



ФИПИ

Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки
ФГБНУ «Федеральный институт педагогических
измерений»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
обучающимся
по организации самостоятельной
подготовки к ЕГЭ 2022 года**

ФИЗИКА

Москва, 2022

Авторы-составители: Демидова М.Ю., Грибов В.А.

Методические рекомендации предназначены для обучающихся 11 классов, планирующих сдавать ЕГЭ 2022 г. по физике. Методические рекомендации содержат советы разработчиков контрольных измерительных материалов ЕГЭ и полезную информацию для организации индивидуальной подготовки к ЕГЭ. В рекомендациях указаны темы, на освоение/повторение которых целесообразно обратить особое внимание. Рассмотрены новые типы заданий, включённых в контрольные измерительные материалы ЕГЭ 2022 г., и даны рекомендации по их выполнению. Также приведены тренировочные задания новых типов, ответы на них и критерии оценивания.

Оглавление

Рекомендации по выполнению заданий экзаменационной работы	4
Новые и обновлённые линии заданий	10
Тренировочные задания	18
Задания линии 1	18
Задания линии 2	20
Задания линий 6, 12, 17	24
Задания линий 30	28
Ответы к тренировочным заданиям	29

Дорогие друзья!

Скоро Вам предстоит сдать единый государственный экзамен (ЕГЭ) по физике. Ваша основная задача – получить возможность поступить в выбранный Вами вуз благодаря хорошей подготовке. Данные рекомендации помогут Вам в подготовке к экзамену.

КИМ ЕГЭ-2022 по физике содержит 30 заданий различных формы и уровня сложности, среди которых три новые линии заданий и три линии с изменённой формой ответа. Остальные линии заданий преемственны по отношению к предыдущей экзаменационной модели. Отметим особенности заданий, на которые следует обращать внимание при подготовке к экзамену.

Рекомендации по выполнению заданий экзаменационной работы

В части 1 работы предлагается 10 заданий с кратким ответом, в которых ответ необходимо записать в виде числа (*линии 3–5, 9–11, 14–16 и 20*). Они проверяют умение применять законы и формулы, и для их выполнения, как правило, необходимо провести несложные вычисления. Для таких заданий все расчеты дают либо целое число, либо конечную десятичную дробь. Возможно и отрицательное число (например, при расчёте проекции ускорения). Приближенные вычисления в этих заданиях части 1 практически не используются. В противном случае в тексте задания обязательно будет уточнение об округлении ответа (например, «Ответ округлите до десятых»).

Записать полученное значение физической величины нужно с учётом указанных единиц измерения. Они приведены после слова «Ответ». Поэтому после расчётов нужно обязательно проверить не только число, но и единицу измерения.

Среди заданий с кратким ответом в виде числа традиционно вызывают сложности задания на квадратичные зависимости, связанные с законом всемирного тяготения и законом Кулона.

Пример 1

Одинаковые положительные точечные заряды $q = 2 \cdot 10^{-8}$ Кл расположены в вакууме на расстоянии 0,3 м друг от друга. Определите модуль сил, с которыми заряды действуют друг на друга.

Ответ: 0,04 мН.

Как правило, ошибки связаны с действиями со степенями и с неверным переводом в кратные или дольные единицы. Поэтому необходимо обратить внимание на математическую подготовку и проверять математические преобразования и расчёты даже в простых заданиях.

Существенные затруднения вызывают задания с использованием лишних данных. Пример такого задания на расчёт силы Архимеда приведён ниже.

Пример 2

Польый стальной шар массой 10 кг плавает на поверхности озера. Объём шара равен 15 дм³. Чему равна сила Архимеда, действующая на шар?

Ответ: 100 Н.

Здесь часть выпускников считает силу Архимеда по привычной формуле через плотность воды и объём шара, не обращая внимание на то, что шар плавает на поверхности воды, а значит, выталкивающая сила равна по величине силе тяжести, действующей на шар.

Другой пример – задания на изменение периода или частоты колебаний математического маятника, в которых, кроме длины нити, изменяли ещё и массу груза.

Пример 3

Во сколько раз уменьшится частота малых свободных колебаний математического маятника, если длину нити увеличить в 9 раз, а массу груза уменьшить в 4 раза?

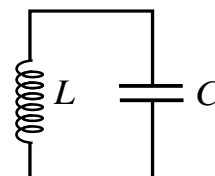
Ответ: в 3 раз(а).

Чтобы не допускать таких ошибок, нельзя пренебрегать экспериментальной частью курса физики. Экспериментальное исследование зависимости или независимости периода колебаний математического и пружинного маятников от различных величин позволяет хорошо освоить соответствующие формулы.

Необходимо обратить внимание на задания, в которых используется математическая запись различных формул и законов. Успешное выполнение таких заданий зависит от понимания физической сути всех величин, входящих в соответствующую зависимость. Например, много ошибок наблюдается при выполнении заданий на понимание формул, описывающих изменение силы тока и напряжения при свободных электромагнитных колебаниях в контуре, и на применение закона радиоактивного распада.

Пример 4

В колебательном контуре (см. рисунок) напряжение между обкладками конденсатора меняется по закону $U_C = U_0 \cos \omega t$, где $U_0 = 5 \text{ В}$, $\omega = \pi \cdot 10^6 \text{ с}^{-1}$. Определите частоту колебаний силы тока в контуре.



Ответ: 500 кГц.

Пример 5

Закон радиоактивного распада ядер некоторого изотопа имеет вид: $N = N_0 \cdot 2^{-\lambda t}$, где $\lambda = 0,05 \text{ с}^{-1}$. Определите период полураспада этих ядер.

Ответ: 20 с.

При повторении механики следует обратить внимание на работу с различными графиками и научиться определять поведение одной величины (перемещения, проекции ускорения и т.п.) по графику зависимости от времени для другой величины (проекция скорости и т.п.).

При повторении термодинамики особое внимание уделить теме «Насыщенные и ненасыщенные пары». Нужно помнить, что давление насыщенного водяного пара при температуре $100 \text{ }^\circ\text{C}$ равно нормальному атмосферному давлению – 100 кПа, а относительная влажность воздуха не может быть больше 100%; при относительной влажности воздуха, равной 100 %, водяной пар в атмосфере становится насыщенным.

Пример 6

В закрытом сосуде под поршнем находится водяной пар при температуре $100 \text{ }^\circ\text{C}$ под давлением 50 кПа. Каким станет давление пара, если, сохраняя его температуру неизменной, уменьшить объём пара в 3 раза?

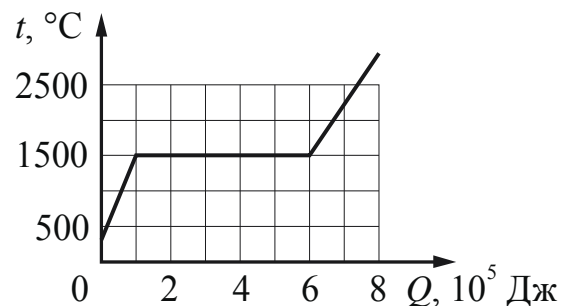
Здесь первоначально пар является ненасыщенным, поскольку его давление равно 50 кПа. При изотермическом уменьшении его объёма в 2 раза он станет насыщенным и его давление будет равно 100 кПа. При дальнейшем сжатии уже насыщенного пара его концентрация и давление будут оставаться неизменными, а часть пара будет конденсироваться.

Кроме того, не забывайте повторить и материал основной школы, например графики зависимости температуры тел от полученного (отданного) количества теплоты с учётом фазовых переходов. Традиционно вызывают затруднения задания на определение удельной теплоты плавления или кипения с использованием графиков (см. пример 7).

Пример 7

Брусочек из неизвестного металла массой 2 кг поместили в печь и стали его нагревать. На рисунке приведён график зависимости температуры металла t от переданного ему количества теплоты Q . Чему равна удельная теплота плавления металла?

