

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

ЕДИННЫЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЭКЗАМЕН



ФИПИ



РЕПЕТИЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ

ФИЗИКА

РУССКИЙ ЯЗЫК

МАТЕМАТИКА

ФИЗИКА

ХИМИЯ

БИОЛОГИЯ

ГЕОГРАФИЯ

ИСТОРИЯ

ОБЩЕСТВОЗНАНИЕ

ЛИТЕРАТУРА

ИНФОРМАТИКА

АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК

НЕМЕЦКИЙ ЯЗЫК

ФРАНЦУЗСКИЙ ЯЗЫК

ЕГЭ 2015

ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ

А.И. Гиголо

РЕПЕТИЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ

**ЕДИНЫЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ЭКЗАМЕН
2015**

ФИЗИКА

12 вариантов



Москва
«Интеллект-Центр»
2015

*Издание подготовлено при содействии Федерального института педагогических измерений.
Для создания пособия Федеральным институтом педагогических измерений автору
предоставлено право использования ресурсов открытого банка заданий*

Гиголо, А.И.

Г 61 Репетиционные варианты. Единый государственный экзамен 2015. Физика. 12 вариантов. Учебное пособие. / А.И. Гиголо; Федеральный институт педагогических измерений. – Москва: Интеллект-Центр, 2015. – 176 с.

ISBN 978-5-00026-136-1

Пособие предназначено для самостоятельной подготовки выпускников общеобразовательных школ к единому государственному экзамену (ЕГЭ) 2015 года по физике и на занятиях по подготовке к экзамену в школе. Оно может быть использовано также для проведения внутришкольных репетиционных экзаменов в 11 классах.

Данное пособие содержит 12 вариантов экзаменационной работы, составленных в соответствии с проектом новой демоверсии контрольных измерительных материалов ЕГЭ 2015 года по физике. Ко всем заданиям даны ответы и критерии оценивания.

Издание адресовано старшеклассникам, учителям и методистам.

УДК 373.167.1:53+53(075.3)

ББК 22.3я721-1

Ответственный за выпуск
Исполнительный директор *О.С. Ильясов*

Редактор *Д.П. Локтионов*
Художественный редактор *Е.Ю. Воробьева*
Компьютерная верстка и макет *Ю.Д. Савченко*

Подписано в печать 02.09.2014. Формат 60х84/8. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 22,0. Тираж 10 000 экз.

Заказ № 1408210.

Издательство «Интеллект-Центр»
125445, Москва, ул. Смольная, д. 24, оф. 712

arvato
BERTELSMANN

Отпечатано в полном соответствии с качеством
предоставленного электронного оригинал-макета
в ОАО «Ярославский полиграфический комбинат»
150049, Ярославль, ул. Свободы, 97

ISBN 978-5-00026-136-1

© «Интеллект-Центр», 2015

© ФГБНУ «ФИПИ», 2014

ВВЕДЕНИЕ

Предлагаемый сборник содержит 12 типовых репетиционных вариантов для подготовки к ЕГЭ 2015 года, составленных в соответствии планируемыми изменениями в контрольных измерительных материалах (КИМ) ЕГЭ 2015 года.

Справочные данные, которые необходимы для решения всех вариантов, даются в начале сборника.

После выполнения вариантов можно проверить правильность своих ответов, воспользовавшись таблицами ответов в конце книги. Для заданий 28–32 части 2, требующих развернутого ответа, приводятся подробные решения и критерии проверки.

Решение репетиционных вариантов экзаменационной работы дает возможность учащимся повторить учебный материал и самостоятельно подготовиться к экзамену.

Учителям книга будет полезна для более детального ознакомления с планируемыми изменениями в КИМах ЕГЭ в 2015 году, организации занятий по подготовке к сдаче ЕГЭ, а также контроля знаний на уроках физики.

Назначение, особенности и структура экзаменационных вариантов

Репетиционные варианты и по форме, и по содержанию заданий полностью соответствуют вариантам контрольных измерительных материалов единого государственного экзамена по физике. Каждый такой вариант состоит из 2 частей и включает в себя 32 задания, различающихся формой и уровнем сложности. Часть 1 содержит 24 задания, из которых 9 заданий с выбором и записью номера правильного ответа (задания 1, 2, 8, 9, 13, 14, 19, 20 и 23) и 15 заданий с кратким ответом, в том числе задания с самостоятельной записью ответа в виде числа (задания 3–5, 10, 15, 16 и 21), а также задания на установление соответствия и множественный выбор, в которых ответы необходимо записать в виде последовательности цифр (задания 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24). Часть 2 содержит 8 заданий, объединенных общим видом деятельности – решение задач. Из них 3 задания с кратким ответом (25–27) и 5 заданий (28–32), для которых необходимо привести развернутый ответ. Самые простые задания содержатся в первой части работы, а самые сложные – в конце варианта, на них необходимо дать подробные развернутые ответы.

В первой части работы задания расположены по тематическому признаку: 7 заданий по механике, 5 заданий по молекулярной физике и термодинамике, 6 заданий по электродинамике и 4 задания по квантовой физике.

Последние два задания первой части (23 и 24) проверяют методологические умения, а именно: конструировать экспериментальную установку, исходя из формулировки гипотезы опыта; строить графики и рассчитывать по ним значения физических величин; анализировать результаты экспериментальных исследований; делать выводы по результатам экспериментов.

Задания с выбором ответа очень разнообразны по содержанию, но однотипны по форме представления. Все они состоят из текста задания и четырех ответов, которые могут быть представлены в виде словесных утверждений, формул, графиков или схематических рисунков. В вариантах КИМ 2015 г. их количество существенно уменьшилось по сравнению с прошлыми годами, их место заняли задания с кратким ответом. Это в первую очередь задания на установление соответствия и множественный выбор, подобные заданиям В1–В4 прошлых лет, а также расчетные задания базового уровня сложности, к которым необходимо самостоятельно записать ответ в виде числа.

Во вторую часть работы включено 3 задачи (25–27) с кратким ответом и качественную задачу (28) повышенного уровня сложности, 4 расчетных задачи высокого уровня сложности (29–32) по всем разделам школьного курса физики.

Репетиционные варианты по физике включают большое количество иллюстративного материала. Это могут быть задания с использованием графиков, где требуется, например, определить коэффициент пропорциональности для линейных функций, «переводить» график функции из одних координат в другие или соотносить символическую запись закона (формулы) с соответствующим графиком. Различные задания с «картинками»

включают, например, схемы электрических цепей, оптические схемы, иллюстрации для применения правила левой руки, правила буравчика, правила Ленца и т.п.

Кроме того, в любой из частей работы могут встретиться задания с фотографиями различных экспериментов. Как правило, в таких случаях необходимо уметь узнавать изображенные на фотографии измерительные приборы и оборудование и правильно снимать показания.

Система оценивания заданий

Все задания с выбором и записью номера правильного ответа (1, 2, 8, 9, 13, 14, 19, 20 и 23), а также задания с кратким ответом, предусматривающие самостоятельную запись ответа в виде числа (3–5, 10, 15, 16, 21, 25–27) оцениваются в 1 балл (такие баллы называются первичными).

Задания с кратким ответом на установление соответствия и множественный выбор (6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24) оцениваются в 2 балла. При этом 1 балл ставится, если в ответе (последовательности из двух цифр) допущена одна ошибка, и 0 баллов, если допущено две ошибки.

За выполнение заданий с развернутым ответом можно получить от 0 до 3 баллов – за каждое задание. В каждом варианте приведены подробные инструкции, в которых формулируются требования к оформлению и записи ответов.

В заключении еще раз хотелось обратить внимание на существенные изменения в структуре и содержании КИМ ЕГЭ 2015 года по сравнению с 2014 годом:

1. Изменена структура варианта КИМ: каждый вариант состоит из двух частей (все задания с выбором ответа и с кратким ответом (не считая расчетных задач) объединены в одну часть работы в связи с изменением формы бланка ответов № 1).

2 Задания в варианте представлены в режиме сквозной нумерации без буквенных обозначений А, В, С.

3. Изменена форма записи ответа в заданиях с выбором одного ответа: как и в заданиях с кратким ответом, записывается цифрой номер правильного ответа (а не крестик).

4. По сравнению с КИМ ЕГЭ 2014 г. число заданий сокращено с 35 до 32. При этом на 2 задания уменьшено число расчетных задач, входящих в последнюю часть работы, и на 1 задание уменьшено число заданий базового уровня по электродинамике.

Спецификацию КИМ ЕГЭ 2015 года, существенно измененный Кодификатор элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников, а также демонстрационный вариант КИМ ЕГЭ 2015 года можно найти на сайте ФИПИ **www.fipi.ru**.

В книге, помимо репетиционных вариантов, приведены методические рекомендации по подготовке к ЕГЭ по физике в 2015 г.

Желаем успехов при подготовке к ЕГЭ и сдаче экзамена!

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ В 2015 г.

В 2015 г. изменена структура КИМ ЕГЭ по физике при сохранении контролируемого содержания и общих подходов к оценке наиболее значимых для предмета видов деятельности.

На новом бланке для каждого задания предлагается поле для ответа из 17 позиций. Ответ на задание с выбором ответа будет записываться в виде одной цифры – номера ответа вместо «крестика» в предыдущей версии бланка. Формат записи ответов на задания с кратким ответом (на соответствие) остается прежним в виде набора цифр. Изменения в связи с введением нового бланка коснутся, прежде всего, заданий с выбором ответа, число которых будет существенно уменьшено. Вместо них вводятся задания с кратким ответом, который учащимся придется формулировать самостоятельно (например, в виде числа, которое является ответом к задаче).

Новый бланк позволяет отказаться от необходимости группировать задания в зависимости от формы записи ответа, поэтому в новой экзаменационной работе выделяется только две части. Первая часть включает задания разных форм, ответы на которые записываются в бланк ответов №1, а в конце второй части предлагаются задания с развернутым ответом, решения для которых записываются на традиционном бланке ответов № 2.

По сравнению с предыдущим годом в КИМ ЕГЭ 2015 г. по физике сокращено общее число заданий (с 35 до 32), более чем в 2,5 раза уменьшено число заданий с выбором ответа (с 25 до 9 заданий) и более чем в 4 раза увеличено число заданий с кратким ответом (с 4 до 18).

Каждый вариант экзаменационной работы состоит из 2 частей и включает в себя 32 задания, различающихся формой и уровнем сложности. В работе представлены задания разных уровней сложности: базового, повышенного и высокого. Задания базового уровня проверяют усвоение наиболее важных физических понятий, моделей, явлений и законов. Задания повышенного уровня направлены на проверку умения использовать понятия и законы физики для анализа различных процессов и явлений, а также умения решать задачи на применение одного-двух законов (формул) по какой-либо из тем школьного курса физики. Задания высокого уровня сложности проверяют умение использовать законы и теории физики в измененной или новой ситуации.

Первая часть работы включает два блока заданий: первый проверяет освоение понятийного аппарата школьного курса физики, а второй – овладение методологическими умениями. Первый блок включает 22 задания, которые группируются исходя из тематической принадлежности:

- механика – 7 заданий,
- молекулярная физика – 5 заданий,
- электродинамика – 6 заданий,
- квантовая физика – 4 задания.

Группа заданий по каждому разделу начинается с двух заданий, в которых необходимо выбрать и записать один верный ответ из четырех предложенных, затем идут задания с самостоятельной формулировкой ответа в виде числа, а в конце – задания на изменение физических величин в различных процессах и на установление соответствия между физическими величинами и графиками, формулами или единицами измерений, в которых ответ записывается в виде набора из двух цифр.

В новой структуре форма заданий жестко «привязана» к его положению в варианте. Это позволяет более четко установить границы проверяемых элементов содержания для заданий базового уровня сложности. При подготовке тематического планирования обобщающего повторения необходимо внимательно изучить спецификацию работы и, особенно, обобщенный план.

Покажем на примере раздела «Электродинамика» особенности проверяемого содержания для каждой из позиций в варианте. По данному разделу в первой части работы предлагается 6 заданий.

1. **Задание № 13** с выбором одного верного ответа базового уровня проверяет умение объяснять явления и, соответственно, следующие элементы содержания:

- явление электризации тел,
- проводники и диэлектрики в электрическом поле,
- явление электромагнитной индукции,
- явления интерференции, дифракции или дисперсии света.

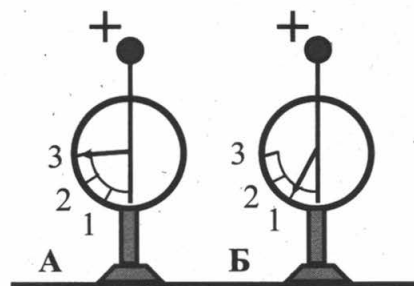
Во всех заданиях на этой позиции нужно будет выбрать верное объяснение свойств одного из этих явлений. Ниже приведены примеры 1–3 заданий по разным элементам содержания.

Пример 1

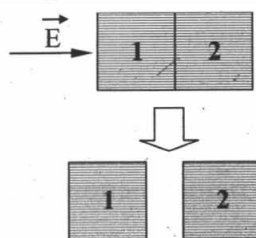
На рисунке изображены два одинаковых электрометра А и Б, шары которых заряжены положительно. Какими станут показания электрометров, если их шары соединить проволокой?

- 1) показание электрометра А станет равным 1, показание электрометра Б – равным 3
- 2) показания электрометров не изменятся
- 3) показания обоих электрометров станут равными 2
- 4) показания обоих электрометров станут равными 1

Ответ: 3



Пример 2



Два стеклянных кубика 1 и 2 сблизили вплотную и поместили в электрическое поле, напряженность которого направлена горизонтально вправо, как показано в верхней части рисунка. Затем кубики раздвинули, и уже потом убрали электрическое поле (нижняя часть рисунка). Какое утверждение о знаках зарядов разделенных кубиков 1 и 2 правильно?

- 1) заряды первого и второго кубиков положительны
- 2) заряды первого и второго кубиков отрицательны
- 3) заряды первого и второго кубиков равны нулю
- 4) заряд первого кубика отрицателен, заряд второго – положителен

Ответ: 4

Пример 3

На плоскую непрозрачную пластину с узкими параллельными щелями падает по нормали плоская монохроматическая волна из зеленой части видимого спектра. За пластиной на параллельном ей экране наблюдается интерференционная картина, содержащая большое число полос. Выберите верное утверждение.

При переходе на монохроматический свет из фиолетовой части видимого спектра

- 1) расстояние между интерференционными полосами увеличится
- 2) расстояние между интерференционными полосами уменьшится
- 3) расстояние между интерференционными полосами не изменится
- 4) интерференционная картина станет невидимой для глаза

Ответ: 2

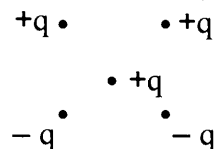
2. **Задание № 14** с выбором одного верного ответа базового уровня проверяет умение определять направление для следующих элементов:

- принцип суперпозиции электрических полей (сложение кулоновских сил или напряженностей электрических полей),
- взаимодействие магнитов,
- магнитное поле проводника с током,
- сила Ампера и сила Лоренца.

Пример трех заданий приведены ниже.

Пример 4

Как направлена сила Кулона \vec{F} , действующая на положительный точечный заряд, помещенный в центр квадрата, в вершинах которого находятся заряды: $+q$, $+q$, $-q$, $-q$ (см. рисунок)?



- 1) \rightarrow 2) \leftarrow 3) \uparrow 4) \downarrow

Ответ: 4

Пример 5

На рисунке изображен длинный цилиндрический проводник, по которому протекает электрический ток. Направление тока указано стрелкой. Как направлен вектор магнитной индукции поля этого тока в точке С?

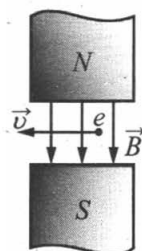


- 1) в плоскости чертежа вверх \uparrow
 2) в плоскости чертежа вниз \downarrow
 3) от нас перпендикулярно плоскости чертежа \otimes
 4) к нам перпендикулярно плоскости чертежа \odot

Ответ: 3

Пример 6

Электрон e влетает в зазор между полюсами электромагнита со скоростью \vec{v} , направленной горизонтально. Вектор индукции \vec{B} магнитного поля направлен вертикально (см. рисунок). Как направлена действующая на электрон сила Лоренца \vec{F} ?



- 1) от наблюдателя \otimes
 2) к наблюдателю \odot
 3) горизонтально вправо \rightarrow
 4) вертикально вверх \uparrow

Ответ: 1

3. **Задания № 15 и 16** базового уровня сложности с кратким ответом (самостоятельной записью числового ответа) проверяют различные формулы и законы с использованием простейших расчетов.

Задание № 15 конструируется на элементах из тем «Электростатика» и «Постоянный ток» (закон Кулона, сила тока, закон Ома для участка цепи, последовательное и параллельное соединение проводников, работа и мощность тока, закон Джоуля-Ленца). Ниже приведены два примера заданий для этой позиции.

Пример 7

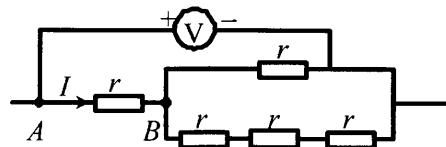
Два неподвижных точечных заряда действуют друг на друга с силами, модуль которых равен F . Во сколько раз увеличится модуль этих сил, если один заряд увеличить в 3 раза, другой заряд уменьшить в 2 раза, а расстояние между ними оставить прежним?

Ответ: в _____ раз(а).

Ответ: 1,5

Пример 8

Пять одинаковых резисторов с сопротивлением $r=1$ Ом соединены в электрическую цепь, схема которой представлена на рисунке. По участку АВ идёт ток $I=4$ А. Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



Ответ: _____ В.

Ответ: 7

Задание № 16 проверяет закон электромагнитной индукции Фарадея, закономерности, описывающие процессы в колебательном контуре, законы отражения и преломления света, а также построение ход лучей в линзе. Ниже приведено два примера этих заданий.

Пример 9

Индуктивность витка проволоки равна $3 \cdot 10^{-3}$ Гн. При какой силе тока в витке магнитный поток через поверхность, ограниченную витком, равен 15 мВб?

Ответ: _____ А.

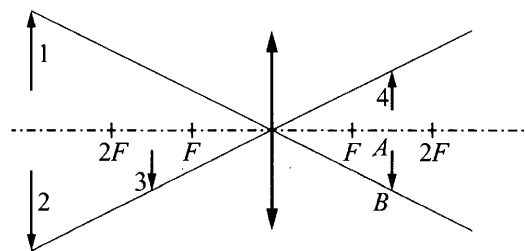
Ответ: 5

Пример 10

Какому из предметов 1, 2, 3 или 4 соответствует изображение АВ в тонкой линзе с фокусным расстоянием F ?

Ответ: предмету № _____.

Ответ: 1

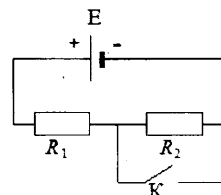


Ответы к этим заданиям записаны таким образом, чтобы учащемуся оставалось вставить лишь необходимое число, которое затем и переносится в бланк ответа.

4. Задания № 17 и 18 с кратким ответом и оцениваются максимально в 2 балла. Задание № 17 на изменение физических величин в процессах, аналогично тому, что ранее стояло на позициях В1 или В2. Однако, по сравнению с предыдущим годом в них сокращено число величин, для которых нужно указать изменения – с 3 до 2. Ниже приведен пример одного из таких заданий.

