Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

М.А. Кучеренко

КОГНИТИВНАЯ КАРТА И СИСТЕМАТИКА ЗАДАЧ КАК МЕТОДИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ ФИЗИКЕ

Учебно-методическое пособие

Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по программе профессиональной переподготовки «Инновационная педагогика»

Оренбург
2019

УДК 53:373.5(075.8)
ББК 22.3я731+74.202я73
К 95

Рецензент - доктор физико-математических наук, доцент Т.М. Чмерева,

Кучеренко, М.А.
К95 Когнитивная карта и систематика задач как методические средства обучения физике [Электронный ресурс]: учебно-методическое пособие / М.А. Кучеренко; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019. – 111 с.
ISBN 978-5-7410-2390-7

Учебно-методическое пособие «Когнитивная карта и систематика физических задач» содержит ориентировочную основу деятельности, которая поможет практикующему или будущему учителю физики организовывать подготовку к государственной итоговой аттестации выпускников основной ступени средней школы. В пособии выполнен анализ заданий из открытого банка ОГЭ по физике, предложены педагогические техники обучения физике, прошедшие практическую апробацию в Межотраслевом региональном центре повышения квалификации и профессиональной переподготовки специалистов и на факультете повышения квалификации преподавателей университета.

Пособие предназначено для студентов, осваивающих курс «Методика преподавания физики» по программе профессиональной переподготовки «Инновационная педагогика». Издание может быть полезно для служащих, повышающих квалификацию по программе «Теоретические и практические основы подготовки школьников к основному государственному экзамену по физике».

УДК 53:373.5(075.8)
ББК 22.3я731+74.202я73

ISBN 978-5-7410-2390-7

Содержание

Бессмысленно продолжать делать то же самое и ждать других результатов

А. Эйнштейн

Введение

Целью основного государственного экзамена по физике (ОГЭ) является оценка общеобразовательной подготовки выпускников-девятиклассников по итогам выполнения контрольно-измерительных материалов (КИМ), содержание которых определяется Федеральным компонентом государственного образовательного стандарта 2004 года. В ходе государственной итоговой аттестации выпускников основной школы реализуется возможность дифференциации обучающихся для дальнейшего получения ими физического образования в профильных классах средней школы.

В КИМ включены задания базового, повышенного и высокого уровня сложности, проверяющие качественные особенности следующих видов деятельности школьника:

1. усвоение понятий, терминов, принципов, закономерностей и законов науки;
2. овладение методологическими знаниями (совокупностью научных методов познания природы) и экспериментальными умениями (измерение, обработка и анализ результатов измерения, формулирование выводов);
3. решение поставленных учебных задач в ходе смыслового чтения учебного текста физического содержания;
4. применение знаний для решения количественных и качественных задач различного уровня сложности, а также для объяснения явлений и процессов природы в ситуациях смысло-жизненного и практико-ориентированного характера.

Для учителя основой методики подготовки учащихся к ОГЭ является, прежде всего, собственный опыт двусторонней и взаимообусловленной учебной деятельности, но вместе с тем он, как субъект образовательного процесса, должен на каждом его этапе ставить себя перед вопросами такого рода, как:

- для чего учить (целеполагание)?

- чему учить (отбор содержания в соответствии с логической структурой темы или раздела)?
- как учить (на основе арсенала уже используемых и заново присваиваемых форм, приемов и методов в рамках системно-деятельностного, личностно-ориентированного и герменевтического подходов в обучении)?

В связи с этим предложенное учебно-методическое пособия для учителей и для тех, кто готовится ими стать, имеет такое содержание, чтобы каждый его раздел стал основой для структурирования их деятельности посредством работы с тематическими когнитивными картами и предложенными систематиками физических задач, являющимися методическими разработками сотрудников физического факультета Оренбургского государственного факультета.

Кроме того, автор посчитал возможным, используя многолетний опыт работы со школьниками в Университетской физико-математической школе и профильных классах филиала кафедры общей физики университета, предложить избранные ключевые опоры в методическую копилку учителя.

Многочасовой анализ Открытого банка заданий ОГЭ по физике позволил возможность представить в пособии методический анализ наиболее значимых, на взгляд автора, элементов содержания и решения задач раздела «Механика».

Добавим, что в данном пособии приведен список литературы, который может быть полезен в работе как учителя, так и учащихся.

Заметим, что, предложенные методические средства для подготовки к государственной аттестации по физике в основной школе могут стать ориентировочной основой деятельности учителя, который, опираясь на свой профессиональный субъектный опыт, будет выстраивать многоуровневую учебную деятельность по формированию и совершенствованию предметных, метапредметных и личностных планируемых результатов обучения школьников.

1 Когнитивная карта и систематика физических задач как ориентировочная основа учебной деятельности учителя

1.1 Когнитивная карта: структурно-содержательные аспекты

Базовой целевой установкой учителя физике в школе является организация такого образовательного процесса в единстве его обучающего, развивающего и воспитательного компонентов, который направлен, прежде всего, на достижение понимания школьником широкого круга природных явлений и процессов (механических, тепловых, электромагнитных и квантовых).

Поиск и ситуативно окончательная формулировка ответа на вопрос «Чему учить?» начинается у учителя с анализа документов, регламентирующих содержание курса физики основной школы и фиксирующих требования к уровню его усвоения обучаемыми на уровнях «знать», «уметь» и «понимать». К таким документам относятся:

1. Федеральные государственные образовательные стандарты основного общего образования по физике.
2. Примерная программа основного общего образования по физике.
3. Авторская рабочая программа для ступени основного общего образования «Физика 7-9». Например: Физика. 7-9 классы. Авторы программы: Е.М. Гутник, А.В. Перышкин.
4. Кодификатор элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников образовательных организаций для проведения основного государственного экзамена по физике.

Из федерального перечня учебников, рекомендуемых к использованию при реализации имеющих государственную аккредитацию образовательных программ основного общего образования в 2018-2019г.г. должны быть детально изучены посредством смыслового чтения учебники: Перышкин А.В. Физика 7; Перышкин А.В. Физика 8; Перышкин А.В., Гутник Е.М. Физика 9 (Издательство: ДРОФА).

Далее практикующий учитель должен провести сравнительный анализ тематических разделов данных документов на основе следующих критериев (рис.1.1):

Основное содержание

(материал, подлежащий изучению: демонстрации; лабораторные работы): *Механические явления; Тепловые явления ;Электромагнитные явления; Квантовые явления*

Знать/понимать: *Понятия ; Физические величины; Физические законы*

Уметь:

описывать и объяснять физические явления; использовать физические приборы и измерительные исчтрументы для измерения физических величин; представлять результаты измерений с помощью таблиц и графиков и выявлять на этой основе эмпирические зависимости; выражать результаты измерений и расчетов в единицах Международной системы; приводить примеры практического использования полученных физических законов; осуществлять самостоятельный поиск информации; использовать приобретенные знания и умения в практической деятельности и повседневной жизни.

Рисунок 1.1 – Критерии для анализа программных документов

Результаты сравнительного анализа можно представить в таблице вида 1.1.

Такая таблица, очевидно, дает возможность учителю целостно и осознанно представить, чему в результате совместной напряженной интеллектуальной учебной деятельности он должен научить своего ученика. Заметим, что в таблицу должен войти и учебный материал, который в Примерной программе основного общего образования по физике выделен курсивом (подлежит изучению, но не включен в Требования к уровню подготовки выпускников).

Таблица 1.1 – Результаты сравнительного анализа программных документов

Критерии для сравнения / Програм--мные документы	ФГОС основного общего образования по физике	Примерная программа основного общего образования по физике	Авторская РП для ступени основного общего образования по физике	Кодификатор элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников основной школы
Содержание темы (раздела)				
Знать/понимать				
Уметь				

Далее мы предлагаем классифицировать весь учебный материал основной школы по физике в соответствии с основаниями, указанными на рисунке 1.2.

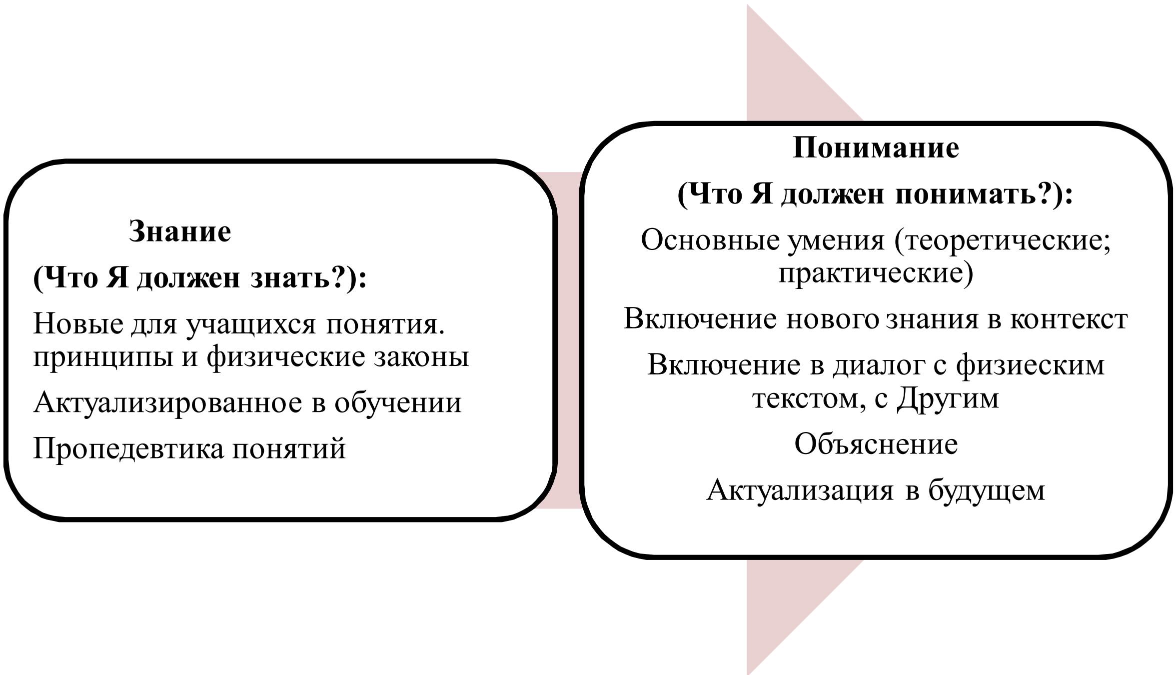


Рисунок 1.2 – Основания для классификации учебного материала

В учебном пособии, в частях 2,3,4, мы приводим карты, разработанные в соответствии с приведенным алгоритмом, по разделам «Кинематика», «Динамика» и «Законы сохранения в механике».

Безусловно, когнитивные карты такого содержания – это не «жесткая», а динамично меняющаяся конструкция, которая может дополняться, уточняться и углубляться в процессе расширения субъектного опыта учителя, включающего новые когнитивные схемы и сценарии, понимание тонкостей учебного материала современные методические средства и приемы.

1.2 Систематика задач как методический прием обучения решению физических задач различного типа и уровня сложности

Решение задач, классифицированных по различным основаниям (по дидактическим целям; качественные и количественные; текстовые, графические, экспериментальные) является как ведущим практическим методом обучения физике, так и средством проверки качества усвоения школьником содержания дисциплины «Физика».

Систематика задач начинается с анализа тематического банка, включенного в выбранные задачники по физике для основной ступени средней школы. В список задачников, приведенный ниже, входят как те, которые прошли многолетнюю практическую апробацию, так и те, которые могут быть использованы при обучении наиболее мотивированных и хорошо подготовленных школьников:

1. Лукашик, В.И. Сборник задач по физике для 7-9 классов общеобразовательных учреждений / В.И. Лукашик, Е.В. Иванова. – М.: Просвещение, 2017. - 224с.

2. Рымкевич, А.П. Физика. Задачник.10-11 кл: для общеобразоват. учреждений / А.П. Рымкевич. – М.: Дрофа, 2017. - 188с.

3. Степанова, Г.Н. Сборник задач по физике: Для 10-11 кл. общеобразоват. учреждений /Состав. Г.Н. Степанова. – М.: Просвещение, 2002. - 288с.

4. Гольдфарб, Н.И. Физика. Задачник.9-11 кл.: Пособие для общеобразоват. Учреждений / Н.И. Гольдфорб. - М.: Дрофа, 20015. - 368с.

5. Бендриков, Г.А. Задачи по физике: для поступающих в вузы: Учеб. пособие для подготовительных отделений вузов / Г.А. Бендриков, Б.Б. Буховцев, В.В. Керженцев, Г.Я. Мякишев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 344с.

6. Баканина, Л.П. Сборник задач по физике: учебное пособие / Л.П. Бакакнина, В.Е. Белонучкин, С.М. Козел, И.П. Мазанько; под ред. С.П. Козела – М.: Наука,2016. – 288с.

Далее тематический банк задач приводится в соответствие с формируемыми новыми и опорными знаниями согласно предварительно составленной когнитивной карте (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Соответствие физических задач формируемым знаниям

Физическое явление/процесс	*Формируемое знание*	*Задачи базового, повышенного и высокого уровня сложности*	*Опорные знания*
………………	…………….	……………………..	…………………

В третьем столбце таблицы физические задачи разделяются по характеру деятельности учащегося и по используемому контексту деятельности (рис. 1.3).

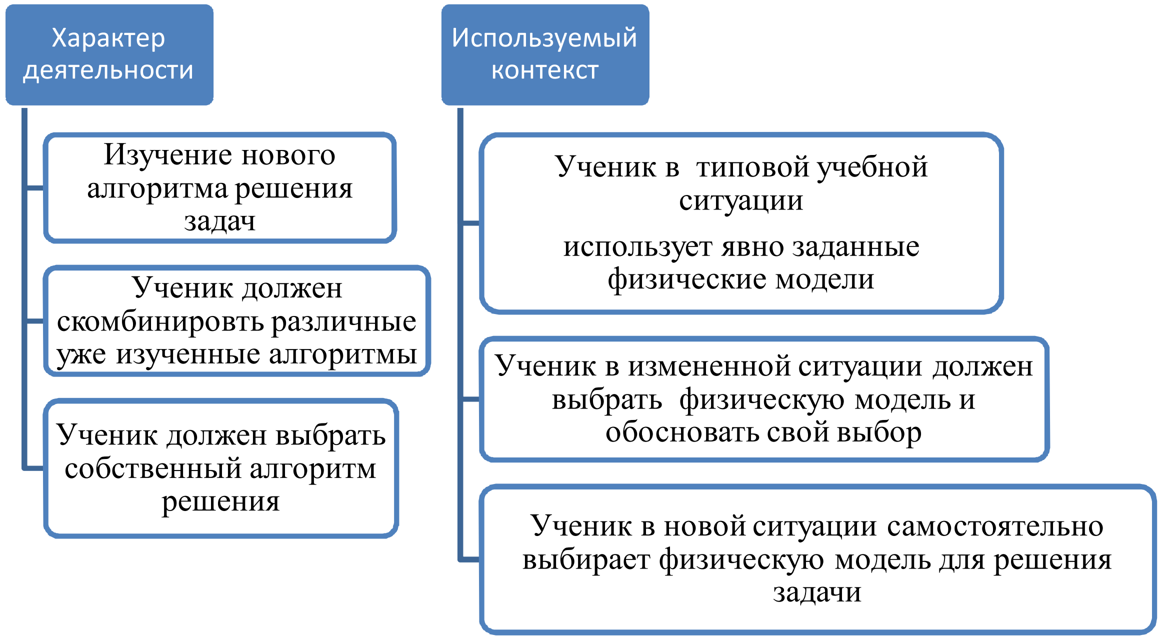


Рисунок 1.3 - Основания для создания «лесенки» усложнения задач

В дополнении к приведенному выше заметим, что описание физической модели предполагает указание на то, какие явления или процессы рассматриваются в задаче, какими факторами и почему можно пренебречь в приведенных условиях, какие физические закономерности, принципы или законы можно использовать для ответа на поставленный вопрос.

Обратим внимание на то, что, кроме дифференцированных по уровню сложности, в систематику выбраны задачи, допускающие альтернативные способы решения. Это обстоятельство предполагает развитие теоретического мышления и формирование современной модели поведения у школьника на основе выбора и обоснования решения задач заданного уровня сложности.

Основное содержание систематики задач определяет итоговые планируемые результаты обучения - физический тривиум, который должен уметь выполнять каждый выпускник основной школы. Задача же практикующего учителя, в этой связи, состоит в выборе методических приемов, обеспечивающих дифференцированный подход в обучении в рамках педагогических технологий, например, «перевернутого обучения» и сотрудничества, дающих возможность обучения и развития всех без исключения групп школьников: с низким, средним и высоким уровнем предметной подготовки.

2 Механические явления: кинематика

2.1 Когнитивная карта по разделу «Кинематика»

Таблица 2.1 – Когнитивная карта по разделу «Кинематика»

ЗНА-НИЕ: понятия принципы законы Что **Я** должен ***ЗНАТЬ***?	*Новое знание*	Механическое движение
		Материальная точка
		Система отсчета: тело отсчета; система координат (одномерная; двухмерная; трехмерная); часы
		Вектор перемещения $\vec{S}$. Модуль перемещения *S*. Проекция вектора перемещения в одномерной (S_x) и двухмерной системе координат (S_x, S_y).
		Прямолинейное равномерное движение (РД). Скорость $\vec{v}$ при РД. Проекция скорости v_x в одномерной системе координат.
		Средняя скорость $v_{ср}$
		Мгновенная скорость $\vec{v}$
		Ускорение $\vec{a}$. Проекция ускорения a_x при равнопеременном движении в одномерной системе координат.
		Скорость $\vec{v}$ при равноускоренном движении. Проекция скорости v_x в одномерной системе координат.
		Центростремительное ускорение $a_{центр}$
		Угол поворота φ
		Период обращения *T*
		Частота обращения *n*
		Скорости при РД по окружности: линейная $\vec{V}$; угловая ω
		Относительность движения
		Классический закон сложения скоростей в векторной форме и в проекциях на выбранную ось: $\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пер}$; $v_{абсх} = v_{отнх} + v_{перх}$.

Продолжение таблицы 2.1

		Абсолютная скорость $\vec{v}_{абс}$, переносная скорость $\vec{v}_{пер}$ и относительная скорость $\vec{v}_{отн}$. Проекции скоростей: $v_{абсx}$, $v_{перx}$, $v_{отнx}$.
ЗНАНИЕ		*Пропедевтика понятий:* тангенциальное a_τ, нормальное a_n и полное a ускорения.
ЗНАНИЕ	*Актуализированное*	Траектория
		Путь S
		Скорость v
Понимание	*Основные умения*	*Теоретические:* *Определение:* возможности применения модели «материальная точка»; вектора перемещения; проекции вектора перемещения в одномерной и двухмерной системах координат; проекции v_x и модуля скорости v при РД; координату материальной точки (МТ) при РД; проекции и модуля перемещения при РД из графика $v_x(t)$; проекции скорости v_x из графика $x(t)$ при РД; среднюю скорость $v_{ср}$ при равнопеременном движении; проекцию ускорения a_x и модуль ускорения a при равноускоренном движении (РУД); проекцию скорости v_x и модуль скорости v при РУД; проекцию перемещения S_x из графика $v_x(t)$ при РУД;

Продолжение таблицы 2.1

Что **Я** должен **понимать?**		проекцию перемещения S_x и модуль перемещения S при РУД; координату при РУД; модуля и проекций скоростей: абсолютной $\vec{v}_{абс}, v_{абсx}$; относительной; $\vec{v}_{отнx}, v_{отнx}$ переносной $\vec{v}_{пер}, v_{перx}$; линейной скорости v при РД МТ по окружности; центростремительного ускорения $a_{центр}$ при РД МТ по окружности; частоты обращения *n;* периода обращения *T*; угловой скорости ϖ ; угла поворота φ *Различение:* характера движения материальной точки по графикам $v_x(t), a_x(t), x(t)$. *Применение:* классического закона сложения скоростей для решения задач различного типа и уровня сложности. *Практические:* • *Измерение скорости РД.* • *Изучение зависимости пути от времени при РД.* • *Изучение зависимости пути от времени при РУД.* • *Измерение ускорения при прямолинейном равноускоренном движении.*
Понимание	*Включение нового знания в контекст*	Классический закон сложения скоростей в классической *нерелятивистской механике* Галилея –Ньютона. Абсолютность времени в классической нерелятивистской механике Галилея-Ньютона.
Понимание	*Включение в диалог с текстом, с Другим*	*Стратегии смыслового чтения:* • Обобщающие таблицы: «Кинематика РД»; «Кинематика РУД»; «Кинематика РД МТ по окружности». • Тематический конспект «Относительность движения» • Презентация «Система мира Н. Коперника: создание; особенности; применение». • Карта понятий «Относительность движения»

Продолжение таблицы 2.1

Понимание	*Объяснение*	Физические ситуации, описанные в задачах различного типа и уровня сложности. Физические явления во фронтальных и индивидуальных лабораторных экспериментах, демонстрационных опытах и наблюдениях.
Понимание	*Актуализация в будущем*	*Релятивистская механика*: относительность времени; закон сложения скоростей. *Релятивистская механика:* относительность времени; закон сложения скоростей.

2.2 В методическую копилку учителя

2.2.1 Проекция вектора

Одним из ключевых понятий в механике является понятие «проекция вектора», так как решение кинематической задачи состоит из трех взаимосвязанных основных шагов:

- Запись зависимостей $\vec{v}(t), \vec{a}(t), \vec{S}(t)$ в векторной форме.
- Запись зависимостей $v_x(t), a_x(t), S_x(t)$ в проекциях на оси выбранной системы координат.
- Запись зависимостей $v(t), a(t), S(t)$ в модулях.

Данная трехшаговая конструкция не должна нарушаться учителем. Особенно это важно на этапах получения и закрепления знаний и формирования умений решения задач, когда в мышление школьника встраиваются разнообразные когнитивные схемы применения предметных знаний.

В основной школе, при условии достаточной математической подготовки обучаемых, можно определить понятие «проекция вектора» следующим образом: проекцией вектора $\vec{A}$ на выбранную ось, например $O\vec{X}$, называется произведение модуля вектора A на косинус угла α между вектором $\vec{A}$ и направлением $O\vec{X}$ (рис.1), то есть $A_x = A\cos\alpha$.

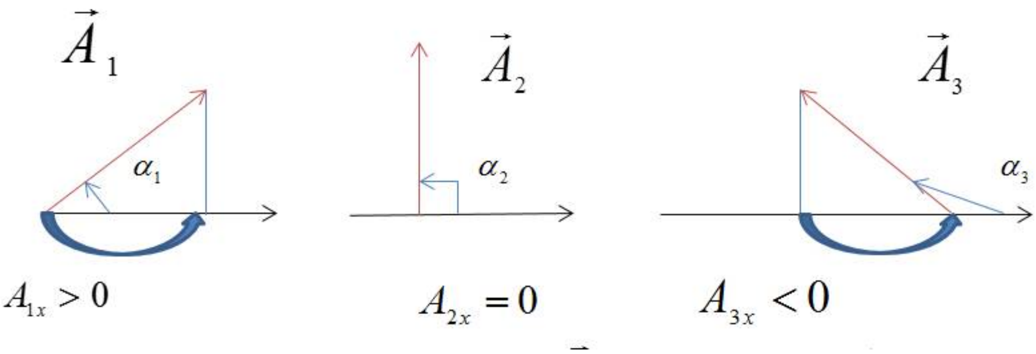


Рисунок 2.1 - Проекция вектора $\vec{A}$ на направление $O\vec{X}$

Такое определение проекции вектора на выбранное направление дает возможность школьнику легко связывать знак проекции с направлением вектора в декартовой системе координат, одномерной, двухмерной или даже трехмерной.

2.2.2 Зависимости модулей скорости v, перемещения S и координаты x от времени t

На этапах систематизации и обобщения знаний важно обратить внимание учащегося на характер зависимостей от времени модулей скорости v, перемещения S и координаты x от времени. Это важно потому, что при выявлении указанных физических закономерностей формируется умение воспринимать мир целостно, в расширенном контексте, что, очевидно, углубляет понимание учебного материала и дает возможность связывать последующее знание с предыдущим. В связи с этим необходимо проанализировать следующие закономерности:

1. При РД зависимости от времени имеют вид:

$$S \sim t;\ x \sim t\ .$$

То есть, и перемещение S, и координата x зависят от времени t в первой степени.

2. При РУД зависимости от времени имеют вид:

$$v \sim t;\ S \sim t^2,\ x \sim t^2.$$

То есть, в формулу мгновенной скорости время t входит в первой степени, а в формулы для перемещения S и координаты t – во второй.

Далее, целесообразно сформулировать вопрос: только ли такие зависимости названных величин от времени существуют в природе? Ответ на данный вопрос вернет ученика к изученному в 7-8 классах броуновскому движению, в котором средний квадрат смещения $\langle x^2 \rangle \sim t$, пропедевтически определит интерес к другим видам движения, колебательному и вращательному, при которых зависимости имеют совсем другой вид: $x \sim \cos \omega t$; $v \sim \sin \omega t$.

2.2.3 Графики функций

Учитель физики поставлен перед необходимостью отработать математические знания в урочное или во внеурочное время (в виде варианта: в ходе самостоятельной работы школьника на уроках или в процессе выполнения домашней работы), иногда опережая в учебной деятельности математиков-предметников, следуя собственной логике изучения учебного материала. Между тем, кинематика может считаться освоенной только тогда, когда учащийся свободно строит, анализирует и преобразует графические зависимости скорости, ускорения, координаты и перемещения от времени. Вследствие этого следует учить школьника работать с прямопропорциональными, линейными и квадратичными зависимостями следующего вида:

- Прямопропорциональная зависимость: $y = \pm kx$.
- Линейная зависимость: $y = \pm b \pm kx$.

- Квадратичная зависимость: $y = \pm c + (\pm bx) + (\pm ax^2)$

2.2.4 Теорема Пифагора. Решения прямоугольного треугольника

Практическое значение для решения кинематических задач имеют теорема Пифагора и решения прямоугольных треугольников для синусов. косинусов и тангенсов острых углов. Задача учителя физики заключается в том, чтобы упражнениями и простыми формами контроля (например, в виде диктанта или тестирования) отработать навыки их применения отдельно, вне контекста использования указанных знаний для решения физических задач разного вида и уровня сложности.