Ответ: 250 кДж/кг.



При повторении материала по электродинамике обратите внимание на расчёт цепей постоянного тока с учетом смешанного соединения проводников, в том числе и на случаи «закорачивания» отдельных резисторов при замыкании ключа или на изменение сопротивления цепи, напряжения на резисторах и тепловой мощности во внешней цепи при уменьшении сопротивления реостата до 0.

В начале варианта приведены справочные данные: константы и все необходимые справочные величины для выполнения работы. Обратите внимание на то, что все ответы в заданиях соответствуют расчётам с использованием тех значений констант, которые приведены в начале варианта. Поэтому не забывайте использовать предложенные справочные данные, это поможет избежать лишних сложностей при записи ответов.

Задания линий 7, 13, 18 и 21 проверяют умения анализировать различные физические процессы и определять изменение физических величин, которые характеризуют данный процесс. Здесь важно проанализировать особенности описанного процесса, а затем уже вспоминать необходимые формулы и определять изменение величин. Ниже приведены два примера заданий, вызывающих трудности на экзамене.

Пример 8

На поверхности воды плавает брусок из древесины плотностью 500 кг/м³. Брусок заменили на другой брусок той же массы и с той же площадью основания, но из древесины плотностью 700 кг/м³. Как при этом изменились глубина погружения бруска и действующая на него сила Архимеда? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась
- 2) уменьшилась
- 3) не изменилась

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

<i>Глубина погружения бруска</i>	<i>Сила Архимеда</i>
<i>3</i>	<i>3</i>

В этом задании бруски плавают на поверхности воды. Массы у них одинаковые, поэтому из условия плавания следует, что сила Архимеда, уравновешивающая в этом случае силу тяжести, для обоих брусков тоже одинакова. Из равенства сил Архимеда следует, что объёмы погружённых в воду частей брусков также одинаковы. Но по условию и площади оснований у брусков одинаковы. Значит, доля объёмы погружённых частей на площадь основания, получим, что и глубина погружения брусков в воду тоже одинакова.

Пример 9

В первом опыте частица массой m , несущая заряд q , движется в однородном магнитном поле с индукцией B по окружности радиусом R со скоростью v . Во втором опыте та же частица движется в том же магнитном поле по окружности большего радиуса. Как при переходе от первого опыта ко второму изменились кинетическая энергия частицы и период её обращения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличилась*
- 2) уменьшилась*
- 3) не изменилась*

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

<i>Кинетическая энергия частицы</i>	<i>Период обращения частицы</i>
<i>1</i>	<i>3</i>

Выполнение задания базируется на записи второго закона Ньютона для движения заряженной частицы под действием силы Лоренца. Из него следует, что увеличение радиуса движения частицы в магнитном поле связано с ростом её скорости, а значит, и кинетической энергии. Период обращения частицы в магнитном поле не зависит от скорости её движения и, следовательно, он не меняется.

На позициях 8, 19, а в ряде вариантов и на позициях 13 и 21, предлагаются задания, в которых необходимо установить соответствие между графиками и физическими величинами, описывающими какой-либо процесс, или между величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. В первом случае необходимо представлять графики для всех физических величин, которые описывают этот процесс. Например, для свободных электромагнитных колебаний в контуре – графики зависимости от времени для колебаний заряда конденсатора, напряжения на обкладках конденсатора, силы тока в катушке индуктивности, энергии электрического поля конденсатора и энергии магнитного поля катушки. Во втором случае необходимо записать все законы и уравнения, описывающие процесс, и получить в общем виде выражение для требуемых физических величин.

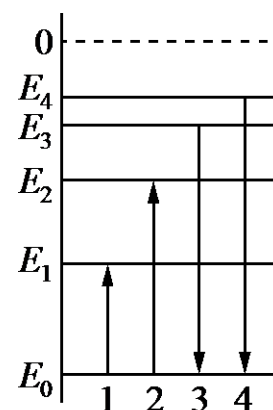
Традиционно затруднения вызывают задания на проверку излучения света атомом и постулаты Бора. Здесь на основе упрощённых диаграмм нижних энергетических уровней атома необходимо определять процессы излучения и поглощения света с наибольшей и наименьшей энергией фотона, частотой или длиной волны.

Пример 10

На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих переходов связаны с поглощением света с наименьшей энергией и излучением кванта света с наибольшей длиной волны?

Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕССЫ

- А) поглощение света с наименьшей энергией
- Б) излучение кванта света с наибольшей длиной волны

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ

- 1) 1
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 4

Ответ:

А	Б
1	3

Задания **на позициях 22 и 23** базового уровня сложности направлены на оценку методологических умений. Задание 22 с использованием фотографий или рисунков измерительных приборов проверяет умение записывать показания приборов при измерении физических величин с учётом абсолютной погрешности измерений. Абсолютная погрешность измерений задаётся в тексте задания: либо в виде половины цены деления, либо в виде цены деления.

Необходимо обратить внимание на задания, в которых необходимо использовать метод рядов.

Пример 11

Школьный реостат состоит из керамического цилиндра, на который плотно, виток к витку, намотана проволока. Для выполнения лабораторной работы по измерению удельного сопротивления материала, из которого изготовлена проволока реостата, необходимо измерить её диаметр. Ученик насчитал 40 витков проволоки, а длина намотки, измеренная линейкой, составила 3 см. Чему равен диаметр проволоки по результатам этих измерений, если погрешность линейки равна ± 1 мм?

Для определения диаметра проволоки необходимо и измеренное значение (3 см), и погрешность измерений (1 мм) разделить на число витков (число объектов в ряду).

Второе задание из этого блока проверяет умение выбирать оборудование для проведения опыта по указанной цели опыта (измерение какой-либо величины) или гипотезе исследования (зависимости одной физической величины от другой). Предлагаются модели заданий с выбором двух строк таблицы, в которых описаны характеристики экспериментальной установки, или с выбором двух предметов из перечня оборудования. Как правило, эти задания выполняются успешно.

В части 2 КИМ предлагается семь заданий с развёрнутым ответом: одна качественная задача и шесть расчетных задач. Используя демонстрационный вариант, необходимо изучить критерии оценивания этих заданий, особенно требования к полному верному ответу.

В качественной задаче (*линия 24*) рассматривается один или несколько процессов. Решение такой задачи представляет собой доказательство, в котором присутствует несколько логических шагов. Каждый логический шаг – это описание изменений физических величин (или других характеристик), происходящих в данном процессе, и обоснование этих изменений. Обязательным является указание на законы, формулы или известные свойства явлений, на основании которых были сделаны заключения о тех или иных изменениях величин или характеристик.

В процессе тренировки решения качественных задач целесообразно использовать «вопросный» метод. При этом для каждого логического шага объяснения (доказательства) в самом общем случае можно задавать следующие вопросы. Что происходит? Почему это происходит? Чем это можно подтвердить (на основании какого закона, формулы, свойства сделано этот вывод)? Эти базовые вопросы помогут не совершать ошибок при выстраивании объяснения: не пропускать логических шагов и всегда давать указания на используемые законы и формулы.

На позициях 25 и 26 предлагаются расчётные задачи повышенного уровня сложности по механике и квантовой физике соответственно. Они оцениваются максимально 2 баллами. Критерии оценивания этих задач остались без изменения. Однако необходимо ещё раз обратить внимание на то, что требования к полному верному ответу для этих заданий не отличаются от требований к расчётным задачам высокого уровня сложности. Они предполагают: обязательную запись в общем виде физических законов и формул, применение которых необходимо для решения задачи; описание всех вновь вводимых в решении буквенных обозначения физических величин; проведение математических преобразований и расчётов и представление ответа с указанием единиц измерения искомой величины. При этом не допускается решение без записи исходных формул. Ошибка хотя бы в одной из них приводит к оцениванию 0 баллами.