Пример 11

На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС \mathcal{E} и два резистора: R_1 и R_2 . Если ключ K замкнуть, то как изменятся сила тока через резистор R_1 и суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешнем участке цепи? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:



- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

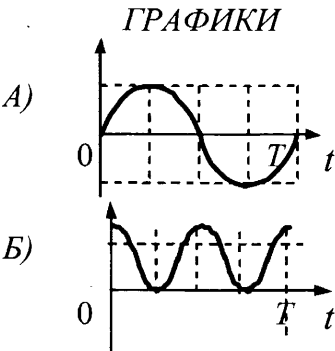
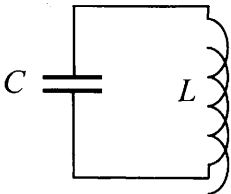
Сила тока через резистор R_1	Суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешнем участке цепи

Ответ: 11

Задание № 18 – на установление соответствия между физическими величинами и графиками, или формулами, или единицами измерения величин. Эти задания ранее стояли на позициях В3 или В4. Ниже приведены все три модели таких заданий.

Пример 12

В идеальном колебательном контуре происходят электромагнитные колебания с периодом T . В момент $t = 0$ ток в контуре течет по часовой стрелке, сила тока максимальна. Графики А и Б представляют изменения физических величин, характеризующих колебания груза после начала колебаний из положения в точке 1. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



- ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ
- 1) энергия заряженного конденсатора
 - 2) энергия катушки с током
 - 3) сила тока в контуре
 - 4) заряд на нижней обкладке конденсатора

Ответ: 42

Пример 13

Заряженная частица массой m , несущая положительный заряд q , движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля \vec{B} по окружности со скоростью v . Действием силы тяжести пренебречь.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) модуль магнитной силы, действующей на частицу	1) $\frac{v}{qB}$
Б) период обращения частицы по окружности	2) $\frac{mv}{qB}$
	3) $\frac{2\pi m}{qB}$
	4) qvB

Ответ: 43

Пример 14

Установите соответствие между физическими величинами и их единицами измерения в системе СИ.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

- А) Сила тока
Б) Напряжённость электростатического поля

- 1) 1 Тл
2) 1 В
3) 1 В/м
4) 1 А

Ответ: 43

Одно из двухбалльных заданий по каждой теме относится к базовому уровню, а второе – к повышенному. Например, задание из примера 12 относится к повышенному уровню, а из примера 14 – к базовому).

Таким же образом конструируются и группы заданий по другим разделам.

В конце первой части предлагаются 2 задания (одно с выбором одного ответа, а второе с множественным выбором), проверяющие различные методологические умения и относящиеся к разным разделам физики.

Задание № 23 с выбором ответа направлено на проверку следующих умений:

- запись показаний приборов при измерении физических величин;
- выбор установки для проведения опыта по заданной гипотезе;
- построение графика по заданным точкам с учетом абсолютных погрешностей измерений.

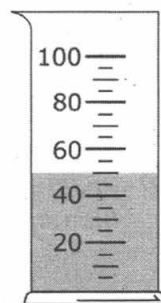
Для снятия показаний приборов предлагаются задания по рисункам или фотографиям различных приборов (амперметр, вольтметр, мензурка, термометр, гигрометр). Как правило, учащимся необходимо уметь правильно записывать показания приборов с учетом необходимых округлений и с учетом абсолютной погрешности измерений. Абсолютная погрешность измерений задается в тексте задания: либо в виде половины цены деления, либо в виде цены деления (в зависимости от точности прибора). Пример такого задания приведен ниже.

Пример 15

Объем жидкости измерили при помощи мензурки (см. рисунок). Погрешность измерения объёма при помощи данной мензурки равна её цене деления. Какая запись для объёма жидкости наиболее правильная?

- 1) 45,0 мл \pm 2,5 мл
2) 45 мл \pm 5 мл
3) 50,0 мл \pm 2,5 мл
4) 50 мл \pm 5 мл

Ответ: 4



Задания на выбор установки для проведения опыта по заданной гипотезе (см. пример 16) традиционны для ЕГЭ.

Пример 16

Различные проволоки изготовлены из одного и того же материала. Какую пару проволок нужно выбрать, чтобы на опыте проверить зависимость сопротивления проволоки от её диаметра?

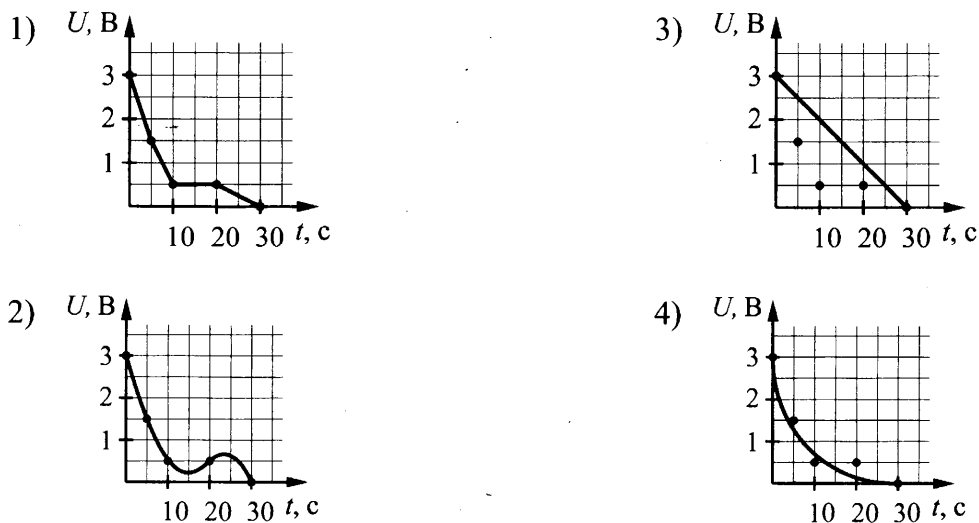


Ответ: 4

Формирование умения строить график по экспериментальным точкам с учетом абсолютных погрешностей измерений формируется в процессе выполнения стандартных лабораторных работ. Это и проверяется заданиями, аналогичными тому, что приведено в примере 17.

Пример 17

На рисунке точками указаны результаты измерений напряжения на конденсаторе при его разряде через резистор в разные моменты времени. Погрешности измерения этих величин соответственно равнялись $0,3\text{ В}$ и 2 с . Какой из графиков правильно построен по этим точкам?



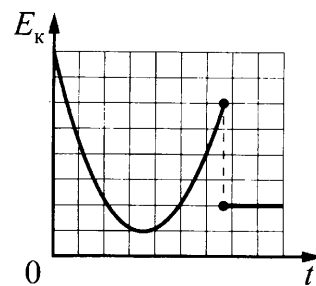
Ответ: 4

Как правило, все эти модели заданий не вызывают существенных затруднений и успешно выполняются учащимися.

Задание № 24 с множественным выбором (2 ответа из 5 предложенных) в этой группе относится к заданиям повышенного уровня и проверяет умение интерпретировать результаты экспериментов, представленных в виде графиков или таблиц. Примеры таких заданий приведены ниже.

Пример 18

На рисунке представлен схематичный вид графика изменения кинетической энергии тела с течением времени. Выберите **два** утверждения, соответствующих данному графику.



- 1) Конечная скорость камня в 2 раза меньше его начальной скорости.
- 2) Конечная кинетическая энергия тела в 2 раза меньше ее начального значения.
- 3) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало на балкон.
- 4) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало в кузов проезжающего мимо грузовика.
- 5) Тело брошено под углом к горизонту с поверхности Земли и упало на Землю

Ответ:

1	4
---	---

Пример 19

Стеклянную линзу (показатель преломления стекла $n_{\text{стекла}} = 1,54$), показанную на рисунке, перенесли из воздуха ($n_{\text{воздуха}} = 1$) в воду ($n_{\text{воды}} = 1,33$). Выберите **два** верных утверждения о характере изменений, произошедших с линзой.



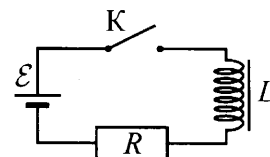
- 1) фокусное расстояние увеличилось, оптическая сила уменьшилась
- 2) фокусное расстояние уменьшилось, оптическая сила увеличилась
- 3) линза из собирающей превратилась в рассеивающую
- 4) линза из рассеивающей превратилась в собирающую
- 5) линза осталась собирающей

Ответ:

1	5
---	---

Пример 20

Катушка индуктивности подключена к источнику тока с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением через резистор $R = 40$ Ом (см. рисунок). В момент $t = 0$ ключ K замыкают. Значения силы тока в цепи, измеренные в последовательные моменты времени с точностью $\pm 0,01$ А, представлены в таблице.



$t, \text{с}$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
$I, \text{А}$	0	0,12	0,19	0,23	0,26	0,29	0,29	0,30	0,30

Выберите **два** верных утверждения о процессах, наблюдаемых в опыте.

- 1) Ток через резистор в процессе наблюдения не изменяется.
- 2) Через 5 с после замыкания ключа ток через катушку полностью прекратился.
- 3) ЭДС источника тока составляет 12 В.
- 4) В момент времени $t = 3,0$ с ЭДС самоиндукции катушки равно 0,29 В.
- 5) В момент времени $t = 1,0$ с напряжение на резисторе равно 7,6 В.

Ответ:

3	5
---	---

Как видно из примеров, необходимо научить выпускников при анализе результатов опытов делать выводы и рассчитывать параметры процесса.

Вторая часть работы посвящена решению задач. Это традиционно наиболее значимый результат освоения курса физики средней школы наиболее востребованная деятельность при дальнейшем изучении предмета в вузе.

В этой части в следующем году будет 8 различных задач. Общее число задач сокращено за счет одной задачи повышенного уровня и одной задачи высокого уровня сложности. Таким образом в каждом варианте будет 3 расчетных задачи с самостоятельной запи-

сью числового ответа повышенного уровня сложности и 5 задач с развернутым ответом, из которых одна качественная и четыре – расчетные.

По содержанию задачи распределяются по разделам следующим образом:

- 2 задачи по механике,
- 2 задачи по молекулярной физике и термодинамике,
- 3 задачи по электродинамике,
- 1 задача по квантовой физике.

При этом с одной стороны в разных задачах в одном варианте не используются одинаковые не слишком значимые содержательные элементы, но применение фундаментальных законов сохранения может встретиться в двух-трех задачах. Если рассматривать «привязку» тематики заданий к их позиции в варианте, то под № 29 всегда будет задача по механике, под № 30 – по МКТ и термодинамике, под № 31 – по электродинамике. А вот последняя задача (№ 32) может оказаться как по электродинамике, так и по квантовой физике, в зависимости от тематики качественной задачи. Ниже приведен пример возможного распределения тематики задач во второй части работы:

№ 25 – механика

№ 26 – электродинамика

№ 27 – квантовая физика

№ 28 – МКТ и термодинамика (качественная задача)

№ 29 – механика

№ 30 – МКТ и термодинамика

№ 31 – электродинамика

№ 32 – электродинамика

Сложность задач определяется как характером деятельности, так и контекстом. В расчетных задачах повышенного уровня сложности (№ 25–27) предполагается использование изученного алгоритма решения задачи и предлагаются типовые учебные ситуации, с которыми учащиеся встречались в процессе обучения и в которых используются явно заданные физические модели. В этих задачах предпочтение отдается стандартным формулировкам, а их подбор будет осуществляться преимущественно с ориентацией на открытый банк заданий.

При подготовке учащихся к выполнению заданий № 25–27 необходимо обратить внимание на запись ответа. Как правило, будут использоваться задачи, в которых *не нужно делать приближенных вычислений*, т.е. ответом является целое число или десятичная дробь. После каждой задачи предлагается формат записи ответа, указывается место для числового ответа и единицы измерения, в которых необходимо выразить ответ. Ниже приведены два примера заданий, из которых понятна форма записи ответа в тексте варианта.

Пример 21

Ёмкость конденсатора в цепи переменного тока равна 50 мкФ. Уравнение изменения напряжения на конденсаторе имеет вид: $U = a \sin(bt)$, где $a = 60 \text{ В}$ и $b = 500 \text{ с}^{-1}$. Найдите амплитуду колебаний силы тока.

Ответ: _____ А.

Ответ: 1,5А

Пример 22

Предмет высотой 6 см расположен на горизонтальной главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 30 см от её оптического центра. Высота изображения предмета 12 см. Чему равно фокусное расстояние линзы?

Ответ: _____ см.

Ответ: 20 см

После решения задачи на черновике учащийся вносит в указанное место в варианте числовой ответ, проверяя его в соответствии с указанными единицами измерения. В конце работы в бланк ответа №1 переносится **только число без единиц измерения**.

Существенное увеличение доли заданий с самостоятельной записью числового ответа увеличивает и риск ошибок в вычислениях. При отсутствии вариантов возможных ответов отсутствует и возможность заметить ошибку в арифметике. Поэтому возникает необходимость еще раз вернуться к разговору о калькуляторах и расчетах с использованием физических постоянных.

На ЕГЭ по физике можно использовать непрограммируемый калькулятор. Лучше всего подходят различные инженерные калькуляторы, которые позволяют записывать выражения в естественном виде и выполняют не только все арифметические действия, операции возведения в квадрат и извлечения квадратного корня, но и операции вычисления тригонометрических функций (синус, косинус, тангенс). Поскольку существует множество различных калькуляторов, которые организаторы ЕГЭ не всегда могут отнести именно к непрограммируемым, то учителю желательно заранее убедиться, что у его выпускников не будет проблем с пропуском на ЕГЭ с их моделями калькуляторов.

При проведении расчетов в заданиях всех частей работы достаточно часто нужно использовать различные физические постоянные. Как правило, их значения приводятся в справочных таблицах в начале каждого варианта. Запись постоянных величин (в справочных данных к варианту) приведена в тех или иных приближениях (как правило, исходя из соображений уменьшения сложности вычислений). Все ответы в тесте вычислены с учетом этих округлений. Особенно это касается задач № 25–27, в которых ответ «без округления» получается только с использованием указанных в варианте значений физических постоянных.

Решая первые три задачи из второй части работы, учащиеся должны:

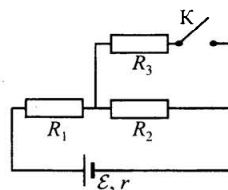
- 1) убедиться, что в ответе получается целое число или десятичная дробь, не нуждающаяся в округлении;
- 2) проверить правильность перевода ответа в единицы, которые указаны в строке «Ответ: ___ ???» в задаче.

Для расчетных задач высокого уровня сложности необходим анализ всех этапов решения, поэтому они предлагаются в виде заданий с развернутым ответом № 29–32. Здесь используются измененные ситуации, в которых необходимо оперировать большим, чем в типовых задачах, числом законов и формул, вводить дополнительные обоснования в решении и т.п. или совершенно новые ситуации, которые не встречались ранее в учебной литературе и предполагают серьезную деятельность по анализу физических процессов и самостоятельному выбору физической модели для решения задачи.

Расчетные задачи в одном варианте подбираются разной трудности: от 10 до 30–40% выполнения. Как правило, самое трудное задание рассчитано лишь на выпускников высокого уровня подготовки, а с менее сложными справляется и менее подготовленная группа тестируемых. Ниже приведены два примера заданий из одного варианта, демонстрирующих различия в трудности расчетных задач.

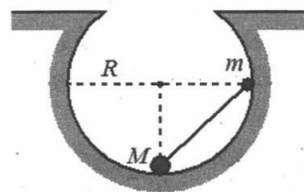
Пример 23

Во сколько раз увеличится мощность, выделяемая на резисторе R_1 , при замыкании ключа K (см. рисунок), если $R_1 = R_2 = R_3 = 1 \text{ Ом}$, $r = 0,5 \text{ Ом}$?



Пример 24

Небольшие шарики, массы которых $m = 30 \text{ г}$ и $M = 60 \text{ г}$, соединены лёгким стержнем и помещены в гладкую сферическую выемку. В начальный момент шарики удерживаются в положении, изображённом на рисунке. Когда их отпустили без толчка, шарики стали скользить по поверхности выемки. Максимальная высота подъёма шарика массой M относительно нижней точки выемки оказалась равной 12 см . Каков радиус выемки R ?



Приступая к выполнению расчетных задач №29-32, целесообразно сначала ознакомиться с содержанием всех четырех задач и сгруппировать их по сложности (индивидуально для каждого выпускника). Начинать лучше с простых заданий, чтобы не потерять баллы на оформлении или случайных ошибках, которые наиболее вероятны, если выполнять эти задания в конце и в спешке.

В следующем году вводятся существенные изменения в кодификатор элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для проведения единого государственного экзамена по физике. Объем контролируемых элементов содержания оставлен без изменений в соответствии с требованиями федерального компонента стандарта образования. Изменения связаны с внесением в кодификатор всего перечня формул, выносимых на единый государственный экзамен. Ниже приведен фрагмент кодификатора, который демонстрирует суть внесенных изменений.

Пример (фрагмент кодификатора)

2.1.10	<p><i>Модель идеального газа в термодинамике:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Уравнение Менделеева-Клапейрона</i> ○ <i>Выражение для внутренней энергии</i> <p><i>Уравнение Менделеева–Клапейрона (применимые формы записи):</i></p> $pV = \frac{m}{\mu} RT = \nu RT = NkT, \quad p = \frac{\rho RT}{\mu}.$ <p><i>Выражение для внутренней энергии одноатомного идеального газа (применимые формы записи):</i></p> $U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} NkT = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT = \frac{3}{2} pV = \nu c_v T = C_{VN} T$
2.1.11	<p><i>Закон Дальтона для давления смеси разреженных газов:</i> $p = p_1 + p_2 + \dots$</p>
2.1.12	<p><i>Изопроцессы в разреженном газе с постоянным числом частиц N (с постоянным количеством вещества ν):</i></p> <p><i>изотерма ($T = \text{const}$):</i> $pV = \text{const}$,</p> <p><i>изохора ($V = \text{const}$):</i> $\frac{p}{T} = \text{const}$,</p> <p><i>изобара ($p = \text{const}$):</i> $\frac{V}{T} = \text{const}$.</p> <p><i>Графическое представление изопроцессов на pV-, pT- и VT- диаграммах</i></p>

Введение формул в кодификатор связано, в первую очередь, с особенностями оценивания расчетных задач с развернутым ответом. Полное правильное решение таких задач предполагает запись всех физических законов и формул, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом. При оценивании будут приниматься во внимание только те законы и формулы, которые указаны в кодификаторе. Как видно из приведенного выше фрагмента кодификатора, в нем учтены различные формы записи закономерностей. Однако другие сочетания из формул или формулы уже полученные путем преобразования нескольких формул из кодификатора не будут приниматься в качестве верных исходных уравнений для решения задач № 29–32.

Кроме того в критериях оценивания расчетных задач указано, что должны быть «описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов)». При этом если участник экзамена записал «Дано» в традиционных обозначениях физических величин, которые указаны в кодификаторе, то других дополнительных пояснений не требуется. Словесные пояснения необходимы только в тех случаях, когда по ходу решения появляется новая физическая величина (например, промежуточное значение скорости или параметры газа, не указанные в условии и т.п.). Однако здесь так же надо учитывать, что используемые обозначения должны соответствовать стандартным обозначениям кодификатора.

В критерии оценивания расчетных задач внесены изменения оценивания на 2 балла, которые будут выглядеть следующим образом:

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков:

Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.

И (ИЛИ)

В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).

И (ИЛИ)

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.

И (ИЛИ)

Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)

Таким образом, решение задачи, оцениваемое 2 баллами, означает понимание физической сути описываемых в задаче процессов, верную запись ВСЕХ уравнений и осмысленные математические действия, направленные на решение задачи. Однако такое решение может содержать как один, так и все из перечисленных выше недостатков. Т.е. снизить за верное решение эксперт может, если учащийся не описал одну из вводимых вновь физических величин. Однако теми же 2 баллами будет оценено решение, в котором допущена ошибка в преобразованиях, и, соответственно, получен неверный ответ, а также есть недочеты в описании новых величин. Ясно, что в обоих случаях учащийся успешно справляется с физической частью задачи, а решение на 2 балла подразумевает достаточно широкий диапазон математических погрешностей и погрешностей в оформлении решения.