2.2.5 Действия с векторами

Для решения задач на относительность движения, когда необходимо научить школьника рассматривать поведение тел в различных системах отсчета, операции сложения (правило параллелограмма и правило треугольника) и вычитания векторов становятся ключевыми. В обучении целесообразно выделить и последовательно совершенствовать навыки сложения и вычитания векторов для следующих случаев:

- Векторы направлены вдоль одной прямой.

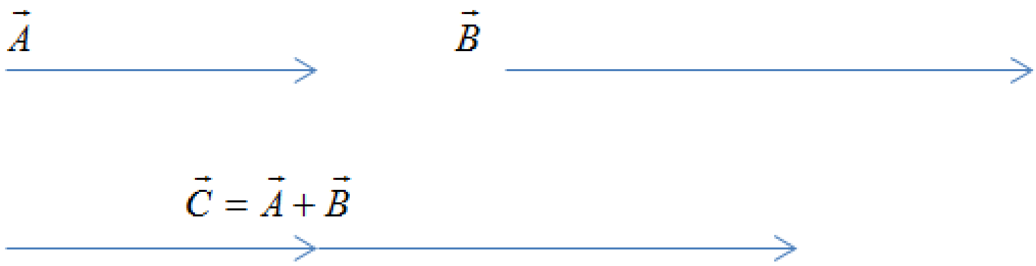


Рисунок 2.2 - Сложение векторов

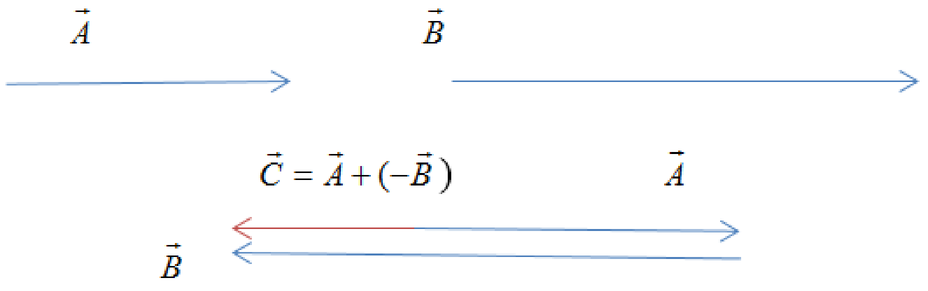


Рисунок 2.3 - Вычитание векторов

Важно обратить внимание учащегося на то, что вычесть из вектора $\vec{A}$ вектор $\vec{B}$ означает то же самое, что прибавить к вектору $\vec{A}$ вектор $-\vec{B}$, который отличается от вектора $\vec{B}$ тем, что он направлен в противоположную сторону.

- Векторы направлены под углом друг к другу

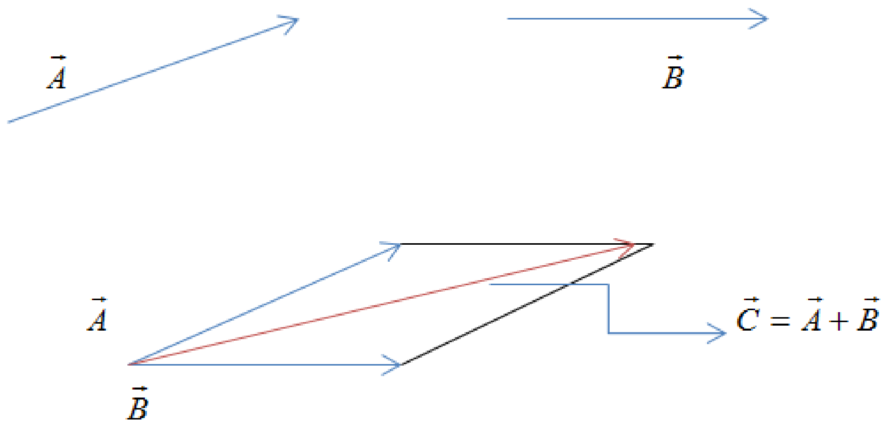


Рисунок 2.4 - Сложение векторов по правилу параллелограмма

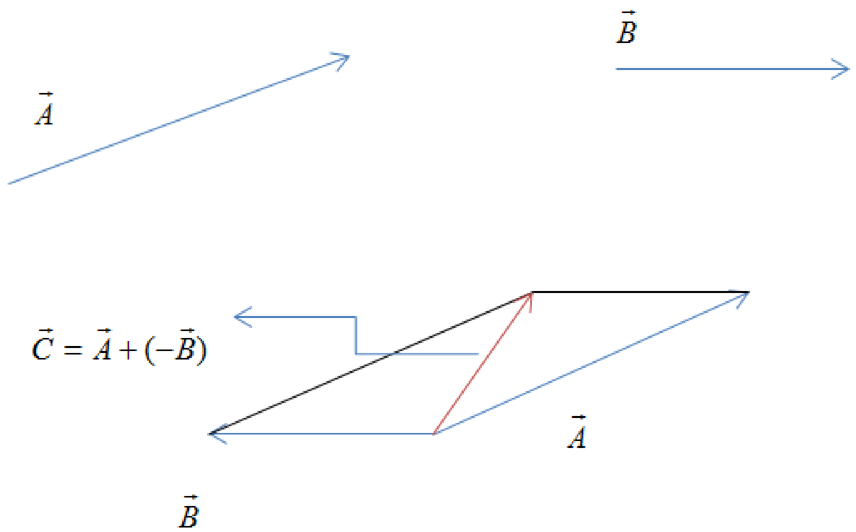


Рисунок 2.5 - Вычитание векторов, направленных под углом друг к другу

2.2.6 Определение диагонали параллелограмма

В задачах механики часто нужно определить длину диагонали параллелограмма- модуль вектора, опирающегося на два других вектора, угол между которыми задан. Для упрощения математических преобразований следует вывести формулу для определения длины такой диагонали и в дальнейшем обучении использовать ее как известную.

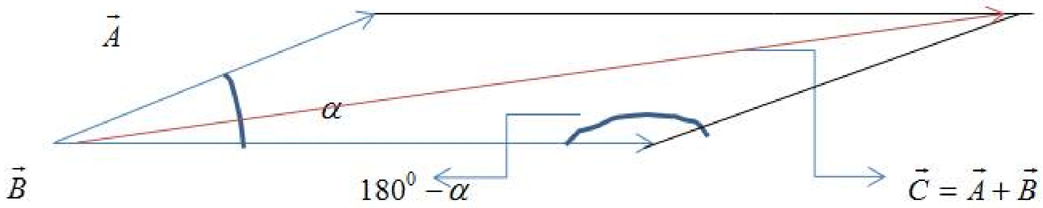


Рисунок 2.6 - Определение длины диагонали параллелограмма

Из рисунка, используя теорему косинусов, получим:

$$C = A^2 + B^2 + 2A \cdot B \cos\alpha \ .$$

2.3 Систематика задач по кинематике

Таблица 2.2 - Систематика задач по кинематике

№	Физическое явление	Формируемое знание	Базовые задачи. *Задачи повышенного и высокого уровня сложности.*	Опорные знания
1	Механическое движение	Материальная точка. Система отсчета. Траектория.	1. Условие применения модели «материальная точка» (МТ) 2. Различение пути и перемещения МТ 3. Построение вектора перемещения по координатам МТ	Траектория Путь Скорость Система

Продолжение таблицы 2.2.

		Путь. Перемещение.	4. Определение проекций вектора перемещения и его модуля (в случае одномерной и двумерной системы координат)	координат Координата точки Вектор
2	Равномерное движение	Проекция вектора на выбранное направление. Скорость при РД. Проекция скорости. Кинематический закон движения $x(t)$. Графики скорости $v_x(t), v(t)$ Графики координат $x(t)$	1. Анализ кинематического закона движения: $x(t) = \pm x_0 \pm v_x t$ 2. Составление кинематического закона движения: $x(t) = \pm x_0 \pm v_x t$ 3. Построение графиков кинематического закона движения: $x(t) = \pm x_0 \pm v_x t$ 4. Построение графиков зависимости $v_x(t) = const; v(t) = const$ 5. Графическое и аналитическое определение координаты встречи $x_в$ и времени встречи $t_в$ двух тел 6. Анализ графиков зависимости $x(t) = \pm x_0 \pm v_x t$ 7. *Определение проекций скорости v_x и v_y, модуля скорости v при движении МТ на плоскости* 8. *Построение графика пути* $S(t)$	Путь Скорость Система координат Координата точки Вектор Линейная зависимость Прямопропорциональная зависимость

Продолжение таблицы 2.2.

3	Относи-тель-ность движе-ния	Относи-тельная скорость $\vec{v}_{отн}$ Перенос-ная ско-рость $\vec{v}_{пер}$ Абсолют-ная ско-рость $\vec{v}_{абс}$ Классиче-ский закон сложения скоростей $\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пе}$ Относи-тельность траекто-рии Относи-тельность перемеще-ния Относи	1. Определение вектора относительной скорости $\vec{v}_{отн}$ и модуля относительной скорости $v_{отн}$ при движении двух тел: • вдоль одной прямой; • под углом друг к другу. 2. Применение классического закона сложения скоростей $\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пер}$ в случае движения тел вдоль одной прямой. 3. Применение классического закона сложения скоростей $\vec{v}_{абс} = \vec{v}_{отн} + \vec{v}_{пер}$ в случае движения тел под углом друг к другу. 4. *Задачи на оптимальный выбор системы отсчета: решение задачи в системе отсчета, связанной с движущимся телом, а далее в системе отсчета, связанной с землей.* 5. *Решение задачи: определение кинематических законов движения* $x(t)$ *для двух тел в подвижной системе отсчета, если известны графики зависимости* $x(t)$ *в неподвижной системе координат.* 6. *Решение задачи: определение кинематических законов движения* $x(t)$ *для двух тел в неподвижной системе отсчета, ес*	Скорость при РД Система отсчета Система коорди-нат Сложение векторов Вычита-ние век-торов Кинема-тический закон движения $x = x_0 + v_x t$ График зависимо-сти коор-ди

Продолжение таблицы 2.2.

		тельность скорости	*и известны графики зависимости $x(t)$ в подвижной системе отсчета.*	наты от времени $x(t)$
4	Неравномерное прямолинейное движение	Путевая скорость (средний модуль скорости) при прямолинейном движении	1. Определение путевой скорости при неравномерном прямолинейном движении 2. Определение времени прохождения пути при известных значениях путевой скорости на отдельных участках пути 3. Определение пройденного пути при известных значениях путевой скорости и времени движения на отдельных участках пути	Прямолинейное движение Скорость Путь
5	Равноускоренное прямолинейное движение (РУД)	Вектор мгновенной скорости $\vec{v}$ Проекция мгновенной скорости v_x Вектор ускорения	1. Определение направления вектора ускорения $\vec{a}$ и знака проекции ускорения a_x при: увеличении модуля скорости МТ; при уменьшении модуля скорости МТ 2. Определение проекции мгновенной скорости v_x при РУД 3. Определение времени разгона (торможения) при РУД 4. Построение графика зависимости проекции мгновенной скорости от времени $v_x(t)$ по известной аналитической зависимости. Анализ РУД н основе определения: характера движения; модуля и	Путь Перемещение Скорость Система координат

Продолжение таблицы 2.2

	Равно- уско- ренное прямо- линей- ное движе- ние (РУД)	$\vec{a}$ Проекция ускорения a_x Зависимо-сти $\vec{v}(t)$ и $v_x(t)$ Зависимо-сти $\vec{S}(t)$ и $S_x(t)$ Зависи-мость $x(t)$ Графики зависимо-стей: $v_x(t)$ и $v(t)$; $a_x(t)$ и	направления начальной скорости; проекции ускорения, модуля ускорения и его направления; определение проекции и модуля скорости в определенные моменты времени; построение графиков зависимости проекции и модуля ускорения от времени 5. Определение по графику зависимости проекции скорости движения МТ $v_x(t)$: вида движения; модуля и направления начальной скорости; проекции, модуля и направление вектора ускорения; проегции и модуля скорости в определенные моменты времени (графическое и аналитическое) 6. Анализ графиков зависимости проекции ускорения от времени $a_x(t)$: составление и модуля перемещения S при РУД 7. Анализ РУД по кинематическому закону движения $x = x_0 + v_x t + \frac{a_x t^2}{2}$: определение направление векторов, проекций и модулей начальной скорости и ускорения; составление уравнений зависимостей	Линей-ная за-виси-мость Прямо-пропор-цио-нальная зависи-мость Квадра-тичная зависи-мость

Продолжение таблицы 2.2

	Равно-ускоренное прямолинейное движение (РУД)	$a(t)$; *пути* $S(t)$ и $x(t)$	$v_x(t)$ и $a_x(t)$ и построение графиков этих зависимостей; определение скорости в данный момент времени, перемещения пути за промежуток времени; *построение графиков зависимостей* $x(t)$ *и,* $S(t)$. 8. По кинематическим законам движения двух тел $x_1(t)$ и $x_2(t)$ определение: координаты встречи $x_{вст}$ и времени встречи; $t_{встр}$ *закона изменения расстояния между телами; перемещения тел за определенные промежутки времени*	Линейная зависимость Прямопропорциональная зависимость Квадратичная зависимость
6	Движение с ускорением свободного падения $\vec{g}$	Зависимости $\vec{g}(t)$ и $g_y(t)$ Зависимости $\vec{v}(t)$ и $v_y(t)$ Зависимости $\vec{S}(t)$ и $S_y(t)$	*1.* Составление уравнений: $\vec{g}(t)$ и $g_y(t)$; $\vec{v}(t)$ и $v_y(t)$; $\vec{S}(t)$ и $S_y(t)$; $y(t)$ *2.* Определение при движении тела по вертикали вниз без начальной скорости: скорости в момент падения или в данный момент времени; времени движения; высоты падения; координаты; *модуль перемещения за n-ю секунду движения; времени и высоты падения по известному соотношению между перемещением и временем прохождения определенного участка пути*	Ускорение свободного падения $\vec{g}$ Зависимости от времени при РУД: $\vec{v}(t)$, $\vec{a}(t)$,

Продолжение таблицы 2.2.

Движение с ускорением свободного падения $\vec{g}$	Зависимость $y(t)$ Графики зависимостей: $g_y(t)$ *и* $g(t)$ *;* $v_x(t)$ *;* $y(t)$	3. Определение при движении тела по вертикали вверх: максимальной высоты подъема: времени подъема; скорости в определенный момент времени; координаты 4. *Построение графиков зависимости:* $g_y(t)$ ***и*** $g(t)$ *;* $v_x(t)$ *;* $y(t)$ 5. *Разложение скорости* $\vec{v}$ *на составляющие* $\vec{v}_x$ *и* $\vec{v}_y$ *при движении тела, брошенного под углом к горизонту и определение проекций скорости* v_x *и* v_y *.* 6. *Составление кинематических законов* $x(t)$ *и* $y(t)$ *движения при движении тела, брошенного под углом к горизонту* 7. *Определение при движении тела, брошенного под углом к горизонту: времени полета; времени подъема; дальности полета; максимальной высоты подъема.* 8. *Составление кинематических законов* $x(t)$ *и* $y(t)$ *движения при движении тела, брошенного горизонтально* 9. *Определение при движении тела, брошенного горизонтально: времени полета; дальности полета; высоты, с которой было брошено тело*	$\vec{S}(t)$, $x(t)$ Графики зависимости при РУД: $v_x(t)$, $a_x(t)$, $x(t)$

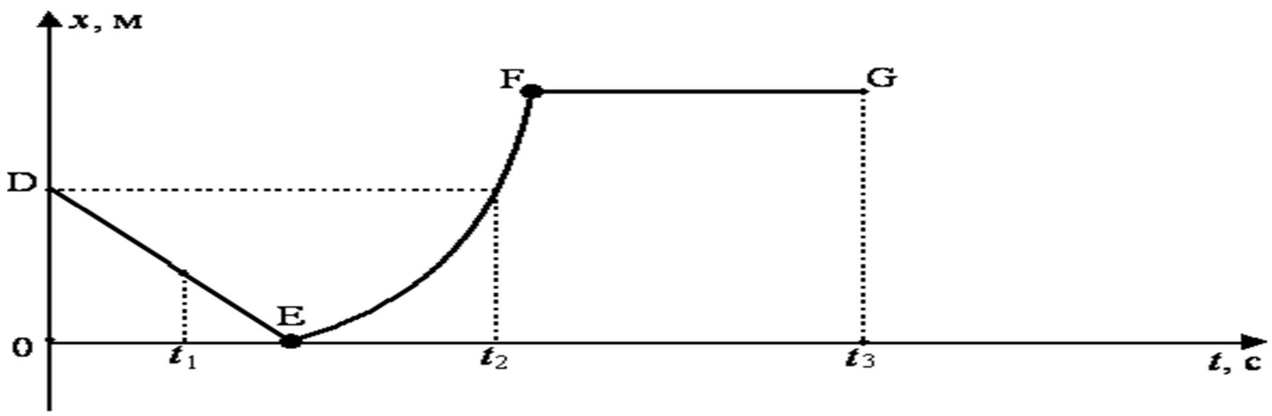
Продолжение таблицы 2.2

7	Движе-ние по окруж-ности	Частота обращения ν Период обращения T Центро-стреми-тельное ускорение $\vec{a}_{центр}$	1. Определение периода обращения T . 2. Определение частоты обращения ν . 3. Определение направление вектора $\vec{v}$ и модуля v линейной скорости МТ. 4. Определение направления вектора $\vec{a}_{центр}$ и модуля центростремительного ускорения $a_{центр}$	Равно-мерное движе-ние МТ Ско-рость Ускоре-ние

2.4 Анализ некоторых заданий из Открытого банка заданий к Основному государственному экзамену по физике

2.4.1 Графическое описание движений

Задача 1. На рисунке представлен график зависимости координаты от времени для тела, движущегося вдоль оси ОХ. Используя данные графика, выберите из предложенного перечня ***два*** верных утверждения. Укажите их номера.



1) В интервале времени от t_1 до t_2 тело изменило направление движения на противоположное.

2) Участок DE соответствует ускоренному движению тела.

3) Участок FG соответствует состоянию покоя тела.

4) Момент времени t_2 соответствует остановке тела.

5) В момент времени t_3 тело имело максимальную скорость.

Методический анализ

В пунктах 1.2 и 1.3 кодификатора указаны элементы содержания, проверяемые КИМ: графики зависимости от времени координаты при равномерном прямолинейном и равноускоренном прямолинейном движении. Поэтому целесообразно первоначально проанализировать каждый участок движения, указывая на характер движения МТ: ДЕ-РД против направления $O\vec{X}$; EF-РУД вдоль выбранного направления $O\vec{X}$; FG-покой МТ. Следует обратить внимание на то, что в определенный момент времени после начала движения $(t=0)$ МТ оказывается в точке с координатой $x = 0$. Далее учащиеся самостоятельно легко выберут верные варианты ответа (1;3).

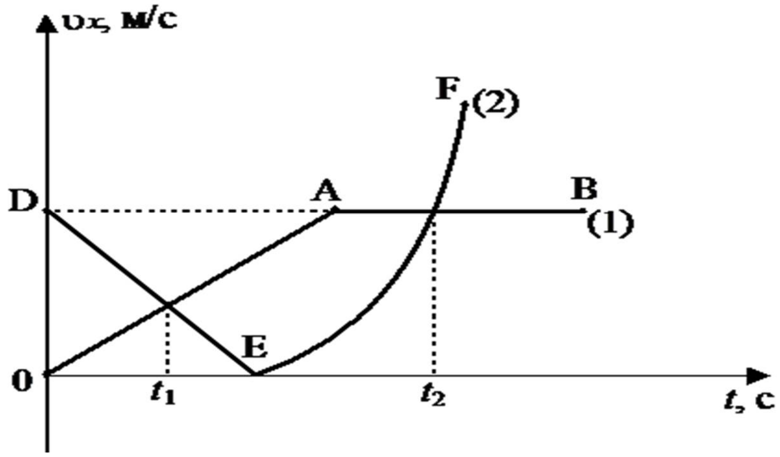
Задача 2. На рисунке представлен график зависимости проекции скорости от времени для двух тел, движущихся вдоль оси Ox. Используя данные графика, выберите из предложенного перечня ***два*** верных утверждения. Укажите их номера.

1) Момент времени t_2 соответствует встрече двух тел.

2) К моменту времени t_1 от начала движения тела прошли одинаковые пути.

3) В момент времени t_1 оба тела имели одинаковую скорость.

4) В интервале времени от t_1 до t_2 средняя скорость у первого тела была меньше.



Методический анализ

Данное задание является комплексным, поскольку проверяет усвоение нескольких понятий (путь; скорость: средняя скорость) и сформированность нескольких умений (графическое определение путей, пройденных МТ при РД и РУД; различение равенства координат и возможное различие скоростей при встрече МТ).

Задача 3. На рисунке представлены графики зависимости координаты от времени для двух тел, движущихся вдоль оси Ох. Используя данные графика, выберите из предложенного перечня ***два*** верных утверждения. Укажите их номера.

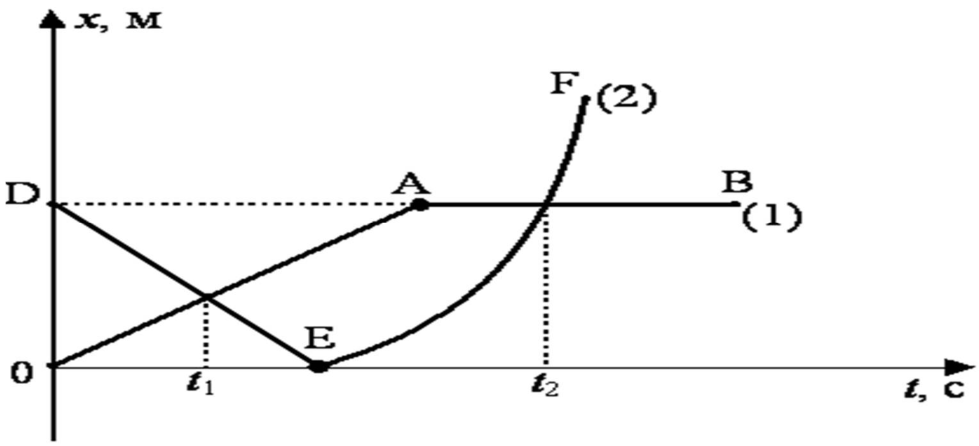
1) В момент времени t_1 тела имели одинаковую по модулю скорость.

2) Момент времени t_2 соответствует встрече двух тел.

3) В интервале времени от t_1 до t_2 оба тела поменяли направление своей скорости на противоположное.

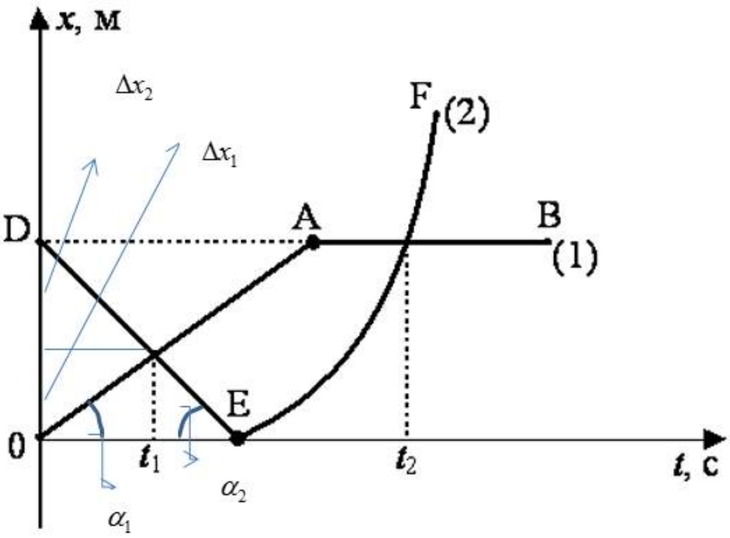
4) В момент времени t_1 оба тела двигались равномерно.

5) К моменту времени t_1 тела прошли одинаковые пути.



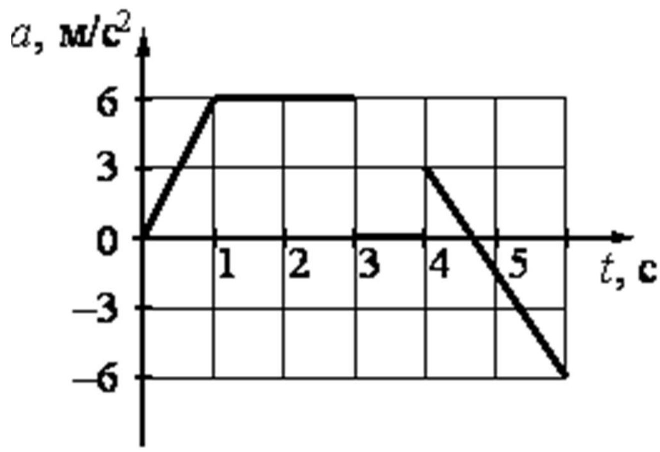
Методический анализ

В данном задании отрабатываются следующие знания и умения: определение скорости по изменениям координаты ($v_x = \frac{x - x_0}{\Delta t}$); определение модуля скорости как тангенса наклона графика координаты $x(t)$ к оси времени ($tg\alpha = v$); в момент встречи координаты движущихся тел равны ($x_{1в} = _{2в}$); графики зависимостей координаты от времени $x(t)$ при РД (линейная зависимость $x(t)$) и РУД (квадратичная зависимость $x(t)$); определение направления движения по графику $x(t)$.



Сравнивая изменения координат Δx_1 и Δx_2, а также углы α_1, α_2, заключаем, что правильные ответы 1 и 2.

Задача 4. На рисунке представлен график зависимости ускорения a от времени t для тела, движущегося прямолинейно.



Равномерному движению соответствует интервал времени 1) от 0 до 1 с; 2) от 1 до 3 с; 3) от 3 до 4 с; 4) от 4 до 6 с.