При решении расчётных задач (*позиции 27, 28 и 29*) целесообразно выделять следующие элементы: запись «Дано», представление рисунка, если это необходимо для понимания физической ситуации, работа с условием задачи: запись всех необходимых для решения задачи законов и формул; описание используемых физических величин, которые не вошли в «Дано»; проведение математических преобразований и расчётов, получение ответа; проверка ответа одним из выбранных способов. В КИМ ЕГЭ-2022 на позиции 29 представлены преимущественно задачи по геометрической оптике, в которых требуется сделать рисунок с указанием хода лучей в оптической системе. Наличие только правильного рисунка (даже при неверном решении) даёт возможность получить 1 балл.

Необходимо учитывать, что в качестве исходных формул принимаются только те, которые указаны в кодификаторе, при этом форма записи формулы не имеет значения, но имеют значение используемые обозначения физических величин. Если используются отличные от кодификатора обозначения, то их нужно отдельно оговаривать.

Следует не только проверять размерность полученной величины по конечной формуле, но и обращать внимание на корректность числового ответа. В ЕГЭ числовой ответ задачи обязательно проверяется экспертами.

На экзамене по физике можно пользоваться линейкой и непрограммируемым калькулятором. Калькулятор позволит Вам существенно сэкономить время. Возьмите на экзамен знакомую Вам модель непрограммируемого калькулятора, которая позволяет осуществлять ввод данных в естественном виде.

Описание новых линий заданий КИМ ЕГЭ-2022 и рекомендации по их выполнению приведены ниже.

Новые и обновлённые линии заданий

В КИМ ЕГЭ-2022 предлагается три новые линии заданий (1, 2 и 30) и три линии заданий, в которых была изменена форма представления (6, 12 и 17).

Линия 1 – задания базового уровня сложности интегрированного характера, для выполнения которых необходимо привлекать знания из всех разделов курса физики.

<i>Что нужно знать</i>	<i>Что нужно уметь</i>
Теоретические сведения о физических явлениях, их основных свойствах, законах и закономерностях курса физики	Распознавать физические явления, их основные свойства, формулы и законы, изученные в курсе физики. Правильно трактовать физический смысл изученных физических величин, законов и закономерностей

В задании 1 требуется выбрать все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях из пяти предложенных. В каждом задании предлагается одно утверждение из механики, одного из молекулярной физики, два из электродинамики и одно из квантовой физики. Как правило, два-три утверждения описывают формулы, и два-три утверждения посвящены основным постулатам, принципам и свойствам процессов и явлений.

Для выполнения задания необходимо хорошо ориентироваться в формулировке всех законов и закономерностей, указанных в кодификаторе ЕГЭ, и знать основные свойства явлений и процессов, изученных в курсе физики. Залогом успешного выполнения задания являются прочные теоретические знания основных элементов всех разделов курса базового уровня.

Задание оценивается максимально 2 баллами, если верно указаны все элементы верного ответа; 1 баллом, если допущена одна ошибка или дополнительно к верным элементам указан один неверный; 0 баллами, если два элемента указаны неверно. Если в ответе дополнительно к верным указано два и более неверных элементов (или ответ отсутствует), – 0 баллов.

Ниже приведён пример задания линии 1.

Пример 12

1

Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Потенциальная энергия тела зависит от его массы и скорости движения тела.
- 2) Хаотическое тепловое движение частиц тела прекращается при достижении термодинамического равновесия.
- 3) В растворах или расплавах электролитов электрический ток представляет собой упорядоченное движение ионов, происходящее на фоне их теплового хаотического движения.
- 4) При преломлении электромагнитных волн на границе двух сред длина волны остаётся неизменной величиной.
- 5) В процессе позитронного бета-распада происходит выбрасывание из ядра позитрона, возникшего из-за самопроизвольного превращения протона в нейтрон.

Ответ: _____

Линия 2 – задания повышенного уровня сложности интегрированного характера, для выполнения которых необходимо установить соответствие между зависимостями физических величин и схематичными видами графиков.

<i>Что нужно знать</i>	<i>Что нужно уметь</i>
Теоретические сведения об изученных физических закономерностях	Распознавать вид графика, соответствующий заданной физической закономерности

В задании предложены три зависимости из разных разделов курса физики, например из механики, молекулярной физики и электродинамики или из механики, электродинамики и квантовой физики. Все зависимости, используемые в текстах заданий, соответствуют законам и формулам, представленным в кодификаторе ЕГЭ. Во всех утверждениях, если это необходимо, обговаривается, зависимость каких величин обсуждается, а какие величины остаются неизменными. Как правило, формулы, производные от тех, которые приведены в кодификаторе, в этих заданиях не используются. Залогом успешного выполнения задания является знание всех законов и формул из кодификатора и умение представлять их в графическом виде.

Задание оценивается 2 баллами, если верно указаны все три элемента верного ответа; 1 баллом, если допущена одна ошибка; 0 баллов, если два элемента указаны неверно. Если в ответе указано более трех элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, – 0 баллов.

Ниже приведён пример задания линии 2.

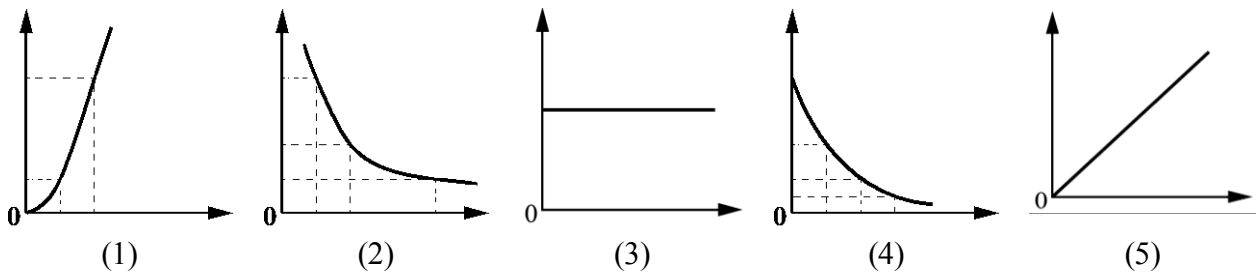
Пример 13

2

Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость модуля импульса равномерно движущегося тела от времени;
- Б) зависимость давления идеального газа от его объёма при изотермическом процессе;
- В) зависимость энергии фотона от его частоты.

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.



Ответ:

А	Б	В

Линии 6, 12, 17 – задания повышенного уровня сложности на интегрированный анализ физических процессов (на позиции 6 – по механике; на позиции 12 – по молекулярной физике и термодинамике; на позиции 17 – по электродинамике).

По сравнению с 2021 г. изменена форма этих заданий на множественный выбор: вместо выбора двух из пяти указанных утверждений предлагается выбрать все верные утверждения. При этом верных утверждений может быть либо два, либо три.

<i>Что нужно знать</i>	<i>Что нужно уметь</i>
Механика, МКТ и термодинамика, электродинамика	Анализировать физические процессы, представленные в виде таблиц, графиков или словесного описания: выделять их основные свойства, определять физические величины, характеризующие процесс.

Для выполнения этих заданий необходимо провести всесторонний анализ какого-либо процесса: вспомнить все основные свойства; определить физические величины, характеризующие процесс, и определить их взаимосвязь в данном процессе.