Одно из заданий с развернутым ответом – качественная задача, в которой решение представляет собой логически выстроенное объяснение с опорой на физические законы и закономерности. В модели ЕГЭ 2015 г. в критерии оценивания качественных задач также внесены изменения. Описание полного правильного ответа (на 3 балла) оставлено без изменений, а правки внесены в описание ответов на 2 и 1 балл (см. критерии оценивания в демонстрационном варианте).

Здесь хочется еще раз отметить, что решение, оцениваемое 2 баллами, обязательно предполагает *правильный ответ и объяснение*. В объяснении допускается целый ряд недостатков (как один, так и все перечисленные в этом пункте критериев): логический недочет (т.е. пропуск одного из логических шагов объяснения), лишние записи (как правило, рассуждения, которые не относятся к решению задачи) и отсутствие указания на одно из используемых явлений или закономерность. Однако, если при правильном ответе и рассуждениях не указано два используемых явления или закономерности, то решение оценивается максимально 1 баллом.

С этими важными изменениями в оценивании заданий с развернутым ответом нужно обязательно ознакомить учащихся в процессе подготовки к экзамену. Новые критерии оценивания публикуются в демонстрационном варианте экзаменационной работы и останутся такими же в реальных вариантах следующего года.

Изменение структуры экзаменационной работы в 2015 г. не изменяет средней сложности вариантов по физике и не влияет на способность КИМ ЕГЭ дифференцировать участников экзамена по уровням подготовки, что позволяет сохранить как преимущество в оценке учебных достижений по физике, так и сопоставимость результатов с результатами ЕГЭ предыдущих лет.

В связи с этим для обобщения и повторения содержания курса физики можно использовать все материалы предыдущих лет, например, различные сборники для подготовки к единому экзамену, выпущенные под грифом ФИПИ. Некоторые различия в формах заданий не повлияют в этом случае на качество усвоения тех или иных элементов содержания или видов деятельности. Поэтому общие методические подходы к организации подготовки к экзаменам остаются прежними.

Однако обновленная структура КИМ ЕГЭ по физике потребует некоторой тренировки в плане освоения технологии выполнения заданий с самостоятельной записью числового ответа и работы в новом бланке ответов № 1. Для этого целесообразно запланировать выполнение тренировочных работ в формате КИМ ЕГЭ с использованием нового бланка ответов. Это можно сделать либо с помощью данного сборника с новыми типовыми вариантами КИМ ЕГЭ-2015 г., либо использовать тренировочные тестирования, которые проводит ФЦТ с использованием вариантов, разработанных ФИПИ.

Надеемся, что анализ результатов и наши рекомендации помогут Вам более эффективно организовать подготовку учащихся к сдаче ЕГЭ по физике.

РЕПЕТИЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ

Инструкция по выполнению работы

Для выполнения экзаменационной работы по физике отводится 3 часа 55 минут (235 минут). Работа состоит из 2 частей, включающих в себя 32 задания.

Ответы к заданиям 1, 2, 8, 9, 13, 14, 19, 20 и 23 запишите в бланк ответов № 1 в виде одной цифры, которая соответствует номеру правильного ответа.

В заданиях 3–5, 10, 15, 16, 21, 25–27 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. В бланк ответов № 1 запишите только число. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

Ответом к заданиям 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 части 1 является последовательность двух цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы без пробелов, запятых и других дополнительных символов, а затем перенесите в бланк ответа № 1.

Ответ к заданиям с 28–32 включает подробное описание всего хода выполнения задания. В бланке ответов № 2 укажите номер задания и запишите его полное решение.

При вычислениях разрешается использовать непрограммируемый калькулятор. Все бланки ЕГЭ заполняются яркими чёрными чернилами. Допускается использование гелевой, капиллярной или перьевой ручек.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. Записи в черновике не учитываются при оценивании работы.

Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются. Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

Желаем успеха!

Ниже приведены справочные данные, которые могут понадобиться Вам при выполнении работы.

Десятичные приставки

Наименование	Обозначение	Множитель	Наименование	Обозначение	Множитель
гига	Г	10^9	санти	с	10^{-2}
мега	М	10^6	милли	м	10^{-3}
кило	к	10^3	микро	мк	10^{-6}
гекто	г	10^2	нано	н	10^{-9}
деци	д	10^{-1}	пико	п	10^{-12}

Константы	
число π	$\pi = 3,14$
ускорение свободного падения на Земле	$g = 10 \text{ м/с}^2$
гравитационная постоянная	$G = 6,7 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$
универсальная газовая постоянная	$R = 8,31 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$
постоянная Больцмана	$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж/К}$
постоянная Авогадро	$N_A = 6 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$
скорость света в вакууме	$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$
коэффициент пропорциональности в законе Кулона	$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{Кл}^2$
модуль заряда электрона	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
(элементарный электрический заряд)	
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение между различными единицами

температура	$0\text{ K} = -273\text{ }^{\circ}\text{C}$
атомная единица массы	$1\text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27}\text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5\text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1\text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19}\text{ Дж}$

Масса частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31}\text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4}\text{ а.е.м.}$
протона	$1,673 \cdot 10^{-27}\text{ кг} \approx 1,007\text{ а.е.м.}$
нейтрона	$1,675 \cdot 10^{-27}\text{ кг} \approx 1,008\text{ а.е.м.}$

Плотность		подсолнечного масла	900 кг/м^3
воды	1000 кг/м^3	алюминия	2700 кг/м^3
древесины (сосна)	400 кг/м^3	железа	7800 кг/м^3
керосина	800 кг/м^3	ртути	$13\,600\text{ кг/м}^3$

Удельная теплоёмкость

воды	$4,2 \cdot 10^3\text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$	алюминия	$900\text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$
льда	$2,1 \cdot 10^3\text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$	меди	$380\text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$
железа	$460\text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$	чугуна	$500\text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$
свинца	$130\text{ Дж/(кг}\cdot\text{K)}$		

Удельная теплота

парообразования воды	$2,3 \cdot 10^6\text{ Дж/кг}$
плавления свинца	$2,5 \cdot 10^4\text{ Дж/кг}$
плавления льда	$3,3 \cdot 10^5\text{ Дж/кг}$

Нормальные условия: давление — 10^5 Па , температура — $0\text{ }^{\circ}\text{C}$

Молярная масса

азота	$28 \cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$	гелия	$4 \cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$
аргона	$40 \cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$	кислорода	$32 \cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$
водорода	$2 \cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$	лития	$6 \cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$
воздуха	$29 \cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$	неона	$20 \cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$
воды	$18 \cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$	углекислого газа	$44 \cdot 10^{-3}\text{ кг/моль}$

ВАРИАНТ 1

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания (1–24) запишите номер выбранного ответа или ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

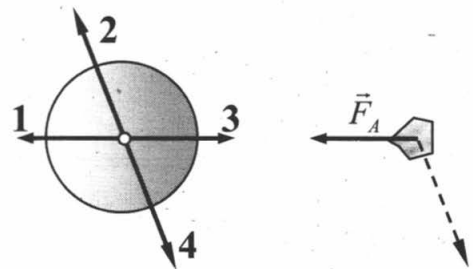
На рисунке представлен график зависимости пути S , пройденного материальной точкой, от времени t . Определите интервал времени после начала движения, когда точка двигалась со скоростью $2,5 \text{ м/с}$.

- 1) от 0 до 1 с
- 2) от 1 до 3 с
- 3) от 3 до 5 с
- 4) от 5 до 7 с



2

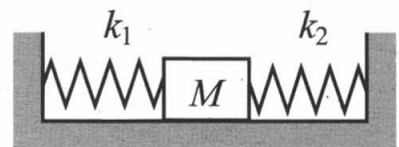
Мимо Земли летит астероид в направлении, показанном на рисунке пунктирной стрелкой. Вектор \vec{F}_A показывает силу притяжения астероида Землёй. Вдоль какой стрелки (1, 2, 3 или 4) направлена сила, действующая на Землю со стороны астероида?



- 1) вдоль стрелки 1
- 2) вдоль стрелки 2
- 3) вдоль стрелки 3
- 4) вдоль стрелки 4

3

Кубик массой 1 кг покоится на гладком горизонтальном столе, сжатый с боков пружинами (см. рисунок). Жёсткость правой пружины $k_2 = 800 \text{ Н/м}$. Левая пружина действует на кубик с силой 16 Н . Определите удлинение правой пружины. Ответ запишите в сантиметрах.



Ответ: _____ см.

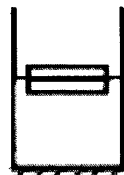
4

Самосвал массой m_0 при движении на пути к карьере имеет кинетическую энергию $2,5 \cdot 10^5 \text{ Дж}$. Какова его кинетическая энергия после загрузки, если он двигался с прежней скоростью, а масса его увеличилась в 2 раза? Ответ запишите в килоджоулях.

Ответ: _____ кДж.

5

Два одинаковых бруска толщиной 10 см каждый, связанные друг с другом, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между ними (см. рисунок). Насколько увеличится глубина погружения стопки брусков, если в нее добавить ещё один такой же брусок? Ответ запишите в сантиметрах.



Ответ: _____ см.

6

Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина всё время остаётся растянутой. Как ведёт себя потенциальная энергия пружины и кинетическая энергия груза, когда груз движется вверх от положения равновесия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Потенциальная энергия пружины	Кинетическая энергия груза

7

Грузовик массой m , движущийся по прямолинейному горизонтальному участку дороги со скоростью v , совершает торможение до полной остановки. При торможении колёса грузовика не вращаются. Коэффициент трения между колёсами и дорогой равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) модуль силы трения, действующей на грузовик

Б) тормозной путь грузовика

ФОРМУЛЫ

1) μmg

2) μg

3) $\frac{v}{\mu g}$

4) $\frac{v^2}{2\mu g}$

Ответ:

А	Б

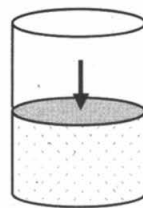
8

К броуновскому движению можно отнести хаотическое движение

- 1) электронов в металлическом проводнике
- 2) бильярдных шаров по поверхности стола
- 3) одноклеточных организмов в воде
- 4) пылинок в воздухе

9

Воздух медленно сжимают в цилиндре под поршнем. Стенки цилиндра и поршень изготовлены из тонкого, но прочного металла. Какое из приведённых ниже уравнений точнее всего описывает процесс, происходящий при этом с воздухом под поршнем?



- 1) $V \cdot p = \text{const}$
- 2) $T \cdot p = \text{const}$
- 3) $\frac{T}{p} = \text{const}$
- 4) $\frac{T}{V} = \text{const}$

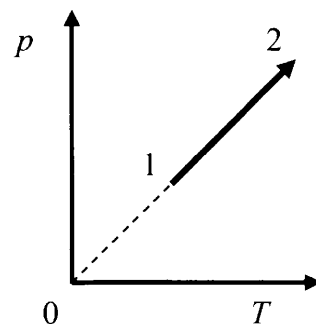
10

Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде 30%. Какой станет относительная влажность, если объём сосуда при неизменной температуре уменьшить в 3 раза?

Ответ: _____ %.

11

Один моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2, график которого изображен на рисунке в координатах p – T (p – давление и T – абсолютная температура газа). Как изменяются в ходе этого процесса внутренняя энергия газа и его объём? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:



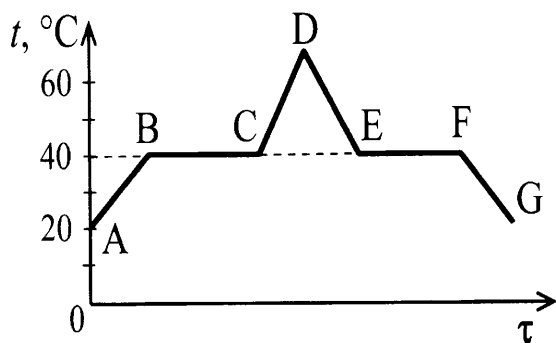
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Внутренняя энергия газа	Объём газа

12

В начальный момент в сосуде под лёгким поршнем находится только жидкий эфир. На рисунке показан график зависимости температуры t эфира от времени τ его нагревания и последующего охлаждения. Установите соответствие между процессами, происходящими с эфиром, и участками графика. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕССЫ

- А) охлаждение паров эфира
Б) кипение эфира

УЧАСТКИ ГРАФИКА

- 1) BC
2) CD
3) DE
4) EF

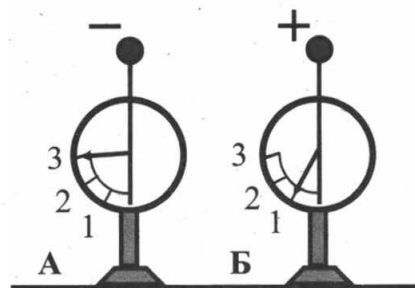
Ответ:

А	Б

13

На рисунке изображены два одинаковых электрометра, шары которых имеют заряды противоположных знаков. Если их шары соединить проволокой, то показания обоих электрометров

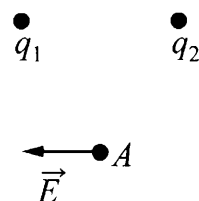
- 1) станут равными 2
2) не изменятся
3) станут равными 1
4) станут равными 0



14

На рисунке показано направление вектора напряжённости электрического поля \vec{E} в точке А, равноудалённой от равных по модулю точечных зарядов q_1 и q_2 . Какие знаки имеют заряды?

- 1) $q_1 > 0$; $q_2 < 0$
2) $q_1 > 0$; $q_2 > 0$
3) $q_1 < 0$; $q_2 < 0$
4) $q_1 < 0$; $q_2 > 0$



15

К батарее с ЭДС, равной 24 В, и внутренним сопротивлением 2 Ом подключили резистор с сопротивлением 4 Ом. Какова сила тока в цепи?

Ответ: _____ А.

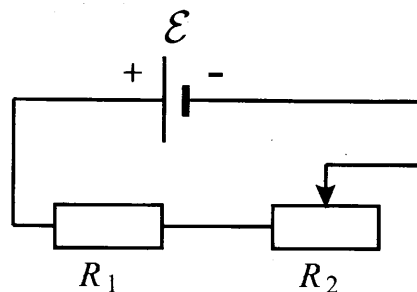
16

Луч света лазерной указки падает на поверхность стекла и распространяется в стекле со скоростью 200 000 км/с. Каков показатель преломления стекла?

Ответ: _____.

17

На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС \mathcal{E} , резистор R_1 и реостат R_2 . Если уменьшить сопротивление реостата R_2 до минимума, то как изменятся при этом сила тока в цепи и суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешнем участке цепи? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Сила тока в цепи	Суммарная тепловая мощность, выделяющаяся на внешнем участке цепи

18

Заряженная частица массой m , несущая положительный заряд q , движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля \vec{B} по окружности со скоростью v . Действием силы тяжести пренебречь.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) модуль магнитной силы, действующей на частицу
- Б) период обращения частицы по окружности

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{v}{qB}$
- 2) $\frac{mv}{qB}$
- 3) $\frac{2\pi m}{qB}$
- 4) qvB

Ответ:

А	Б

19

Связанная система элементарных частиц содержит 14 нейтронов, 13 протонов и 10 электронов. Эта система частиц является

- 1) нейтральным атомом кремния ${}^{27}_{14}\text{Si}$
- 2) ионом кремния ${}^{27}_{14}\text{Si}$
- 3) ионом алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$
- 4) нейтральным атомом алюминия ${}^{27}_{13}\text{Al}$

20

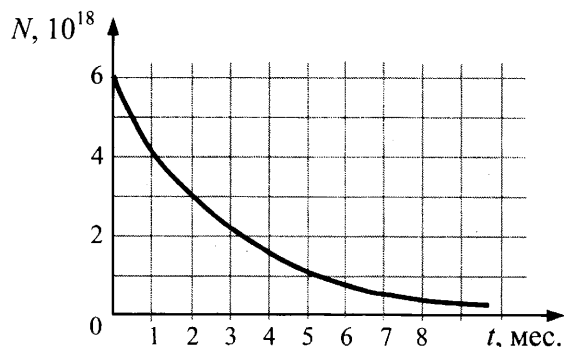
Из какого ядра в результате двух последовательных α -распадов образуется ядро $^{216}_{84}\text{Po}$?

- 1) $^{216}_{86}\text{Rn}$
- 2) $^{220}_{86}\text{Rn}$
- 3) $^{208}_{80}\text{Hg}$
- 4) $^{224}_{88}\text{Ra}$

21

На рисунке представлен график изменения числа ядер находящегося в пробирке радиоактивного изотопа с течением времени. Каков период полураспада этого изотопа? Ответ запишите в месяцах.

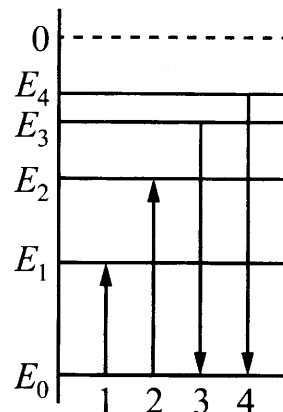
Ответ: _____ месяц(-а, -ев).



22

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

Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕСС

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

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ПЕРЕХОД

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

Ответ:

А	Б

23

Ученик изучал в школьной лаборатории колебания математического маятника. Результаты измерений каких величин дадут ему возможность рассчитать частоту малых колебаний математического маятника?

- 1) массы маятника m и знание табличного значения ускорения свободного падения g
- 2) амплитуды колебаний маятника A и его массы m
- 3) длины нити маятника l и знание табличного значения ускорения свободного падения g
- 4) амплитуды колебаний маятника A и знание табличного значения ускорения свободного падения g

24

Имеется два одинаковых баллона, оснащенных манометрами. В первом, находится гелий, а во втором водород при комнатной температуре. Показания манометра первого баллона составляют 100 кПа, а второго – 200 кПа. Баллоны соединяют коротким шлангом и открывают краны. Считая неизменной температуру газов, выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.

- 1) Первоначально количество молей гелия в первом баллоне в 2 раза больше количества молей водорода во втором баллоне;
- 2) Первоначально массы газов в баллонах равны;
- 3) После установления равновесия давление в первом баллоне увеличится в 1,5 раза;
- 4) После установления равновесия давление во втором баллоне уменьшится в 2 раза;
- 5) После открытия кранов давление в первом баллоне будет меньше, чем во втором.

Ответ:

--	--

Часть 2

При выполнении заданий 25–27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25

Летающая горизонтально со скоростью 20 м/с пластилиновая пуля массой 9 г падает в груз неподвижно висающий на нити длиной 40 см, в результате чего груз с прилипшей к нему пулей начинает совершать колебания. Максимальный угол отклонения нити от вертикали при этом равен $\alpha = 60^\circ$. Какова масса груза?

Ответ: _____ г.

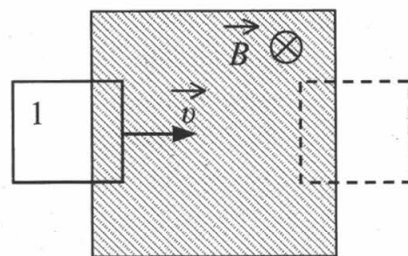
26

Кусок льда, имеющий температуру 0°C , помещён в калориметр с электронагревателем. Чтобы превратить этот лёд в воду температурой 20°C , требуется количество теплоты 100 кДж. Какая температура установится внутри калориметра, если лёд получит от нагревателя количество теплоты 75 кДж? Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с внешней средой пренебречь.