Методический анализ

Задание 4 формирует у школьника понимание того факта, что кроме движения с постоянным ускорением $\vec{a} = const$, может быть и движение, при котором модуль ускорения изменяется. Для расширения контекста можно привести примеры такого движения и указать на сложность его описания с помощью созданного для этих целей раздела математики (дифференциального и интегрального исчисления).

Задача 5. На рисунке представлен график зависимости координаты x от времени t для тела, движущегося вдоль оси Ox. Используя данные графика, выберите из предложенного перечня ***два*** верных утверждения. Укажите их номера.

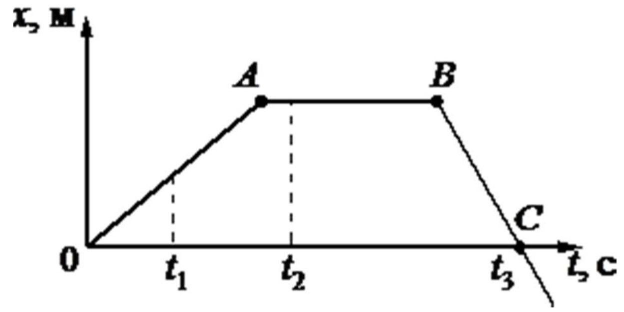
1) Модуль перемещения тела за время от 0 до t_3 равен нулю.

2) В момент времени t_1 тело имело максимальное ускорение.

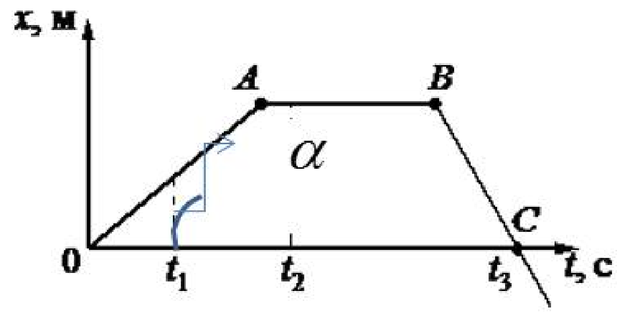
3) В момент времени t_2 тело имело максимальную по модулю скорость.

4) Момент времени t_3 соответствует остановке тела.

5) На участке BC тело двигалось равномерно.

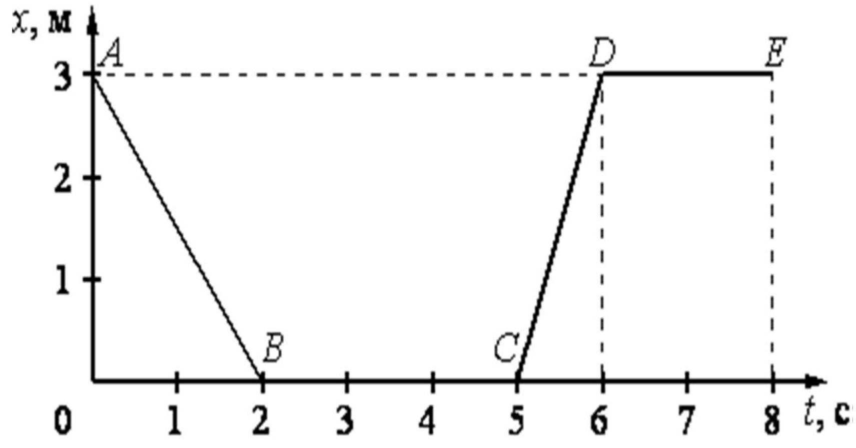


Методический анализ



Первый вариант ответа в задании позволяет закрепить знание учащегося о том, что модуль перемещения на замкнутой траектории равен нулю. Второй вариант ответа проверяет знание графиков $x(t)$ для РД и РУД. В третьем обучаемый аргументирует покой, при котором $x = const$. В момент t_3 угол $\alpha \neq 0$, следовательно, тело движется равномерно. Общее заключение приводит к выбору ответов 1 и 5.

Задача 6. На рисунке представлен график зависимости координаты *x* от времени *t* для тела, движущегося вдоль оси *Ox*. Путь тела за время от 0 до 8 с составил 1) 3 м; 2) 6 м; 3) 10,5 м; 4) 0 м.



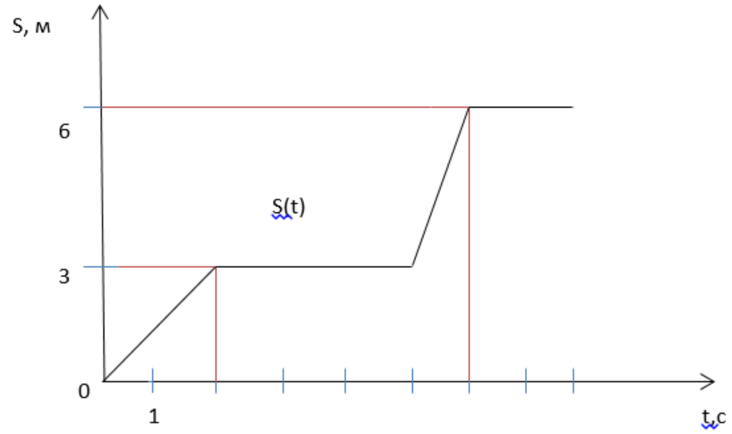
Методический анализ

Задание 6 проверяет умение школьника определять пройденный путь ка изменение координаты и понимание того, что для определения пути за все время движения необходимо суммировать изменения координаты на отдельных участках пути со знаками «плюс»: $\Delta x = |0-3| + 0 + (3-0) + 0 = 6 м$.

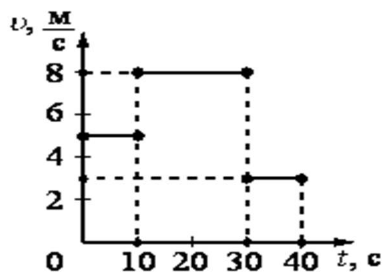
Эту задачу полезно дополнить заданием: по графику зависимости $x(t)$ постройте график зависимости пути от времени $S(t)$. Для этого учащийся строит таблицу, в которой Δx -изменение координаты движущегося тела:

t, c	0	2	4	5	6	7	8
$\Delta x, м$	0	3	0	0	3	0	0
$S, м$	0	3	3	3	6	6	6

График зависимости пути от времени имеет вид:

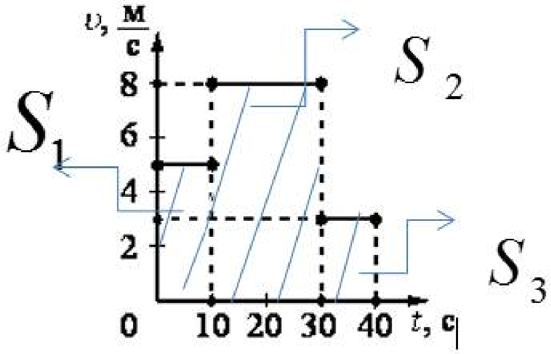


Задача 7. На рисунке представлен график зависимости модуля скорости *v* тела от времени *t*. Какой путь прошло тело за первые 40 секунд? 1) 120 м; 2) 200 м; 3) 210 м; 4) 240 м.

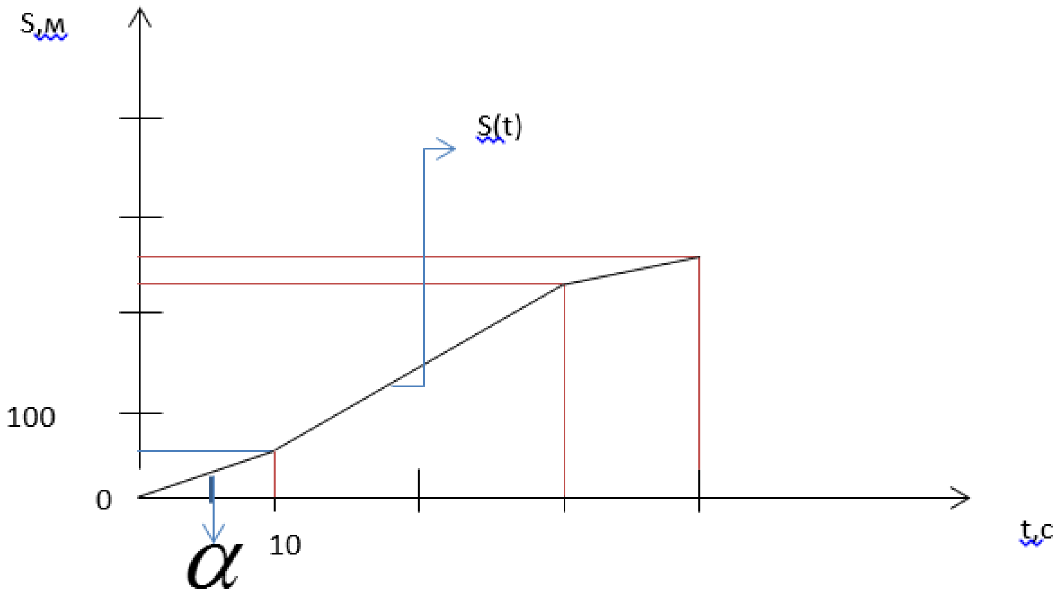


Методический анализ

Задача 7 определяет базовое умение определять путь из графика зависимости скорости от времени $v(t)$: путь S числено равен площади фигуры по графиком зависимости скорости от времени $v(t)$, то есть $S = S_1 + S_2 + S_3$.



Задачу полезно дополнить заданием: по графику зависимости $v(t)$ постройте график зависимости пути от времени $S(t)$.

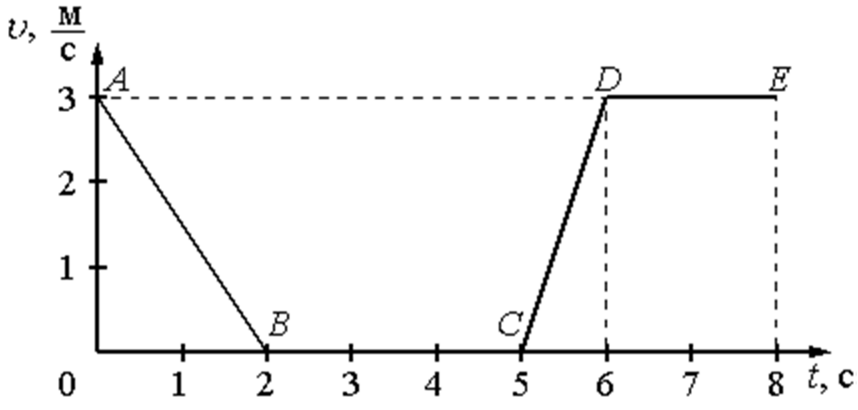


Полезно для построения графика $S(t)$ предварительно сделать таблицу:

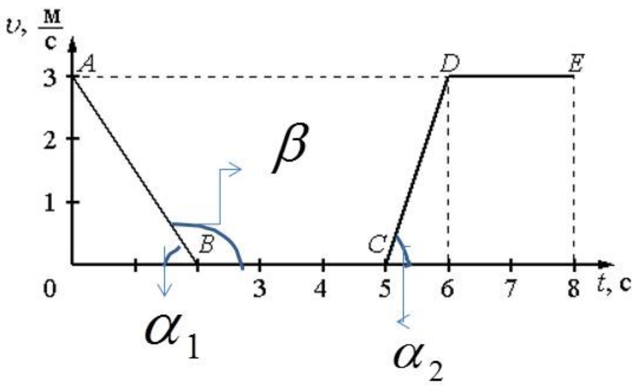
$\Delta t, c$	10	20	10
$v, \frac{м}{c}$	5	8	3
$S_i м$	50	160	30
$S, м$	$S = S_1 + S_2 + S_3$=50+160+30=240м		

В дополнении к этой задаче целесообразно обратить внимание учащихся на углы наклона графика $S(t)$ к оси времени на различных этапах пути: тангенс угла наклона графика $S(t)$ к оси t равен модулю скорости движущегося тела, то есть $tg\alpha = v$.

Задача 8. На рисунке представлен график зависимости модуля скорости v от времени t для тела, движущегося прямолинейно. Наибольшее по модулю ускорение тело имело на участке: 1) AB; 2) BC; 3) CD; 4) DE.



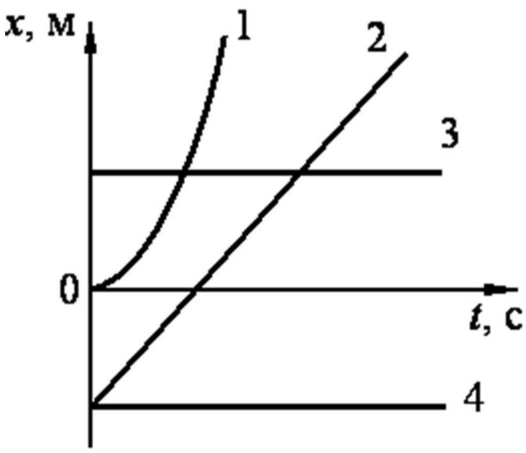
Методический анализ



В задаче 8 определение ускорения расчетным путем ($a = \frac{|\Delta v|}{t}$) необходимо дополнить сравнением углов наклона графиков $v(t)$ к оси времени t. Так как тангенс острого угла наклона графика $v(t)$ к оси времени определяет модуль ускорения тела ($tg\alpha = a$), то из рисунка следует, что на участке CD ускорение больше. **!** Школьник должен иметь навык обозначения углов наклона графиков $v(t)$ к оси времени для определения модуля ускорения.

В этой же задаче полезно предложить определить проекцию ускорения на участках AB и CD. На участке AB проекция ускорения определяется как $a_x = tg\beta$.

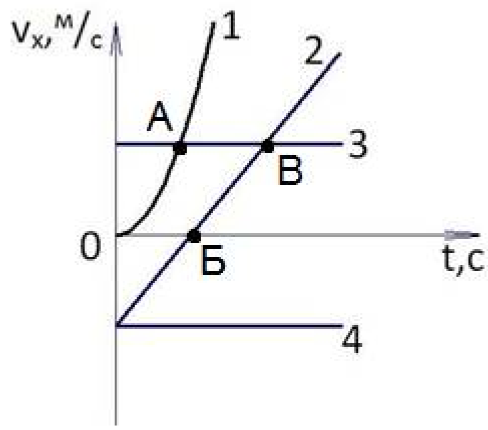
Задача 9. На рисунке представлен график зависимости координаты x от времени t Для четырех тел, движущихся вдоль оси OX. Равномерному движению с отличной от нуля скоростью соответствует график: 1) 1; 2) 2; 3) 3; 4) 4.



Методический анализ

Операция сравнения, которую должен выполнить школьник может быть сделана, если у него существует твердое знание о том, что при РД графиком зависимости координаты от времени $x(t)$ является прямая ($x \sim t$) , а при РУД- ветка параболы ($x \sim t^2$).

Задача 10. На рисунке представлены графики зависимости проекции скорости V_x от времени t для четырёх тел, движущихся вдоль оси Ох. Используя рисунок, выберите из предложенного перечня ***два*** верных утверждения. Укажите их номера.

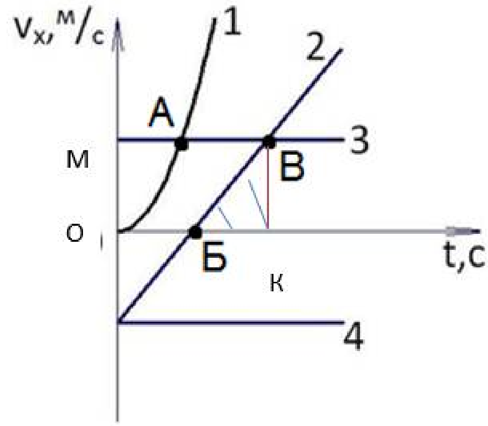


1) Тело 1 движется с ускорением.
2) В момент времени, соответствующий точке Б на графике, скорость тела 2 равна нулю.
3) Тело 4 находится в состоянии покоя.
4) В точке А тела 1 и 3 встретились.

От начала отсчёта до момента времени, соответствующего точке В на графике, тело 2 прошло больший путь по сравнению с телом 3.

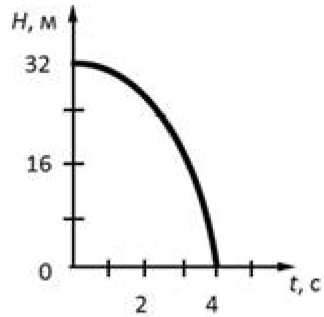
Методический анализ

Анализ графических задач школьник должен проводить с карандашом (иногда и линейкой). Следует на рисунок наносить все вспомогательные линии.



Тогда несложно сделать правильный вывод по пятому варианту ответа: отсчет времени-это $t = 0$; от начала отсчёта до момента времени, соответствующего точке В на графике, тело 2 прошло путь, численно равный площади фигуры БКВ, а тело 3- площади фигуры ОМВК, следовательно пятый ответ не верен.

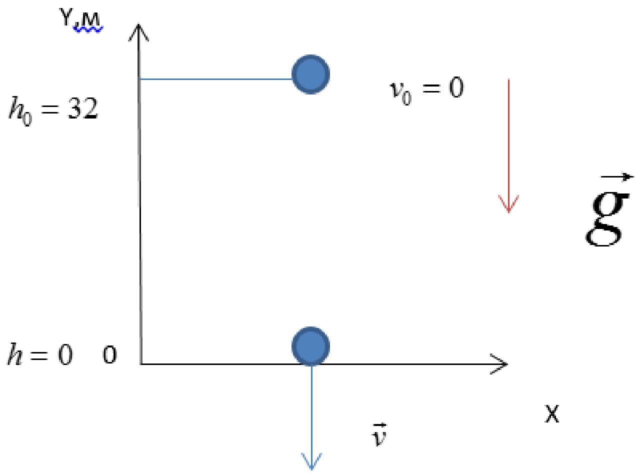
Задача 11. На рисунке представлен график зависимости высоты свободно падающего тела от времени на некоторой планете



Ускорение свободного падения на этой планете равно: 1) $10 \, м/с^2$; 2) $16 \, м/с^2$; 3) $4 \, м/с^2$; 4) $8 \, м/с^2$.

Методический анализ

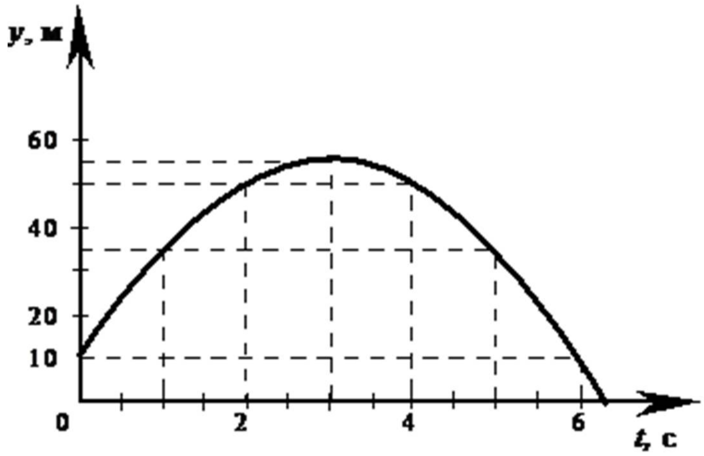
Для задачи такого рода необходимо сделать символическую модель, из которой будет понятно, какую форму примут формулы кинематики свободного падения для данного условия задачи.



Для представленной модели движения имеем: $h = h_0 + v_{0y}t + \frac{g_{пл}t^2}{2}$;

$0 = 32 - \frac{g_{пл}4^2}{2}$, откуда получаем $g_{пл} = 4\,\frac{м}{с^2}$.

Задача 12. На рисунке представлен график зависимости координаты от времени для тела, брошенного с высоты 10 м вертикально вверх. Чему равны путь L и модуль перемещения S тела через 5с от начала движения?



1) L = 35 м, S = 75 м; 2) L=75 м, S=35 м; 3) L=25 м, S=65 м; 4) L=65 м, S=25 м.

Методический анализ

В задаче 12 проверяются два базовых умения: определение пути как суммирование модулей изменения координат на отдельных участках пути; определение модуля перемещения при прямолинейном движении как модуля изменения координат.

Для школьника легче провести анализ, если предварительно подготовить следующую таблицу:

Промежуток времени $\Delta t, c$	0-3с	3-5с
Изменение координаты $\Delta y, м$	Δy_1=55м-10м=45м	$\lvert\Delta y_2\rvert = \lvert 35м - 55м\rvert = 20м$
Путь, пройденный на отдельных участках пути $S_i, м$	$S_1 = 45$ м	$S_2 = 20$ м
Путь S, пройденный за 5с	$S = S_1 + S_2 = 45м + 20м = 65м$	

Для проекции перемещения $\left|S_y\right| = \left|y(5c) - y(0)\right| = 35м - 10м = 25м.$

2.4.2 Относительность движения

Задача 1. *Движение лодки по реке*. Двигаясь по реке из пункта А в пункт В, моторная лодка при постоянной мощности мотора по течению перемещается со скоростью 7 $^{м}/_{c}$, а в обратном направлении из пункта В в пункт А со скоростью 3 $^{м}/_{c}$. Определите скорость течения реки.

Методический анализ

Решение задач такого типа должно включать все без исключения следующие шаги:

1. Выяснение того, что относительная скорость лодки по и против течения одинакова, так как мощность ее мотора постоянна.

2. Акцент на том, что относительная скорость лодки не может быть меньше скорости течения.

3. Выяснение того, что скорости $7\frac{м}{c}$ и $3\frac{м}{c}$ -это абсолютные скорости лодки.

4. Выполнение рисунков для двух движений лодки (по и против течения) на котором представлены: система координат; векторы скоростей лодки и воды.

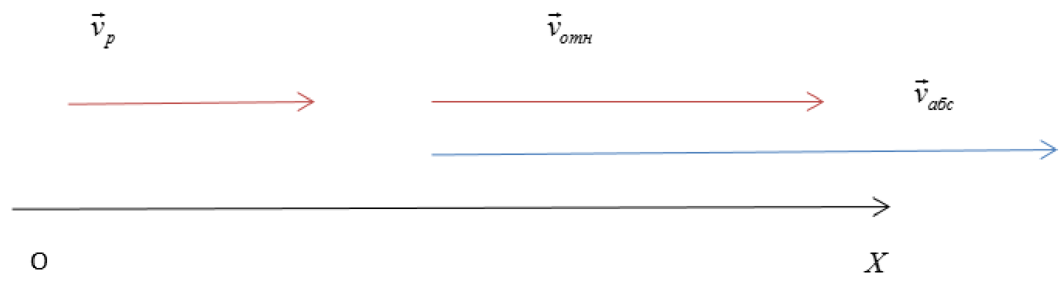
5. Запись классического закона сложения скоростей в векторной форме, в проекции на выбранную ось и в модульной форме.

6. Математические преобразования полученных равенств.

7. Вычисления и анализ ответа.

Для данной задачи пункты 4 и 5 приведены ниже.

Лодка плывет по течению



$$\vec{v}_{абс}=\vec{v}_p+\vec{v}_{отн}$$

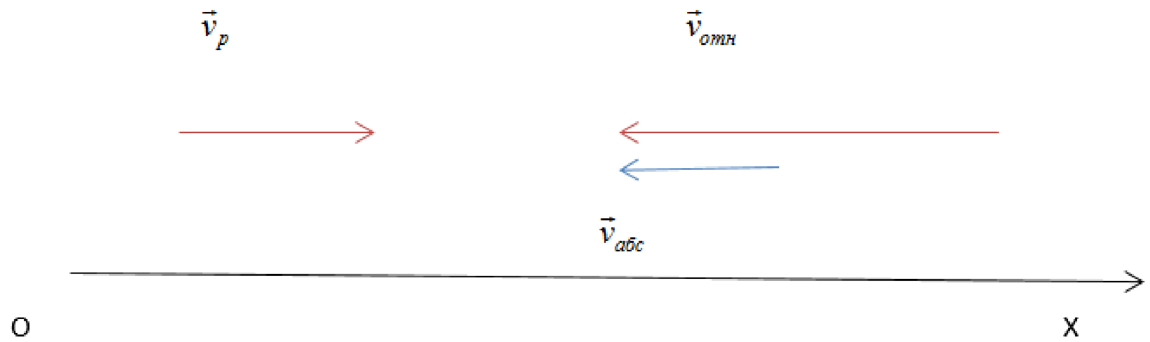
$$v_{абсx} = v_{px} + v_{отнx}$$

$$v_{px} = v_p\,,\ v_{отнx} = v_{отн}\,.$$

$$v_{абсx} = v_p + v_{отн}$$

$$7 = v_p + v_{отн} \quad (1)$$

Лодка плывет против течения



$$v_{px} = v_p\,,\; v_{отнх} = -v_{отн}$$

$3 = v_{отн} - v_p \quad (2).$

Решая совместно (1) и (2), получим $v_p = 2\,\frac{м}{с}$.

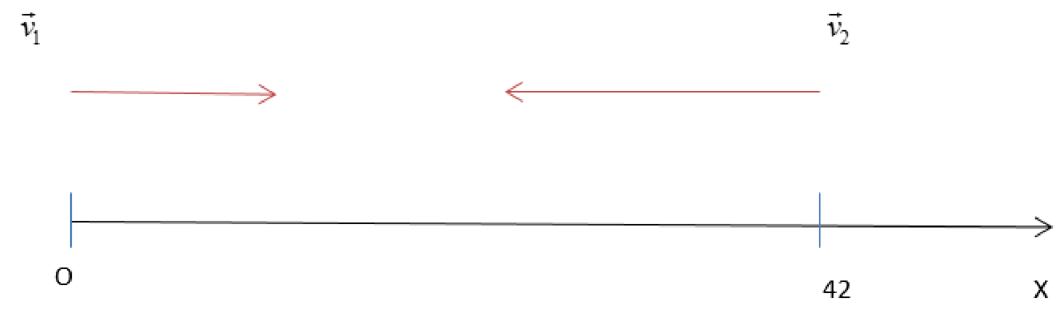
Задача 3. *Относительное движение велосипедистов.* Два велосипедиста одновременно выехали из двух населенных пунктов, находящихся на расстоянии 42 км друг от друга, и двигались равномерно навстречу друг другу. Скорость первого велосипедиста 8 $^{м}/_{с}$. Чему равна скорость второго велосипедиста, если известно, что они встретились через 50 мин?