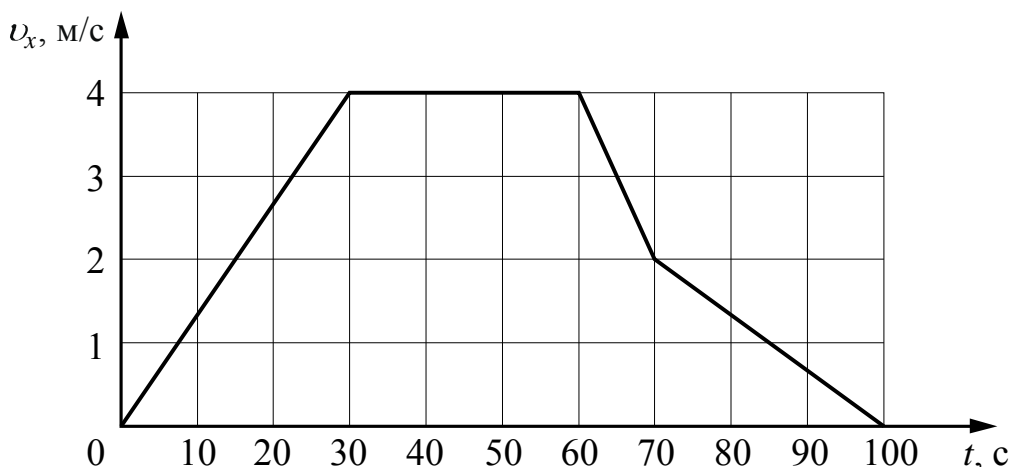
Каждое из заданий 6, 12 и 17 оценивается 2 баллами, если верно указаны все элементы верного ответа; 1 баллом, если допущена одна ошибка или дополнительно к верным элементам указан один неверный; 0 баллов, если два элемента указаны неверно. Если в ответе указано дополнительно к верным указано два или более неверных элементов (или ответ отсутствует), – 0 баллов.

Ниже приведены примеры заданий линий 6, 12 и 17.

Пример 14

6

В инерциальной системе отсчёта вдоль оси Ox движется тело массой 20 кг. На рисунке приведён график зависимости проекции скорости v_x этого тела от времени t .



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, описывающие данное движение тела. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Кинетическая энергия тела в промежутке времени от 60 до 70 с уменьшилась в 4 раза.
- 2) За промежуток времени от 0 до 30 с тело переместилось на 20 м.
- 3) В момент времени $t = 40$ с равнодействующая сил, действующих на тело, равна 0.
- 4) Модуль ускорения тела в промежутке времени от 0 до 30 с в 2 раза больше модуля ускорения тела в промежутке времени от 70 до 100 с.
- 5) В промежутке времени от 70 до 100 с импульс тела уменьшился на 60 кг·м/с.

Ответ: _____

12

Пример 15

Сосуд разделён на две равные по объёму части пористой неподвижной перегородкой. Перегородка может пропускать атомы гелия и является непроницаемой для атомов аргона. Вначале в левой части сосуда содержится 8 г гелия, а в правой – 1 моль аргона. Температура газов одинакова и остаётся постоянной. Выберите все верные утверждения, описывающие состояние газов после установления равновесия в системе. Запишите цифры, под которыми они указаны.

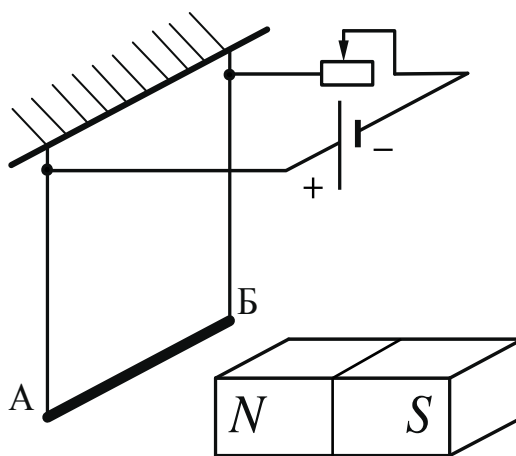
- 1) Внутренняя энергия гелия в сосуде больше, чем внутренняя энергия аргона.
- 2) Концентрация гелия и аргона в правой части сосуда одинакова.
- 3) В правой части сосуда общее количество молекул газов в 2 раза меньше, чем в левой части.
- 4) Внутренняя энергия гелия в сосуде в конечном состоянии больше, чем в начальном.
- 5) Давление в обеих частях сосуда одинаково.

Ответ: _____

17

Пример 16

Электрическая цепь состоит из алюминиевого проводника АБ, подвешенного на тонких медных проволочках и подключённого к источнику постоянного напряжения через реостат так, как показано на рисунке. Справа от проводника находится северный полюс постоянного магнита. Ползунок реостата плавно перемещают **вправо**.



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, описывающие этот процесс. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Сопротивление реостата увеличивается.
- 2) Линии индукции магнитного поля, созданного магнитом, вблизи проводника АБ направлены влево.
- 3) Сила Ампера, действующая на проводник АБ, увеличивается.
- 4) Силы натяжения проволочек, на которых подвешен проводник АБ, увеличиваются.
- 5) Сила тока, протекающего по проводнику АБ, увеличивается.

Ответ: _____

Линия 30 – задания высокого уровня сложности, представляющие собой расчётные задачи по механике, в которых необходимо привести обоснование выбранной физической модели и затем привести стандартное решение, включающее запись основных законов и формул, математические преобразования, расчёты и ответ.

<i>Что нужно знать</i>	<i>Что нужно уметь</i>
Кинематика. Динамика. Законы сохранения в механике. Статика. Механические колебания и волны	Решать расчётные задачи по физике: работать с условием задачи; обосновывать использование законов, необходимых для решения задачи; записывать краткое условие задачи; искать необходимые справочные данные, делать рисунок (с указанием сил, действующих на тело), если это необходимо для понимания физической ситуации; выбирать законы и формулы, необходимые для решения задачи; проводить математические преобразования и расчёты; анализировать полученный результат.

Решение задачи оценивается по двум критериям: критерий 1 – максимально 1 балл за верное обоснование используемых при решении законов; критерий 2 – максимально 3 балла за решение задачи (запись законов и формул, математические преобразования и вычисления). Критерий на 3 балла полностью соответствует системе оценивания других расчётных задач высокого уровня сложности.

В КИМ на линии 30 будет предложено лишь два типа заданий: задачи на связанные тела по динамике и задания на применение закона сохранения импульса при неупругом ударе и закона сохранения энергии. В обосновании для всех этих задач необходимо выбрать ИСО и указать, что тела считаются материальными точками.

Для задач со связанными телами необходимо: сделать рисунок с указанием всех сил, действующих на тела; записать, что для невесомой нити и идеальных блоков силы натяжения нити, действующие на связанные тела, можно считать одинаковыми по модулю, а условие нерастяжимости нити приводит к взаимосвязи ускорений связанных тел.

Для задач на закон сохранения импульса необходимо описать условия применения закона: либо действием внешних сил можно пренебречь в силу малости времени их действия (как при разрыве снаряда), либо проекции внешних сил на выбранную ось в сумме равны нулю, и сохраняется проекция импульса на эту ось. Для закона сохранения механической энергии необходимо отметить, что либо все действующие силы потенциальны, либо, если есть и непотенциальные силы, то выполняется условие равенства нулю их работы.

Приведём пример задания линии 30 с записью обоснования, решения и критериев оценивания.

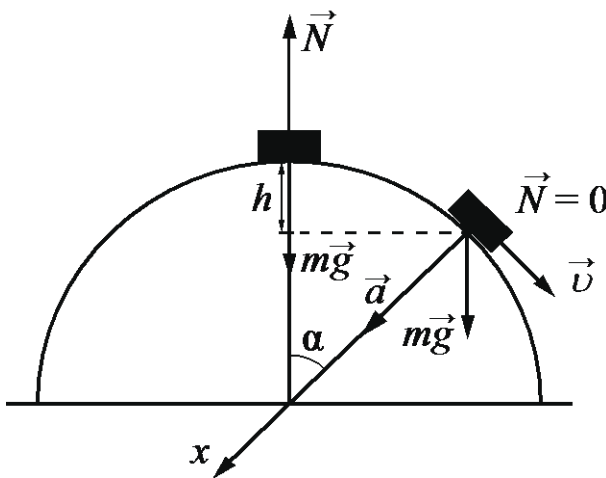
Пример 17

На горизонтальной поверхности неподвижно закреплена абсолютно гладкая полусфера радиусом R . С её верхней точки из состояния покоя соскальзывает маленькое тело. В некоторой точке тело отрывается от сферы и летит свободно. Найдите скорость тела в момент отрыва от сферы. Сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.