Ответ: _____ $^\circ\text{C}$.

27

В заштрихованной области на рисунке действует однородное магнитное поле, направленное перпендикулярно плоскости рисунка, $B = 0,1$ Тл. Проволочную квадратную рамку сопротивлением $R = 10$ Ом и стороной $l = 10$ см перемещают в плоскости рисунка поступательно со скоростью $v = 1$ м/с. Чему равен индукционный ток в рамке в состоянии 1? Ответ запишите в миллиамперах.



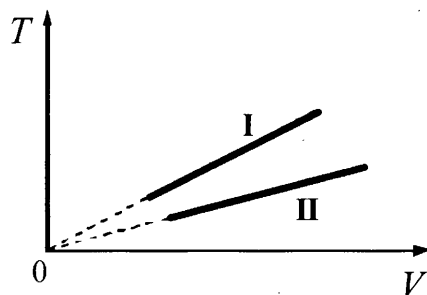
Ответ: _____ мА.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Для записи ответов на задания этой части (28-32) используйте бланк ответов № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

28

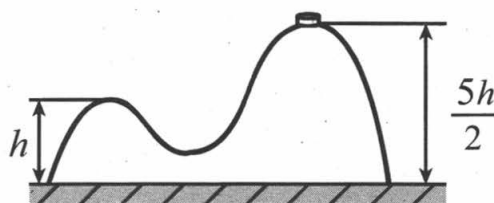
На рисунке изображены графики двух процессов, проведённых с идеальным газом при одном и том же давлении. Графики процессов представлены на рисунке. Почему изобара I лежит выше изобары II? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

29

На гладкой горизонтальной поверхности стола покоится горка с двумя вершинами, высоты которых h и $\frac{5}{2}h$ (см. рисунок). На правой вершине горки находится шайба. От незначительного толчка шайба и горка приходят в движение, причём шайба движется влево, не отрываясь от гладкой поверхности горки, а поступательно движущаяся горка не отрывается от стола. Скорость шайбы на левой вершине горки оказалась равной v . Найдите отношение масс шайбы и горки.

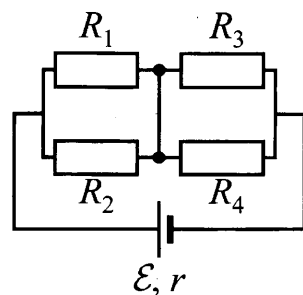


30

Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является один моль идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. В изохорном процессе температура газа понижается на ΔT , а работа, совершённая газом в изотермическом процессе, равна A . Определите КПД тепловой машины.

31

Какая тепловая мощность будет выделяться на резисторе R_1 в схеме, изображённой на рисунке, если резистор R_2 перегорит (превратится в разрыв цепи)? Все резисторы, включённые в схему, имеют одинаковое сопротивление $R = 20$ Ом. Внутреннее сопротивление источника $r = 2$ Ом; его ЭДС $\mathcal{E} = 110$ В.



32

Металлическая пластина облучается светом частотой $\nu = 1,6 \cdot 10^{15}$ Гц. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле напряжённостью 130 В/м, причём вектор напряжённости \vec{E} поля направлен к пластине перпендикулярно её поверхности. Измерения показали, что на расстоянии 10 см от пластины максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов равна $15,9$ эВ. Определите работу выхода электронов из данного металла.

ВАРИАНТ 2

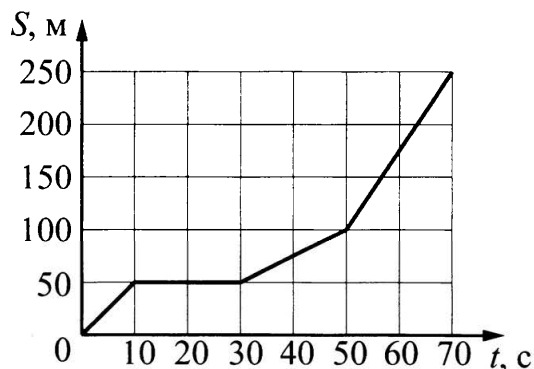
Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания (1–24) запишите номер выбранного ответа или ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

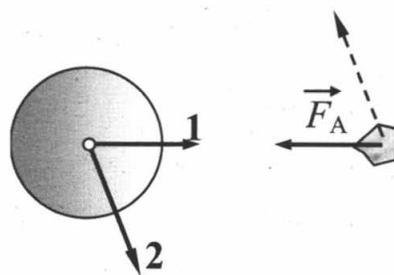
На рисунке представлен график зависимости пути S велосипедиста от времени t . Определите интервал времени после начала движения, когда велосипедист двигался со скоростью $2,5 \text{ м/с}$.

- 1) от 0 до 10 с
- 2) от 10 до 30 с
- 3) от 30 до 50 с
- 4) от 50 до 70 с



2

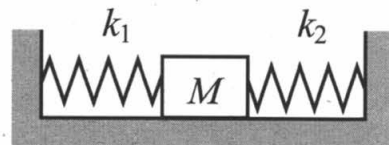
Мимо Земли летит астероид в направлении, показанном на рисунке пунктирной стрелкой. Вектор \vec{F}_A показывает силу притяжения астероида Землёй. Известно, что масса Земли в 10^5 раз больше массы астероида. Вдоль какой стрелки (1 или 2) направлена и чему равна по модулю сила, действующая на Землю со стороны астероида?



- 1) вдоль стрелки 1, равна F_A
- 2) вдоль стрелки 1, равна $10^5 F_A$
- 3) вдоль стрелки 2, равна $10^{-5} F_A$
- 4) вдоль стрелки 2, равна F_A

3

Кубик массой 1 кг покоится на гладком горизонтальном столе, сжатый с боков пружинами (см. рисунок). Левая пружина жёсткостью $k_1 = 400 \text{ Н/м}$ сжата на 4 см . С какой силой правая пружина действует на кубик?



Ответ: _____ Н.

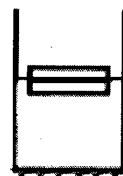
4

Скорость груза массой 2 кг равна 4 м/с . Определите кинетическую энергию груза.

Ответ: _____ Дж.

5

Два одинаковых бруска толщиной 4 см каждый, связанные друг с другом, плавают в воде так, что уровень воды приходится на границу между ними (см. рисунок). Насколько увеличится глубина погружения стопки брусков, если в нее добавить ещё три таких же бруска? Ответ запишите в сантиметрах.



Ответ: _____ см.

6

Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина всё время остаётся растянутой. Как ведёт себя потенциальная энергия груза в поле тяжести и его скорость, когда груз движется вверх от положения равновесия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Потенциальная энергия груза в поле тяжести	Скорость груза

7

Автобус массой m , движущийся по прямолинейному горизонтальному участку дороги со скоростью v , совершает торможение до полной остановки. При торможении колёса автобуса не вращаются. Коэффициент трения между колёсами и дорогой равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

А) модуль работы силы трения, действующей на автобус

Б) время, необходимое для полной остановки автобуса

ФОРМУЛЫ

1) $\mu g v$

2) $\frac{mv^2}{2\mu g}$

3) $\frac{v}{\mu g}$

4) $\frac{mv^2}{2}$

Ответ:

А	Б

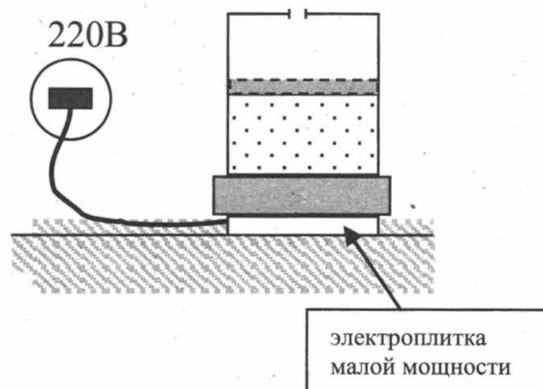
8

Броуновским движением можно считать

- 1) процесс растворения поваренной соли в воде
- 2) беспорядочное движение мошек, роящихся вечером под фонарём
- 3) беспорядочное движение микроскопических капелек жира в молоке
- 4) проникновение кислорода в глубинные слои водоёма

9

Воздух медленно нагревают в цилиндре под поршнем. При этом часть цилиндра, находящаяся над поршнем, сообщается с атмосферой, а поршень может скользить с очень малым трением. Какое из приведённых ниже уравнений точнее всего описывает процесс, происходящий при этом с воздухом под поршнем?



- 1) $\frac{T}{p} = \text{const}$
- 2) $\frac{V}{T} = \text{const}$
- 3) $\frac{V}{p} = \text{const}$
- 4) $T \cdot p = \text{const}$

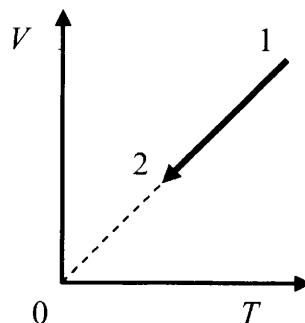
10

Относительная влажность воздуха в закрытом сосуде 40%. Какой станет относительная влажность, если объём сосуда при неизменной температуре уменьшить в 2 раза?

Ответ: _____ %.

11

Один моль одноатомного идеального газа участвует в процессе 1–2, график которого изображен на рисунке в координатах V – T (V – объём и T – абсолютная температура газа). Как изменяются в ходе этого процесса внутренняя энергия газа и его давление? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:



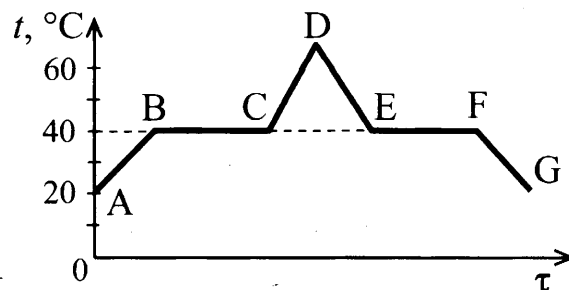
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Внутренняя энергия газа	Давление газа

12

В начальный момент в сосуде под лёгким поршнем находится только жидкий эфир. На рисунке показан график зависимости температуры t эфира от времени τ его нагревания и последующего охлаждения. Установите соответствие между процессами, происходящими с эфиром, и участками графика. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕССЫ

- А) конденсация эфира
Б) нагревание жидкого эфира

УЧАСТКИ ГРАФИКА

- 1) AB
2) BC
3) DE
4) EF

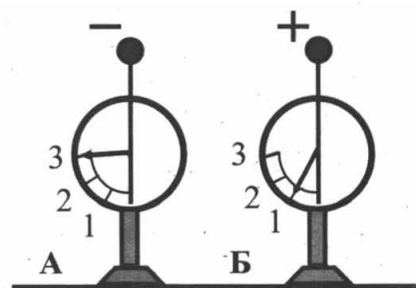
Ответ:

А	Б

13

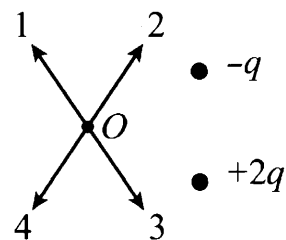
На рисунке изображены два одинаковых электрометра, шары которых имеют заряды противоположных знаков. Если их шары соединить проволокой, то показания обоих электрометров

- 1) показание электрометра А станет равным 1, показание электрометра Б – равным 3
- 2) показания электрометров не изменятся
- 3) показания обоих электрометров станут равными 2
- 4) показания обоих электрометров станут равными 1



14

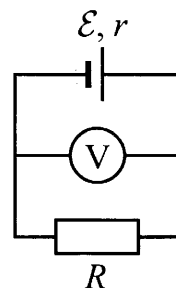
По какой из стрелок 1–4 направлен вектор напряжённости электрического поля \vec{E} , созданного двумя разноимёнными неподвижными точечными зарядами в точке O (см. рисунок, $q > 0$)? Точка O равноудалена от зарядов.



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

15

В схеме, изображённой на рисунке, ЭДС источника тока равна 5 В, а его внутреннее сопротивление 2 Ом. Сила тока в цепи 1 А. Каково показание вольтметра, если он идеальный?



Ответ: _____ В.

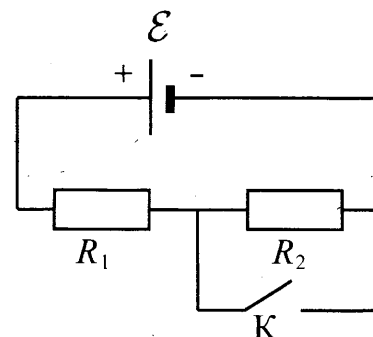
16

Длина волны света лазерной указки равна 600 нм в воздухе и 400 нм в стекле. Каков показатель преломления стекла?

Ответ: _____.

17

На рисунке показана цепь постоянного тока, содержащая источник тока с ЭДС \mathcal{E} и два резистора: R_1 и R_2 . Если ключ К замкнуть, то как изменятся при этом сила тока через резистор R_1 и напряжение на резисторе R_2 ? Внутренним сопротивлением источника тока пренебречь.



Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Сила тока через резистор R_1	Напряжение на резисторе R_2

18

Заряженная частица массой m , несущая положительный заряд q , движется со скоростью v по окружности радиусом R перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля. Действием силы тяжести пренебречь.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) модуль силы Лоренца, действующей на частицу
- Б) индукция магнитного поля

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{qR}{mv}$
- 2) qvR
- 3) $\frac{mv^2}{R}$
- 4) $\frac{mv}{qR}$

Ответ:

А	Б

19

Связанная система элементарных частиц содержит 13 нейтронов, 17 протонов и 17 электронов. Эта система частиц является

- 1) ионом хлора $^{30}_{17}\text{Cl}$
- 2) ионом алюминия $^{30}_{13}\text{Al}$
- 3) нейтральным атомом алюминия $^{30}_{13}\text{Al}$
- 4) нейтральным атомом хлора $^{30}_{17}\text{Cl}$

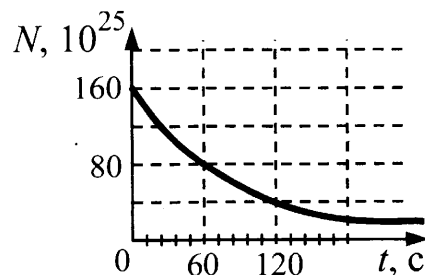
20

Ядро полония $^{216}_{84}\text{Po}$ образовалось в результате двух последовательных α -распадов некоторого ядра. Это ядро

- 1) радона $^{220}_{86}\text{Rn}$
- 2) радия $^{224}_{88}\text{Ra}$
- 3) радона $^{218}_{86}\text{Rn}$
- 4) астата $^{218}_{85}\text{At}$

21

На рисунке приведён график зависимости числа нераспавшихся ядер эрбия $^{173}_{68}\text{Er}$ от времени. Каков период полураспада этого изотопа?

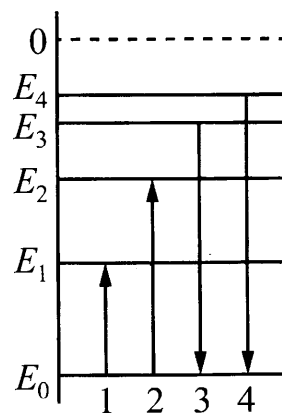


Ответ: _____ с.

22

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

Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, указывающими энергетические переходы атома. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕСС

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ
ПЕРЕХОД

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

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

Ответ:

А	Б

23

Ученик изучал в школьной лаборатории колебания математического маятника. Результаты измерений каких величин дадут ему возможность рассчитать скорость маятника при прохождении положения равновесия?

- 1) массы маятника m и длины его нити l
- 2) массы маятника m и знание табличного значения ускорения свободного падения g
- 3) длины нити маятника l , максимального угла отклонения от положения равновесия и знание табличного значения ускорения свободного падения g
- 4) массы маятника m и амплитуды его колебаний A

24

Имеется два одинаковых баллона, оснащенных манометрами. В первом, находится гелий, а во втором водород при комнатной температуре. Показания манометра первого баллона составляют 200 кПа, а второго – 100 кПа. Баллоны соединяют коротким шлангом и открывают краны. Считая неизменной температуру газов, выберите из предложенного перечня **два** утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных наблюдений, и укажите их номера.

- 1) Первоначально количество молей гелия в первом баллоне в 2 раза больше количества молей водорода во втором баллоне;
- 2) Первоначально масса гелия в первом баллоне в 2 раза больше массы водорода во втором баллоне;
- 3) После установления равновесия давление в первом баллоне будет больше, чем во втором;
- 4) После установления равновесия давление во втором баллоне увеличится в 1,5 раза;
- 5) После открытия кранов показания манометром не изменятся.

Ответ:

--	--

Часть 2

При выполнении заданий 25-27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25

Летающая горизонтально пластилиновая пуля массой 9 г попадает в неподвижно висящий на нити длиной 40 см груз массой 81 г, в результате чего груз с прилипшей к нему пулей начинает совершать колебания. Максимальный угол отклонения нити от вертикали при этом $\alpha = 60^\circ$. Какова скорость пули перед попаданием в груз?

Ответ: _____ м/с.

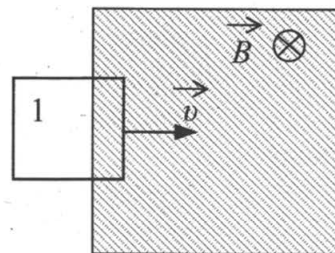
26

Кусок льда, имеющий температуру 0°C , помещён в калориметр с электронагревателем. Чтобы превратить этот лёд в воду температурой 16°C , требуется количество теплоты 80 кДж. Какая температура установится внутри калориметра, если лёд получит от нагревателя количество теплоты 60 кДж? Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с внешней средой пренебречь.

Ответ: _____ $^\circ\text{C}$.

27

В заштрихованной области на рисунке действует однородное магнитное поле, перпендикулярное плоскости рисунка с индукцией $B = 0,1$ Тл. Квадратную проволочную рамку, сопротивление которой 10 Ом и длина стороны 10 см, перемещают в этом поле в плоскости рисунка поступательно равномерно с некоторой скоростью v . При попадании рамки в магнитное поле в положении 1 в ней возникает индукционный ток, равный 1 мА. Какова скорость движения рамки?



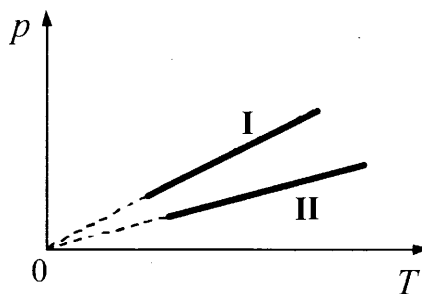
Ответ: _____ м/с.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Для записи ответов на задания этой части (28–32) используйте бланк ответов № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

28

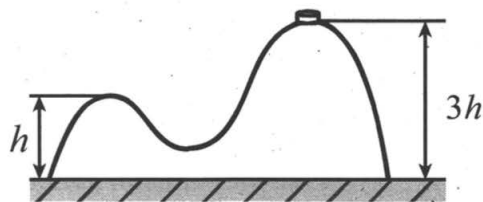
Две порции одного и того же идеального газа нагреваются в сосудах одинакового объёма. Графики процессов представлены на рисунке. Почему изохора I лежит выше изохоры II? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

29

Горка с двумя вершинами, высоты которых h и $3h$, покоится на гладкой горизонтальной поверхности стола (см. рисунок). На правой вершине горки находится шайба, масса которой в 12 раз меньше массы горки. От незначительного толчка шайба и горка приходят в движение, причём шайба движется влево, не отрываясь от гладкой поверхности горки, а поступательно движущаяся горка не отрывается от стола. Найдите скорость горки в тот момент, когда шайба окажется на левой вершине горки.