Методический анализ

Школьник должен уметь решать несложные задачи такого рода в переносной системе отсчета и знать, что время в ньютоновской механике абсолютно, то есть течет одинаково в различных инерциальных системах отсчета.

Представим движение велосипедистов сначала в лабораторной, а потом в переносной системе отсчета:

а) Лабораторная СО.



б) Переносная СО.

В этой СО первый велосипедист покоится, а второй движется относительно первого со скоростью $\vec{v}_{21} = \vec{v}_2 - \vec{v}_1 = \vec{v}_2 + (-\vec{v}_1)$. Тогда окончательно имеем:

$$v_{21} = v_2 - v_1$$

$$v_{21} = \frac{S}{t}$$

$$v_2 = v_{21} + v_1.$$

3 Механические явления: динамика

3.1 Когнитивная карта по разделу «Динамика»

Таблица 3.1 – Когнитивная карта по разделу «Динамика»

<table>
<tr><td rowspan="13">ЗНАНИЕ:
понятия
принципы
закон

Что Я должен
ЗНАТЬ?</td><td rowspan="13">Новое знание</td><td>Сила $\vec{F}$ - векторная физическая величина</td></tr>
<tr><td>Сложение сил, действующих: в одном направлении; под углом друг к другу</td></tr>
<tr><td>Инерциальная система отсчета</td></tr>
<tr><td>Инертная масса m</td></tr>
<tr><td>Взаимодействие. Сила $\vec{F}$ как мера взаимодействия тел.</td></tr>
<tr><td>Первый закон Ньютона</td></tr>
<tr><td>Второй закон Ньютона $\vec{F} = m\vec{a}$</td></tr>
<tr><td>Третий закон Ньютона $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$</td></tr>
<tr><td>Сила трения покоя $\vec{F}_{тр.п}$. Максимальная сила трения покоя $\vec{F}тр.п.\max$.</td></tr>
<tr><td>Коэффициент трения μ</td></tr>
<tr><td>Сила трения скольжения $\vec{F}_{тр.ск} = \mu N$.</td></tr>
<tr><td>Упругие и неупругие деформации</td></tr>
<tr><td>Закон Гука для упругой деформации $\vec{F}_{упр} = k\Delta l$</td></tr>
</table>

Продолжение таблицы 3.1.

ЗНАНИЕ: понятия принципы законы Что Я должен ***ЗНАТЬ***?		Сила тяжести.
		Сила всемирного тяготения. Закон всемирного тяготения $F = G\frac{m_1 m_2}{r^2}$ /
		Вес тела $\vec{P}$ в различных условиях движения тела
		Ускорение свободного падения g
		Первая космическая скорость для различных условий движений спутника Земли: $v_I = \sqrt{G\frac{M}{R}}$; $v_I = \sqrt{G\frac{M}{R+h}}$.
ЗНАНИЕ	*Пропедевтика понятий:*	Гравитационное взаимодействие; электромагнитное взаимодействие; сильное взаимодействие; слабое взаимодействие. Вторая и третья космические скорости
ЗНАНИЕ	*Актуализированное*	Ускорение. Центростремительное ускорение.
		Линейная скорость
		Силы: трения; всемирного тяготения; тяжести; упругости; вес тела
		Ускорение свободного падения
		Период обращения
		Частота обращения
		Траектория. Путь. Перемещение.

Продолжение таблицы 3.1

Понимание Что Я должен **понимать?**	*Основные умения*	*Теоретические:* *Определение:* равнодействующей сил $\vec{F} = \sum_i \vec{F}_i$, действующих вдоль одной прямой или под углом друг к другу; силы всемирного тяготения $F_{тяг} = G\frac{mM}{r^2}$ при $r = R$ $r = R + h$; силу упругости $\vec{F}_{упр} = k\Delta l$; силы трения скольжения $\vec{F}_{тр.ск} = \mu N$; силы тяжести $\vec{F}_{тж} = mg$; веса тела P при различных условиях движения (тело покоится или движется равномерно вместе с опорой; тело вместе с опорой движется с ускорением a вверх или вниз по вертикали, а также по выпуклой или вогнутой поверхности). *Различение:* природы сил в механике; силы тяжести и силы всемирного тяготения *Применение:* трех законов Ньютона для определения кинематических характеристик движения МТ под действием различных сил (трения; упругости; всемирного тяготения; тяжести) *Практические:* • Исследование равноускоренного движения без начальной скорости • Измерение ускорения свободного падения

Продолжение таблицы 3.1

Понимание	*Вклю-чение нового знания в кон-текст*	Второй закон Ньютона в релятивистской динамике. Задача трех тел в механике. Законы Кеплера.
Понимание	*Вклю-чение в диалог с тек-стом, с Дру-гим*	*Стратегии смыслового чтения:* • Обобщающие таблицы: «Движение МТ под действием силы трения»; «Движение МТ под действием силы упруго-сти». • Сравнительная таблица «Гравитационные силы» • Тематический конспект «Вес тела в различных условиях движения» • Презентация «Искусственные спутники Земли» • Карта понятий «Законы Ньютона»
Понимание	*Объяс-нение*	Физические ситуации, описанные в задачах различного типа и уровня сложности. Физические явления во фронтальных и индивидуальных ла-бораторных экспериментах, демонстрационных опытах и наблюдениях.

Продолжение таблицы 3.1

Понимание	*Актуализация в будущем*	Релятивистская динамика: второй закон Ньютона $\vec{F} = \frac{d\vec{P}}{dt}$. Определение второй и третьей космической скорости в центрально-симметричном поле шара.

3.2 В методическую копилку учителя

3.2.1 Изображение сил

Умение твердо и аккуратно изображать силы, действующие на тело -базовая операция учебной деятельности «решение физической задачи». На каждом этапе обучения, в котором вводится новая для учащихся сила, необходимо отработать 3 шага:

1. Определение точки приложения силы.
2. Определение направления силы.
3. Задание примерной длины вектора-модуля силы.

В вопросе точки приложения силы лучше выбрать единственный подход: точка приложения силы находится в центре тяжести тела, которое мы изображаем, как правило, геометрической фигурой правильной формы.

В кинематике и динамике школьного курса физики мы рассматриваем движение материальной точки (часто заменяя это понятие понятием «движущееся тело»), которая на рисунке моделируется такой фигурой. Если прикладывать векторы сил в различные точки, то нужно вести речь о вращательном моменте этих сил (например, моменте силы трения), вызывающего поворот, тогда как МТ может двигаться только поступательно.

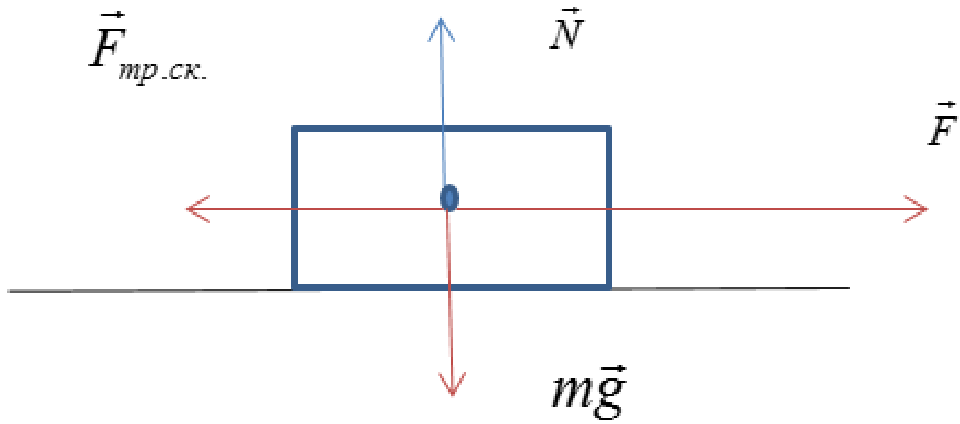


Рисунок 3.1 - Изображение сил

3.2.2 Изображение силы в различных условиях движения

В обучении важно научить школьника видеть проявление силы в различных условиях движения тела (МТ) (или покоя), что, как правило, на практике вызывает определенные трудности. При этом учащемуся следует помнить, что:

- исходить следует из определения данного вида силы;
- при взаимодействии тел, согласно третьему закону Ньютона, всегда появляется пара сил ($\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$);
- возникающая пара сил имеет одну природу.

В задачах повышенного и высокого уровня сложности, в которых рассматривается движение тела вдоль наклонной плоскости, часто требуется рассматривать силы действия и противодействия, что вызывает трудности у школьников.

Рассмотрим два случая:

- Брусок массы m движется вниз по абсолютно гладкой наклонной грани клина. Изобразите силы, с которыми брусок и клин действуют друг на друга.

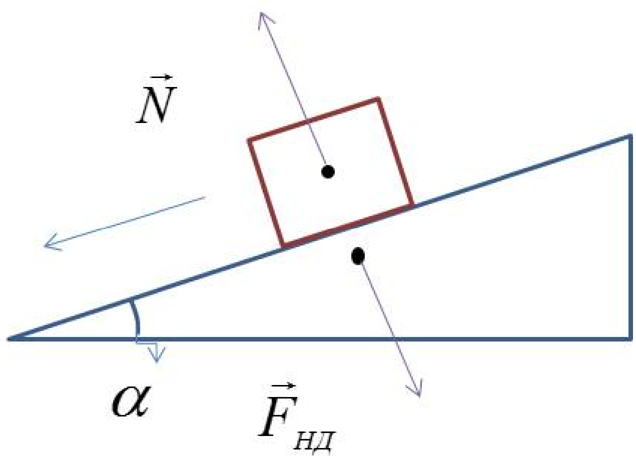


Рисунок 3.2 – Брусок на гладком клине

Клин действует на брусок с силой $\vec{N}$ - нормальной силой реакции опоры, направленной перпендикулярно поверхности соприкосновения тел. Брусок действует на клин с силой нормального давления $\vec{F}_{НД}$. Для этих сил выполняется третий закон Ньютона: $\vec{N} = -\vec{F}_{НД}$. Модуль силы нормального давления равен $F_{НД} = mg\cos\alpha$. Полезно обсудить с учащимися, как будет меняться модуль этой силы при различных углах наклона плоскости.

•Брусок массы m положили на наклонную грань клина. Коэффициент трения между поверхностями равен μ . Изобразите силы, с которыми данные тела действуют друг на друга.

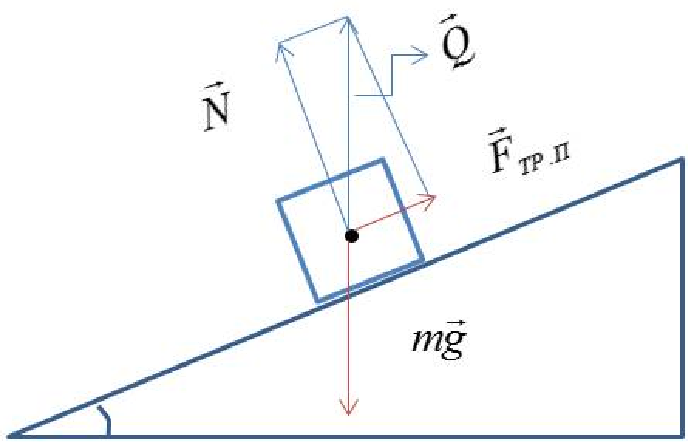


Рисунок 3.3 – Силы, действующие на брусок со стороны поверхности клина

В этом случае на брусок действуют следующие силы: сила тяжести $m\vec{g}$; сила нормальной реакции опоры $\vec{N}$; сила трения покоя $\vec{F}_{ТР.П}$. Так брусок находится в равновесии на поверхности клина, то можно записать: $\vec{Q} = -m\vec{g}$, где $\vec{Q} = \vec{N} + \vec{F}_{ТР.П}$.

В свою очередь, брусок действует на клин с силой $\vec{P}$, равной по модулю $Q = mg$ и противоположной по направлению полной силе реакции опоры $\vec{Q}$.

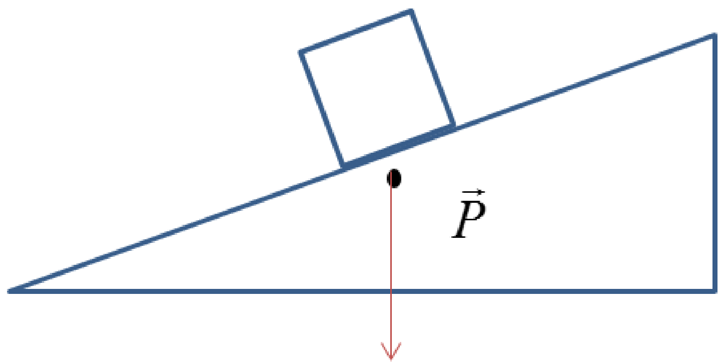


Рисунок 3.4 – Сила, с которой брусок действует на поверхность клина

3.2.3 Пара сил трения, возникающая при относительном движении тел

В задачах повышенного и высокого уровня сложности на ЕГЭ имеют место ситуации (в заданиях на применение условий равновесия), когда следует правильно изобразить силы трения, возникающие между телами при их относительном движении, учитывая, что эти силы равны по модулю и противоположны по направлению. Уместно обсудить этот вопрос со школьниками при обсуждении проявления третьего закона Ньютона в природе. Данное умение можно сформировать, например, на таком задании:

- На горизонтальной плоскости лежит тело 1 с массой M, на которой помещен груз 2 с массой m. Горизонтальная сила $\vec{F}$ приложена: а) к грузу; б) к доске. Изобразите силы трения, с которыми тела действуют друг на друга.

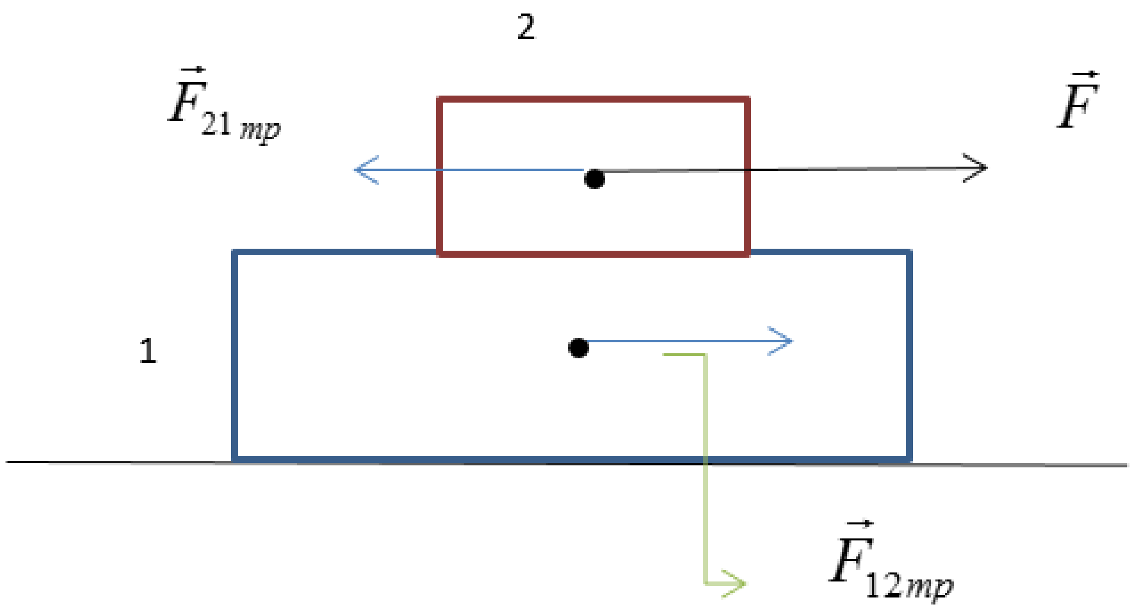


Рисунок 3.5 – Сила $\vec{F}$ действует на груз

На рисунке сила тормозящего трения $\vec{F}_{21\,тр}$ и сила движущего трения $\vec{F}_{12\,тр}$ равны по модулю и противоположны по направлению.

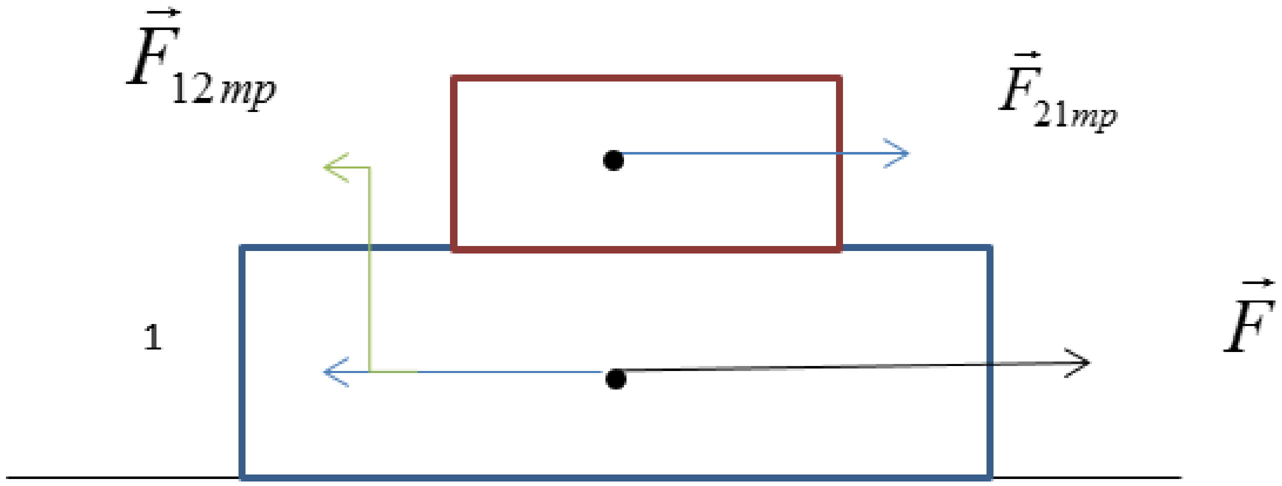


Рисунок 3.6 - Сила $\vec{F}$ действует на доску

На рисунке сила тормозящего трения $\vec{F}_{12\,тр}$ и сила движущего трения $\vec{F}_{21\,тр}$ равны по модулю и противоположны по направлению.

3.3 Систематика задач по динамике

Таблица 3.2 - Систематика задач по динамике

№	Физизиче-че-ское явле-ле-ние	Форми-руемое знание	Базовые задачи. *Задачи повышенного и высокого уровня сложно-сти.*	Опорные знания
1	Движе-ние МТ по инерции	Первый закон Ньютона: если $\vec{R} = \sum_i \vec{F}_i = 0$, то $\vec{v} = 0$ или $\vec{v} = const$.	1.Изображение и сравнение сил, действующих на тело. Определение равнодействующей этих сил $\vec{R} = \sum_i \vec{F}_i$ 2. Выявление условий равномерного прямолинейного движения МТ под действием равнодействующей сил $\vec{R} = \sum_i \vec{F}_i$	Сила $\vec{F}$ Равно-действу-ющая сил $\vec{R} = \sum_i \vec{F}_i$ РД
2	Движе-ние МТ с ускоре-нием $\vec{a} = co$	Второй закон Ньютона: $\sum_ш \vec{F}_i = m\vec{a}$	1. Определение ФВ (массы *m,* модуля скорости *v,* модуля ускорения *a*) из второго закона Ньютона $\sum_ш \vec{F}_i = m\vec{a}$ 2. Определение проекции силы F_x из графика зависимости проекции скорости от времени $v_x(t)$	Сила Ускоре-ние РУД
3	Вза-имо-дей-стви е тел	Третий закон Ньютона: $\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$	1. Изображение сил действия и противодействия $\vec{F}_{12}$ и $\vec{F}_{21}$ 2. Определение сил действия и противодействия $\vec{F}_{12}$ и $\vec{F}_{21}$	Сила Взаимо-действие тел

Продолжение таблицы 3.2

4	Всемирное тяготение	Закон всемирного тяготения $F = G\dfrac{m_1 m_2}{r^2}$ Искусственные спутники Первая космическая скорость $v = \sqrt{G\dfrac{M}{R+h}}$	1. Определение силы тяготения $F = G\dfrac{m_1 m_2}{r^2}$ и анализ зависимости силы: от масс взаимодействующих МТ m_1 и m_2; расстояния r между МТ 2. МТ в гравитационном поле двух шарообразных тел (пример: Земли и Луны) 3. Определение первой космической скорости $v = \sqrt{G\dfrac{M}{R+h}}$ при $h \approx R$ и $h \ll$ R 4. Определение ускорения свободного падения 5. $g = G\dfrac{M}{(R+h)^2}$ планет и их спутников при $h \approx R$ и $h \ll$ R 6. Определение периода обращения T спутников планет	Сила всемирного тяготения МТ Взаимодействие Равновесие МТ Центростремительное ускорение $a_{центр}$ Период обращения T Линейная скорость v
5	Движение	Зависимости:	1. Составление кинематических законов $y(t)$ (или $h(t)$) при движении по вертикали (вверх; вниз) под действием силы тяжести	Свободное паде

Продолжение таблицы 3.2

	МТ в однонородном поле Земли (по вертикакали)	модуля и проекции ускорения от времени $g_y(t), g(t)$; модуля и проекции скорости от времени $v_y(t), v(t)$; проекции перемещения от времени $S_y(t)$; координаты от времени $y(t)$	2. Определение кинематических характеристик движения МТ (времени падения t; скорости v в момент падения; высоты h, с которой началось падение) при свободном падении из состояния покоя ($v_0 = 0$) и с заданной начальной скоростью $v_0 \neq 0$ *3. Определение перемещения МТ в первую и последнюю секунды падения* *4. Определение высоты и времени падения по известному пути в последние секунды движения* 5. Определение кинематических характеристик движения МТ (времени подъема t; скорости v в произвольный момент времени; высоты подъема h) при движении в однородном поле Земли вверх 6. *Графическое представление движения МТ в однородном поле силы тяжести: зависимости* $g_y(t), g(t), v_y(t), v(t), Y(t)$ 7. *Относительное движение двух свободно падающих МТ*	ние МТ Скорость Ускорение Зависимости при РУД: $a_x(t), v_x(t), x(t), S_x(t)$

Продолжение таблицы 3.2

6	Движение МТ в однородном поле Земли (баллистическое движение)	Баллистическое движение Разложение скорости $\vec{v}_0$ на составляющие $\vec{v}_{ox}$ и $\vec{v}_{oy}$ Дальность полета l Время полета $t_{пол}$	1. Определение времени полета $t_{пол}$ 2. Определение максимальной высоты подъема $h_{\max}$ 3. Определение дальности полета l 4. *Определение времени полета $t_{пол}$, максимальной высоты подъема $h_{\max}$, дальности полета l при условии действия на тело попутного горизонтального ветра* 5. *Составление уравнения траектории тела $y(x)$* 6. *Определение расстояния L от точки бросания до точки падения в случае, если тело массой m бросают под углом α к наклонной плоскости, которая образует с горизонтом угол β (начальная скорость тела равна v_0* 7. *Задачи на встречу тел в полете*	Зависимости: модуля и проекции ускорения от времени $g_y(t), g(t)$; модуля и проекции скорости от времени $v_y(t), v(t)$; проекции перемещения от времени $S_y(t)$; координаты от времени $y(t)$

Продолжение таблицы 3.2

7	Движение под действие силы упругости	Сила упругости $\vec{F}_{упр}$ Упругая деформация Абсолютное удлинение Δl Коэффициент жесткости k Закон Гука $F_{упр} = k\Delta l$	1.Определение коэффициента жесткости k и абсолютного удлинения Δl при упругих деформациях в случаях: одной пружины; *двух пружин, соединенных последовательно; двух пружин, соединенных параллельно.* 2.Движение тела при подъеме его на тросе в случаях: без учета силы Архимеда; с учетом силы Архимеда. 3. Равномерное движение тела по горизонтали под действием силы трения и силы упругости. 4. Движение тела по горизонтали с постоянным ускорением под действием силы трения и силы упругости.	РД РУД Второй закон Ньютона $\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$ Первый закон Ньютона
8	Движение тела под действием силы трения	Сила трения покоя $\vec{F}_{тр.пок}$ Сила трения скольжения $\vec{F}_{тр.ско}$	1. Задачи на определение горизонтальной силы, необходимой для сдвига тела с места ($F > \mu mg$). 2. Тело на горке с углом наклона α: находится в покое ($tg\alpha \le \mu$); тело скользит вниз ($tg\alpha > \mu$) 3. Равномерное движение тела под действием силы трения скольжения $\vec{F}_{тр.ско}$, если приложенная сила $\vec{F}$ направлена горизонтально или под углом α к горизонту	Второй закон Ньютона $\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$ Первый закон Ньютона

Продолжение таблицы 3.2

		Сила трения качения $\vec{F}_{тр.кач}$ Разложение силы на составляющие: $\vec{F} = \vec{F}_x + \vec{F}_y$	4. Движение с постоянным ускорением тела под действием силы трения скольжения $\vec{F}_{тр.ско}$, если приложенная сила $\vec{F}$ направлена горизонтально или под углом α к горизонту 5. *Движение автомобиля на повороте без заноса.* 6. *Движение велосипедиста на повороте с отклонением на некоторый угол к вертикали*	Центростремительное ускорение $a_{центр}$
9	Действие тела на опору (или подвес)	Вес тела $\vec{P}$ Невесомость	1. Вес тела $\vec{P}$ при покое или равномерном движении опоры 2. Вес тела $\vec{P}$ при движении опоры вверх (вниз) с постоянным ускорением $\vec{a}$ 3. Вес тела: в верхней точке выпуклой поверхности; в нижней точке вогнутой поверхности. 4. Вес тела $\vec{P}$ на наклонной плоскости 5. *Движение летчика по «мертвой петле»*	Второй закон Ньютона $\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$ Первый закон Ньютона Центростремительное ускорение $a_{центр}$
10	Движе		1. Определение кинематических характеристик движения тела (времени спуска t, ускорения	

Продолжение таблицы 3.2

	ние тела по накл он-ной плос ко-сти	*Движе-ние тела в неинер-циальной системе отсчета*	2. a, скорости v, координаты x, перемещения S) по наклонной плоскости без трения. 3. Определение кинематических характеристик движения тела (времени спуска t, ускорения a, скорости v, координаты x, перемещения S) 4. по наклонной плоскости с трением. *5. Определение кинематических характеристик движения тела (времени спуска t, ускорения a, скорости v, координаты x, перемещения S) по наклонной плоскости с трением. Наклонная плоскость движется горизон-тально с постоянным ускорением $\vec{a}$.*	Второй закон Ньютона $\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$ Первый закон Ньютона
11	Дви же-ние свя-зан-ных тел	Кинема-тические связи	1. Движение двух связанных тел по горизонтали 2. Движение связанных тел по вертикали 3. Движение связанных тел по наклонной плос-кости 4. Движение связанных тел в системе с блоками (подвижными и неподвижными)	Второй закон Ньютона $\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$ Первый закон Ньютона

3.4 Анализ некоторых заданий из Открытого банка заданий к Основному государственному экзамену по физике

3.4.1 Вес тела в различных условиях движения

1. Мальчик стоит на напольных весах в лифте. Лифт начинает движение вверх с ускорением 1 м/с^2. Что покажут весы в ходе этого движения, если в покоящемся лифте они показывали 40 кг?