Возможное решение

Обоснование:

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной. Тело описываем моделью материальной точки, так как их размеры малы по сравнению с радиусом сферы.



2. При движении тела массой m по поверхности сферы на тело действуют потенциальная сила тяжести $\vec{m\vec{g}}$ и сила реакции опоры \vec{N} со стороны сферы, перпендикулярная поверхности сферы (трения нет, так как поверхность гладкая). Поэтому работа силы \vec{N} при движении тела по поверхности сферы равна нулю. Следовательно, механическая энергия тела при его движении по поверхности сферы сохраняется.

3. Поскольку тело описывается моделью материальной точки, условие отрыва этого тела от поверхности сферы формулируется на основе второго закона Ньютона. В момент отрыва обращается в нуль сила реакции опоры \vec{N} .

Решение:

1. Запишем закон сохранения энергии для двух состояний тела (на вершине сферы и в момент отрыва):

$$mgR = mg(R - h) + \frac{mv^2}{2}, \quad (1)$$

где m – масса тела, v – скорость тела в момент отрыва.

2. Запишем в точке отрыва второй закон Ньютона в проекциях на ось x :

$$\frac{mv^2}{R} = mg \cos \alpha. \quad (2)$$

3. Используя (1), (2) и условие $\cos \alpha = \frac{(R - h)}{R}$, получим: $h = \frac{R}{3}$, $\cos \alpha = \frac{2}{3}$,

и $v^2 = \frac{2gR}{3}$.

$$\vartheta = \sqrt{\frac{2gR}{3}}$$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Критерий 1	
Верно обоснована возможность использования законов (закономерностей). В данном случае: <i>выбор инерциальной системы отсчёта, модель материальной точки, условие выполнение закона сохранения механической энергии, условие отрыва тела от сферы</i>	1
В обосновании возможности использования законов (закономерностей) допущена ошибка. ИЛИ Обоснование отсутствует	0
Критерий 2	
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон сохранения механической энергии, второй закон Ньютона для движения точки по окружности, формула центростремительного ускорения</i>); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>); III) представлены необходимые математические преобразования, приводящие к правильному ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но	2

<p>имеется один или несколько из следующих недостатков. Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	4

Тренировочные задания

Задания линии 1

1. Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Энергия упруго деформированной пружины прямо пропорциональна её удлинению.
- 2) Теплопередача путём электромагнитного излучения возможна только в атмосфере Земли и не наблюдается в вакууме.
- 3) При соединении двух разноимённо заряженных металлических шаров металлической проволокой перераспределение зарядов будет происходить до полного выравнивания потенциалов шаров.
- 4) Электромагнитные волны ультрафиолетового диапазона имеют большую длину волны, чем радиоволны.
- 5) В нейтральном атоме суммарное количество электронов равно суммарному количеству протонов в ядре этого атома.

Ответ: _____

2. Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) По мере удаления от Луны сила притяжения к ней убывает прямо пропорционально расстоянию до её центра.
- 2) В процессе изотермического сжатия постоянной массы газа его внутренняя энергия увеличивается.
- 3) При протекании постоянного электрического тока по проводнику количество теплоты, выделяющееся в нём за одно и то же время, прямо пропорционально квадрату силы тока.
- 4) Явления интерференции и дифракции могут наблюдаться для электромагнитных волн любого диапазона.
- 5) Через промежуток времени, равный периоду полураспада, нераспавшимися остаётся половина от большого количества изначально имевшихся радиоактивных ядер данного элемента.

Ответ: _____

3. Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Кинетическая энергия тела увеличивается прямо пропорционально скорости движения тела.
- 2) Теплопередача путём конвекции происходит за счёт переноса вещества в струях и потоках.
- 3) В процессе электризации трением два первоначально незаряженных тела приобретают одноимённые заряды.
- 4) При переходе электромагнитных волн через границу раздела двух сред с разными показателями преломления длина волны остаётся неизменной.
- 5) При альфа-распаде заряд ядра уменьшается на 2 элементарных положительных заряда.

Ответ: _____

4. Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Тело, форма и размеры которого при наличии внешних воздействий остаются неизменными, называется абсолютно твердым телом.
- 2) В процессе плавления постоянной массы вещества его внутренняя энергия увеличивается.
- 3) Одноимённые точечные электрические заряды притягиваются друг к другу.
- 4) Магнитное поле индукционного тока в контуре всегда увеличивает магнитный поток, изменение которого привело к возникновению этого индукционного тока.
- 5) При α -распаде ядро теряет примерно четыре атомные единицы массы, в результате появившийся в ходе реакции элемент смещается на две клетки влево в Периодической таблице Д.И. Менделеева.

Ответ: _____

5. Выберите все верные утверждения о физических явлениях, величинах и закономерностях. Запишите цифры, под которыми они указаны.

- 1) Энергия характеризует способность тела совершать работу.
- 2) В цилиндре под поршнем расширение газа в ходе адиабатного процесса сопровождается понижением его температуры.
- 3) Если электрический ток протекает по алюминиевому проводнику, то ни при каких условиях не может наблюдаться действие тока на магнитную стрелку.
- 4) При изменении магнитного потока через площадку, охваченную замкнутым проводящим контуром, магнитное поле индукционного тока в контуре всегда увеличивает магнитный поток через эту площадку.
- 5) При β -распаде ядра выполняется закон сохранения электрического заряда.

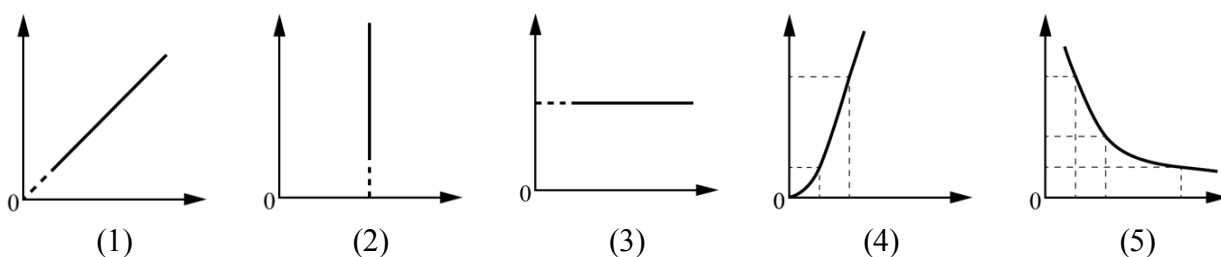
Ответ: _____

Задание линии 2

1. Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость модуля центростремительного ускорения точки, находящейся на расстоянии R от центра вращения, от угловой скорости;
- Б) зависимость объема постоянной массы идеального газа от абсолютной температуры в изотермическом процессе;
- В) зависимость энергии фотона от импульса фотона.

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.