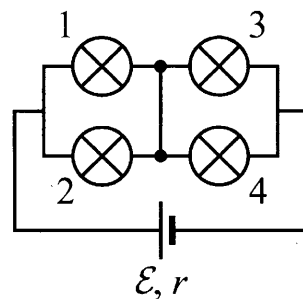


30

Цикл тепловой машины, рабочим веществом которой является ν молей идеального одноатомного газа, состоит из изотермического расширения, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. В изохорном процессе температура газа понижается на ΔT , а КПД тепловой машины равен η . Определите работу, совершённую газом в изотермическом процессе.

31

Какая тепловая мощность выделяется на лампе 4 в цепи, собранной по схеме, изображённой на рисунке? Сопротивление ламп 1 и 2 $R_1 = 20$ Ом, ламп 3 и 4 $R_2 = 10$ Ом. Внутреннее сопротивление источника $r = 5$ Ом, его ЭДС $\mathcal{E} = 100$ В.



32

Металлическая пластина облучается светом частотой $\nu = 1,6 \cdot 10^{15}$ Гц. Работа выхода электронов из данного металла равна 3,7 эВ. Вылетающие из пластины фотоэлектроны попадают в однородное электрическое поле напряжённостью 130 В/м, причём вектор напряжённости \vec{E} направлен к пластине перпендикулярно её поверхности. Какова максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов на расстоянии 10 см от пластины?

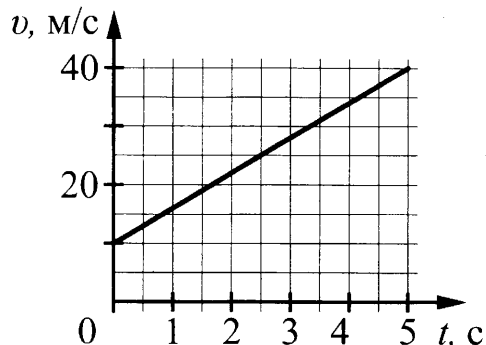
ВАРИАНТ 3

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания (1–24) запишите номер выбранного ответа или ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

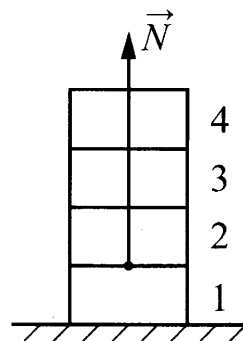
- 1 На графике приведена зависимость скорости тела от времени при прямолинейном движении. Определите ускорение тела.

- 1) 1 м/с^2
- 2) 3 м/с^2
- 3) 4 м/с^2
- 4) 6 м/с^2



- 2 Четыре одинаковых кирпича массой m каждый сложены в стопку (см. рисунок). Если сверху положить ещё один такой же кирпич, то модуль силы \vec{N} , действующей со стороны первого кирпича на второй, увеличится на

- 1) $\frac{mg}{4}$
- 2) $\frac{mg}{3}$
- 3) mg
- 4) $\frac{mg}{2}$



- 3 К системе из кубика массой 1 кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила \vec{F} (см. рисунок). Система покоится. Между кубиком и опорой трения нет. Левый край первой пружины прикреплен к стенке. Жёсткость первой пружины $k_1 = 300 \text{ Н/м}$. Жёсткость второй пружины $k_2 = 600 \text{ Н/м}$. Удлинение второй пружины равно 2 см . Чему равен модуль силы F ?



Ответ: _____ Н.

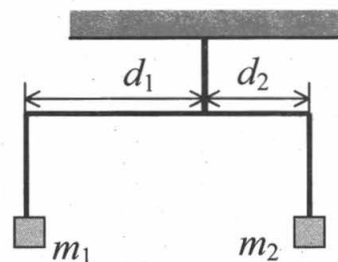
- 4 Тело массой 1 кг , брошенное вертикально вверх с поверхности Земли, достигло максимальной высоты 20 м . Какой кинетической энергией обладало тело тотчас после броска? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ Дж.

5

Коромысло весов, к которому подвешены на нитях два тела (см. рисунок), находится в равновесии. Массы тел $m_1 = 2$ кг и $m_2 = 4$ кг соответственно, а длина плеча $d_1 = 60$ см. Чему равна длина плеча d_2 ? (Коромысло и нити считать невесомыми.) Ответ запишите в сантиметрах.

Ответ: _____ см.

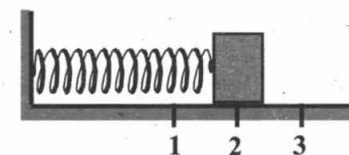


6

Груз изображённого на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняется кинетическая энергия груза маятника и потенциальная энергия при движении груза маятника от точки 2 к точке 1?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется



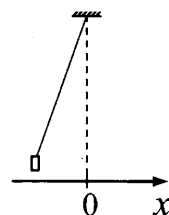
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждой физической величины. Цифры в ответе могут повторяться.

Кинетическая энергия груза маятника	Потенциальная энергия пружины маятника

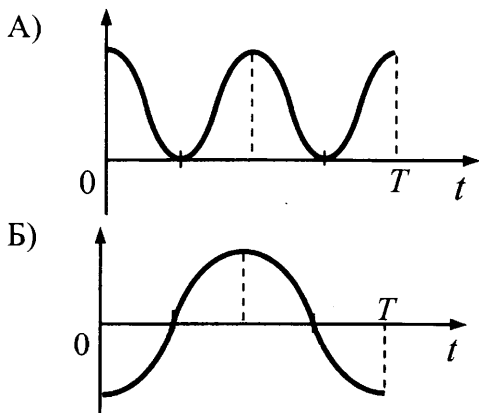
7

Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б показано изменение физических величин, характеризующих движение груза после этого. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

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



ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) координата x
- 2) проекция скорости v_x
- 3) кинетическая энергия E_k
- 4) потенциальная энергия E_p

Ответ:

А	Б

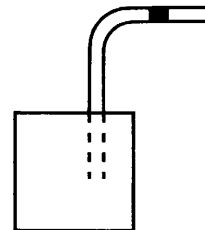
8

В каких телах – твёрдых, жидких или газообразных – происходит диффузия?

- 1) только в жидких
- 2) только в твёрдых
- 3) только в газообразных
- 4) в твёрдых, жидких и газообразных

9

В герметично закрытый пакет из-под сока вставлена изогнутая трубочка для коктейля (см. рисунок), внутри которой находится небольшой столбик сока. Если обхватить пакет руками и нагревать его, не оказывая на него давления, столбик сока начинает двигаться вправо к открытому концу трубочки. Какой процесс происходит с воздухом в пакете?

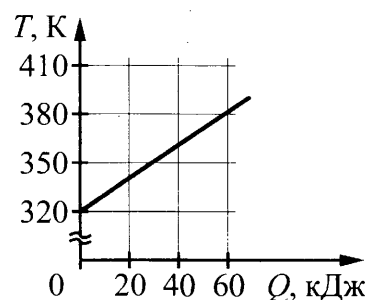


- 1) изохорное нагревание
- 2) изотермическое расширение
- 3) изобарное расширение
- 4) адиабатное сжатие

10

На рисунке изображён график зависимости температуры тела от подводимого к нему количества теплоты. Удельная теплоёмкость вещества этого тела равна $500 \text{ Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$. Чему равна масса тела?

Ответ: _____ кг.



11

В процессе расширения 1 моль разреженного гелия его внутренняя энергия всё время остаётся неизменной. Как изменяются при этом температура гелия и его давление?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

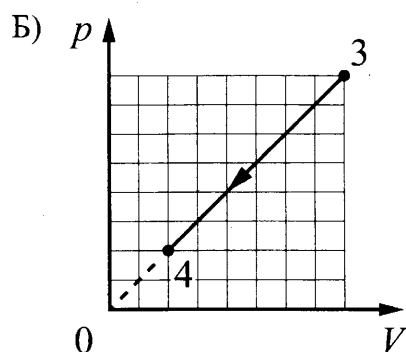
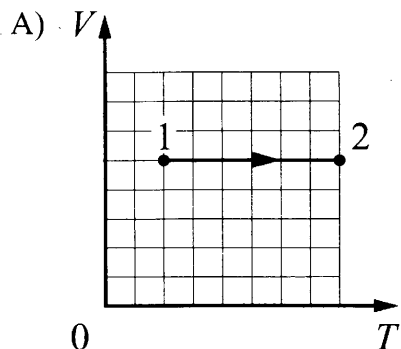
Температура гелия	Давление гелия

12

На рисунках приведены графики А и Б двух процессов: 1–2 и 3–4, происходящих с 1 моль гелия. Графики построены в координатах V – T и p – V , где p – давление; V – объём и T – абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.

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

ГРАФИКИ



УТВЕРЖДЕНИЯ

- 1) Над газом совершают работу, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
- 2) Над газом совершают работу, при этом газ отдаёт положительное количество теплоты.
- 3) Газ получает положительное количество теплоты и совершает работу.
- 4) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.

Ответ:

А	Б

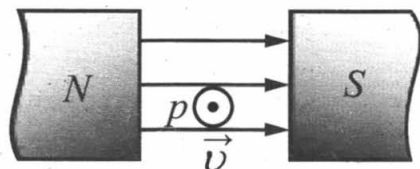
13

Какой из перечисленных ниже процессов объясняется явлением электромагнитной индукции?

- 1) взаимное отталкивание двух параллельных проводников с током, по которым токи протекают в противоположных направлениях
- 2) самопроизвольный распад ядер
- 3) отклонение магнитной стрелки вблизи проводника с током
- 4) возникновение тока в металлической рамке, находящейся в постоянном магнитном поле, при изменении формы рамки

14

Протон p , влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет скорость \vec{v} , направленную горизонтально перпендикулярно вектору индукции \vec{B} магнитного поля (см. рисунок, на котором кружок с точкой указывает направление движения протона). Куда направлена действующая на протон сила Лоренца \vec{F} ?



- 1) вертикально вверх \uparrow
- 2) горизонтально влево \leftarrow
- 3) от наблюдателя \otimes
- 4) вертикально вниз \downarrow

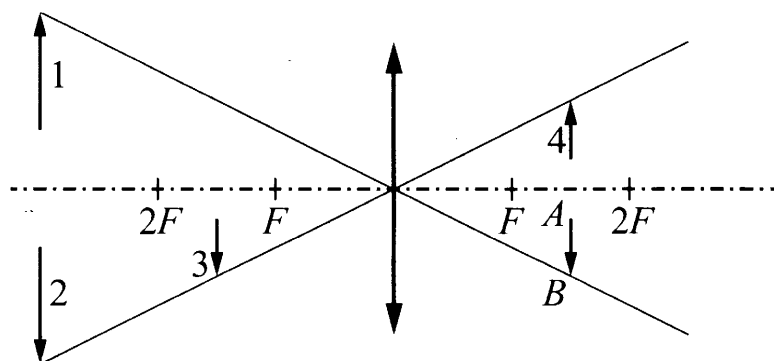
15

В цепи из двух одинаковых последовательно включённых резисторов за час выделяется количество теплоты равное 200 Дж. Какое количество теплоты будет выделяться за час в цепи, в которой количество резисторов и подводимое к ним напряжение увеличено в 3 раза?

Ответ: _____ Дж.

16

Какому из предметов 1–4 соответствует изображение AB в тонкой линзе с фокусным расстоянием F ?



Ответ: _____.

17

Протон в однородном магнитном поле движется по окружности. Чтобы в этом поле двигалась по окружности с той же скоростью α -частица, радиус окружности и частота обращения α -частицы по сравнению с протоном должны:

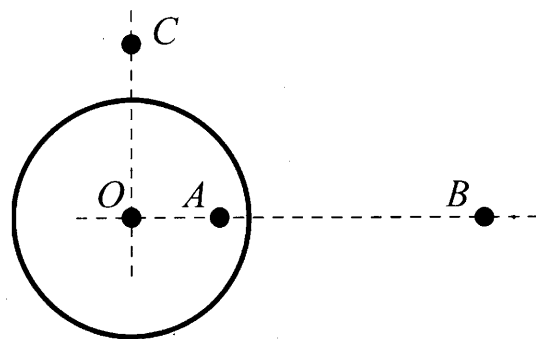
- 1) увеличиться
- 2) уменьшиться
- 3) не измениться

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

Радиус окружности	Частота обращения

18

На неподвижном проводящем уединённом шарике радиусом R находится заряд Q . Точка O – центр шарика, $OA = \frac{3R}{4}$, $OB = 3R$, $OC = \frac{3R}{2}$. Модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке C равен E_C . Чему равен модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке A и точке B ?



Установите соответствие между физическими величинами и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ЗНАЧЕНИЯ

- А) модуль напряжённости электростатического поля шарика в точке A
 Б) модуль напряжённости электростатического поля шарика в точке B

- 1) 0
 2) $4E_C$
 3) $\frac{E_C}{2}$
 4) $\frac{E_C}{4}$

Ответ:

А	Б

19

На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.

2	II	Li 3 литий 7 ₉₃ 6 _{7,4}	Be 4 бериллий 9 ₁₀₀	5 B бор 11 ₈₀ 10 ₂₀
3	III	Na 11 натрий 23 ₁₀₀	Mg 12 магний 24 ₇₉ 26 ₁₁ 25 ₁₀	13 Al алюминий 27 ₁₀₀
4	IV	K 19 калий 39 ₉₃ 41 _{6,7}	Ca 20 кальций 40 ₉₇ 44 _{2,1}	Sc 21 скандий 45 ₁₀₀
	V	29 Cu медь 63 ₆₉ 65 ₃₁	30 Zn цинк 64 ₄₉ 66 ₂₈ 68 ₁₉	31 Ga галлий 69 ₆₀ 71 ₄₀

Укажите число протонов и число нейтронов в ядре самого распространённого изотопа магния.

- 1) 12 протонов, 24 нейтрона
 2) 12 протонов, 12 нейтронов
 3) 24 протона, 12 нейтронов
 4) 12 протонов, 13 нейтронов

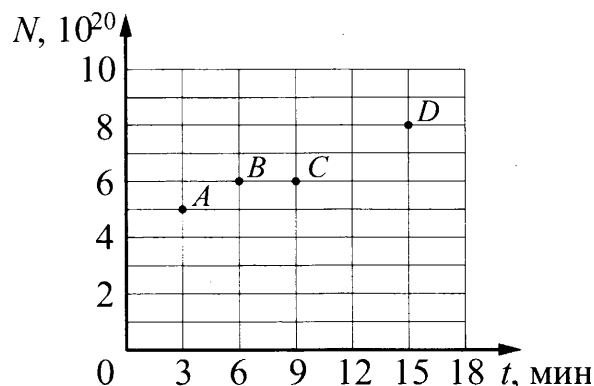
20

Какое из перечисленных излучений не отклоняется в электрическом и магнитном полях?

- 1) β -частицы
- 2) γ -излучение
- 3) α -частицы
- 4) поток протонов

21

Из ядер таллия $^{208}_{81}\text{Tl}$ при β -распаде с периодом полураспада 3 мин образуются стабильные ядра свинца. В момент начала наблюдения в образце содержится $8 \cdot 10^{20}$ ядер таллия. Через какую из точек, кроме начала координат, пройдёт график зависимости числа ядер свинца от времени (см. рисунок)?



Ответ: _____.

22

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать (ν – частота фотона, h – постоянная Планка, p – импульс фотона). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) длина волны фотона
- Б) энергия фотона

ФОРМУЛЫ

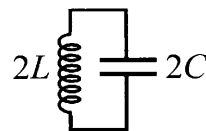
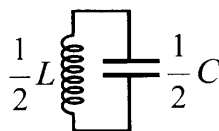
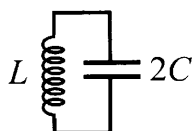
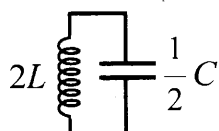
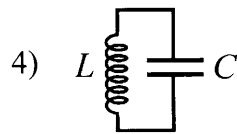
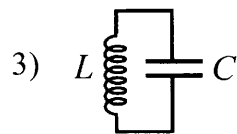
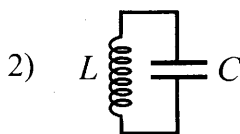
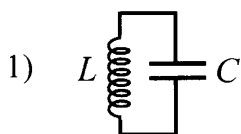
- 1) $\frac{p}{h}$
- 2) $\frac{h}{p}$
- 3) $h \cdot \nu$
- 4) $\frac{\nu}{h}$

Ответ:

А	Б

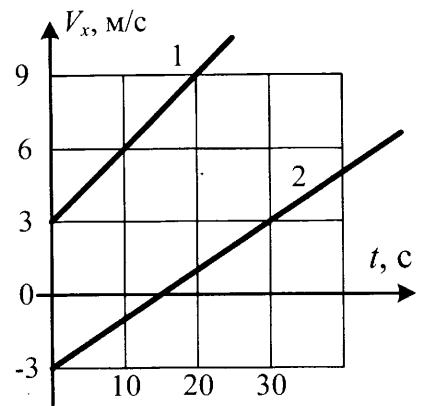
23

Ученик изучает зависимость периода электромагнитных колебаний в контуре от ёмкости конденсатора. Какие два контура он должен выбрать для этого исследования?



24

На рисунке приведены графики зависимости проекций скоростей V_x на ось ox двух прямолинейно движущихся тел от времени t . Их приведенного ниже списка выберите два правильных утверждения и укажите их номера.



- 1) Проекция ускорения тела 1 меньше проекции ускорения тела 2.
- 2) Проекция ускорения тела 1 равна $0,3 \text{ м/с}^2$.
- 3) Тело 2 в момент времени 15 секунд находилось в начале отсчета.
- 4) Первые 15 секунд тела двигались в разные стороны.
- 5) Проекция ускорения тела 2 равна $0,2 \text{ м/с}^2$.

Ответ:

Часть 2

При выполнении заданий 25–27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

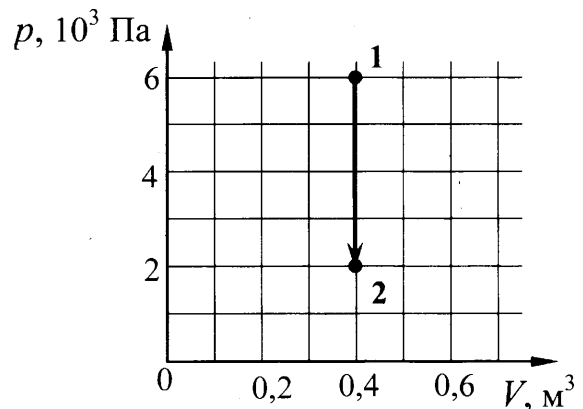
25

Мимо остановки по прямой улице проезжает грузовик со скоростью 10 м/с . Через 5 с от остановки вдогонку грузовику отъезжает мотоциклист, движущийся с ускорением 3 м/с^2 . Чему равна скорость мотоциклиста в момент, когда он догонит грузовик?

Ответ: _____ м/с.

26

Во время опыта абсолютная температура воздуха в сосуде понизилась в 3 раза, и он перешёл из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок). Кран у сосуда был закрыт неплотно, и сквозь него мог просачиваться воздух. Рассчитайте отношение $\frac{N_2}{N_1}$ числа молекул газа в сосуде в конце и начале опыта. Воздух считать идеальным газом.



Ответ: _____.