1) не изменится; 2) уменьшится в 4 раза; 3) уменьшится в 16 раз; 40 увеличится в 4 раза

Методический анализ

Данная задача может быть решена двумя различными способами, сначала в инерциальной, а потом неинерциальной системе отсчета. Альтернативные способы решения обеспечивают развитие мышления школьника на основе многообразия способов обоснования решения.

В ИСО отсчета на основе второго закона Ньютона, примененного в ситуациях, когда тело и опора сначала покоятся, а потом двигаются с ускорением вверх, мы получаем для веса тела $P = m(g + a)$.

Ссылаясь на опыт школьника о характере движения тел в тормозящем или ускоряющемся автобусе (явление инерции: человек падает вперед; человек падает назад), можно определить фиктивную силу инерции, возникающую в СО, движущихся с ускорением относительно ИСО. *Сила инерции, возникающая в ускоренно движущихся системах отсчета, равна* $\vec{F}_{ин} = -m\vec{w}$, *где* m - *масса тела,* $\vec{w}$ - *ускорение самой неинерциальной системы отсчета. Сила инерции обусловлена не воздействием одного тела на другое, она возникает вследствие ускоренного движения самой системы и всегда направлена против направления вектора ускорения* $\vec{w}$. *Полезно показать примеры возникновения силы инерции при различных движениях тела вместе с опорой.*

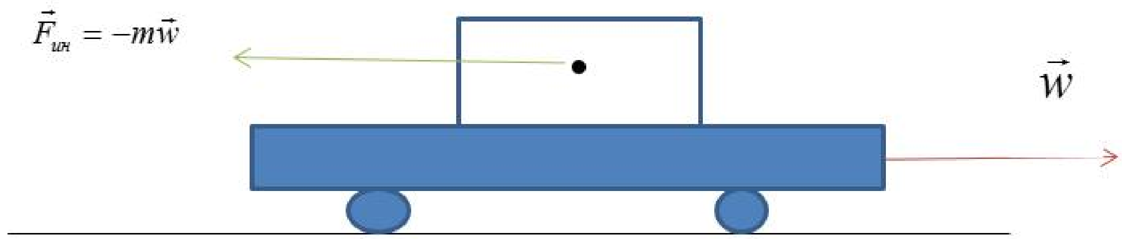


Рисунок 3.7 - Неинерциальная система отсчета движется поступательно

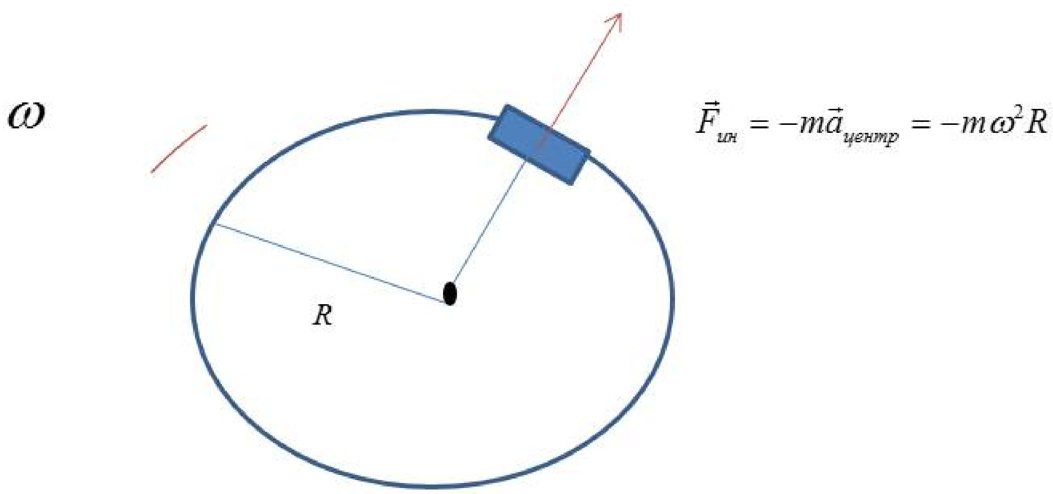


Рисунок 3.8 - Неинерциальная система отсчета движется с угловой скоростью ω

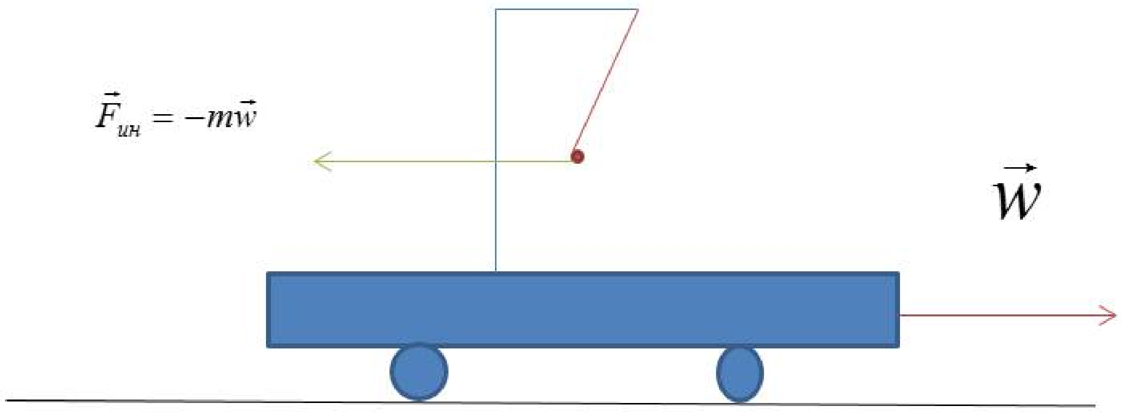
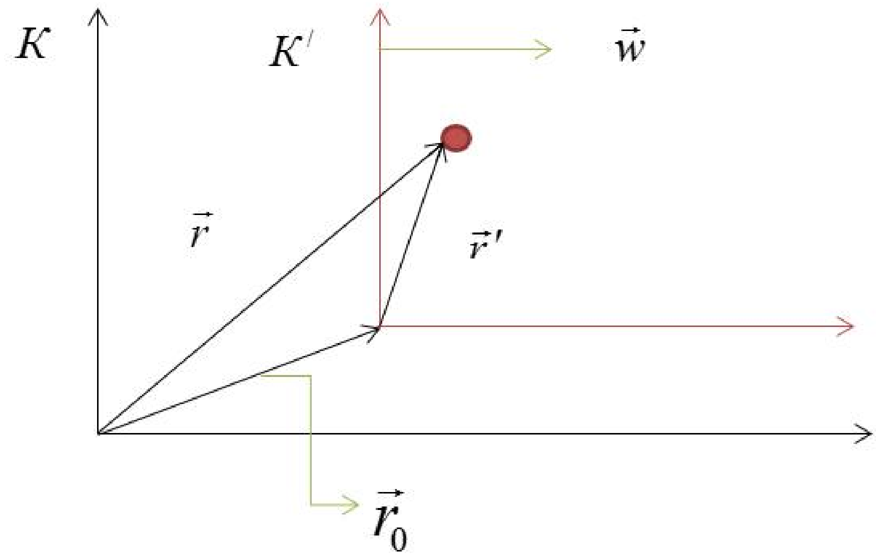


Рисунок 3.9 - Неинерциальная система отсчета движется поступательно

Для школьников мотивированных, имеющих высокий уровень подготовки, понятие «сила инерции» можно ввести строго следующим образом:

1. *Постановка задачи. Р*ассмотрим движение МТ в 2 СО, одна из которых инерциальная (К-система, связана с поверхностью Земли-лабораторная), другая, K', движется относительно первой с постоянным ускорением $\vec{w}$.Определим вид второго закона Ньютона для МТ в K'-системе.

2. *Создание символической модели движения.*



Положение МТ в K – системе задается радиусом – вектором $\vec{r}$, в K' -системе-вектором $\vec{r}'$. Положение самой K' -системы задается вектором $\vec{r}_0$.

3. *Создание математической модели движения.*

Из рисунка видно, что

$$\vec{r} = \vec{r}' + \vec{r}_0 . \tag{1}$$

Для проекций этих векторов на ось $O\vec{X}$ имеем:

$$x = x' + x_0 . \tag{2}$$

Через малое время Δt координаты получат приращение, то есть:

$$\Delta x = \Delta x' + \Delta x_0 . \tag{3}$$

Разделим правые и левые части (3) на время, получим для проекций мгновенных скоростей:

$$v_x = v'_x + v_{ox} . \tag{4}$$

Для приращений скоростей запишем:

$$\Delta v_x = \Delta v'_x + \Delta v_0 . \tag{5}$$

Разделим (5) справа и слева на Δt и умножим обе части равенства на массу материальной точки m, получим:

$$\vec{r}\ \ ma_x = ma'_x + mw_x. \tag{6}$$

Учитывая, что произведение массы МТ на ее ускорение-сила, запишем (6) в виде:

$$ma'_x = ma_x + F_{инх}. \tag{7}$$

В (7) $F_{инх} = -mw_x$ фиктивная сила инерции. Знак «минус» указывает на то, что сила инерции направлена противоположно вектору ускорения $\vec{w}$ K'-системы.

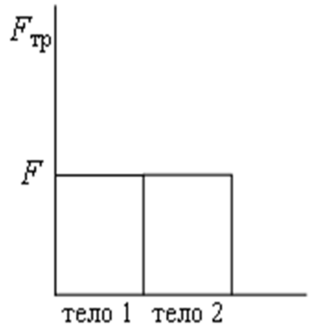
4. Обсуждение результата. Таким образом, вследствие ускоренного движения K'-системы, на МТ действует фиктивная сила инерции $F_{инх} = -mw_x$. Второй закон Ньютона в K'-системе имеет вид: $ma'_x = ma_x + F_{инх}$.

Каждый учитель, очевидно, найдет для себя свой вариант рассуждения и свои примеры. Понимание же того, почему возникает сила инерции и в чем ее особенности - условие успешного решения целой группы задач на гармонические колебания математического маятника в различных ускоренно движущихся системах отсчета.

3.4.2 Анализ диаграммы силы

1. Учащийся выполнял эксперимент по измерению силы трения, действующей на два тела, движущихся по горизонтальным поверхностям. Масса первого тела m_1, масса второго тела m_2, причем $m_1 = 2m_2$. Он получил результаты, представленные на рисунке в виде диаграммы. Какой вывод можно сделать из анализа диаграммы?

1) сила нормального давления $N_2 = 2N_1$; 2) сила нормального давления $N_1 = N_2$; 3) коэффициент трения $\mu_1 = \mu_2$; 4) коэффициент трения $\mu_1 = 2\mu_2$.



Методический анализ

Анализ диаграммных моделей – новая учебная задача для школьника. Рассуждения можно привести следующим образом:

1. *Постановка вопросов по виду диаграммы*. Какая физическая величина отложена на вертикальной оси? Определяют ли площади прямоугольников для каждого из тел значение какой-либо физической величины? Что можно сказать о значениях силы трения, действующей на каждое из тел в отдельности? К какому виду сил трения относятся силы в условиях данной задачи?

2. *Постановка по условию задачи*. Что нам известно о массах движущихся тел? Что можно сказать в связи с этим о силах нормального давления, с которыми эти тела действуют на опору?

3. *Создание математической модели движения каждого тела на основе содержания диаграммы.* Силы трения, действующие на тела, как следует из диаграммы, одинаковы по величине, то есть

$$F_{тр1} = F_{тр2} = F\ .$$

Сила трения скольжения определяется формулой

$$F = \mu mg\ .$$

Для двух тел запишем:

$$F = \mu_1 m_1 g\ , \tag{1}$$

$$F = \mu_2 2m_1 g\ . \tag{2}$$

Разделив равенство (1) на равенство (2), получим:

$$1 = \frac{\mu_1}{2\mu_2},$$

Откуда следует, что $\mu_1 = 2\mu_2$.

3.4.3 Принцип относительности Галилея

Задача 1. Можно ли, находясь в вагоне с зашторенными окнами при полной звукоизоляции, с помощью каких-либо экспериментов определить, движется ли поезд равномерно и прямолинейно или покоится? Ответ поясните.

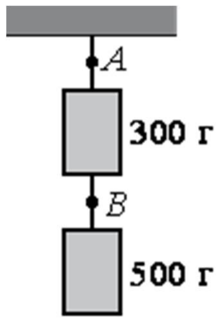
Методический анализ

Принцип относительности Галилея - это *постулат*, который следует из многочисленных опытов: во всех системах отсчета, которые движутся равномерно поступательно и прямолинейно относительно далеких звезд или относительно друг друга, все механические явления протекают одинаково. При этом существенно дополнение: если условия протекания этих механических явлений одинаково, то есть положения тел и их воздействие на выбранную МТ одинаково.

Подчеркнем, что принцип относительности не поддается экспериментальной проверке. Следовательно, обсуждение заданий типа, предложенного можно сделать только на основе личного опыта школьника, например, при анализе движения в «зашторенном» автомобиле (покой; РД автомобиля) или в трюме корабля (пример самого Г. Галилея).

3.4.4 Сила натяжения нити

Задача 1. На рисунке изображены две гири, висящие на невесомых нитях. Масса каждой гири указана на рисунке. Сила натяжения нити в точке А равна 3 Н, в точке В равна 5 Н; 2) в точке А равна 8 Н, в точке В равна 2 Н; 3) в точке А равна 8 Н, в точке В равна 5 Н; 4) в точке А равна 3 Н, в точке В равна 2 Н.



Методический анализ

Данное задание позволяет обратить внимание учащихся на тот факт, что силы натяжения, действующие в точках А и В, характеризуют различные пары взаимодействующих тел. Следует сделать аккуратный рисунок и проанализировать ситуацию.

Для определения силы натяжения в точке А можно заменить систему из тел А и В на одно тело массой $m_1 + m = 0{,}8кг$ (тело С). Далее рассматривать взаимодействие нити 1 и тела указанной массы С, так как взаимодействие нити 2 с телами А и В является внутренним для системы «А+В+нить 2».

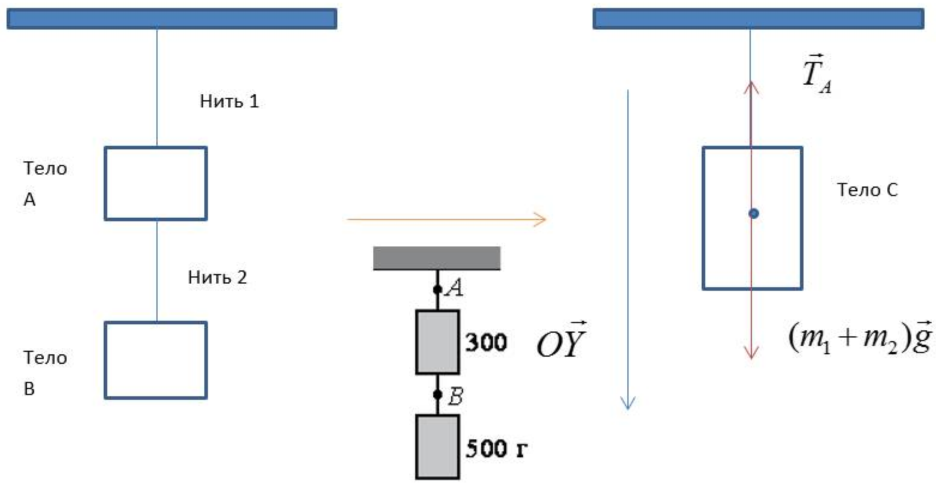


Рисунок 3.10 - Определение силы натяжения в точке А

Так тело *С* находится в равновесии, то, согласно первому закону Ньютона можно записать:

$$\sum_i \vec{F}_i = 0,$$

$$\vec{T} + (m_1 + m_2)\vec{g} = 0.$$

В проекции на выбранное направление:

$$T_{Ay} + (m_1 + m_2) g_y = 0.$$

В модулях условие равновесия имеет вид:

$$-T_A + (m_1 + m_2) g = 0.$$

Отсюда $T_A = (m_1 + m_2) g = 8H$.

Такой подход рассмотрения взаимодействия связанных является основой для дальнейшего освоения задач на движение связанных тел в различных условиях (по горизонтали; по наклонной плоскости; посредством нити, перекинутой через блок).

Для определения силы натяжения в точке B необходимо рассмотреть все силы, действующие на каждое тело в отдельности, учитывая, что нить 2 одинаково действует на тела, и из полученной системы условий равновесия получить ответ (5Н).

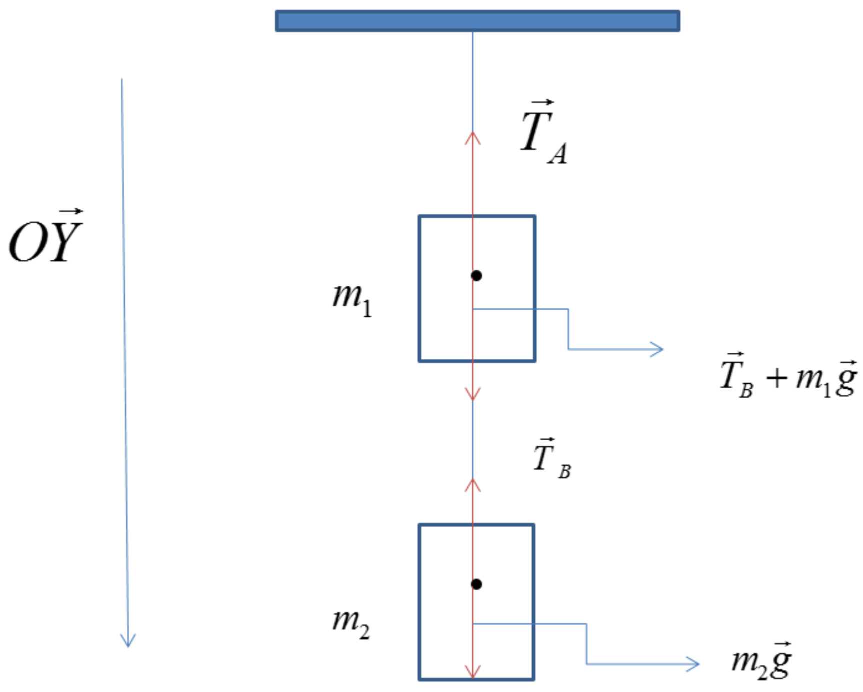


Рисунок 3.11 - Определение силы натяжения в точке B

Можно рассуждать иначе: из условия равновесия тела получим, что

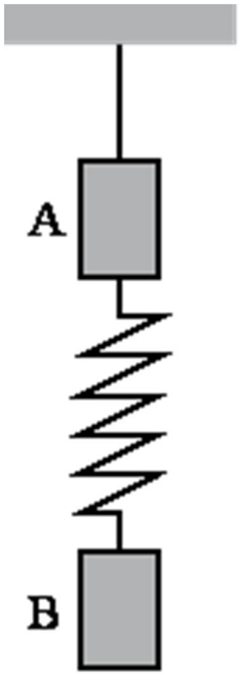
$$\vec{T}_B + m_2 \vec{g} = 0,$$

$$O\vec{Y} : T_{By} + m_2 g_y = 0,$$

$$-T_B + m_2 g = 0,$$

$$T_B = m_2 g.$$

Задача 2. К невесомой нити (см. рисунок) подвешен груз А, к нему на пружине прикрепляют груз В и затем нить пережигают. Какой из грузов в начале падения имеет относительно земли большее ускорение? Ответ поясните.



Методический анализ

Данная задача относится к качественным заданиям ОГЭ, поэтому рассмотрим пошаговое ее обоснование-решение.

- В условии не заданы массы тел. Примем, что массы m_A и m_B равны: $m_A = m_B$.
- До перерезания нити тела А и В находятся в равновесии.
- После перерезания нити тела начинают двигаться с ускорениями $\vec{a}_A$ и $\vec{a}_B$ под действием приложенных к ним сил.
- На рисунке покажем силы, действующие на тела в момент перерезания нити и систему координат $O\vec{Y}$, в которой будем записывать уравнения движения

$\sum_i \vec{F}_i = m\vec{a}$ для каждого тела. Силы, с которой пружина действует на тела – силы упругости $\vec{F}_{упрA}$ и $\vec{F}_{упрB}$. Эти силы упругости равны по модулю и являются внутренними силами для двух взаимодействующих тел m_A и m_B .

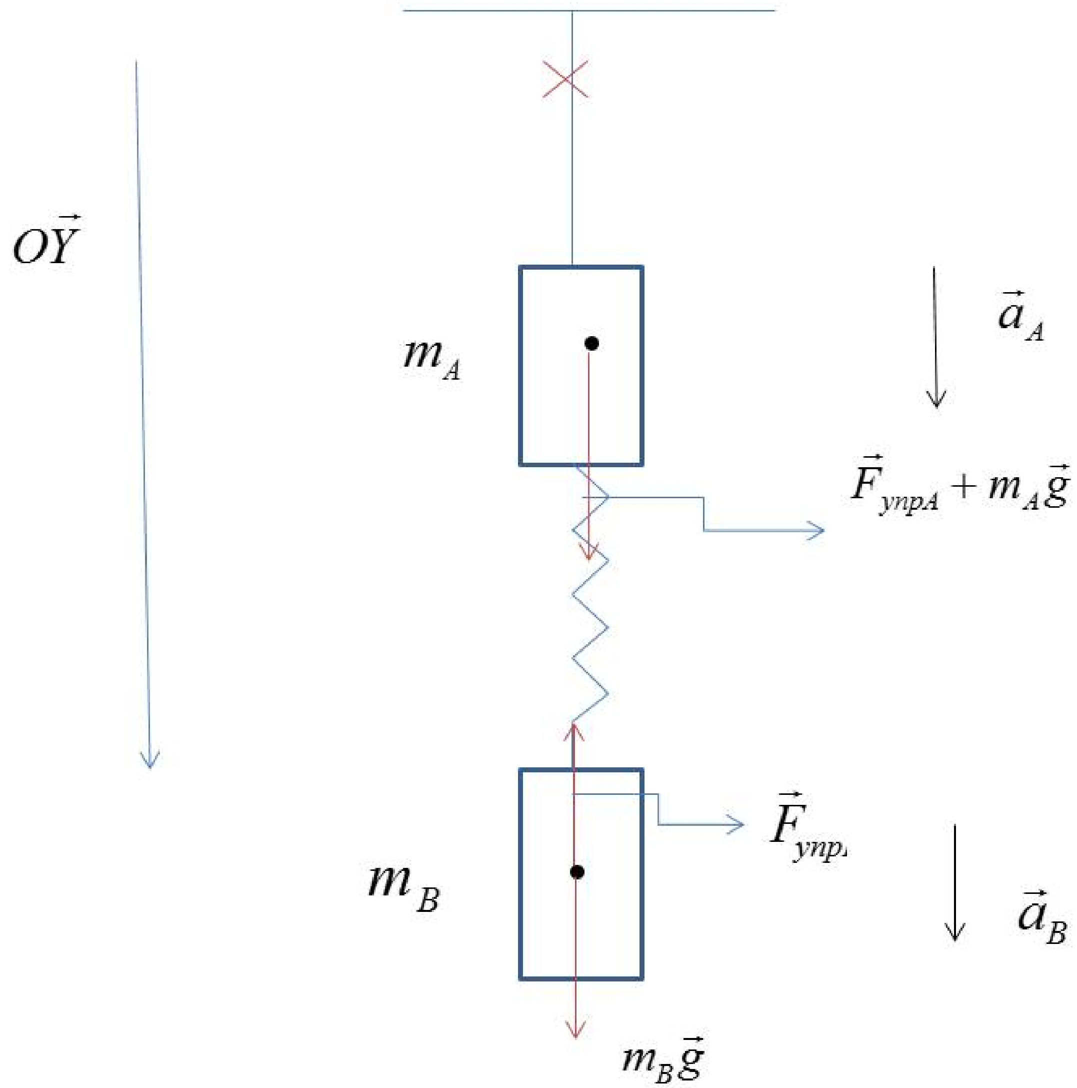


Рисунок 3.12 - Определение ускорений тел после пережигания нити

•Запишем для каждого тела второй закон Ньютона:

$$\vec{F}_{упрA} + m_A\vec{g} = m_A\vec{a}_A,$$

$$\vec{F}_{упрB} + m_B\vec{g} = m_B\vec{a}_B.$$

• Запишем уравнения движения тел в проекциях на выбранное направление $\vec{OY}$:

$$F_{упрA_y} + m_A g_y = m_A a_{Ay}$$

$$m_B g_y + F_{упрB_y} = m_B a_{By}.$$

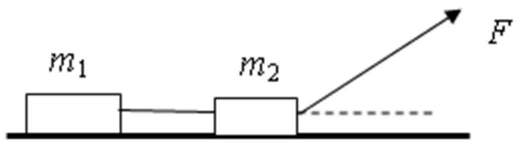
• Запишем уравнения движения тел в модулях:

$$F_{упрA} + m_A g = m_A a_A,$$

$$m_B g - F_{упрB} = m_B a_B.$$

• Сравнивая полученные уравнения, делаем вывод: ускорение a_A тела *A* больше ускорения a_B тела *B*.