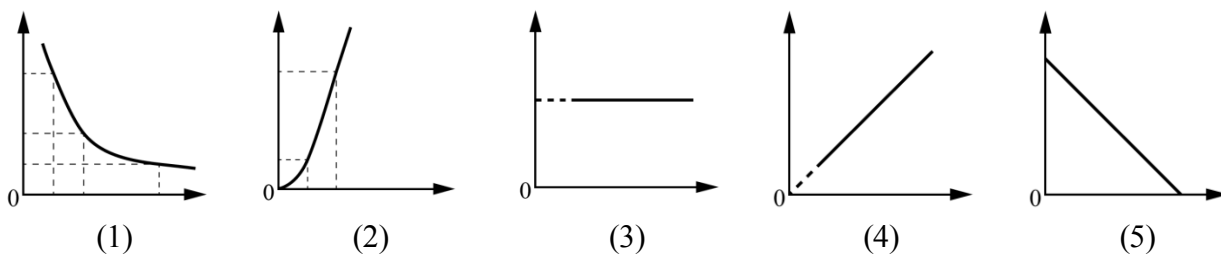
Ответ:

А	Б	В

2. Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость модуля скорости тела, брошенного вертикально вверх, от времени (при движении вверх);
- Б) зависимость давления постоянной массы идеального газа от абсолютной температуры в изохорном процессе;
- В) зависимость энергии магнитного поля катушки индуктивностью L от силы тока в катушке

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.



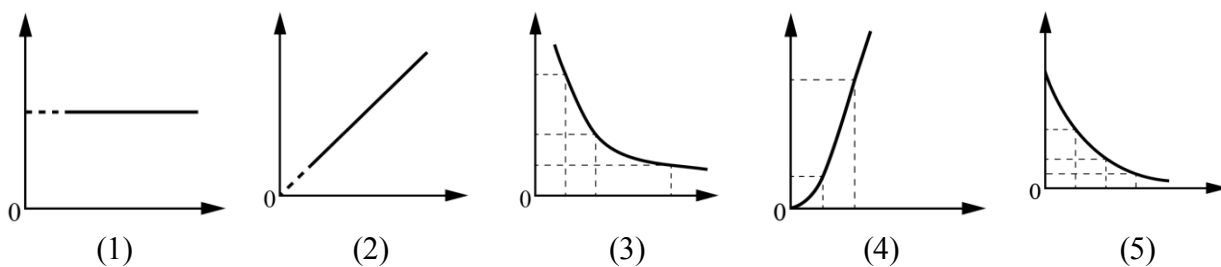
Ответ:

А	Б	В

3. Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость пути, пройденного равноускоренно движущимся телом, от времени движения при начальной скорости тела, равной нулю;
- Б) зависимость количества теплоты, выделяющегося при конденсации пара, находящегося при температуре кипения, от массы пара;
- В) зависимость энергии электрического поля конденсатора ёмкостью C от напряжения между обкладками конденсатора.

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.



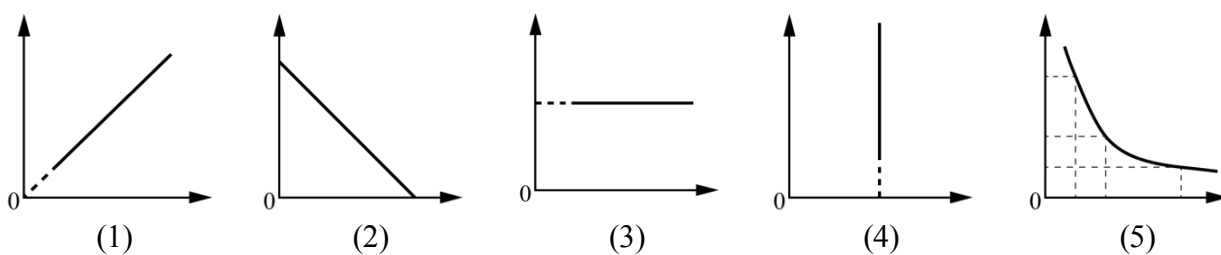
Ответ:

А	Б	В

4. Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость модуля скорости свободно падающего тела от времени при начальной скорости тела, равной нулю
- Б) зависимость объёма идеального газа от абсолютной температуры в изохорном процессе;
- В) зависимость модуля заряда одной из обкладок конденсатора от напряжения на конденсаторе.

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.



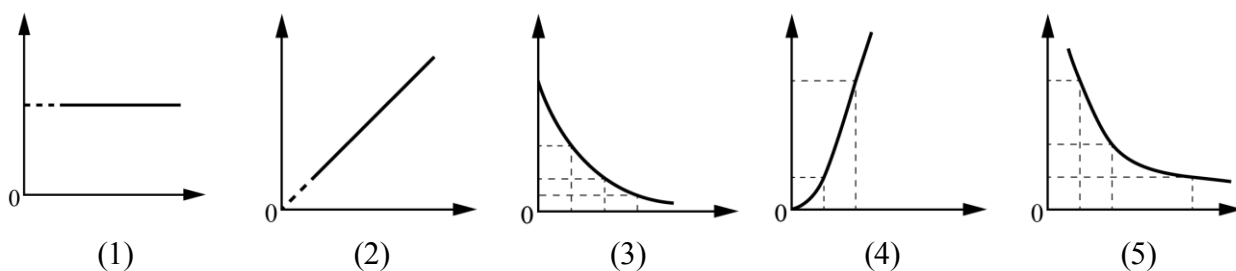
Ответ:

А	Б	В

5. Даны следующие зависимости величин:

- А) зависимость внутренней энергии 1 моль идеального газа от его температуры;
- Б) зависимость ёмкости плоского воздушного конденсатора с площадью пластин S от расстояния между пластинами;
- В) зависимость модуля импульса фотона от длины волны.

Установите соответствие между этими зависимостями и видами графиков, обозначенных цифрами 1–5. Для каждой зависимости А–В подберите соответствующий вид графика и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Цифры в ответе могут повторяться.



Ответ:

А	Б	В

Задания линий 6, 12, 17

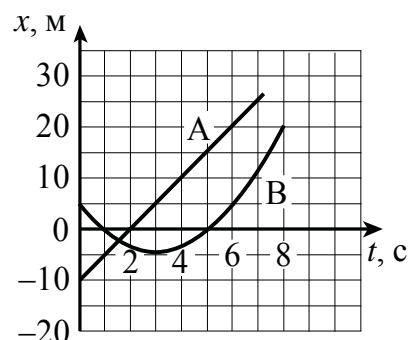
1. Автомобиль массой 2 т проезжает верхнюю точку выпуклого моста, двигаясь с постоянной по модулю скоростью равной 36 км/ч. Радиус кривизны моста равен 40 м. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие движение автомобиля по мосту.

- 1) Сила, с которой мост действует на автомобиль в верхней точке моста, меньше 20 000 Н и направлена вертикально вниз.
- 2) Центробежное ускорение автомобиля в верхней точке моста равно $2,5 \text{ м/с}^2$.
- 3) Ускорение автомобиля в верхней точке моста направлено противоположно его скорости.
- 4) Равнодействующая сил, действующих на автомобиль в верхней точке моста, сонаправлена с его скоростью.
- 5) В верхней точке моста автомобиль действует на мост с силой, равной по модулю 15 000 Н.

Ответ: _____

2. На рисунке приведены графики зависимости координаты от времени для двух тел: А и В, движущихся вдоль оси Ox .

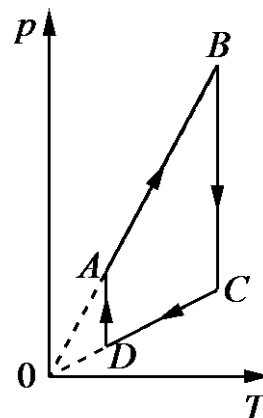
Выберите все верные утверждения о характере движения тел.



- 1) В тот момент, когда скорость тела В обратилась в нуль, расстояние между телами А и В составляло 10 м.
- 2) Скорость тела А в момент времени $t = 2 \text{ с}$ равна 5 м/с.
- 3) В момент времени $t = 5 \text{ с}$ тело В покоится.
- 4) Тело А движется равноускоренно.
- 5) Тело В меняет направление движения в момент времени $t = 3 \text{ с}$.

Ответ: _____

3. На рисунке в координатах p – T , где p – давление газа, T – абсолютная температура газа, показан график циклического процесса, проведённого с одноатомным идеальным газом. Количество вещества газа постоянно.



Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие процессы на графике.

- 1) В процессе CD работа газа равна нулю.
- 2) В процессе DA газ изотермически расширяется.
- 3) В процессе AB газ получает положительное количество теплоты.
- 4) В процессе BC внутренняя энергия газа остаётся неизменной.
- 5) Газ за цикл совершает работу, равную нулю.

Ответ: _____

4. Герметичный теплоизолированный сосуд разделили неподвижной перегородкой, способной проводить тепло, на две равные части. В первую часть сосуда поместили некоторое количества аргона при температуре 328 К, а во вторую – такое же количество аргона при температуре 15 °С.

Считая, что теплоёмкость сосуда пренебрежимо мала, выберите все утверждения, которые верно отражают изменения, происходящие с аргоном при переходе к тепловому равновесию.

- 1) Внутренняя энергия газа в первой части сосуда увеличилась.
- 2) Температура газа во второй части сосуда повысилась.
- 3) При теплообмене газ в первой части сосуда отдавал положительное количество теплоты, а газ во второй части сосуда его получал.
- 4) Через достаточно большой промежуток времени температура газов в обеих частях сосуда стала одинаковой и равной 25 °С.
- 5) В результате теплообмена газ в первой части сосуда совершил положительную работу.

Ответ: _____

5. Две параллельные металлические пластины больших размеров расположены на расстоянии d друг от друга и подключены к источнику постоянного напряжения (рис. 1). Пластины закрепили на изолирующих подставках и спустя длительное время отключили от источника (рис. 2).

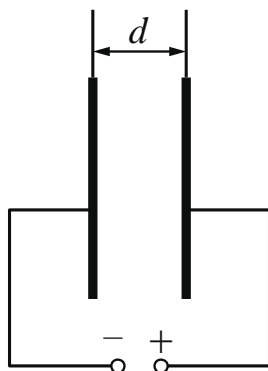


Рис. 1

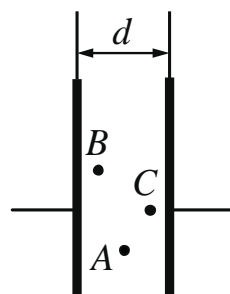


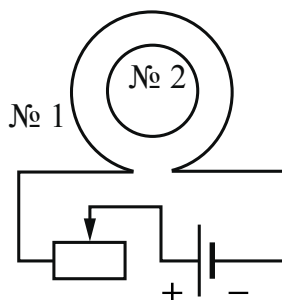
Рис. 2

Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения.

- 1) Если после отключения от источника уменьшить расстояние d между пластинами, то ёмкость конденсатора уменьшится.
- 2) Напряжённость электрического поля в точках A и C одинаковы.
- 3) Потенциалы электрического поля в точке B больше, чем в точке C .
- 4) Если после отключения от источника пластины полностью погрузить в керосин, то энергия электрического поля системы пластин уменьшится.
- 5) Если после отключения от источника увеличить расстояние d между пластинами, то напряжённость электрического поля в точке A не изменится.

Ответ: _____

6. Катушка № 1 включена в электрическую цепь, состоящую из источника постоянного напряжения и реостата. Катушка № 2 помещена внутрь катушки № 1, и её обмотка замкнута. Вид с торца катушек представлен на рисунке.



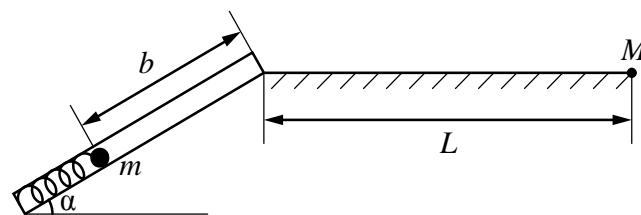
Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие процессы в цепи и катушках при перемещении ползунка реостата *влево*.

- 1) Вектор индукции магнитного поля, созданного катушкой № 2 в её центре, направлен к наблюдателю.
- 2) Модуль вектора индукции магнитного поля, созданного катушкой № 1, увеличивается.
- 3) Сила тока в катушке № 1 увеличивается.
- 4) В катушке № 2 индукционный ток направлен по часовой стрелке.
- 5) Модуль магнитного потока, пронизывающего катушку № 2, уменьшается.

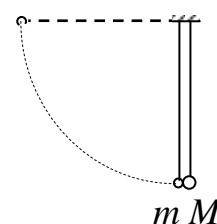
Ответ: _____

Задания линии 30

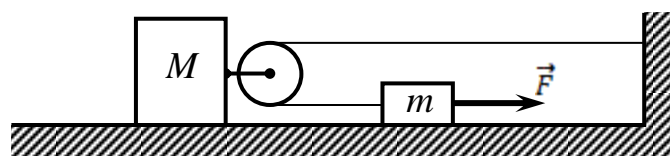
1. Пружинное ружьё наклонено под углом α к горизонту. Энергия сжатой пружины равна E . При выстреле шарик проходит по стволу ружья расстояние b , вылетает и падает на расстоянии L от дула ружья в точке M , находящейся с ним на одной высоте (см. рисунок). Найдите массу m шарика. Трением в стволе и сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



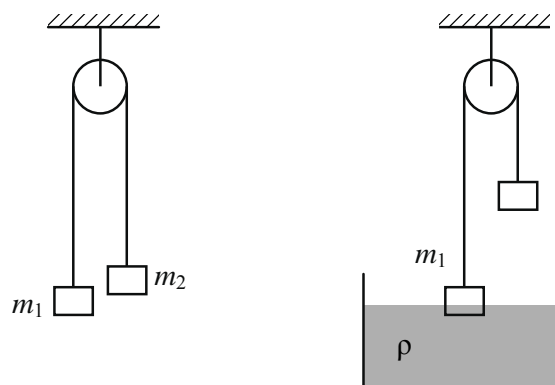
2. Два шарика висят, соприкасаясь, на вертикальных нитях (см. рисунок). Левый шарик отклоняют на угол 90° и отпускают с начальной скоростью, равной нулю. Каким должно быть отношение масс шариков $\frac{M}{m}$, чтобы в результате их абсолютно неупругого удара половина кинетической энергии, которой обладал левый шарик непосредственно перед ударом, перешла в тепло? Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



3. Грузы M и m связаны нерастяжимой невесомой нитью, перекинутой через идеальный блок, прикрепленный к грузу M . Отрезки нити, не касающиеся блока, горизонтальны и параллельны друг другу (см. рисунок). Грузы находятся на гладкой горизонтальной плоскости. Каково ускорение груза M , когда к грузу m приложена сила \vec{F} ? Сила направлена вдоль нити. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



4. Два груза подвешены за нерастяжимую и невесомую нить к идеальному блоку, как показано на рисунке. При этом первый груз массой m_1 движется из состояния покоя вниз с ускорением. Если первый груз опустить в жидкость плотностью ρ , находящуюся в сосуде большого объёма, система будет находиться в равновесии. При этом объём погруженной в жидкость части груза равен V . Определите ускорение первого груза. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



Ответы к тренировочным заданиям

Задания линии 1

Номер задания	Правильный ответ
1	35
2	345
3	25
4	125
5	125

Задания линии 2

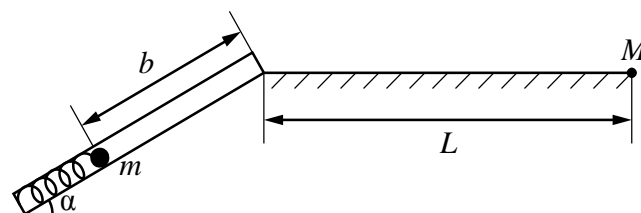
Номер задания	Правильный ответ
1	421
2	542
3	424
4	131
5	255

Задания линий 6, 12, 17

Номер задания	Правильный ответ
1	25
2	125
3	134
4	23
5	245
6	123

Задание линии 30

1. Пружинное ружьё наклонено под углом α к горизонту. Энергия сжатой пружины равна E . При выстреле шарик проходит по стволу ружья расстояние b , вылетает и падает на расстоянии L от дула ружья в точке M , находящейся с ним на одной высоте (см. рисунок). Найдите массу шарика m . Трением в стволе и сопротивлением воздуха пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



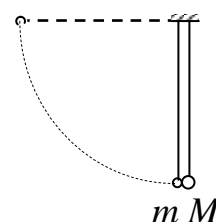
Обоснование

1. Рассмотрим задачу в системе отсчёта, связанной с Землёй. Будем считать эту систему отсчёта инерциальной (ИСО).