27

Частица массой 1 мкг переместилась за 3 с на расстояние $0,45 \text{ м}$ по горизонтали в однородном горизонтальном электрическом поле напряжённостью 50 В/м . Начальная скорость частицы равна нулю. Каков заряд частицы? Сопротивлением воздуха и действием силы тяжести пренебречь. Ответ запишите в нанокюлонах.

Ответ: _____ нКл.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Для записи ответов на задания этой части (28–32) используйте бланк ответов № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

28

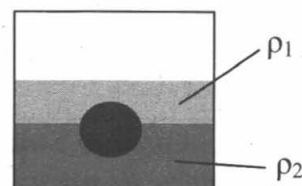
К колебательному контуру подсоединили источник тока, на клеммах которого напряжение гармонически меняется с частотой ν .

Индуктивность L катушки колебательного контура можно плавно менять от максимального значения L_{\max} до минимального L_{\min} , а ёмкость его конденсатора постоянна. Ученик постепенно уменьшал индуктивность катушки от максимального значения до минимального и обнаружил, что амплитуда силы тока в контуре всё время возрастала. Опираясь на свои знания по электродинамике, объясните наблюдения ученика.

Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

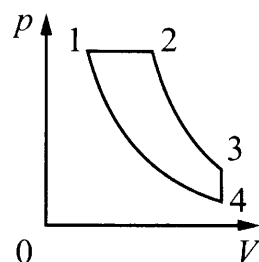
29

На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности $\rho_1 = 400 \text{ кг/м}^3$ и $\rho_2 = 2\rho_1$, плавает шарик (см. рисунок). Какой должна быть плотность шарика ρ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна четверть его объёма?



30

Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображён на pV -диаграмме и состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. Зная, что КПД этого цикла $\eta = 15\%$, а минимальная и максимальная температуры газа при изохорном процессе $t_{\min} = 37^\circ\text{C}$ и $t_{\max} = 302^\circ\text{C}$, определите количество теплоты, получаемое газом за цикл.



31

Одни и те же элементы соединены в электрическую цепь сначала по схеме 1, а затем по схеме 2 (см. рисунок). Сопротивление резистора равно R , сопротивление амперметра $\frac{1}{100}R$, сопротивление вольтметра $9R$. В первой схеме показания амперметра равны I_1 . Каковы его показания во второй схеме? Внутренним сопротивлением источника и сопротивлением проводов пренебречь.

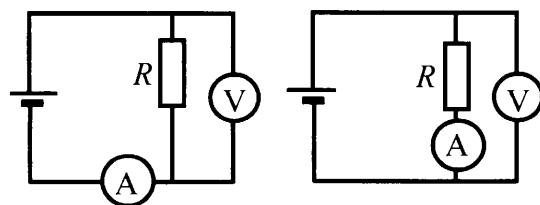
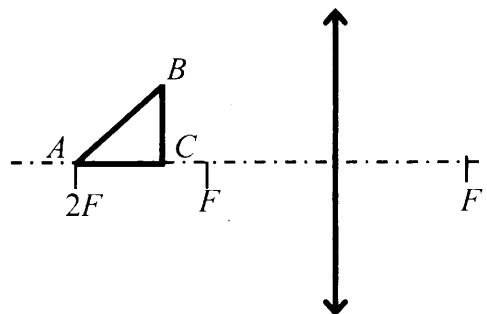


Схема 1

Схема 2

32

Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC расположен перед тонкой собирающей линзой оптической силой $2,5 \text{ дптр}$ так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы (см. рисунок). Вершина прямого угла C лежит ближе к центру линзы, чем вершина острого угла A . Расстояние от центра линзы до точки A равно удвоенному фокусному расстоянию линзы, $AC = 4 \text{ см}$. Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.

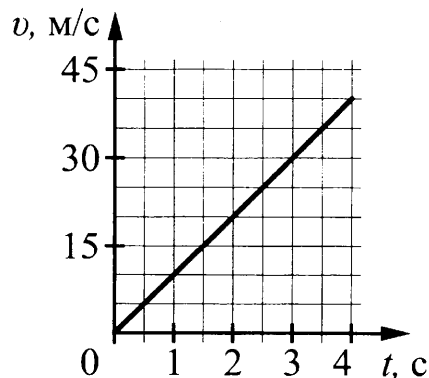


При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания (1–24) запишите номер выбранного ответа или ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

На графике приведена зависимость скорости тела от времени при прямолинейном движении. Определите по графику ускорение тела.

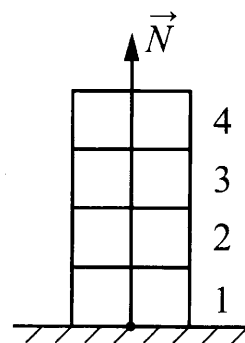
- 1) 15 м/с^2
- 2) 10 м/с^2
- 3) 20 м/с^2
- 4) 5 м/с^2



2

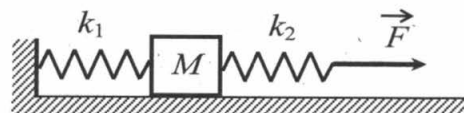
Четыре одинаковых кирпича массой m каждый сложены в стопку (см. рисунок). Если убрать два верхних кирпича, то модуль силы \vec{N} , действующей со стороны горизонтальной опоры на первый кирпич, уменьшится на

- 1) $\frac{mg}{4}$
- 2) $\frac{mg}{2}$
- 3) $\frac{4mg}{5}$
- 4) $2mg$



3

К системе из кубика массой 1 кг и двух пружин приложена постоянная горизонтальная сила величиной $F = 18 \text{ Н}$ (см. рисунок). Система покоится. Между кубиком и опорой трения нет. Левый край первой пружины прикреплен к стенке. Жёсткость первой пружины $k_1 = 300 \text{ Н/м}$. Жёсткость второй пружины $k_2 = 600 \text{ Н/м}$. Определите удлинение второй пружины. Ответ запишите в сантиметрах.



Ответ: _____ см.

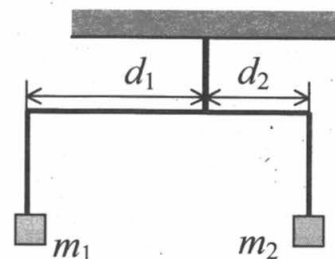
4

Тело, брошенное вертикально вверх от поверхности Земли, достигло максимальной высоты 20 м . С какой начальной скоростью тело было брошено вверх? Сопротивлением воздуха пренебречь.

Ответ: _____ м/с.

5

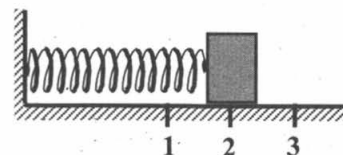
Коромысло весов, к которому подвешены на нитях два тела (см. рисунок), находится в равновесии. Длины плеч $d_1 = 30$ см и $d_2 = 10$ см соответственно, а масса первого груза $m_1 = 2$ кг. Чему равна масса второго груза m_2 ? (Коромысло и нити считать невесомыми.)



Ответ: _____ кг.

6

Груз изображённого на рисунке пружинного маятника совершает гармонические колебания между точками 1 и 3. Как меняется скорость груза и жёсткость пружины при движении груза маятника от точки 1 к точке 2? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:



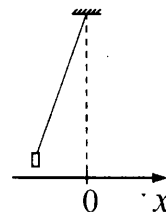
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

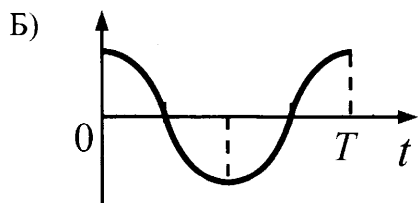
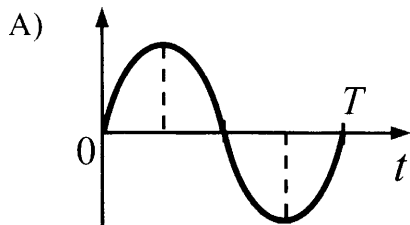
Скорость груза	Жёсткость пружины

7

Груз, привязанный к нити, отклонили от положения равновесия и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). На графиках А и Б показано изменение физических величин, характеризующих движение груза после этого. Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) кинетическая энергия E_k
- 2) координата x
- 3) проекция импульса p_x
- 4) проекция ускорения a_x

Ответ:

А	Б

8

Диффузия в жидкости происходит быстрее при повышении температуры, потому что с повышением температуры

- 1) увеличиваются силы взаимодействия молекул
- 2) увеличивается скорость теплового движения молекул
- 3) жидкости расширяются
- 4) уменьшаются силы взаимодействия молекул

9

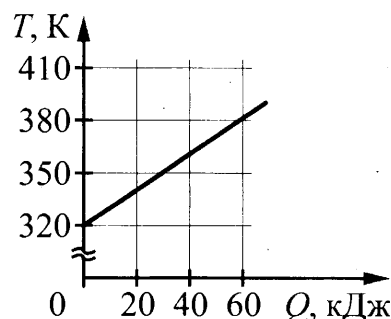
Паук-серебрянка медленно спускается на дно равномерно прогретого озера, неся между волосками брюшка пузырьки воздуха для своего подводного жилища. Какой процесс происходит с воздухом в пузырьках по мере погружения паука?

- 1) изохорное нагревание
- 2) изобарное сжатие
- 3) изотермическое сжатие
- 4) адиабатное сжатие

10

На рисунке изображён график зависимости температуры тела массой 500 г от подводимого к нему количества теплоты. Определите удельную теплоёмкость этого вещества.

Ответ: _____ Дж/(кг·К).



11

В процессе сжатия 1 моль разреженного аргона его внутренняя энергия всё время остаётся неизменной. Как изменяются при этом температура аргона и его объём? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

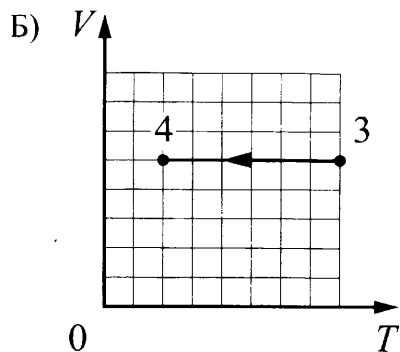
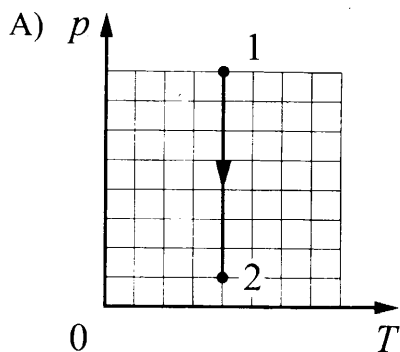
Температура аргона	Объём аргона

12

На рисунках приведены графики А и Б двух процессов: 1–2 и 3–4, происходящих с 1 моль неона. Графики построены в координатах p – T и V – T , где p – давление; V – объём и T – абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.

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

ГРАФИКИ

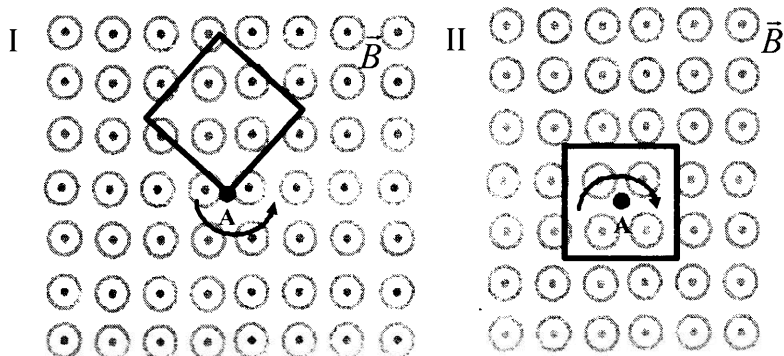


УТВЕРЖДЕНИЯ

- 1) Над газом совершают работу, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
- 2) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
- 3) Газ получает положительное количество теплоты и совершает работу.
- 4) Внутренняя энергия газа уменьшается, при этом газ отдаёт положительное количество теплоты.

13

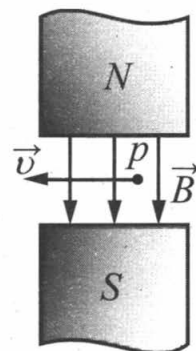
На рисунке показаны два способа вращения рамки в однородном магнитном поле, линии индукции которого идут из плоскости чертежа. Вращение происходит вокруг точки А в плоскости рисунка. ЭДС индукции в рамке



- 1) возникает в обоих случаях
- 2) не возникает ни в одном из случаев
- 3) возникает только в первом случае
- 4) возникает только во втором случае

14

Протон p , влетевший в зазор между полюсами электромагнита, имеет скорость \vec{v} , которая перпендикулярна вектору индукции \vec{B} магнитного поля, направленному вертикально (см. рисунок). Как направлена действующая на протон сила Лоренца \vec{F} ?



- 1) горизонтально влево \leftarrow
- 2) от наблюдателя \otimes
- 3) вертикально вверх \uparrow
- 4) к наблюдателю \odot

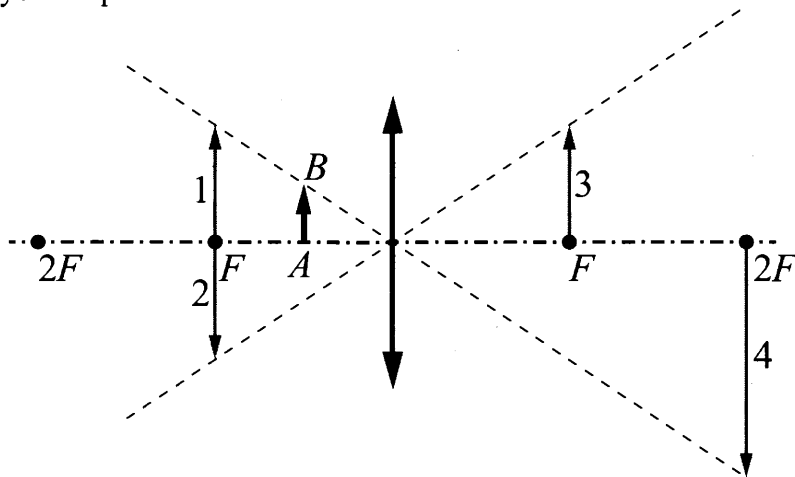
15

В цепи из двух одинаковых последовательно включённых резисторов за час выделяется количество теплоты равное 250 Дж. Какое количество теплоты будет выделяться в цепи из этих резисторов за час, если их включить параллельно, а подводимое к ним напряжение уменьшить в 2 раза?

Ответ: _____ Дж.

16

Какой из образов 1–4 служит мнимым изображением предмета AB в тонкой линзе с фокусным расстоянием F ?



Ответ: _____.

17

Протон в однородном магнитном поле движется по окружности. Чтобы в этом поле двигалась с той же скоростью α -частица, центростремительное ускорение и период обращения α -частицы по сравнению с протоном должны:

- 1) увеличиться
- 2) уменьшиться
- 3) не измениться

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

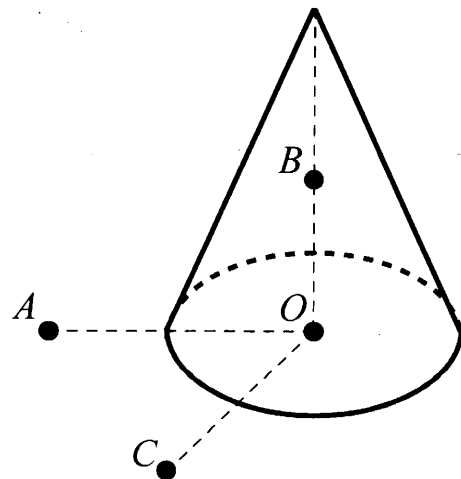
Центростремительное ускорение	Период обращения

18

На неподвижном проводящем уединённом конусе высотой H и радиусом основания $R = \frac{H}{2}$ находится заряд Q . Точка O – центр основания конуса, $OA = OC = 2R$, $OB = R$, угол AOC прямой, отрезки OA и OC лежат в плоскости основания конуса. Модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке C равен E_C . Чему равен модуль напряжённости электростатического поля заряда Q в точке A и точке B ?

Установите соответствие между физическими величинами и их значениями.

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



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ЗНАЧЕНИЯ

- А) модуль напряжённости электростатического поля конуса в точке A
- Б) модуль напряжённости электростатического поля конуса в точке B

- 1) 0
- 2) E_C
- 3) $2 E_C$
- 4) $4 E_C$

Ответ:

А	Б

19

На рисунке представлен фрагмент Периодической системы элементов Д.И. Менделеева. Под названием каждого элемента приведены массовые числа его основных стабильных изотопов. При этом нижний индекс около массового числа указывает (в процентах) распространённость изотопа в природе.

2	II	Li ЛИТИЙ 7 ₉₃ 6 _{7,4}	3	Be БЕРИЛЛИЙ 9 ₁₀₀	4	5	B БОР 11 ₈₀ 10 ₂₀
3	III	Na НАТРИЙ 23 ₁₀₀	11	Mg МАГНИЙ 24 ₇₉ 26 ₁₁ 25 ₁₀	12	13	Al АЛЮМИНИЙ 27 ₁₀₀
4	IV	K КАЛИЙ 39 ₉₃ 41 _{6,7}	19	Ca КАЛЬЦИЙ 40 ₉₇ 44 _{2,1}	20	21	Sc СКАНДИЙ 45 ₁₀₀
	V	29 МЕДЬ 63 ₆₉ 65 ₃₁	Cu	30 ЦИНК 64 ₄₉ 66 ₂₈ 68 ₁₉	30	31	Zn ГАЛЛИЙ 69 ₆₀ 71 ₄₀
							Ga

Число протонов и число нейтронов в ядре самого распространённого изотопа галлия соответственно равно

- 1) 31 протон, 38 нейтронов
- 2) 69 протонов, 31 нейтрон
- 3) 38 протонов, 31 нейтрон
- 4) 38 протонов, 60 нейтронов

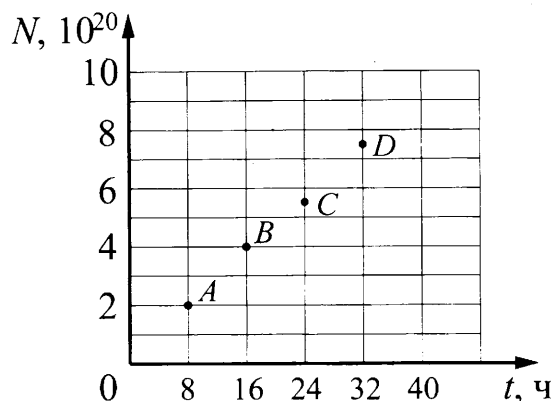
20

В результате столкновения ядра бора $^{11}_5\text{B}$ и α -частицы образуются нейтрон и ядро

- 1) $^{10}_5\text{B}$
- 2) $^{15}_7\text{N}$
- 3) $^{14}_7\text{N}$
- 4) $^{12}_6\text{C}$

21

Из ядер эрбия $^{171}_{68}\text{Er}$ при β^- -распаде с периодом полураспада 8 ч образуются ядра тулия с периодом полураспада 2 года. В момент начала наблюдения в образце содержится $8 \cdot 10^{20}$ ядер эрбия. Через какую из точек, кроме начала координат, пройдёт график зависимости от времени числа ядер тулия (см. рисунок)?



Ответ: _____.