1. Два связанных нитью друг с другом бруска массой соответственно m_1 = 200 г и m_2 = 300 г движутся под действием силы F = 6 Н, направленной под углом 60° к горизонту (см. рисунок). Чему равна сила натяжения нити между брусками? Трение пренебрежимо мало.



Методический анализ

В данной задаче тела связаны нитью, об особенностях которой ничего не сказано в условии. Для учащихся необходимо подчеркнуть без математического обоснования, что нить мы считаем идеальной, то есть невесомой и нерастяжимой. Из свойства невесомости следует, что сила натяжения T одинакова по всей длине нити, а из нерастяжимости – что удлинение элемента нити мало по сравнению с перемещением связанных нитью тел.

Кроме того важно обратить внимание учащихся на то, что бруски движутся с одинаковым ускорением $\vec{a}$ вдоль горизонтальной плоскости, которое нужно определить на начальном этапе решения задачи.

Для определения ускорения $\vec{a}$ связанных тел, направленного вдоль направления $O\vec{X}$, тела, используется следующий прием: силы натяжения, с которыми нить действует на тела, мы считаем внутренними, а силу $\vec{F}$, приложенную к телу массой $m_1 + m_2$, внешней.

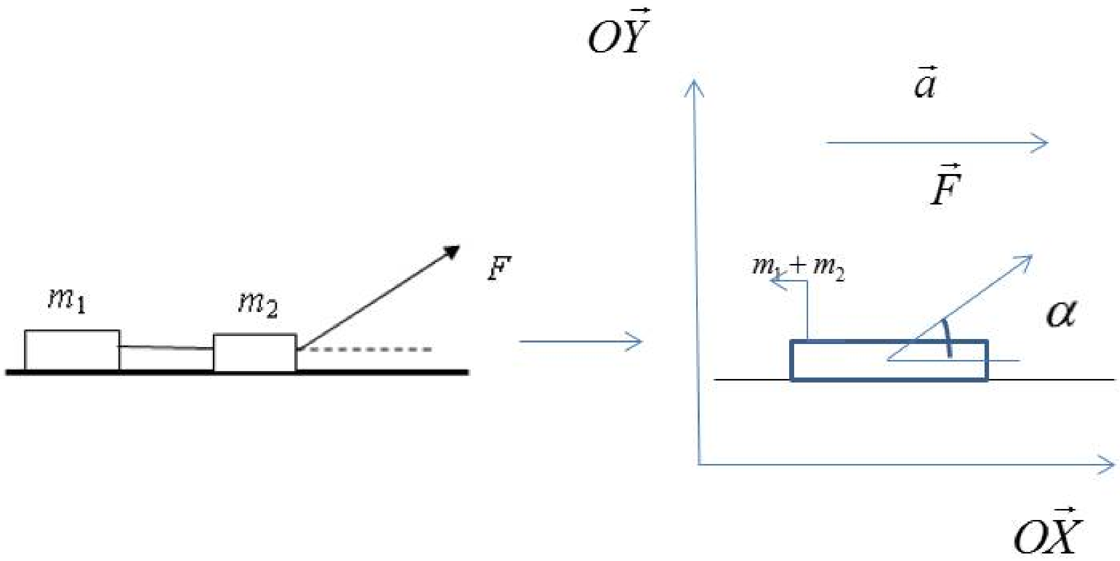


Рисунок 3.13 - Определение ускорения связанных тел

Тогда, записывая второй закон Ньютона в векторном виде

$$\vec{F} = (m_1 + m_2)\vec{a},$$

а потом в проекциях на ось $O\vec{X}$ и в модулях:

$$F_x = (m_1 + m_2)a_x,$$

$$F\cos\alpha = (m_1 + m_2)a,$$

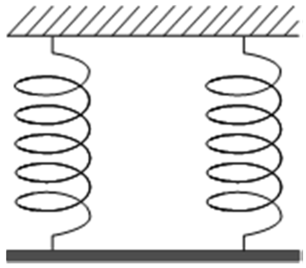
Получим, что $a = 6\dfrac{м}{с}$.

Далее задача решается по известному алгоритму: изображаются силы, действующие на каждый брусок в отдельности; записывается второй закон Ньютона в векторной форме, в проекциях и модулях; из полученной системы уравнений определяется сила натяжения нити.

Очевидно, что учащиеся обратят внимание на то, что проекции сил на вертикальную ось $\vec{OY}$ не используются для получения ответа задачи. Полезно обсудить, при каких условиях движения связанной системы эти проекции станут необходимыми. Ответ школьников очевиден: при учете сил трения, действующих на бруски, проекции сил на ось $\vec{OY}$ будут ключевыми для ответа на вопрос задачи.

3.4.5 Жесткость параллельно и последовательно соединенных пружин

Задача 1. Однородный стержень (см. рисунок) подвешен на двух одинаковых вертикальных пружинах жёсткостью 800 $\frac{Н}{м}$ каждая. Какова масса стержня, если удлинение каждой пружины равно 2 см?



Методический анализ

Рассматривая условие равновесия стержня под действием приложенных сил, учащиеся получат ответ: $m = \frac{2k\Delta l}{g}$.

Это единичная задача из банка ОГЭ может стать пропедевтической, если наиболее подготовленным школьникам дать к ней дополнительные следующие задания:

- определите жесткость двух параллельно соединенных пружинок, жесткости которых k_1 и k_2, на которые действует сила $\vec{F}$;

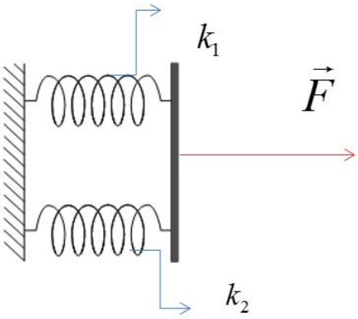


Рисунок 3.14 - Жесткость двух параллельно соединенных пружин

• определите жесткость двух последовательно соединенных пружинок, жесткости которых k_1 и $\vec{F}$, на которые действует сила $\vec{F}$.

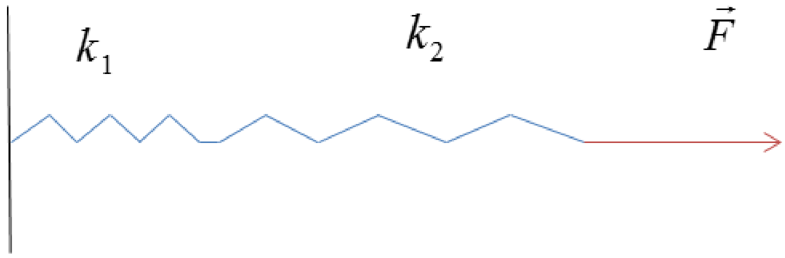


Рисунок 3.15 - Жесткость двух последовательно соединенных пружин

Обратим внимание на то, что полезно сопроводить решение дополнительных заданий несложными самостоятельными учебными экспериментами школьников с двумя пружинками, имеющими различные жесткости.

3.4.6 КПД наклонной плоскости

Задача 1. Под действием некоторой силы груз массой 4 кг перемешается вверх по наклонной плоскости длиной 2 м и высотой 1 м. Коэффициент полезного действия наклонной плоскости 50 %. Чему равна сила, действующая на груз?

Методический анализ

Учащиеся легко записывают формулу для расчета КПД наклонной плоскости

$$\eta = \frac{A_п}{A_з} = \frac{mgh}{Fl}.$$

Вместе с тем они затрудняются сделать рисунок, представляющий модель движения тела по наклонной плоскости.

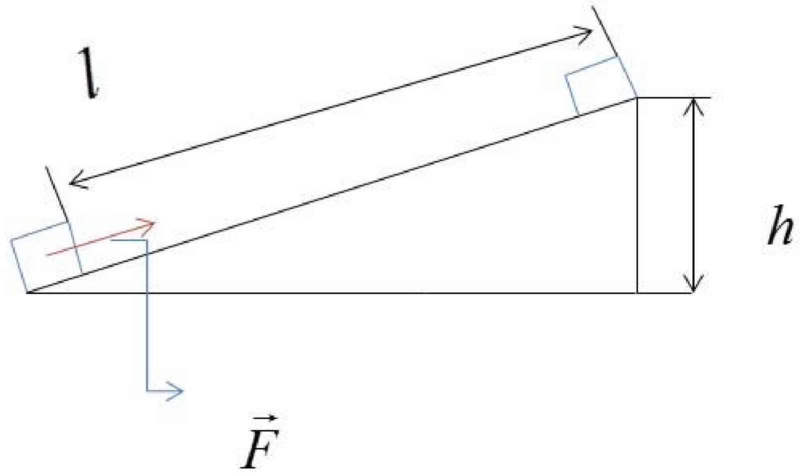


Рисунок 3.16 - Определение КПД наклонной плоскости

Добавим к этому: часто школьники для определения силы $\vec{F}$ начинают изображать все силы, которые действуют на тело, движущееся по наклонной плоскости (составляющие силы тяжести $mg\cos\alpha$ и $mg\sin\alpha$; силу реакции опоры $\vec{N}$), тогда как учащемуся нужно знать твердо: в формуле КПД стоит сила, перемещающая тело по наклонной плоскости, поэтому дополнительно никакие другие силы рассматривать не нужно.

4 Механические явления: законы сохранения

4.1 Когнитивная карта по разделу «Законы сохранения в механике»

Таблица 4.1 – Когнитивная карта по разделу «Законы сохранения»

<table>
<tr><td rowspan="15">ЗНАНИЕ:
понятия,
принципы
законы

Что Я должен
ЗНАТЬ?</td><td rowspan="15">Новое знание</td><td>Импульс материальной точки $\vec{p}$</td></tr>
<tr><td>Импульс силы: $\vec{F} \bullet \Delta t$</td></tr>
<tr><td>Второй закон Ньютона в импульсной форме: $\Delta\vec{p} = \vec{F} \bullet \Delta t$</td></tr>
<tr><td>Внешние силы. Внутренние силы.</td></tr>
<tr><td>Импульс системы материальных точек: $\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + ..$</td></tr>
<tr><td>Замкнутая система тел (материальных точек)</td></tr>
<tr><td>Закон сохранения импульса для замкнутой системы тел:
$\vec{p} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = const$</td></tr>
<tr><td>Реактивное движение. Реактивная сила.</td></tr>
<tr><td>Работа силы: на малом перемещении $A = FS\cos\alpha$</td></tr>
<tr><td>Механическая мощность: $N = \frac{A}{t}$</td></tr>
<tr><td>Кинетическая энергия материальной точки: $E_{кин} = \frac{mv^2}{2} = \frac{p^2}{2m}$</td></tr>
<tr><td>Закон изменения кинетической энергии системы материальных точек: в ИСО $\Delta E_{кин} = A_1 + A_2 + ...$</td></tr>
<tr><td>Работа силы тяжести: $A_{12} = mgh_1 - mgh_2$</td></tr>
<tr><td>Работа силы упругости: $A_{12} = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}$</td></tr>
</table>

Продолжение таблицы 4.1

ЗНАНИЕ: понятия принципы законы Что Я должен ***ЗНАТЬ***?	*Новое знание*	Потенциальная энергия тела (материальной точки) в однородном поле тяжести: $E_{потенц} = mgh$
		Потенциальная энергия упругодеформированного тела: $E_{потенц} = \frac{kx^2}{2}$
		Механическая энергия системы: $E = E_{кин} + E_{потенц}$
		Закон изменения и сохранения механической энергии: в ИСО $\Delta E_{мех} = A_{тр}$, в ИСО $\Delta E_{мех} = 0$, если $A_{тр}$ =0 или $E = E_к + E_p = const$.
ЗНАНИЕ	*Пропедевтика понятий*	*Пропедевтика понятий*: «потенциальный барьер»; «потенциальная яма»
ЗНАНИЕ	*Актуализированное*	Сила; скорость; ускорение; перемещение; механическая работа; кинетическая энергия; потенциальная энергия

Продолжение таблицы 4.1

Понимание Что Я должен **понимать?**	*Основные умения*	*Теоретические:* *Определение:* импульса материальной точки; вектора и модуля импульса системы материальных точек; работы силы; мощности силы; кинетической энергии материальной точки; кинетической энергии системы материальных точек; работы силы тяжести в однородном поле тяжести; работы силы упругости; потенциальной энергии тела в однородном поле тяжести; энергии упруго деформированного тела; механической энергии системы *Выявление* возможности применение законов сохранения импульса и механической энергии системы *Различение:* внешних и внутренних сил *Применение:* закона сохранения импульса; закона изменения кинетической энергии системы материальных точек; закона сохранения механической энергии системы; закона изменения механической энергии системы *Практические:* • *Исследование упругое и неупругое столкновение (лабораторная работа)* • *Изучение сохранения механической энергии при движении тела под действием сил тяжести упругости (лабораторная работа)* • *Сравнение работы силы с изменением кинетической энергии тела (лабораторная работа)*
Понимание	*Включение нового*	Законы сохранения как следствия из законов Ньютона Законы сохранения как следствия свойств пространства и времени: закон сохранения импульса вытекает из однородн

Продолжение таблицы 4.1

	знания в контекст	ости пространства; закон сохранения механической энергии - из однородности времени
Понимание	*Включение в диалог с текстом, с Другим*	*Стратегии смыслового чтения:* Стратегии смыслового чтения: обобщающая таблица «Законы сохранения в механике»; карты понятий по темам «Работа силы тяжести» и «Ра бота силы упругости»; презентация таблицы и карт понятий
Понимание	*Объяснение*	Физические ситуации, описанные в задачах Физические явления во фронтальных и индивидуальных лабораторных экспериментах
Понимание	*Актуализация в будущем* *Актуализация в будущем*	1 Молекулярная физика (основное уравнение молекулярно-кинетической теории газа) 2 Термодинамика (внутренняя энергия; количество теплоты; работа газа и внешней силы; первый закон термодинамики; фазовые переходы; тепловые машины) 3 Электричество и магнетизм (работа электростатического поля; потенциал; движение заряда в электрическом и магнитном полях; тепловое действие тока; энергия электрического и магнитного полей) 4 Волновая и квантовая оптика (интенсивность волны; энергия кванта; работа выхода) 5 СТО (связь массы и энергии) 6 Атомная и ядерная физика (энергия электрона в атоме; энергия связи ядра; энергетический выход ядерной реакции.)

4.2 В методическую копилку учителя

4.2.1 Потеря массы: камень проваливается вниз через люк движущейся платформы

В основной школе задачи на потерю при движении тела вызывают определенные трудности. Рассмотрим возможные подходы методики решения таких задач.

Условие задачи

По горизонтальным рельсам со скоростью $v = 20\,{}^{км}\!/\!_{ч}$ движется платформа массы $M = 200 кг$. На нее вертикально падает камень массы $m = 50 кг$ и движется в дальнейшем вместе с платформой. Через некоторое время в платформе открывается люк, и камень проваливается вниз. С какой скоростью v_2 движется после этого платформа? Трением пренебречь.

Первый подход к решению

(для учителя и высоко мотивированных школьников)

Когда открывается люк в платформе, камень проваливается с нулевой относительной скоростью ($\vec{u}$=0). В этот момент времени внешняя сила $\vec{F}$, действующая на платформу, равна нулю. При этом уравнение (1) примет вид:

$$m(t)\frac{\Delta\vec{v}}{\Delta t} = 0.$$

Следовательно, скорость платформы будет такой же, как до того, пока из люка камень не провалился вниз

Второй подход (для ученика)

Представим символический образ процесса движения тел.

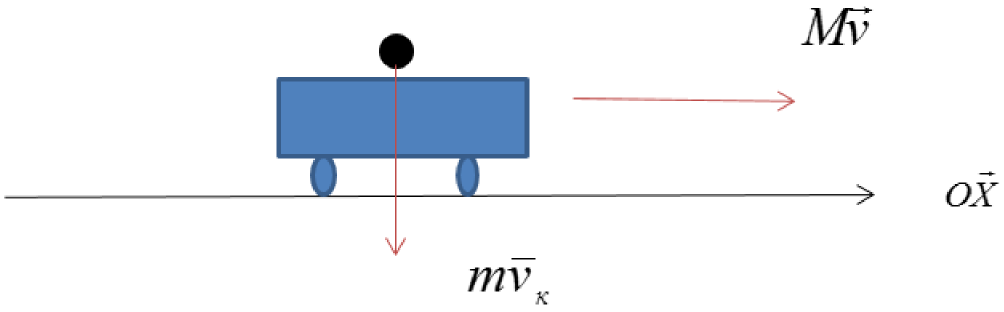


Рисунок 4.1 - Движение платформы и камня до присоединения массы

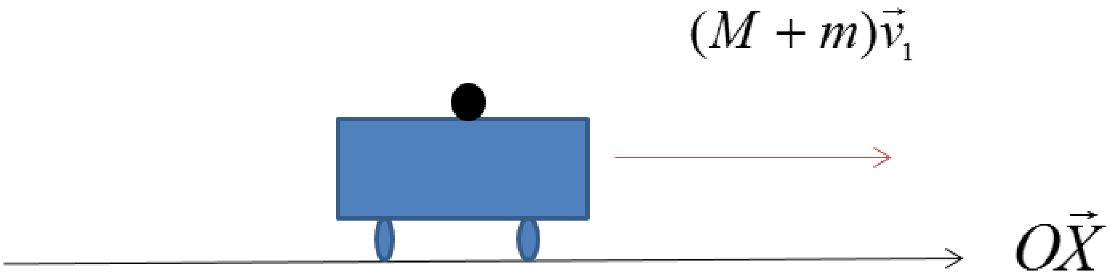


Рисунок 4.2 - Движение платформы с камнем

Далее учтем, что, когда открывается люк, и камень проваливается в него, он «уносит» с собой горизонтальный импульс $m\vec{v}_1$, имея вертикальную начальную скорость равной нулю.

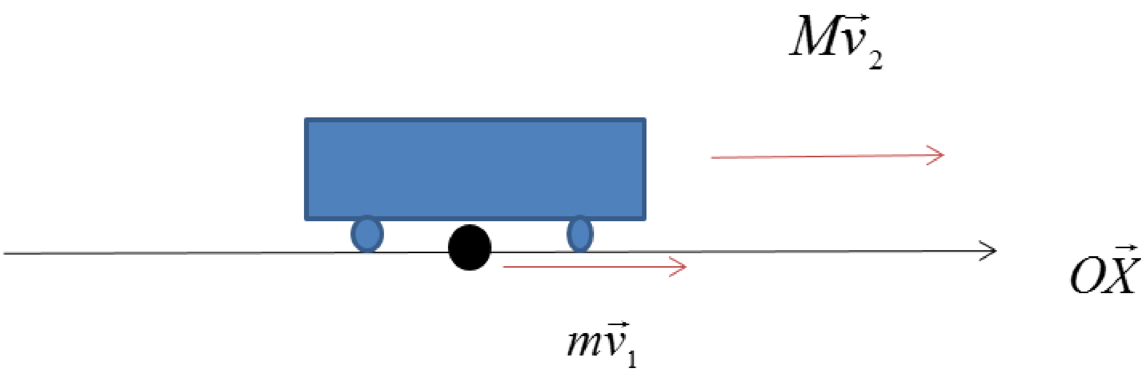


Рисунок 4.3 - Камень «уносит» горизонтальный импульс

Представим математическую модель взаимодействия тел: до выпадения камня импульс системы «платформа-камень» равен $(M+m)\vec{v}_1$, после - $M\vec{v}_2 + m\vec{v}_1$. Тогда, согласно закону сохранения импульса, запишем, что

$$(M+m)\vec{v}_1 = M\vec{v}_2 + m\vec{v}_1,$$

$$(M+m)v_{1x} = Mv_{2x} + mv_{1x},$$

$$(M+m)v_1 = Mv_2 + mv_1.$$

Из последнего равенства получаем, что скорость платформы после выпадения камня будет такой же, как до открытия люка, то есть $v_2 = v_1$.

Такой способ решения неочевиден, но полезен для понимания школьником особенностей движения тела переменной массы.

4.2.2 Присоединение массы: на платформу падает камень

Задачи на присоединение массы в случае, когда тело и присоединяемая масса движутся вдоль одного направления, например, вдоль оси $O\vec{X}$, не вызывают затруднений у учащихся основной школы.

Вместе с тем, случаи, когда тело движется горизонтально, а присоединяемая масса вертикально, заслуживают отдельного рассмотрения. Ниже приведем пример такого взаимодействия тел и проанализируем методические аспекты обучения.

Условие задачи

По горизонтальным рельсам со скоростью $v = 20 \, ^{км}/_{ч}$ движется платформа массы $M = 200 кг$. На нее вертикально падает камень массы $m = 50 кг$ и движется в дальнейшем вместе с платформой. Найти скорость платформы и камня v_1 после взаимодействия. Трением пренебречь.

Способ решения для школьника

Данный подход закрепляет определение импульса как произведения скалярной величины – массы на векторную величину «скорость тела» и условие применения закона сохранения импульса к системе, замкнутой только в горизонтальном направлении $O\vec{X}$.

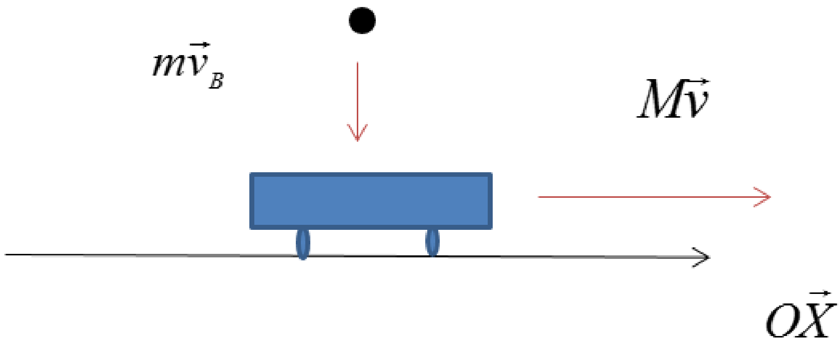


Рисунок 4.4 - Камень падает на платформу

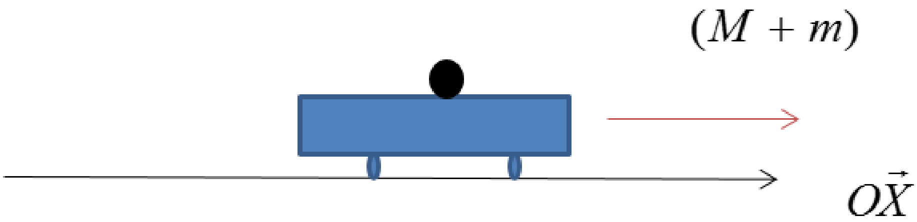


Рисунок 4.5 - Платформа едет вместе с камнем

Начальный полный импульс системы равен $\vec{p}_1 = M\vec{v} + m\vec{v}_B$, конечный - $\vec{p}_2 = (M+m)\vec{v}_1$. Из рисунка видно, что $\vec{p}_1 \neq \vec{p}_2$.

В данном случае импульс системы сохраняется только в направлении $O\vec{X}$, в котором на тела не действуют внешние силы.

Записываем закон сохранения в виде:

$$P_x = const,$$

$$Mv_x + 0 = (M+m)v_{1x},$$

$$Mv = (M+m)v_1.$$

Из последнего равенства получаем, что $v_1 = \dfrac{Mv}{M+m}$.