2. Шарик имеет малые размеры по сравнению с размерами пружины и дальностью полёта, поэтому описываем его моделью материальной точки.

3. В процессе движения шарика по стволу к верхней точке своей траектории на него действуют сила тяжести $m\vec{g}$, сила упругости \vec{F}_y и сила реакции опоры \vec{N} . Изменение механической энергии шарика в ИСО равно работе всех непотенциальных сил, приложенных к телу. В данной случае единственной такой силой является сила реакции опоры \vec{N} . В каждой точке траектории $\vec{N} \perp \vec{v}$, где \vec{v} – скорость шарика, поэтому работа силы \vec{N} равна нулю, а механическая энергия шарика при его движении по стволу сохраняется.

2. Два шарика, массы которых $m = 0,1$ кг и $M = 0,2$ кг, висят, соприкасаясь, на нитях. Левый шарик отклоняют на угол 90° и отпускают с начальной скоростью, равной нулю. Каково отношение количества теплоты, выделившегося в результате абсолютно неупругого удара шариков, к кинетической энергии шариков после удара? Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



Обоснование

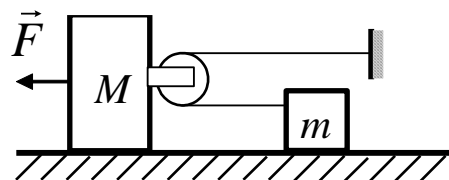
1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, считаем инерциальной (ИСО).

2. Шарик m и шарик M описываем моделью материальной точки, так как их размеры малы по сравнению с длинами нитей.

3. При движении шарика m по окружности от начального положения до столкновения шариков на него действуют потенциальная сила тяжести $m\vec{g}$ и сила натяжения нити \vec{T} (сопротивлением воздуха пренебрегаем). Сила \vec{T} направлена по нити, т.е. по радиусу окружности, а скорость \vec{v} шарика m направлена по касательной к окружности. Поэтому в любой точке траектории шарика $\vec{T} \perp \vec{v}$ и работа силы \vec{T} при движении шарика от начального положения до места столкновения шариков равна нулю. Следовательно, при этом движении сохраняется механическая энергия шарика:

4. Закон сохранения импульса системы тел выполняется в ИСО в проекциях на выбранную ось, если сумма проекций внешних сил на эту ось равна нулю. В данном случае выбранную ось направим горизонтально вправо, по направлению скорости шарика m перед столкновением. При столкновении все внешние силы, действующие на систему тел «шарик m + шарик M » (силы тяжести $m\vec{g}$ и $M\vec{g}$, а также силы натяжения нитей) вертикальны, и их проекции на горизонтальную ось равны нулю. Следовательно, в ИСО проекция импульса системы «шарик m + шарик M » на горизонтальную ось сохраняется при их столкновении.

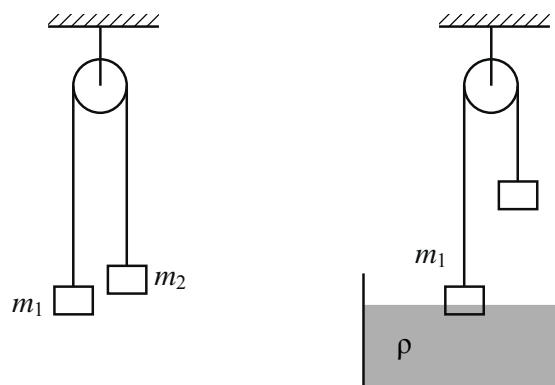
3. К бруску массой M прикреплен лёгкий блок (см. рисунок), через него переброшена лёгкая нерастяжимая нить, один конец которой привязан к стене, а к другому прикреплено тело массой m . На брусок действует сила F . Определите ускорение бруска. Свободные куски нити горизонтальны и лежат в одной вертикальной плоскости, тела двигаются вдоль одной прямой. Массой блока и нити, а также трением пренебречь. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



Обоснование

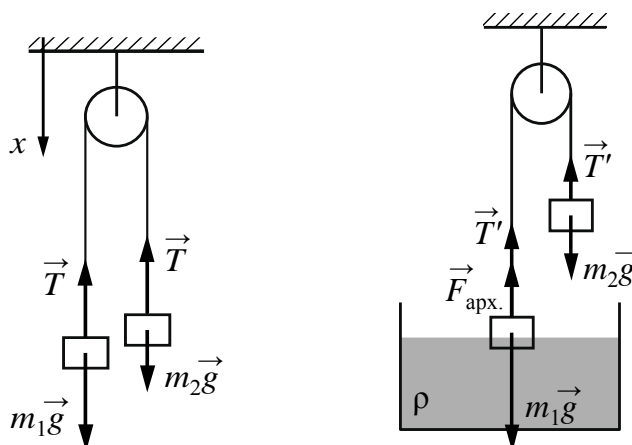
1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, считаем инерциальной.
2. Грузы будем считать материальными точками независимо от их размеров, так как они движутся поступательно.
3. Нить невесома, блок идеальный (нить скользит по нему без трения), поэтому модуль T силы натяжения нити во всех её точках один и тот же.
4. Блок идеальный (масса блока пренебрежимо мала), поэтому из второго закона Ньютона следует, что модуль T_1 силы, с которой груз M действует на блок, вдвое больше T . По третьему закону Ньютона со стороны блока на груз M действует сила \vec{F}_1 , модуль которой $F_1 = T_1$.
5. Грузы движутся прямолинейно. При этом если груз M под действием натянутой нити сдвинется относительно стола вправо на Δx , то верхний отрезок нити укоротится на Δx , а нижний удлинится на Δx , так как нить нерастяжима. В результате груз m сдвинется вправо относительно груза M с блоком на Δx , а относительно стола – на $2\Delta x$. Таким образом, перемещение груза m всегда вдвое больше перемещения груза M . Отсюда следует, что и скорость груза m в любой момент времени вдвое больше скорости груза M . При прямолинейном движении грузов отсюда следует, что и ускорение груза m в любой момент времени вдвое больше ускорения груза M .

4. Два груза подвешены за нерастяжимую и невесомую нить к идеальному блоку, как показано на рисунке. При этом первый груз массой m_1 движется из состояния покоя вниз с ускорением. Если первый груз опустить в жидкость плотностью ρ , находящуюся в сосуде большого объёма, система будет находиться в равновесии. При этом объём погружённой в жидкость части груза равен V . Определите ускорение первого груза. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



Обоснование

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, считаем инерциальной. Направим ось x декартовой системы координат вертикально вниз.
2. Грузы будем считать материальными точками независимо от их размеров, так как они движутся поступательно. На рисунках показаны силы, действующие на грузы в обоих случаях.



3. Учтено, что нить невесома, блок идеальный (нить скользит по нему без трения), поэтому можно считать $T_1 = T_2 = T$. Так как нить нерастяжима, а грузы движутся прямолинейно, то ускорения тел $a_1 = a_2 = a$.
4. Во втором случае система находится в равновесии за счёт появления силы Архимеда, действующей на погружённую в воду часть груза m_1 . Поэтому сумма проекций на ось x сил, действующих на каждый из грузов, будет равна нулю.