22

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать (ν – частота фотона, c – скорость света в вакууме, h – постоянная Планка). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) длина волны фотона
Б) импульс фотона

ФОРМУЛЫ

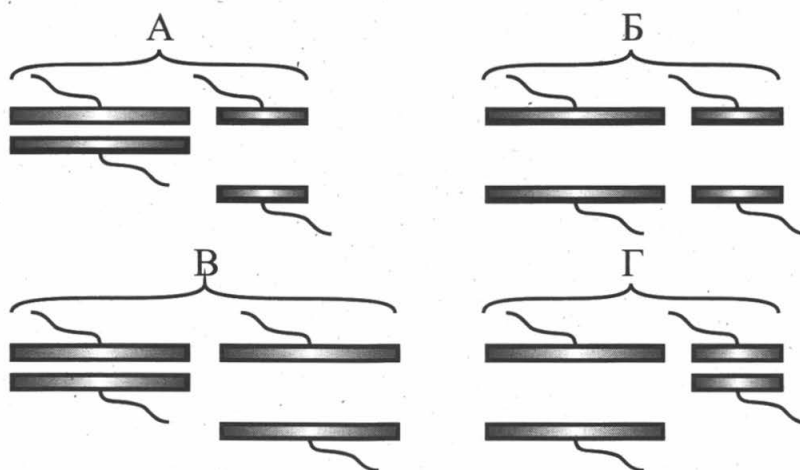
- 1) $\frac{h\nu}{c}$
2) hc
3) $\frac{c}{\nu}$
4) $c\nu$

Ответ:

А	Б

23

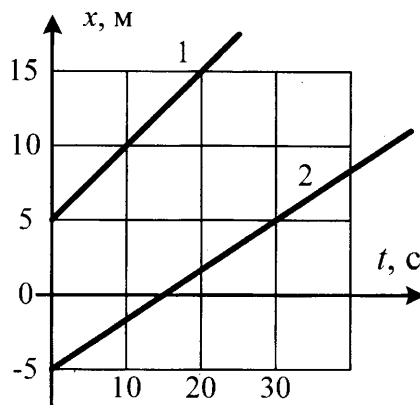
Конденсатор состоит из двух круглых пластин, разделённых воздушным промежутком. Необходимо экспериментально установить, зависит ли электроёмкость конденсатора от расстояния между пластинами. Какую(-ие) пару(-ы) конденсаторов нужно использовать для этой цели?



- 1) А, Б или Г
2) только Б
3) только В
4) только Г

24

На рисунке приведены графики зависимости координат x двух прямолинейно движущихся тел от времени t . Их приведенного ниже списка выберите **два** правильных утверждения и укажите их номера.



- 1) Проекция ускорения тела 1 больше проекции ускорения тела 2.
- 2) Проекция ускорения тела 1 равна $0,5 \text{ м/с}^2$.
- 3) Проекция скорости тела 1 больше проекции скорости тела 2.
- 4) В момент времени 15 секунд тело 2 достигло начала отсчета.
- 5) Проекция скорости тела 2 равна 3 м/с .

Ответ:

--	--

Часть 2

При выполнении заданий 25–27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

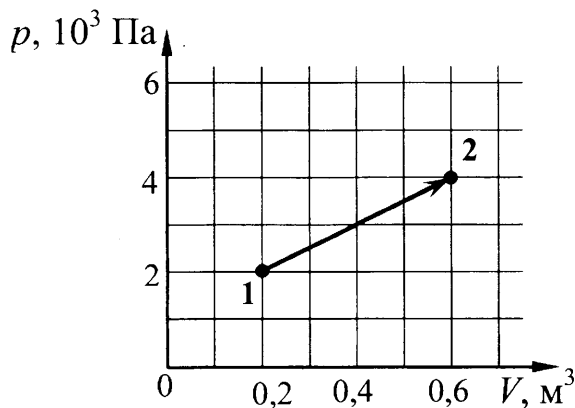
25

Мимо остановки по прямой улице проезжает грузовик со скоростью 10 м/с . Через 5 с от остановки вдогонку грузовику отъезжает мотоциклист, движущийся с постоянным ускорением, и догоняет грузовик на расстоянии 150 м от остановки. Чему равно ускорение мотоцикла?

Ответ: _____ м/с^2 .

26

Во время опыта абсолютная температура воздуха в сосуде под поршнем повысилась в 2 раза, и он перешёл из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок). Поршень прилегал к стенкам сосуда неплотно, и сквозь зазор между ним мог просачиваться воздух. Рассчитайте отношение $\frac{N_2}{N_1}$ числа молекул газа в сосуде в конце и начале опыта. Воздух считать идеальным газом.



Ответ: _____.

27

В области пространства, где находится частица с зарядом $2 \cdot 10^{-11}$ Кл, создано однородное горизонтальное электрическое поле напряженностью 5000 В/м. Какова масса частицы, если за 2 с она переместилась по горизонтали на расстояние 0,4 м от точки, из которой она начала двигаться из состояния покоя? Сопротивлением воздуха и действием силы тяжести пренебречь. Ответ запишите в миллиграммах.

Ответ: _____ мг.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Для записи ответов на задания этой части (28–32) используйте бланк ответов № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

28

К колебательному контуру подсоединили источник тока, на клеммах которого напряжение гармонически меняется с частотой ν .

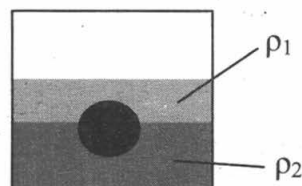
Ёмкость C конденсатора колебательного контура можно плавно менять от минимального значения C_{\min} до максимального C_{\max} , а индуктивность его катушки постоянна.

Ученик постепенно увеличивал ёмкость конденсатора от минимального значения до максимального и обнаружил, что амплитуда силы тока в контуре всё время возрастала. Опираясь на свои знания по электродинамике, объясните наблюдения ученика.

Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

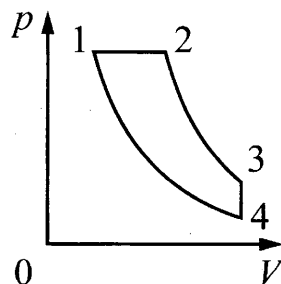
29

На границе раздела двух несмешивающихся жидкостей, имеющих плотности $\rho_1 = 900$ кг/м³ и $\rho_2 = 3\rho_1$, плавает шарик (см. рисунок). Какой должна быть плотность шарика ρ , чтобы выше границы раздела жидкостей была одна треть его объёма?



30

Тепловой двигатель использует в качестве рабочего вещества 1 моль идеального одноатомного газа. Цикл работы двигателя изображён на pV -диаграмме и состоит из двух адиабат, изохоры, изобары. Зная, что КПД цикла равен 50%, определите модуль отношения изменения температуры газа при изобарном процессе ΔT_{12} к изменению его температуры ΔT_{34} при изохорном процессе.



31

Одни и те же элементы соединены в электрическую цепь сначала по схеме 1, а затем по схеме 2 (см. рисунок). Сопротивление резистора равно R , сопротивление амперметра $\frac{1}{10}R$, сопротивление вольтметра $9R$. Каковы показания вольтметра в первой схеме, если во второй схеме они равны U_2 ? Внутренним сопротивлением источника и сопротивлением проводов пренебречь.

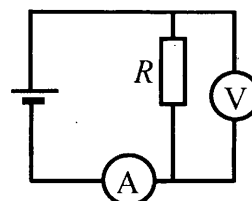


Схема 1

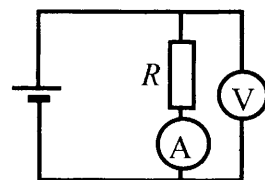
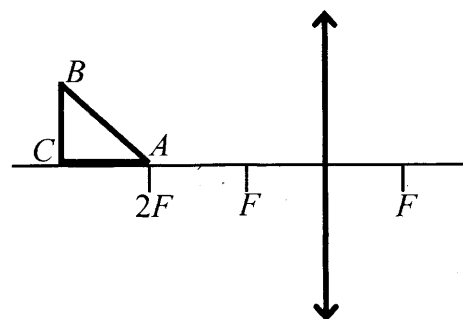


Схема 2

32

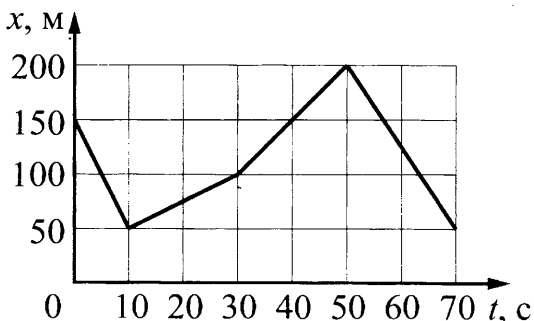
Равнобедренный прямоугольный треугольник ABC расположен перед тонкой собирающей линзой оптической силой 2,5 дптр так, что его катет AC лежит на главной оптической оси линзы (см. рисунок). Вершина прямого угла C лежит дальше от центра линзы, чем вершина острого угла A , расстояние от центра линзы до точки A равно удвоенному фокусному расстоянию линзы, $AC = 4$ см. Постройте изображение треугольника и найдите площадь получившейся фигуры.



При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания (1–24) запишите номер выбранного ответа или ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

На рисунке представлен график зависимости координаты x велосипедиста от времени t . На каком интервале времени проекция скорости велосипедиста на ось Ox $v_x = -10$ м/с?



- 1) от 0 до 10 с
- 2) от 50 до 70 с
- 3) от 10 до 30 с
- 4) от 30 до 50 с

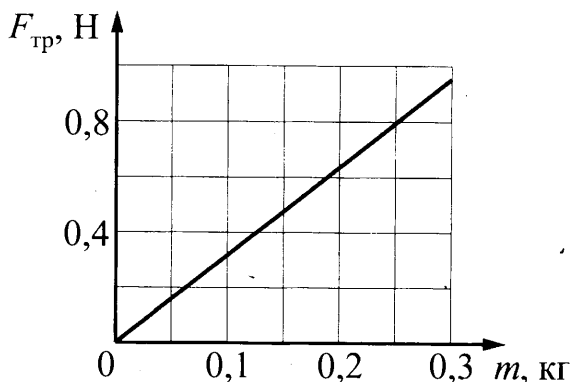
2

Автомобиль массой 10^3 кг движется с постоянной по модулю скоростью по выпуклому мосту. Автомобиль действует на мост в верхней его точке с силой $F = 9000$ Н. Сила, с которой мост действует на автомобиль, равна

- 1) 1000 Н и направлена вертикально вверх
- 2) 19 000 Н и направлена вертикально вниз
- 3) 9000 Н и направлена вертикально вниз
- 4) 9000 Н и направлена вертикально вверх

3

При исследовании зависимости силы трения скольжения $F_{\text{тр}}$ деревянного бруска по горизонтальной поверхности стола от массы m бруска получен график, представленный на рисунке. Согласно графику в этом исследовании коэффициент трения равен



Ответ: _____.

4

Легковой автомобиль и грузовик движутся по мосту. Масса легкового автомобиля $m = 1000$ кг. Какова масса грузовика, если отношение значений потенциальной энергии грузовика и легкового автомобиля относительно уровня воды равно 4?

Ответ: _____ кг.

5

Груз массой 200 г, подвешенный на пружине, совершает колебания с частотой 4 Гц. С какой частотой будет совершать колебания груз 50 г, если его подвесить на ту же пружину?

Ответ: _____ Гц.

6

В результате торможения в верхних слоях атмосферы высота полёта искусственного спутника над Землёй уменьшилась с 400 до 300 км. Как изменились в результате этого кинетическая энергия спутника и период его 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.

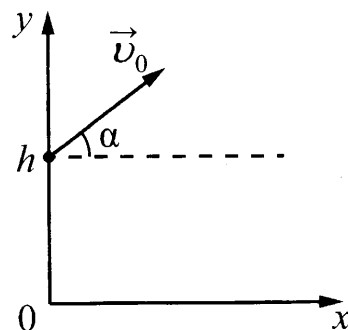
Кинетическая энергия	Период обращения

7

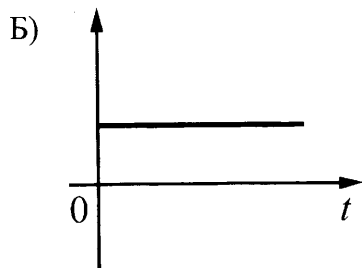
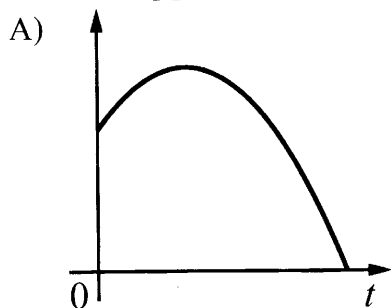
Мячик бросают с начальной скоростью \vec{v}_0 под углом α к горизонту с балкона высотой h (см. рисунок). Сопротивлением воздуха пренебречь. Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полёта, от времени t .

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

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



ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) координата x мячика
- 2) проекция скорости мячика на ось x
- 3) кинетическая энергия мячика
- 4) координата y мячика

Ответ:

А	Б

8

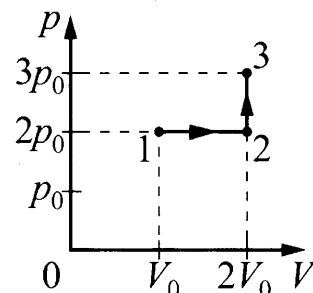
При $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ вода кристаллизуется и переходит из жидкого состояния в твёрдое. В процессе кристаллизации

- 1) уменьшается температура, возрастает внутренняя энергия
- 2) уменьшаются и температура, и внутренняя энергия
- 3) уменьшается внутренняя энергия, не изменяется температура
- 4) уменьшается температура, не изменяется внутренняя энергия

9

Идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления газа от объёма. Работа, совершённая при этом газом, равна

- 1) $6p_0V_0$
- 2) $2p_0V_0$
- 3) $4p_0V_0$
- 4) p_0V_0



10

Определите, каково должно быть примерное отношение масс $\frac{m_{\text{Fe}}}{m_{\text{Al}}}$ железного и алюминиевого тел, чтобы при получении одного и того же количества теплоты они нагрелись на одно и то же число градусов.

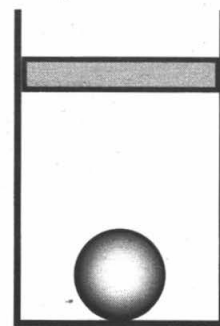
Ответ: _____.

11

В цилиндрическом сосуде под поршнем находится газ. Поршень может перемещаться в сосуде без трения. На дне сосуда лежит стальной шарик (см. рисунок). Из сосуда выпускается половина газа при неизменной температуре. Как изменится в результате этого объём газа, его давление и действующая на шарик архимедова сила?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится



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

Давление газа	Архимедова сила

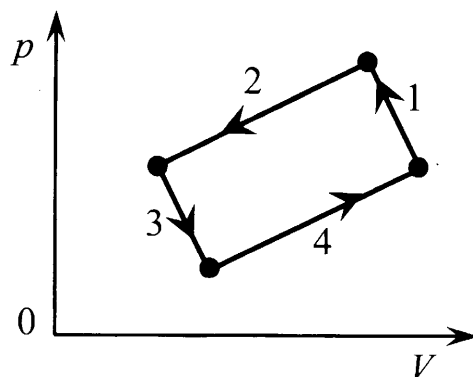
12

На рисунке изображена диаграмма четырёх последовательных изменений состояния 2 моль идеального газа. Какие процессы связаны с наименьшими положительными значениями работы газа и работы внешних сил?

Установите соответствие между такими процессами и номерами процессов на диаграмме.

К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и

запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕССЫ

- А) работа газа положительна и минимальна
Б) работа внешних сил положительна и минимальна

НОМЕРА ПРОЦЕССОВ

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

Ответ:

А	Б

13

На плоскую непрозрачную пластину с двумя узкими параллельными щелями падает по нормали плоская монохроматическая волна из красной части видимого спектра. За пластиной на параллельном ей экране наблюдается интерференционная картина. Если использовать монохроматический свет из зелёной части видимого спектра, то

- 1) интерференционная картина исчезнет
- 2) расстояние между интерференционными полосами не изменится
- 3) расстояние между интерференционными полосами уменьшится
- 4) расстояние между интерференционными полосами увеличится

14

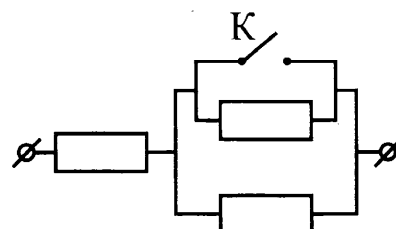
Магнитная стрелка компаса зафиксирована на оси (северный полюс затемнён, см. рисунок). К компасу поднесли сильный постоянный полосовой магнит и освободили стрелку. В каком положении установится стрелка?



- 1) повернётся на 90° по часовой стрелке
- 2) останется в прежнем положении
- 3) повернётся на 90° против часовой стрелки
- 4) повернётся на 180°

15

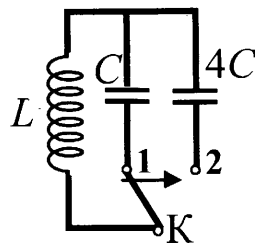
Каждый из резисторов в схеме, изображенной на рисунке, имеет сопротивление 150 Ом. Каким будет сопротивление участка цепи, если ключ К замкнуть?



Ответ: _____ Ом.

16

Если ключ К находится в положении 1, то период собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок) равен 3 мс. Насколько увеличится период собственных электромагнитных колебаний в контуре, если ключ перевести из положения 1 в положение 2? Ответ запишите в миллисекундах.



Ответ: _____ мс.

17

Плоский конденсатор подключён к гальваническому элементу. Как изменятся при уменьшении зазора между обкладками конденсатора ёмкость конденсатора и величина заряда на его обкладках?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Ёмкость конденсатора	Величина заряда конденсатора

18

В первой экспериментальной установке отрицательно заряженная частица влетает в однородное магнитное поле так, что вектор скорости \vec{v}_0 перпендикулярен индукции магнитного поля (рис. 1). Во второй экспериментальной установке вектор скорости \vec{v}_0 такой же частицы параллелен напряжённости электрического поля (рис. 2).

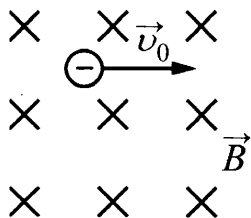


Рис. 1

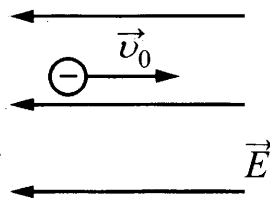


Рис. 2

Установите соответствие между экспериментальными установками и траекториями движения частиц в них.

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

ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦЫ

- А) в первой установке
- Б) во второй установке

ТРАЕКТОРИЯ

- 1) прямая линия
- 2) окружность
- 3) спираль
- 4) парабола

Ответ:

А	Б

19

Пучок света падает на собирающую линзу параллельно её главной оптической оси на расстоянии h от этой оси. Линза находится в вакууме, её фокусное расстояние равно F . С какой скоростью распространяется свет за линзой? Скорость света от неподвижного источника в вакууме равна c .

1) $\frac{c\sqrt{(F^2 + h^2)}}{F}$

2) c

3) $\frac{ch}{F}$

4) $\frac{Fc}{F + h}$

20

Деление ядра урана тепловыми нейтронами описывается реакцией

${}_0^1n + {}_{92}^{235}\text{U} \longrightarrow {}_X^Y\text{Z} + {}_{56}^{139}\text{Ba} + 3{}_0^1n + 7\gamma$. При этом образовалось ядро химического элемента ${}_X^Y\text{Z}$. Какое ядро образовалось?

1) ${}_{36}^{94}\text{Kr}$

2) ${}_{36}^{88}\text{Kr}$

3) ${}_{42}^{88}\text{Mo}$

4) ${}_{42}^{94}\text{Mo}$

21

Какова длина волны электромагнитного излучения, в котором импульс фотонов равен $1 \cdot 10^{-27}$ кг·м/с? Ответ запишите в нанометрах.