4.3 Систематика задач по теме «Законы сохранения в механике»

Таблица 4.2 - Систематика задач по теме «Законы сохранения в механике»

№	Физическое явление	Формируемое знание	Базовые задачи. *Задачи повышенного и высокого уровня сложности.*	Опорные знания
1	Абсолютно упругий и абсолютно неупру упругий удар	Импульс МТ (тела) $\vec{p}$ Изменение импульса МТ (тела) $\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$ Импульс силы $\vec{F}\Delta t$ Закон сохранения импульса для замкнутой системы тел $\vec{p} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = const$	1. Определение импульса МТ (тела): вектора $\vec{p}$; проекции p_x; модуля p. 2. Определение изменения импульса МТ (тела) $\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1$ при: абсолютно упругом (тело двигается перпендикулярно поверхности; тело падает на поверхность под углом α) и абсолютно неупругом (тело двигается перпендикулярно поверхности; тело падает на поверхность под углом α) ударах. 3. Определение при абсолютно упругом и неупругом ударах: импульса силы $\vec{F}\Delta t$; проекции импульса силы $F_x\Delta t$; модуля импульса силы $F\Delta t$; направления силы, действующей на МТ. 4. Применение закона сохранения импульса $\vec{p} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = const$ к абсолютно упругому удару. 5. Применение закона сохранения импульса $\vec{p} = m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = const$ к абсолютно неупругому удару. 6. Задачи на движение тела переменной масс	Скорость $\vec{v}$ Сила $\vec{F}$ Сложение (правило треугольника; правило параллелограмма) и вычитание векторов

Продолжение таблицы 4.2

			7. ы (масса тела изменяется в процессе движения за счет отделения или присоединения вещества). 8. *Задачи на применение ЗСИ при разрывах снаряда (ракеты*	
2	Совершение механической работы	Механическая работа силы $A = FS\cos\alpha$ Теорема о кинетической энергии $A = \Delta E_k = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$ Работа силы тяжести $A = -\Delta E_p = = mgh_1 - mgh_2$ Работа силы упругости $A = -\Delta E_p = = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}$ Механическая мощность $N = \frac{A}{t}$	1. Определение механической работы $A = FS\cos\alpha$ в случаях: сила $\vec{F}$ и перемещение $\vec{S}$ МТ направлены вдоль одной прямой; сила $\vec{F}$ направлена под углом к перемещению $\vec{S}$ МТ. 2. Применение теоремы о кинетической энергии $A = \Delta E_k = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$. 3. Определение работы силы тяжести $A = -\Delta E_p == mgh_1 - mgh_2$. 4. Определение силы упругости $A = -\Delta E_p == \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}$. 5. Расчет работы силы трения и изменения внутренней энергии системы/ 6. Определение мощности N.	Механическая работа A Сила $\vec{F}$ Перемещение $\vec{S}$ Мощность N Скорость $\vec{v}$ Кинетическая энергия E_k Потенциальная энергия E_p Сила трения $F_{тр} = \mu N$ Полезная работа $A_п$

Продолжение таблицы 4.2

		КПД наклонной плоскости $\eta = \frac{A_п}{A_з}$	7. Определение КПД наклонной плоскости η.	Затраченная работа $A_з$ КПД наклонной плоскости η
3	Сохра хра- нение и из- мене- ние меха- ниче- ской энер- гии	Закон со- хранения механиче- ской энер- гии $E = E_k + E_p = const$ Закон изме- нения ме- ханической энергии $\Delta E = A_{тр}$	1. Применение закона сохранения механической энергии (ЗСМЭ) $E = const$ к движению тела в однородном поле тяжести Земли в случаях: тело движется по вертикали; тело брошено под углом к горизонту. 2. Движение тела по «мертвой петле» (американским горкам): расчет минимальной высоты над дном петли: расчет скорости тела на заданной высоте. 3. Отрыв тела с поверхности шара: определение высоты. На которой произойдет отрыв. 4. Соскальзывание тела с горки в случаях: горка закреплена; горка не закреплена: расчет скоростей тел. 5. *Движение тела, закрепленного на нити или стержне в вертикальной плоскости: расчет минимальной скорости тела, необходимой для описания окружности в вертикальной плоскости.*	Потенци- альная энергия E_p Сила тре- ния $F_{тр} = \mu N$ Сила упру- гости $F_{упр}$

Продолжение таблицы 4.2

	Сохра хра-нение и из-мене-ние меха-ниче-ской энер-гии	Сила со-противле-ния F_c	6. Выстрел из пружинного пистолета: расчет скорости вылета пули; определение высоты подъема пули. 7. *Качание груза на шнуре: определение наибольшей высоты, на которую необходимо отвести груз, чтобы при дальнейших свободных качаниях нить не оборвалась.* 8. Определение работы силы сопротивления в случаях: тело движется по горизонтальной поверхности; тело соскальзывает с наклонной плоскости, переходит на горизонтальную поверхность и останавливается; тело падает с некоторой высоты и погружается в воду (грунт; песок) до остановки.	Центро-стреми-тельное ускорение $a_{центр}$ Линейная скорость $\vec{v}$

4.4 Анализ некоторых заданий из Открытого банка заданий к Основному государственному экзамену по физике

4.4.1 Применение закона сохранения импульса и закона сохранения энергии

Задача 1. Шары массами 6 и 4 кг, движущиеся навстречу друг другу с одинаковыми по модулю скоростями, соударяются, после чего движутся вместе. В результате соударения выделилось 19,2 Дж энергии. Определите, с какой по модулю скоростью относительно Земли двигались шары до соударения?

Методический анализ

На начальном этапе, когда учащиеся работают с текстом задачи, целесообразно обсудить основной вопрос: в чем особенность взаимодействия шаров? После записи условия создается символическая и математическая модели взаимодействия тел.

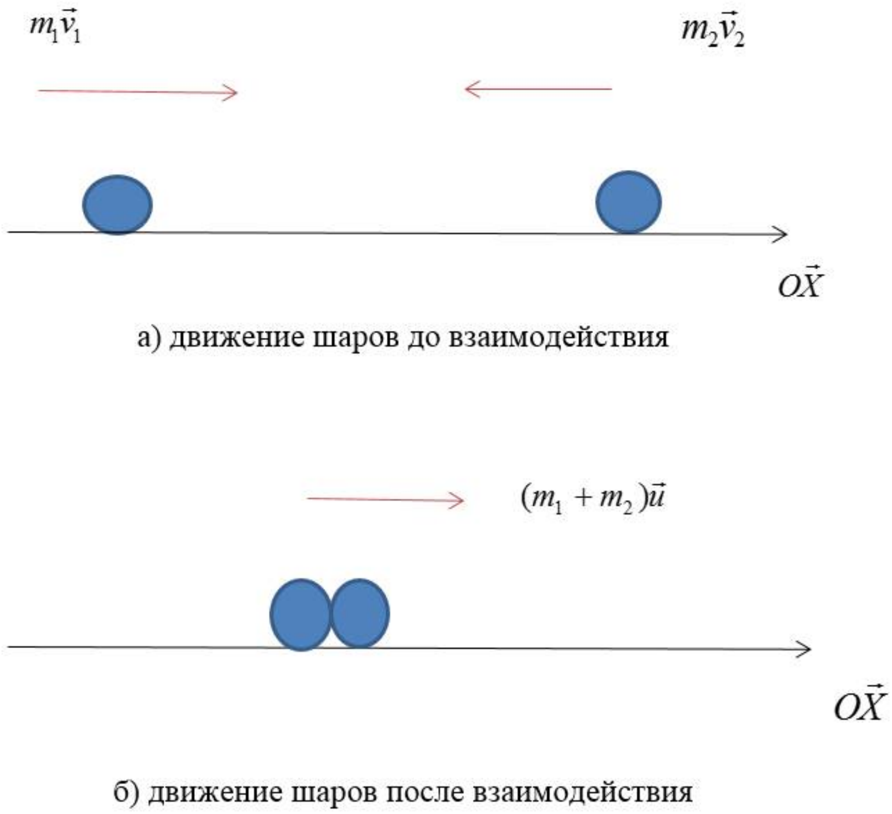


Рисунок 4.6 - Взаимодействие шаров

При создании математической модели на этапе обучения необходимо вместе с учащимися проходить все этапы описания взаимодействия, а именно записывать:

- Векторное уравнение закона сохранения импульса: $m_1\vec{v}_1 + m_2\vec{v}_2 = (m_1 + m_2)\vec{u}$.
- Закон сохранения импульса в проекциях на выбранное направление: $m_1v_{1x} + m_2v_{2x} = (m_1 + m_2)u_x$.
- Закон сохранения импульса в модулях величин: $m_1v_1 - m_2v_2 = (m_1 + m_2)u$. Учитывая, что $v_1 = v_2 = v$: $(m_{11} - m_2)v = (m_1 + m_2)u$.

Анализ последнего равенства покажет, что имеется два неизвестных: $v_1 = v_2 = v$ и u . Следовательно, нужно записать еще один фундаментальный закон, указывающий на неупругий характер взаимодействия тел, и, учесть, что начальная кинетическая энергия системы тел больше, чем конечная:

$$\Delta E = \left|\Delta E_k\right| = E_{k1} - E_{k2} = \frac{v^2}{2}(m_1 + m_2) - \frac{u_2}{2}(m_1 + m_2).$$

Пропедевтически полезно обсудить со школьниками и такой вопрос: почему при определении изменения механической энергии учитывается только кинетическая энергия? И дополнить их возможный ответ замечанием: при ударах двух тел, если нет дополнительных условий, мы считаем, что до и после взаимодействия тела находятся бесконечно далеко друг от друга, поэтому потенциальная энергия взаимодействия таких тел стремится к нулю ($E_n \to 0$) и не учитывается при записи законов изменения или сохранения энергии.

И последнее: опыт показывает, что при решении подобных задач, не следует требовать от учащегося-девятиклассника преобразований в общем виде до конечного ответа. Можно сразу же на следующем шаге, после математической модели взаимодействия, перейти к числовым уравнениям, из которых легко получается искомый ответ:

$$(6-4)v = (6+4)u$$

$$19{,}2 = \frac{(6+4)}{2}v^2 - \frac{(6+4)}{2}u^2.$$

4.4.2 Разрыв снаряда на максимальной высоте подъема

Задача 1. Снаряд массой m вылетает из ствола орудия вертикально вверх со скоростью v в верхней точке траектории на высоте h разрывается на три осколка, разлетающихся в разные стороны. Полный импульс осколков сразу после разрыва равен по модулю:1) 0; 2) mv; 3) $\frac{mv}{3}$; 4) $m{\cdot}g{\cdot}h$.

Методический анализ

Задачи на разрыв ракеты (снаряда) на старшей ступени школы относятся к задачам базового или повышенного уровня сложности. Вместе с тем, именно на основной ступени изучения физики формируется понимания особенностей движения (кинематики и динамики) тела в однородном поле Земли и границы применимости закона сохранения импульса.

В условии приведенной задачи ключевым является словосочетание «в верхней точке траектории», которое должен выделить школьник самостоятельно. И далее, ссылаясь на закон сохранения импульса, дает правильный ответ: если до разрыва полный импульс замкнутой системы тел $\vec{p}$ равен нулю, то и после разрыва он должен быть равен нулю.

Следует ясно обсудить с учащимися вопрос, почему мы можем в условиях данной задачи применять закон сохранения импульса, который выполняется только для замкнутой системы тел. Это важно еще и потому, что, обращая внимание на факт неучета действия воздуха и Земли за малое время разрыва снаряда как критерия замкнутости системы, мы формируем у школьников понимание путей познания процессов (или явлений) и границы применения изучаемых фундаментальных законов природы.

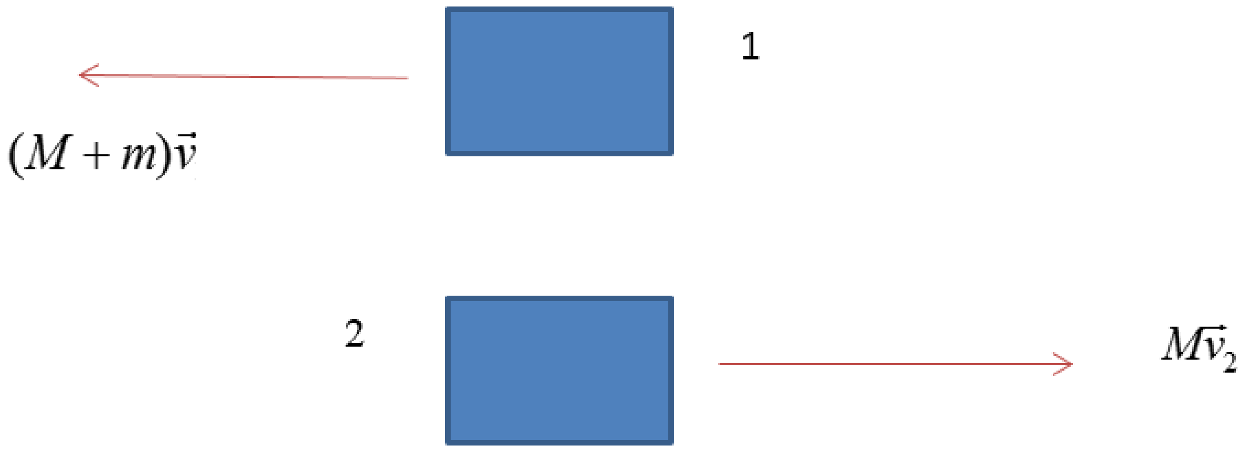
4.4.3 Потеря и присоединения массы при параллельном движении тел

Задача 1. Две одинаковые лодки движутся равномерно по озеру параллельными курсами навстречу друг другу с одинаковыми по модулю скоростями. Трение лодок о воду пренебрежимо мало. Когда лодки поравнялись, с первой лодки на вторую переложили груз, осторожно выпустив его из рук. Масса груза меньше массы лодки. Изменилась ли при этом скорость второй лодки (если изменилась, то как)? Ответ поясните.

Методический анализ

Данная задача относится к качественным и требует применения всей логической цепочки обоснования для получения ответа:

1. Сделаем символическую модель движения лодок до переброса груза из лодки 1 в лодку 2:



2. Для лодки 1 запишем закон сохранения импульса (в векторной форме, в проекциях на выбранную ось, в модулях величин), считая, что внешними силами в момент взаимодействия можно пренебречь и, учитывая, что груз «уносит» горизонтальный импульс $m\vec{v}$:

$$(M+m)\vec{v}_1 = M\vec{u}_1 + m\vec{v}_1,$$

$$(M+m)v_{1x} = Mu_{1x} + mv_{1x},$$

$$-(M+m)v_1 = -Mu_1 - mv_1.$$

Из последнего равенства получаем, что скорость лодки 1 не изменится после переброски груза: $u_1 = v_1$.

3. Для лодки 2 запишем закон сохранения импульса (в векторной форме, в проекциях на выбранную ось, в модулях величин), считая, что внешними силами в момент взаимодействия можно пренебречь и, учитывая, что груз «приносит» горизонтальный импульс $m\vec{v}_1$:

$$M\vec{v}_2 = M\vec{u}_2 + m\vec{v}_1, ,$$

$$Mv_{2x} = Mu_{2x} + mv_{1x}, ,$$

$$Mv_2 = -mv_1 + Mu_2.$$

Из последнего равенства следует, что скорость лодки 2 изменится: $u_2 = v\dfrac{M+m}{M}$, учитывая, что модули скоростей лодок первоначально равны ($v_1 = v_2 = v$) .

2. Конькобежец массой 80 кг, стоя на коньках на льду, бросает в горизонтальном направлении предмет со скоростью 20 м/с и откатывается в обратном направлении на 40 см. Найдите массу предмета, если коэффициент трения коньков о лёд 0,02.

Методический анализ

Поэтапное решение задачи 2 требует от школьника применения знаний из динамики (особенности движения под действием силы трения) и использования закона сохранения импульса при потере массы замкнутой системой тел. Это означает, прежде всего, что учащийся на начальном этапе решения задачи умеет представить на рисунке взаимодействие тел в выбранной системе координат (Рисунок 4.7) и правильно математически описать характер их движения.

Для закона сохранения импульса имеем:

$$(M+m)\vec{v}_0 = M\vec{v}_1 + m\vec{u} = 0,$$

$$Mv_{1x} + mu_x = 0,$$

$$-Mv_1 + mu = 0,$$

$$Mv_1 = mu,$$

$$m = \frac{Mv_1}{u}. \qquad (1)$$

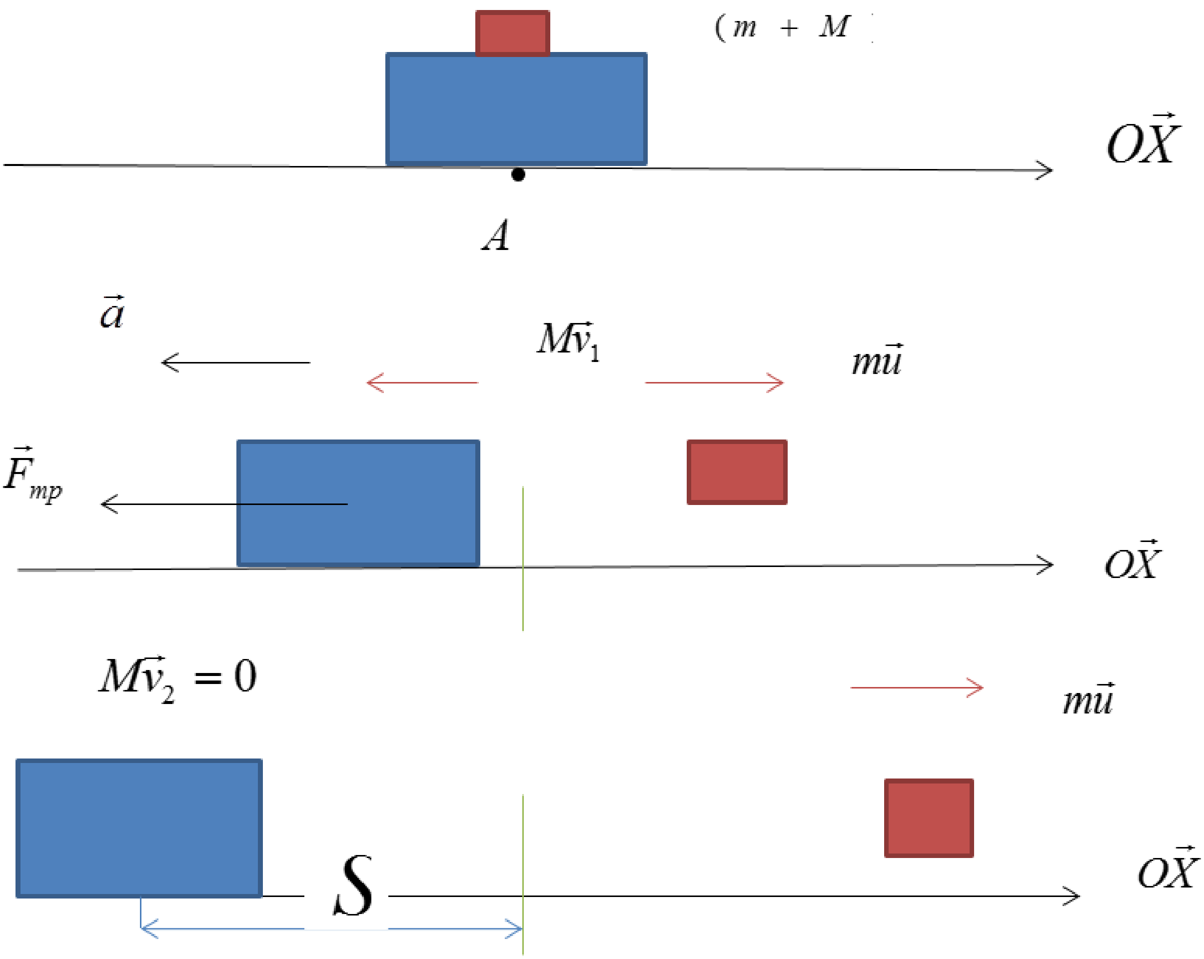


Рисунок 4.7 - Взаимодействие конькобежца и предмета

Из второго закона Ньютона получим для лодки:

$$\vec{F}_{mp} = M\vec{a} \,,$$

$$F_{mpx} = Ma_x \,,$$

$$F_{mp} = Ma \,,$$

$$\mu Mg = Ma \,,$$

$$\mu g = a \,. \tag{2}$$

Из кинематики лодки имеем:

$$S_x = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a_x} \,,$$

$$S = \frac{v_1^2}{2a},$$

$$a = \frac{v_1^2}{2S}. \qquad (3)$$

Используя (1), (2) и (3), получим искомую массу предмета $m = 1{,}6$ кг.

4.4.4 Закон сохранения импульса и относительность движения

Задача 1. С лодки равномерно подтягивают канат, поданный на баркас. Первоначально лодка и баркас покоились, а расстояние между ними было 55 м. Определите путь, пройденный лодкой до встречи с баркасом. Масса лодки 300 кг, масса баркаса 1200 кг. Сопротивлением воды пренебречь.

Методический анализ

Данное задание дает возможность показать учащимся разные способы решения. Выполнение задания следует начинать с обсуждения следующего вопроса: на что указывает в условии предложение «с лодки равномерно подтягивают канат, поданный на баркас»? Далее понимая, что лодка и баркас движутся равномерно, можно предложить школьникам найти два пути решения:

1. Применение закона сохранения импульса.

После создания символической модели взаимодействия лодки и баркаса (Рисунок 4.8) записываем ЗСИ в векторной форме, в проекциях и модулях величин:

$$m\vec{v}_{01} + M\vec{v}_{02} = m\vec{v}_1 + M\vec{v}_2 = 0,$$

$$mv_{1x} + Mv_{2x} = 0,$$

$$mv_1 - Mv_2 = 0,$$

$$mv_1 = Mv_2. \qquad (1)$$

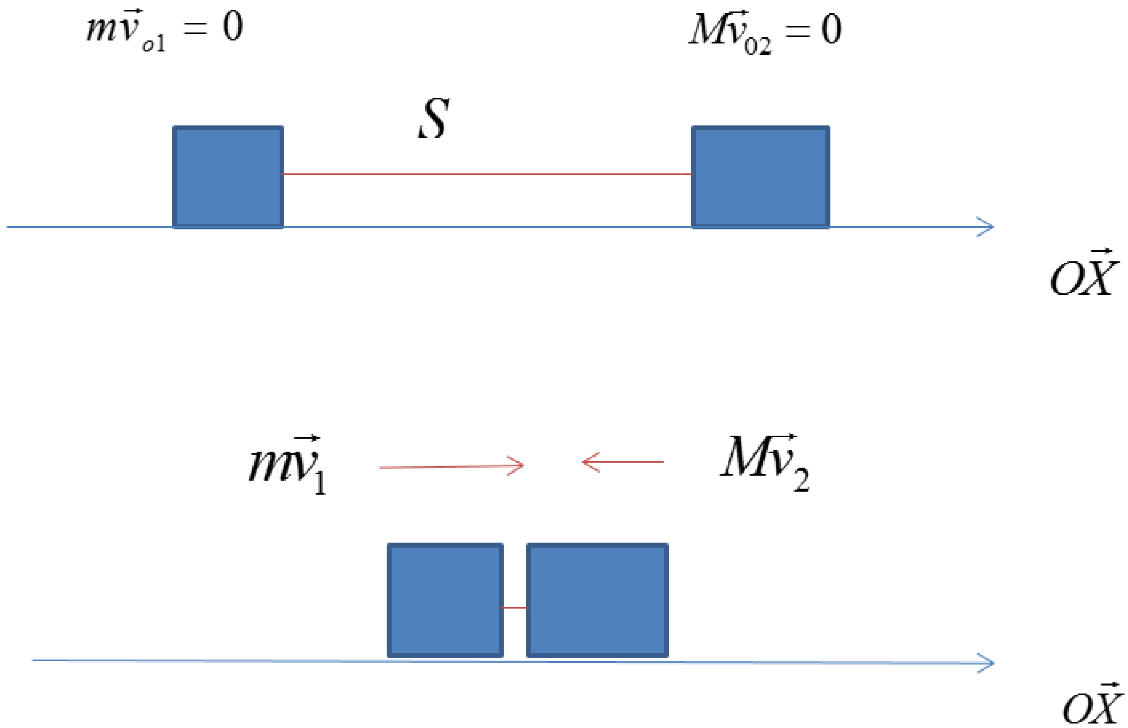


Рисунок 4.8 - Взаимодействие лодки массой m и баркаса массой M

Учитывая равенство (1) и что $S = S_1 + S_2$, где $S_1 -$ путь, пройденный лодкой до встречи с баркасом, а S_2 - путь второго тела, получим:

$$m_1 \frac{S_1}{t} = M \frac{(S - S_1)}{t},$$

откуда следует ответ: путь, пройденный лодкой, равен 44м.

2. Рассмотрение относительного движения тел.

Второй способ «отсылает» школьника к анализу относительного движения лодки и баркаса. В этом случае переходим в инерциальную систему отсчета, связанную с баркасом, в которой баркас не двигается. Создаем символическую модель движения тел:

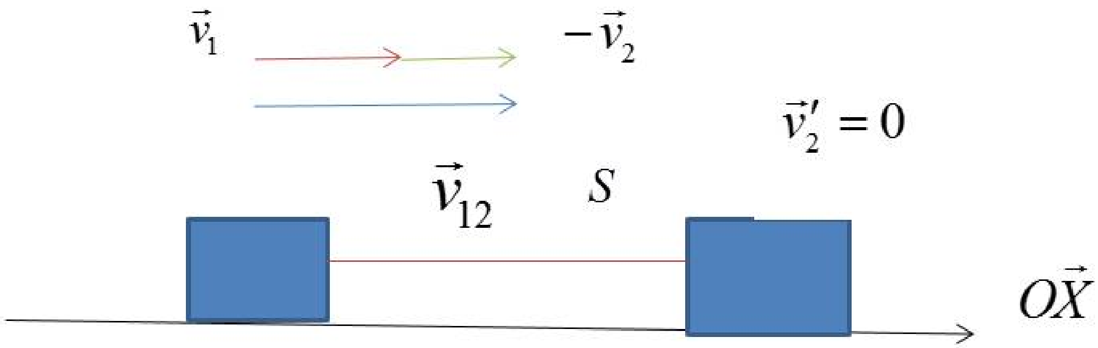


Рисунок 4.9 - Движение лодки в системе отсчета, связанной с баркасом

С учетом (1) запишем для модуля относительной скорости лодки v_{12}:

$$v_{12} = v_1 + v_2 = v_1(1 + \frac{m}{M}),$$

Найдем время t, за которое лодка пройдет расстояние S:

$$t = \frac{S}{v_{12}} = 1 + \frac{m}{M}.$$

Далее, записывая равенства

$$S_1 = v_1 t,$$

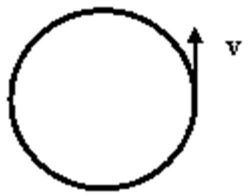
$$S_2 = v_2 t = v_1 t \frac{m}{M},$$

$$S = S_1 + S_2 = v_1 t + v_2 t,$$

Определим скорость лодки $v_1 = 35{,}2\frac{м}{с}$, а потом и путь, пройденный ею до встречи с баркасом $S_1 = 44 м.$

4.4.5 Импульс как векторная величина

Задача 1. Чему равно изменение импульса тела массой m, движущегося равномерно по окружности со скоростью v, в конце совершения полного оборота?



Методический анализ

В этом задании необходимо провести с учащимися смысловой анализ текста посредством вопросов вида:

- Каков характер движения тела по окружности? В каком направлении происходит движение?
- Что нужно определить в задаче?
- Для какого момента времени следует определить изменение импульса тела?

Школьнику полезно выделить в тексте задачи ответы на поставленные вопросы, а далее, пошагово прийти к ответу задачи:

- Сделаем рисунок, на котором покажем импульс тела в конце совершения полного оборота и выбранную систему координат:

Рисунок 4.10 - Импульс тела в конце совершения полного оборота

- Запишем для вектора изменения импульса тела:

$$\Delta\vec{p} = \vec{p}_2 - \vec{p}_1 = m\vec{v}_1 - m\vec{v},$$

$$\Delta p_x = p_{2x} - p_{1x} = mv_{1x} - mv_x,$$

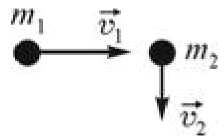
$$\Delta p = mv_1 - mv. \quad (1)$$

Так как $v_1 = v$, то из (1) получим, что изменение модуля импульса тела в конце совершения полного оборота Δp равно нулю.

