи изучения физики на уровне основного общего образования, говорится о необходимости включения в курс физики элементов содержания, связанных с с современными достижениями науки и технологий, формировании методологических и экспериментальных умений, умений работать в цифровой среде. Однако существуют трудно решаемые проблемы включения новых и актуальных элементов содержания в учебники физики, которые по объективным причинам не могут слишком часто обновляться. Такие элементы содержания могут входить в состав учебных заданий, примеры которых представлены в данном пособии. Действительно, содержание таких заданий, может основываться на современном материале, новых проблемных ситуациях, которые тем не менее поддаются анализу с использованием знаний и умений, осваиваемых в школе. К этим умениям относятся и методологические умения, зафиксированные в виде предметных результатов углубленного изучения физики. Задания, направленные на формирование методологических (исследовательских) умений, часто могут трансформироваться в полноценные экспериментальные задачи, требующие порой креативных решений.

Эти относительно новые подходы, конечно же, не находятся в противоречии со зрелой методикой обучения физике, развитой

выдающимися отечественными учеными-методистами. Наоборот, классические методики всегда отдавали приоритет деятельности как необходимому условию овладения знаниями и умениями, а также формированию способности и готовности учащихся применять эти знания и умения на практике.

В данном пособии затронуты лишь некоторые аспекты углубленного изучения физики на уровне основного общего образования. Более развернутые методические рекомендации могут появиться на базе практики углубленного изучения физики в основной школе, проблем, которые обнаруживаются в любом новом деле, и находок учителей, способных решать эти проблемы.

Список источников

1. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования / Министерство просвещения Российской Федерации. Реестр примерных основных образовательных программ. https://fgosreestr.ru/educational_standard/federalnyi-gosudarstvennyi-obrazovatelnyi-standart-osnovnogo-obshchego-obrazovaniia

2. Примерная рабочая программа основного общего образования. Физика. Углубленный уровень (для 7-9 классов образовательный организаций) / Министерство просвещения Российской Федерации. Реестр примерных основных образовательных программ. https://fgosreestr.ru/oop/354

3. Примерная рабочая программа основного общего образования. Физика. Базовый уровень (для 7-9 классов образовательный организаций) / Министерство просвещения Российской Федерации. Реестр примерных основных образовательных программ. https://fgosreestr.ru/oop/primernaia-rabochaia-programma-osnovnogo-obshchego-obrazovaniia-fizika

4. Основные подходы к оценке естественнонаучной грамотности / Сетевой комплекс информационного взаимодействия субъектов Российской Федерации в проекте «Мониторинг формирования функциональной грамотности». Институт стратегии развития образования Российской академии образования. http://skiv.instrao.ru/support/demonstratsionnye-materialya/estestvennonauchnaya-gramotnost.php

5. Никифоров Г.Г., Пентин А.Ю., Попова Г.М.; под ред. А.Ю. Пентина. Изучение физики на основе научного метода познания. 7 класс: методическое пособие – М.: Дрофа. 2019. 235 с. https://www.litres.ru/gennadiy-nikiforov/izuchenie-fiziki-na-osnove-nauchnogo-metoda-po-63754106/

6. Разумовский В.Г. Физика в школе. Научный метод познания и обучение / В.Г. Разумовский, В.В. Майер. – М.: ВЛАДОС. 2004.

7. Никифоров Г.Г. Погрешности в лабораторных работах по физике при выполнении экспериментальных и практико-ориентированных заданий ОГЭ и ЕГЭ. – М.: Дрофа. 2018.

8. Интерактивные методические кейсы. Физика. Погрешность измерения. Ее учет в экспериментальных исследованиях / Г.Г. Никифоров, М.А. Пчелкина, Н.В. Андреева. – Портал «Единое содержание общего образования https://content.edsoo.ru/case/subject/9/

9. Сауров Ю.А. Принцип цикличности в методике обучения физике: историко-методологический анализ: монография / Ю.А. Сауров. – Киров: Изд-во КИПК и ПРО. 2008.

10. Разумовский В.Г., Сауров Ю.А., Синенко В.Я. Деятельность моделирования как фундаментальная учебная деятельность / Сибирский учитель. 2013. №2 (87). С. 5-16.

11. Разумовский В.Г., Пинский А.А. Метод модельных гипотез как метод познания и объект изучения / Физика в школе. 1997. №2.

12. Естественно-научная грамотность: сборник эталонных заданий. Выпуск 2: учебное пособие для общеобразовательных организаций / Г.С. Ковалева, А.Ю. Пентин, Н. А. Заграничная и др.; под ред. Г. С. Ковалевой, А. Ю. Пентина. – М. ; СПб.: Просвещение, 2021. – 143 с.

13. Интерактивные методические кейсы. Физика. Взаимодействие тел. Масса / Г.Г. Никифоров, М.А. Пчелкина, Н.В. Андреева. – Портал «Единое содержание общего образования https://content.edsoo.ru/case/subject/9/

14. Естественно-научная грамотность: сборник эталонных заданий. Выпуск 1: учебное пособие для общеобразовательных организаций / Г.С. Ковалева, А.Ю. Пентин, Е. А. Никишова, Г.Г. Никифоров; под ред. Г.С. Ковалевой, А.Ю. Пентина. – М. ; СПб.: Просвещение, 2021. – 95 с.

15. Интерактивные методические кейсы. Физика. Обобщающий урок инженерной направленности по теме «Работа. Мощность. Простые механизмы» / Г.Г. Никифоров, М.А. Пчелкина, Н.В. Андреева. – Портал

«Единое содержание общего образования https://content.edsoo.ru/case/subject/9/

16. Концепции преподавания учебного предмета «Физика» в образовательных организациях Российской Федерации, реализующих основные общеобразовательные программы / Министерство просвещения Российской Федерации. Банк документов https://docs.edu.gov.ru/document/60b620e25e4db7214971c16f6b813b0d/

Научное издание

Пентин Александр Юрьевич

ФИЗИКА. 7 КЛАСС (УГЛУБЛЕННЫЙ УРОВЕНЬ).
РЕАЛИЗАЦИЯ ТРЕБОВАНИЙ ФГОС ОСНОВНОГО ОБЩЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Методическое пособие для учителя

Под редакцией Г. С. Ковалевой

101000, г. Москва, ул. Жуковского, д.16
Центр редакционно-издательской деятельности ФГБНУ ИСРО РАО
Тел. +7(495)621-33-74
info@instrao.ru
https://instrao.ru

Подготовлено к изданию 30.11.22.
Формат 60x90 1/8.
Усл. печ. л. 5.