Для уточнения понимания понятий «импульс тела» и «изменение импульса тела» можно дополнить приведенное задание: определите импульс и изменение импульса (в векторной форме и в модулях величин) в моменты времени: $\frac{T}{4}, \frac{3T}{4}, \frac{T}{2}$.

4.4.6 Энергия как скалярная величина

Задача 1. По гладкой горизонтальной поверхности во взаимно перпендикулярных направлениях движутся две шайбы массами m_1 = 1 кг и m_2 = 3 кг со скоростями v_1 = 2 м/с и v_2 = 1 м/с соответственно, как показано на рисунке. Суммарная кинетическая энергия этих шайб равна: 1) -1 Дж 2) 2,5Дж 3)3,5Дж 4)7Дж



Методический анализ

Данное задание, нагруженное избыточной информацией, выявляет понимание школьником двух существенных элементов знаний:

- Кинетическая энергия тела - величина скалярная.
- Кинетическая энергия системы тел аддитивна, то есть $E_k = E_{k1} + E_{k2} = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}$.

4.4.7 Шайба соскальзывает с гладкого клина

Задача 1. Гладкий клин массой 900 г и высотой 18 см покоится на гладкой горизонтальной поверхности (см. рисунок). С вершины клина начинает соскальзывать шайба массой 100 г и переходит на горизонтальную поверхность. Определите скорость шайбы в момент её перехода на горизонтальную поверхность.

Методический анализ

На этапе смыслового анализа условия задачи учащиеся должны ответить на следующие вопросы:

- Что означает «гладкий клин покоится на гладкой поверхности»?
- Что будет происходить с клином при соскальзывании шайбы с ее поверхности?
- Что можно сказать об энергиях клина и шайбы (потенциальных и кинетических) в момент соскальзывания шайбы на горизонтальную поверхность?

Далее создаем символические модели движения для двух моментов времени: для начального момента, когда шайба на вершине клина и конечного, когда она съезжает на горизонтальную поверхность.

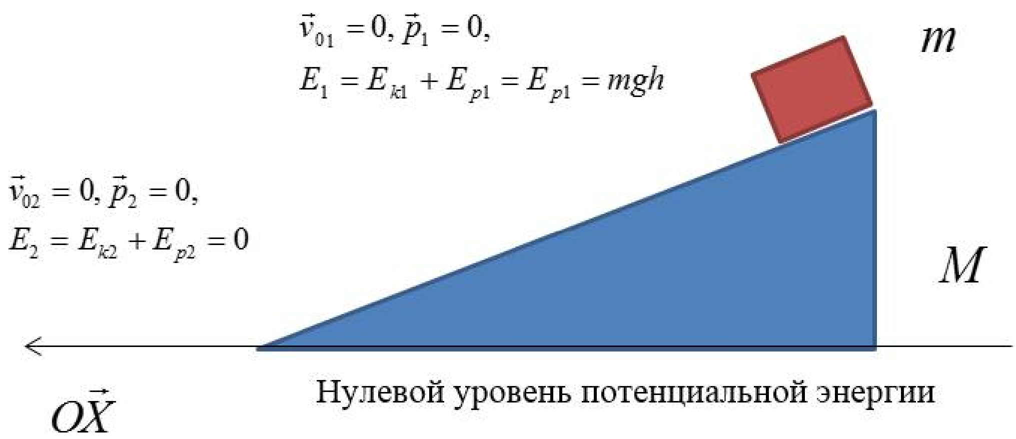


Рисунок 4.11 - Шайба находится на вершине клина

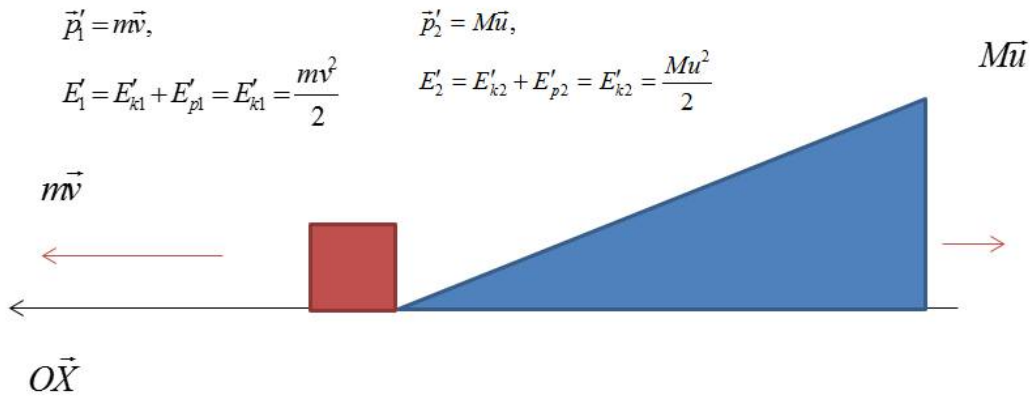


Рисунок 4.12 - Шайба на горизонтальной поверхности

Записываем закон сохранения импульса для замкнутой системы «клин+шайба»:

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 = \vec{p}_1' + \vec{p}_2' = 0,$$

$$0 = m\vec{v} + M\vec{u},$$

$$0 = mv_x + Mu_x,$$

$$0 = mv - Mu,$$

$$mv = Mu\ . \qquad (1)$$

Обращаем внимание учащихся на то, что равенства (1) недостаточно для определения скорости шайбы на горизонтальной поверхности. Следовательно, нужно записать и закон сохранения энергии для системы «Земля + клин+ шайба»:

$$E = E_k + E_p = const,$$

$$mgh = \frac{mv^2}{2} + \frac{Mu^2}{2}. \qquad (2)$$

Используя равенства (1) и (2), учащиеся получают ответ задачи.

Интересно обсудить с учащимися и вопрос: для каких моментов движения шайбы с поверхности клина можно утверждать, что клин вместе с землей, на которой он находится, приобретает некоторую вертикальную скорость? Дополнительно можно дать задание наиболее мотивированным школьникам: записать проекцию закона сохранения импульса на вертикальное направление.

4.4.8 Шарик падает в воду

Задача 1. Небольшой деревянный (сосна) шарик падает в воду с высоты 1,2 м относительно поверхности воды. Определите глубину погружения шарика, если на работу по преодолению силы сопротивления воды пошла половина кинетической энергии, которой шарик обладал перед входом в воду. Сопротивлением воздуха можно пренебречь.

Методический анализ

Данная задача на законы сохранения и изменения механической энергии относится к задачам высокого уровня сложности для школьника-девятиклассника. Ее решение должно включать следующие этапы:

- Анализ текста задачи на основе самопостановки вопросов школьников или диалога с учителем, которые помогут выстроить структуру решения задачи: Каковы особенности движения шарика до поверхности воды? Что сказано о сопротивлении воздуха? Что можно сказать о полной механической энергии шарика на этом промежутке времени? Какие превращения энергии происходят на этом участке пути? В чем особенности движения шарика в воде? Что сказано в условии о сопротивлении воды? Какие силы действуют на шарик, движущийся в жидкости? Какие превращения энергии происходят на данном участке движения?
- Создание символической модели движения шарика в различных средах, в которой обозначены: нулевой уровень потенциальной энергии шарика в однородном поле Земли; полная механическая энергия шарика в различные моменты времени; силы, действующие на шарик в воздухе и воде.

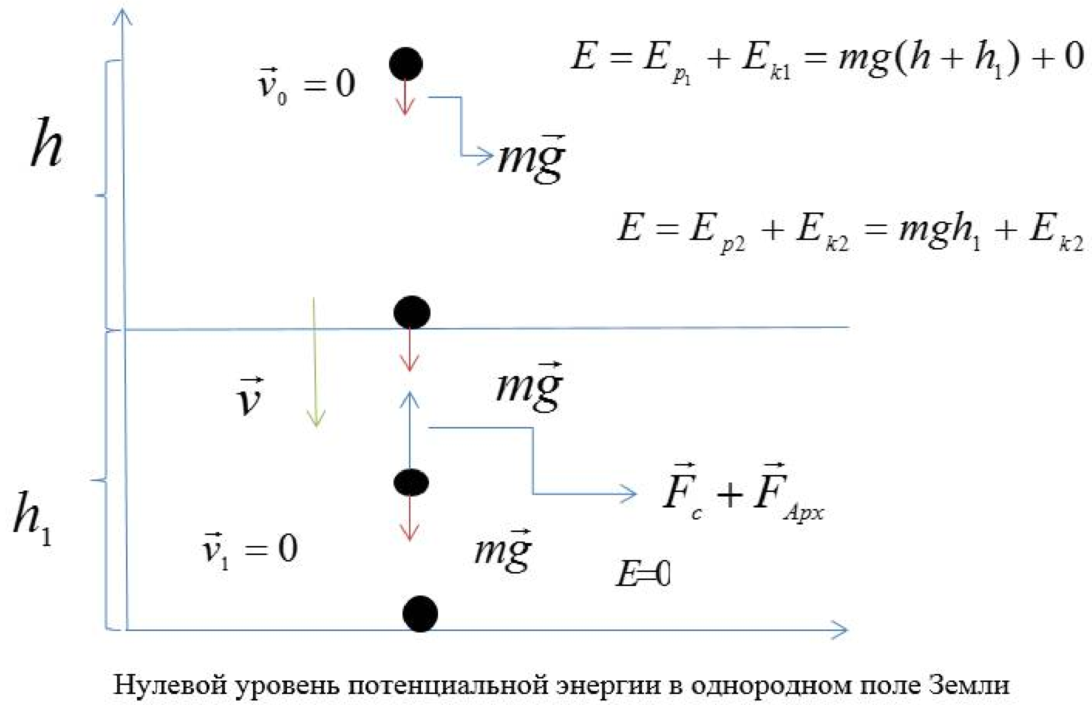


Рисунок 4.13 - Шарик падает в воду с некоторой высоты

• Математическую модель движения шарика целесообразно создавать для отдельных участков движения:

Движение шарика в воздухе

Так в воздухе сила сопротивления равна нулю, то полная механическая энергия сохраняется и учетом выбора нулевого уровня потенциальной энергии в однородном поле Земли можно записать:

$$E = const,$$

$$mg(h + h_1) = mgh_1 + E_{k2}.$$

Откуда получим: $E_{k2} = mgh$.

Следовательно, при входе в воду полная механическая энергия равна:

$$E = E_{p2} + E_{k2} = mgh_1 + mgh. \tag{1}$$

Движение шарика в воде

В воде на шарик действуют три силы: сила тяжести $\vec{F}_T = m\vec{g}$; сила сопротивления воды $\vec{F}_C$; сила Архимеда $\vec{F}_{Apx}$.

Запишем закон изменения механической энергии для шарика в поле Земли, учитывая, что работы силы сопротивления $\vec{F}_C$ и силы Архимеда $\vec{F}_{Арх}$ отрицательны:

$$\Delta E = -(A_C + A_{Apx}) = -(\frac{E_{k2}}{2} + \rho_B g V_ш h_1) = -(\frac{mgh}{2} + \rho_B g \frac{m}{\rho_C} h_1)\,. \qquad (2)$$

В конце пути шарик останавливается и оказывается на нулевом уровне потенциальной энергии, его полная механическая энергия равна нулю: $E = 0$. Следовательно, изменение полной механической энергии при движении его в воде с учетом (1) определится:

$$\Delta E = 0 - (mgh_1 + mgh). \qquad (3)$$

Используя равенства (2) и (3), определяют путь h_1, пройденный шариком в воде.

Заметим, что для понимания особенностей движения шарика в условии данной задачи полезно предложить школьнику решить задачу, Выбирая нулевой уровень потенциальной энергии в поле Земли, например, у поверхности воды.

4.4.9 Шарик равномерно падает в воде

Задача 1. Определите плотность материала, из которого изготовлен шарик объёмом 0,04 см^3, равномерно движущийся по вертикали в воде, если при его перемещении на 6 м выделилось 24,84 мДж энергии?

Методический анализ

В данной задаче важно обратить внимание школьника на то, что превращение механической энергии системы в тепловую происходит только под действием диссипативных сил, то есть всех сил трения. Вследствие этого, в данной задаче школьник должен ответить на такие главные вопросы, как:

- Какая сила в данном случае вызывает превращение механической энергии в энергию тепловую?

• Какие силы, кроме силы сопротивления, действуют на шарик во время его равномерного движения в воде?

Далее создается символическая и математическая модели движения шарика в воде.

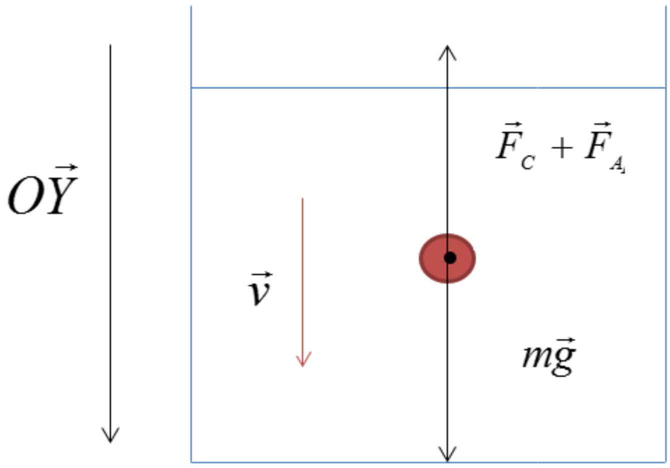


Рисунок 4.14 - Шарик равномерно падает в воде

Записываем для шарика уравнение движения - второй закон Ньютона для равномерного движения в векторной форме, в проекциях и модулях величин:

$$m\vec{g} + \vec{F}_C + \vec{F}_{Apx} = 0.$$

$$mg_x + F_{Cx} + F_{Apxx} = 0,$$

$$mg = F_C + F_{Apx}. \tag{1}$$

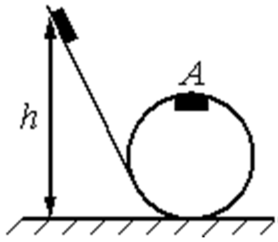
Для количества теплоты, выделившегося при движении шарика в воде, имеем:

$$Q = F_C S. \tag{2}$$

Учитывая, что сила Архимеда равна $F = \rho_B g V_ш$, а масса шарика равна $m = \rho_ш V_ш$, из равенств (1) и (2) определяют плотность материала $\rho_ш$, из которого изготовлен шарик.

4.4.10 Шарик движется по желобу, переходящему в окружность

Задача 1. Маленькая шайба движется по наклонному жёлобу, переходящему в окружность. Минимальная высота h, с которой шайба начинает движение и не отрывается от жёлоба в верхней точке окружности, равна 0,5 м. Чему равен радиус окружности? Трением пренебречь.



Методический анализ

Данная задача относится к задачам высокого уровня сложности для учащегося основной школы, так как он должен ясно понимать основы динамики материальной точки и правильно применять закон сохранения механической энергии. Подчеркнем, что внимательное чтение условия задачи и обсуждение ключевых указаний текста - важное условие последовательного и правильного ее решения.

Перечень вопросов для обсуждения может быть следующим:

- Как движется тело в верхней точке желоба?
- На что указывает в условии часть предложения «шарик начинает движение и не отрывается от желоба»?
- Какие силы действуют на тело в верхней точке?
- Каковы. По-Вашему, условия того, что шарик не оторвется от поверхности в верхние точки окружности? Какие превращения механической энергии происходят во время движения шарика?
- Можно ли применять закон сохранения механической энергии в условиях данной задачи?

Требование к школьнику «детально описать движение тела в символической и математической моделях» не должно проигнорировано в процессе решения данной задачи. В символической модели следует указать силы, действующие на шайбу, показать вектор его скорости, представить полную механическую энергию в различные моменты времени.

Далее записывая второй закон Ньютона для шарика в верхней точке ($\vec{N}+m\vec{g}=m\vec{a}_{цс}$), закон сохранения полной механической энергии ($mgh=mg2R+\frac{mv^2}{2}$) и условие того, что шайба не оторвется от поверхности в верхней точке ($N\geq 0$), получаем, что минимальная высота h равна $\frac{5}{2}R$.

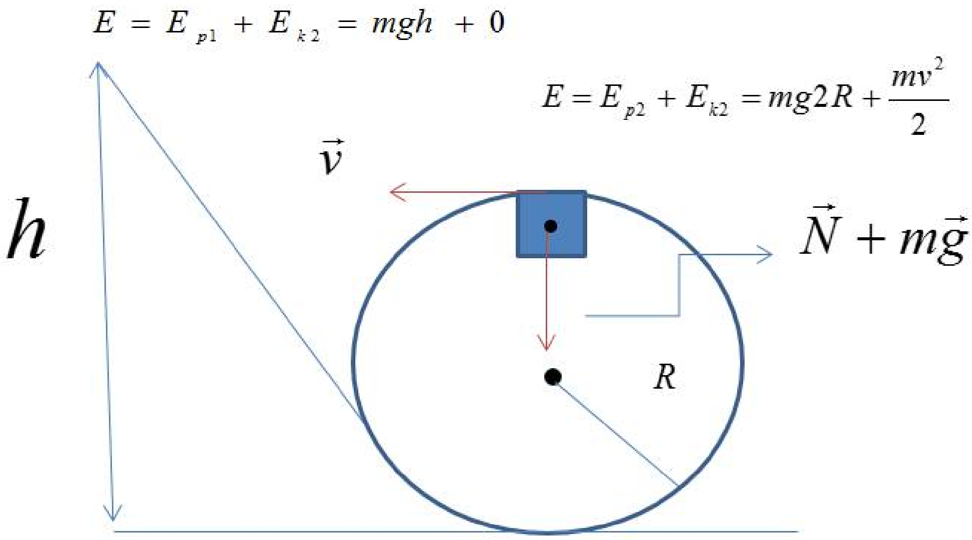


Рисунок 4.15 - Шайба движется по желобу, переходящему в окружность

4.4.11 Применение теоремы о кинетической энергии

1. Поезд массой 800 т движется со скоростью 36 км/ч и в результате торможения останавливается, пройдя расстояние 200 м. Чему равна сила трения и работа, совершённая этой силой?

Методический анализ

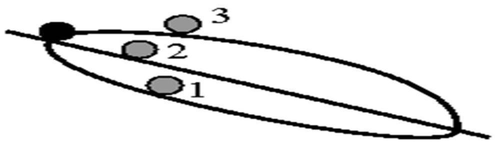
Учащиеся-девятиклассники не часто применяют теорему о кинетической энергии в виде: $\Delta E_k = A$, тогда как энергетический подход приводит к более короткому ходу рассуждений.

Данная задача закрепляет умение школьника применять указанную теорему в условиях, когда динамические законы не приводят к ответу в отсутствии коэффициента трения скольжения μ. Записывая для тела теорему сначала в виде $\Delta E_k = A$, а далее в виде $0 - \frac{mv_0^2}{2} = -F_{TP}S$, получают искомые ответы к задаче.

4.4.12 Работы силы тяжести

1. Шарик скользит с горки по трём разным гладким желобам (выпуклому, прямому и вогнутому). В начале пути скорость шарика каждый раз одна и та же. В каком случае скорость шарика в конце пути наибольшая? Трением пренебречь.

1) В первом; 2) во втором; 3) в третьем.



Методический анализ

Знание о консервативном характере силы тяжести, который заключается в том, что работа этой силы не зависит от формы траектории, а определяется только начальным и конечным положением системы, как это следует из формулы $A_{TЖ} = -\Delta E = E_{p1} - E_{p2} = mgh_1 - mgh_2$, является ключевым для понимания физических процессов с точки зрения энергетических превращений в системе. В связи с этой задачей полезно обсудить с учащимися следующий вопрос: как определится работа силы тяжести в случае, если тело перемещается на нулевой уровень потенциальной энергии $h_2 = 0$? Понятно, что в этом случае $A_{TЖ} = mgh_1$, и тогда можно определить потенциальную энергию тела как скалярную физическую величину, численно равную работе силы тяжести по перемещению тела из данной точки с координатой h_1 в точку, в которой его потенциальная энергия обращается в нуль.

Заключение

Для учителя (или будущего учителя), который принял в свой арсенал методических приемов принципы построения когнитивных карт и систематики физических задач, открываются возможности дальнейшей самостоятельной деятельности по смысловому изучению учебного материала при проработке как других тем раздела «Механические явления», так и остальных элементов курса физики основной школы (тепловые, электромагнитные и квантовые явления).

Заметим, что такие темы раздела «Механические явления», как «Статика», «Гидростатика», и «Аэростатика» входят, в соответствии с методическими рекомендациями для учителей, подготовленных на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ последних четырех лет, в число общих сюжетов - «проблемных зон». Данное обстоятельство требует, очевидно, от учителя принятия конкретных мер при планировании и реализации учебного процесса по освоению учащимися способов деятельности (применение законов и формул в различных учебных ситуациях; анализ и объяснение явлений и процессов; методологические умения; решение задач) и элементов содержания тематических единиц.

Автор надеется, что предложенные в пособии методические средства помогут учителю оптимизировать свою деятельность с точки зрения уточнения ближайших целей, задач и учебных заданий как промежуточных планируемых результатов тематических или законченных блоков уроков.

Литература, рекомендуемая для изучения

1. Лукашик, В.И. Сборник задач по физике для 7-9 классов общеобразовательных учреждений / В.И. Лукашик, Е.В. Иванова. – М.: Просвещение, 2017. - 224с.
2. Рымкевич, А.П. Физика. Задачник.10-11 кл: для общеобразоват. учреждений / А.П. Рымкевич. – М.: Дрофа, 2017. - 188с.
3. Степанова, Г.Н. Сборник задач по физике: Для 10-11 кл. общеобразоват. учреждений /Состав. Г.Н. Степанова. – М.: Просвещение, 2002. - 288с.
4. Гольдфарб, Н.И. Физика. Задачник.9-11 кл.: Пособие для общеобразоват. Учреждений / Н.И. Гольдфорб. - М.: Дрофа, 20015. - 368с.
5. Бендриков, Г.А. Задачи по физике: для поступающих в вузы: Учеб. пособие для подготовительных отделений вузов / Г.А. Бендриков, Б.Б. Буховцев, В.В. Керженцев, Г.Я. Мякишев. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2013. - 344с.
6. Баканина, Л.П. Сборник задач по физике: учебное пособие / Л.П. Бакакнина, В.Е. Белонучкин, С.М. Козел, И.П. Мазанько; под ред. С.П. Козела – М.: Наука,2016. – 288с.
7. Гельденштейн, Л.Э. Задачи по физике для основной школы с примерами решения. 7-9 классы / Л.Э. Гельденштейн, Л.А. Кирик, И.М. Гельфгат; под ред. В.А. Орлова. - М.: Илекса, 2017. – 416с.
8. Белолипецкий, С.Н. Задачник по физике: учебное пособие / С.Н. Белолипецкий, О.С. Еркович, В.А. Казаковцева, Т.С. Цвецинская; под ред. О.С. Еркович. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2014. – 368с.
9. Методическое пособие по физике для учащихся старших классов и абитуриентов / Под ред. Ю.В. Чешева. – М.: Физматкнига, 2014. – 400с.
10. Кондратьев, А.С. Физика. Сборник задач / А.С. Кондратьев. В.М. Уздин. – М ФИЗМАТЛИТ, 2005. – 392с.
11. Тульчинский, М.Е. Сборник качественных задач по физике: пособие для учителя / М.Е. Тульчинский. – М.: Просвещение, 1965. – 235с.
12. Меледин, Г.В. Физика в задачах: Экзаменационные задачи с решениями: Учебное пособие / Г.В. Меледин. – М.: Наука,1985. – 208с.

13. Балаш, В.А. Задачи по физике и методы их решения: Пособие для учителя / В.А. Балаш. – М.: Просвещение, 1983. – 432с.

14. Буховцев, Б.Б. Сборник задач по элементарной физике / Б.Б. Буховцев, В.Д. Кривченков, Г.Я. Мякишев, И.М. Сараева. – М. Наука, 1974. – 411с.

15. Гофман, Ю.В. Законы. Формулы. Задачи физики / Ю.В. Гофман. - Наукова думка, 1977. – 573с.

16. Тарасов, Л.В. Вопросы и задачи по физике (Анализ характерных ошибок, поступающих во втузы): Учеб. пособие /Л.В. Тарасов, А.Н. Тарасова. – М.: Высш. школа, 1984. – 256с.

17. Бутиков, Е.И. Физика в примерах и задачах: учеб. пособие / Е.И. Бутиков, А.А. Быков, А.С. Кондратьев. – М.: Наука, 1983. – 464с.

18. Основы методики преподавания физики в средней школе / В.Г. Разумовский, А.И. Бугаев, Ю.И. Дик и др.; под ред А.В. Перышкина. – М.: Просвещение, 1984. – 398с.

19. Методика преподавания физики в 7-8 классах средней школы: Пособие для учителя / А.В. Усова, В.П. Орехов, С.Е. Каменецкий; под ред А.В Усовой. – М.: Просвещение, 1990. – 319с.

20. Программы для общеобразовательных учреждений. Физика. Астрономия. 7-11кл. / сост. В.А. Коровин, В.А. Орлов. – М.: Дрофа, 2015. – 334с.

21. Примерная основная общеобразовательная программа образовательного учреждения. Основная школа / сост. Е.С. Савинов. – М.: Просвещение, 2011. -342с.

22. Кучеренко, М.А. Практика совершенствования физико-математического образования учителей и учащихся (на примере Оренбургской области). / М.А. Кучеренко, А.Г. Четверикова // Вестник Оренбургского университета. – 2018. – №1 (213).- С. 36-42.

23. Кучеренко, М.А. Объективные предпосылки проектирования и реализации программы повышения квалификации и переподготовки учителей физики / М.А. Кучеренко, М.Н. Перунова, Ф.Г. Узенбаев // Вопросы дополнительного профессионального образования (электронный научно-практический журнал). - Оренбург, ИПКиППРО ОГПУ. - Выпуск №2(2), 2014. - С.1-10.

24. Кучеренко, М.А. Стратегии смыслового чтения по физике: учебно-методическое пособие / М.А. Кучеренко. - Оренбург: ОГУ, 2014. – 248 с.