Ответ: _____ нм.

22

При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй – только зелёный. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли напряжение запираения.

Как изменятся частота световой волны и напряжение запираения при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

1) увеличится

2) уменьшится

3) не изменится

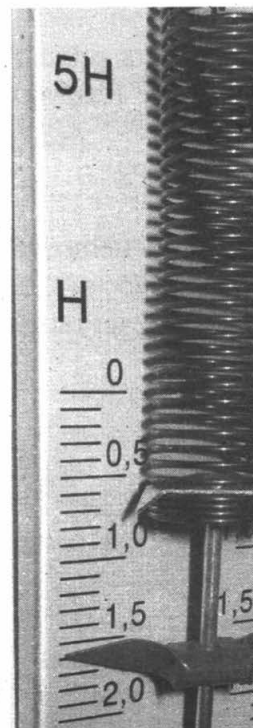
Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота волны света, падающего на фотоэлемент	Напряжение запираения

23

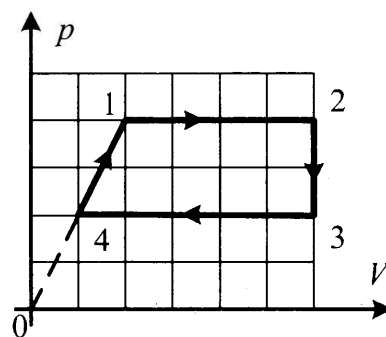
Ученик измерял силу тяжести, действующую на груз. Показания динамометра приведены на фотографии. Погрешность измерения равна цене деления динамометра. В каком случае показания динамометра записаны верно?

- 1) $(1,6 \pm 0,2) \text{ Н}$
- 2) $(1,4 \pm 0,2) \text{ Н}$
- 3) $(2,4 \pm 0,1) \text{ Н}$
- 4) $(1,6 \pm 0,1) \text{ Н}$



24

Один моль идеального одноатомного газа совершает циклический процесс 1-2-3-4-1, график которого показан на рисунке в координатах p - V . Из предложенного перечня утверждений выберите **два** правильных и укажите их номера.



- 1) В процессе 1-2 газ совершает отрицательную работу;
- 2) В процессе 2-3 газу сообщают некоторое количество теплоты;
- 3) В процессе 3-4 газ отдает некоторое количество теплоты в окружающую среду;
- 4) В процессе 4-1 внутренняя энергия газа остается неизменной;
- 5) Работа, совершенная газом в процессе 1-2, в 1,6 раза больше работы, совершенной над газом в процессе 3-4.

Ответ:

--	--

Часть 2

При выполнении заданий 25-27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25

Снаряд массой 2 кг, летящий со скоростью 100 м/с, разрывается на два осколка. Один из осколков летит под углом 90° к первоначальному направлению. Под каким углом к этому направлению полетит второй осколок, если его масса 1 кг, а скорость 400 м/с?

Ответ: _____ $^\circ$.

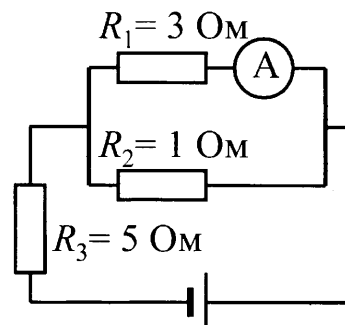
26

При уменьшении абсолютной температуры на 600 К средняя кинетическая энергия теплового движения молекул неона уменьшилась в 4 раза. Какова начальная температура газа?

Ответ: _____ К.

27

В цепи, изображённой на рисунке, идеальный амперметр показывает 1 А. Найдите напряжение на резисторе R_3 .



Ответ: _____ В.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Для записи ответов на задания этой части (28–32) используйте бланк ответов № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

28

При изучении давления света проведены два опыта с одним и тем же лазером. В первом опыте свет лазера направляется на пластинку, покрытую сажей, а во втором – на зеркальную пластинку такой же площади. В обоих опытах пластинки находятся на одинаковом расстоянии от лазера и свет падает перпендикулярно поверхности пластинок.

Как изменится сила давления света на пластинку во втором опыте по сравнению с первым? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.

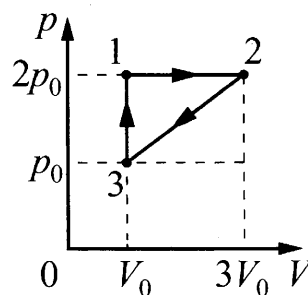
Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

29

Снаряд, движущийся со скоростью v_0 , разрывается на две равные части, одна из которых продолжает движение по направлению движения снаряда, а другая – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается за счёт энергии взрыва на величину ΔE . Скорость осколка, движущегося вперёд по направлению движения снаряда, равна v_1 . Найдите массу m осколка.

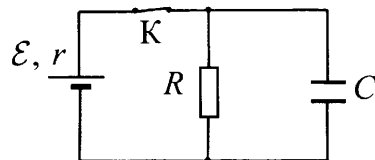
30

Изменение состояния постоянной массы одноатомного идеального газа происходит по циклу, показанному на рисунке. При переходе из состояния 1 в состояние 2 газ совершает работу $A_{12} = 5$ кДж. Какое количество теплоты газ отдаёт за цикл холодильнику?



31

В электрической схеме, показанной на рисунке, ключ K замкнут. ЭДС батареи $\mathcal{E} = 12$ В, ёмкость конденсатора $C = 0,2$ мкФ. После размыкания ключа K в результате разряда конденсатора на резисторе выделяется количество теплоты $Q = 10$ мкДж. Найдите отношение внутреннего сопротивления батареи к сопротивлению резистора $\frac{r}{R}$.



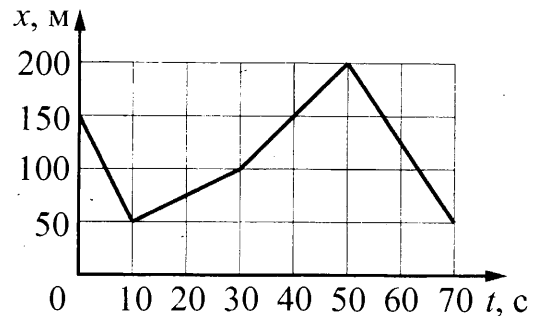
32

Плоская горизонтальная фигура площадью $S = 0,1$ м², ограниченная проводящим контуром сопротивлением 5 Ом, находится в однородном магнитном поле. Проекция вектора магнитной индукции на вертикальную ось O_z медленно и равномерно возрастает от начального значения $B_{1z} = 0,7$ Тл до конечного значения $B_{2z} = 4,7$ Тл. Какой заряд за это время протекает по контуру?

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания (1–24) запишите номер выбранного ответа или ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

На рисунке представлен график зависимости координаты x велосипедиста от времени t . Определите по графику интервал времени после начала движения, когда проекция скорости велосипедиста на ось Ox равна $2,5$ м/с.



- 1) от 0 до 10 с
- 2) от 50 до 70 с
- 3) от 10 до 30 с
- 4) от 30 до 50 с

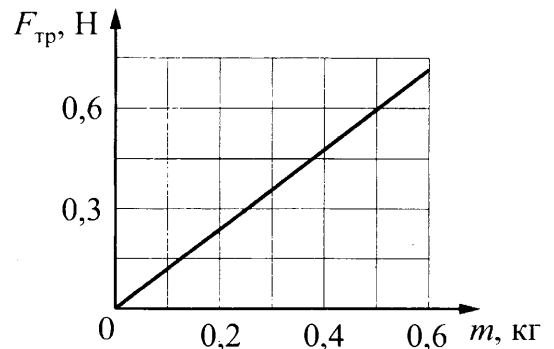
2

Мальчик медленно поднимает гирию, действуя на неё с силой 100 Н. Гирия действует на руку мальчика с силой

- 1) меньше 100 Н, направленной вниз
- 2) 100 Н, направленной вниз
- 3) больше 100 Н, направленной вниз
- 4) 100 Н, направленной вверх

3

При исследовании зависимости силы трения скольжения $F_{\text{тр}}$ деревянного бруска по горизонтальной поверхности стола от массы m бруска получен график, представленный на рисунке. Согласно графику в этом исследовании коэффициент трения равен



Ответ: _____.

4

Легковой автомобиль и грузовик движутся по мосту. Каково отношение массы грузовика к массе легкового автомобиля, если отношение значений их потенциальной энергии относительно уровня воды равно 3 ?

Ответ: _____.

5

Груз, подвешенный на пружине жесткостью 50 Н/м, совершает колебания с частотой 4 Гц. С какой частотой будет совершать колебания этот же, если его подвесить на пружину жесткостью 200 Н/м?

Ответ: _____ Гц.

6

В результате торможения в верхних слоях атмосферы высота полёта искусственного спутника над Землёй уменьшилась с 400 до 300 км. Как изменились в результате этого скорость спутника и его центростремительное ускорение? 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.

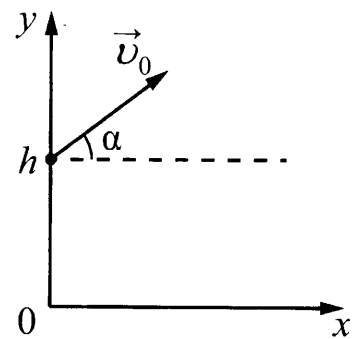
Скорость	Ускорение

7

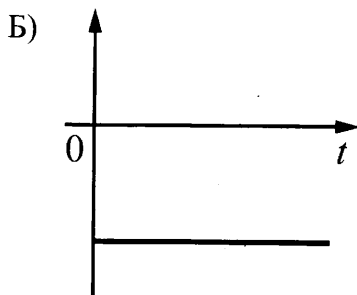
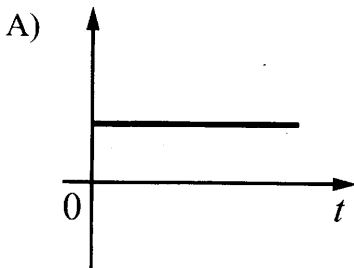
Мячик бросают с начальной скоростью \vec{v}_0 под углом α к горизонту с балкона высотой h (см. рисунок). Сопротивлением воздуха пренебречь. Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полета, от времени t .

Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять. (Потенциальная энергия мячика отсчитывается от уровня $y = 0$.)

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



ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) потенциальная энергия мячика
- 2) полная механическая энергия мячика
- 3) кинетическая энергия мячика
- 4) проекция ускорения мячика на ось y

Ответ:

А	Б

8

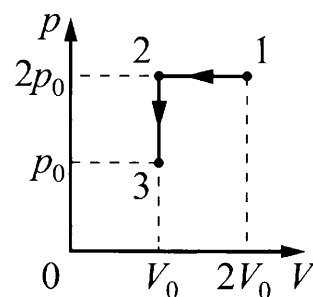
При плавлении вещество переходит из твёрдого состояния в жидкое. При этом

- 1) не меняется температура, возрастает внутренняя энергия
- 2) возрастает температура, не изменяется внутренняя энергия
- 3) не меняются ни температура, ни внутренняя энергия
- 4) возрастают и температура, и внутренняя энергия

9

Идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления газа от объёма. Работа внешних сил при этом равна

- 1) $p_0 V_0$
- 2) $\frac{1}{2} p_0 V_0$
- 3) $4 p_0 V_0$
- 4) $2 p_0 V_0$



10

Алюминиевому и железному цилиндрам одинаковой массы сообщили одинаковое количество теплоты. Определите примерное отношение изменения температур этих цилиндров $\frac{\Delta t_{\text{Al}}}{\Delta t_{\text{Fe}}}$.

тур этих цилиндров $\frac{\Delta t_{\text{Al}}}{\Delta t_{\text{Fe}}}$.

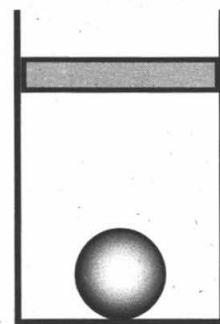
Ответ: _____.

11

В цилиндрическом сосуде под поршнем находится газ. Поршень может перемещаться в сосуде без трения. На дне сосуда лежит стальной шарик (см. рисунок). Газ нагревают. Как изменится в результате этого объём газа и действующая на шарик архимедова сила?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится



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

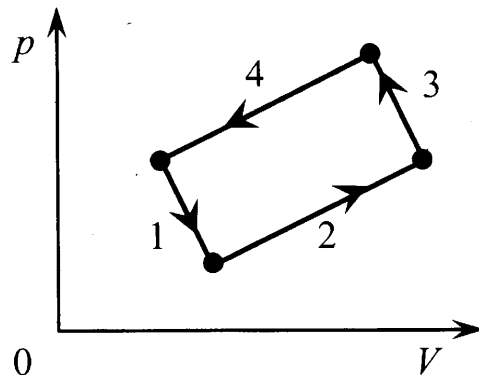
Объём газа	Архимедова сила

12

На рисунке изображена диаграмма четырёх последовательных изменений состояния 2 моль идеального газа. Какие процессы связаны с наименьшим положительным значением работы газа и наибольшим положительным значением работы внешних сил?

Установите соответствие между такими процессами и номерами процессов на диаграмме.

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



ПРОЦЕССЫ

А) работа газа положительна
и минимальна

Б) работа внешних сил положительна
и максимальна

НОМЕРА ПРОЦЕССОВ

1) 1

2) 2

3) 3

4) 4

Ответ:

А	Б

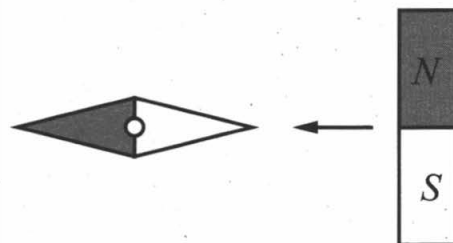
13

На плоскую непрозрачную пластину с узкими параллельными щелями падает по нормали плоская монохроматическая волна красного света. За пластиной на параллельном ей экране наблюдается картина из многих интерференционных полос. Если расстояние между щелями сделать в 2 раза меньше, то

- 1) расстояние между интерференционными полосами не изменится
- 2) расстояние между интерференционными полосами уменьшится
- 3) интерференционная картина исчезнет
- 4) расстояние между интерференционными полосами увеличится

14

Магнитная стрелка компаса зафиксирована на оси (северный полюс затемнён, см. рисунок). К компасу поднесли сильный постоянный полосовой магнит и освободили стрелку. В каком положении установится стрелка?



- 1) повернётся на 90° против часовой стрелки
- 2) в прежнем положении
- 3) повернётся на 90° по часовой стрелке
- 4) повернётся на 180°

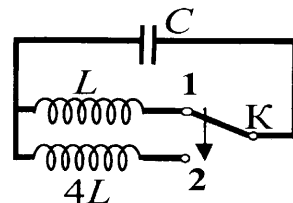
15

Участок цепи состоит из четырёх последовательно соединённых резисторов, сопротивления которых равны 10 Ом, 20 Ом, 30 Ом и 40 Ом. Каким должно быть сопротивление пятого резистора, добавленного в этот участок последовательно к первым четырём, чтобы суммарное сопротивление участка увеличилось в 3 раза?

Ответ: _____ Ом.

16

Если ключ К находится в положении 1, то частота собственных электромагнитных колебаний в контуре (см. рисунок) равна 4 кГц. Насколько уменьшится частота собственных электромагнитных колебаний в контуре, если ключ перевести из положения 1 в положение 2? Ответ запишите в килогерцах.



Ответ: _____ кГц.

17

Плоский воздушный конденсатор с диэлектриком между пластинами подключён к аккумулятору. Не отключая конденсатор от аккумулятора, диэлектрик удалили из конденсатора. Как изменятся при этом ёмкость конденсатора и разность потенциалов между его обкладками?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Ёмкость конденсатора	Разность потенциалов между обкладками конденсатора

18

В первой экспериментальной установке положительно заряженная частица влетает в однородное магнитное поле так, что вектор \vec{v}_0 перпендикулярен индукции магнитного поля (рис. 1). Во второй экспериментальной установке вектор \vec{v}_0 той же частицы параллелен напряжённости электрического поля (рис. 2).

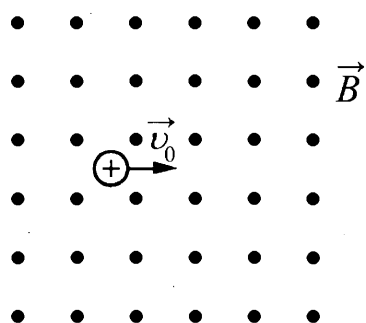


Рис. 1

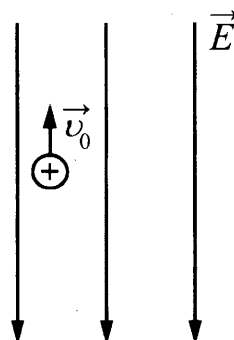


Рис. 2

Установите соответствие между экспериментальной установкой и траекторией движения частицы в ней.

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

ДВИЖЕНИЕ ЧАСТИЦЫ

- А) в первой установке
Б) во второй установке

ТРАЕКТОРИЯ

- 1) спираль
2) прямая линия
3) окружность
4) парабола

Ответ:

А	Б

19

Монохроматический луч света падает по нормали на находящуюся в вакууме стеклянную призму с показателем преломления $n = 1,51$. С какой скоростью распространяется свет по выходе из призмы? Скорость света от неподвижного источника в вакууме равна c .

- 1) c 2) $\frac{1}{2}nc$ 3) $\frac{c}{n}$ 4) $c(n - 1)$

20

Реакция деления урана тепловыми нейтронами происходит в соответствии с уравнением ${}_0^1n + {}_{92}^{233}U \longrightarrow {}_X^Y Z + {}_{52}^{131}Te + 5{}_0^1n + 6\gamma$. При этом образуется ядро химического элемента ${}_X^Y Z$. Что это за ядро?

- 1) ${}_{38}^{98}Sr$
2) ${}_{40}^{92}Zr$
3) ${}_{46}^{98}Pd$
4) ${}_{40}^{98}Zr$

21

Какова длина волны электромагнитного излучения, в котором импульс фотонов равен $3 \cdot 10^{-26}$ кг·м/с ? Ответ запишите в нанометрах.

Ответ: _____ нм .

22

При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от частоты падающего света фотоэлемент освещался через светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только синий свет, а во второй – только зелёный. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли напряжение задерживания.

Как изменятся длина световой волны и работа выхода при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличится
2) уменьшится
3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина волны света, падающего на фотоэлемент	Работа выхода

23

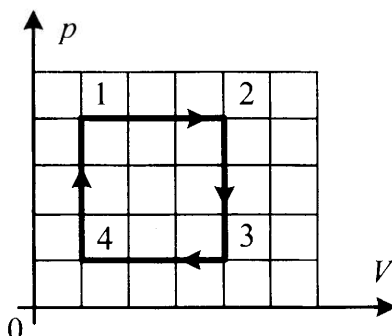
Ученик измерял силу тяжести, действующую на груз. Показания динамометра приведены на фотографии. Погрешность измерения равна цене деления динамометра. В каком случае показания динамометра записаны верно?



- 1) $(4,3 \pm 0,1) \text{ Н}$
- 2) $(4,3 \pm 0,2) \text{ Н}$
- 3) $(4,6 \pm 0,1) \text{ Н}$
- 4) $(4,3 \pm 0,3) \text{ Н}$

24

Один моль идеального одноатомного газа совершает циклический процесс 1-2-3-4-1, график которого показан на рисунке в координатах p - V . Из предложенного перечня утверждений выберите **два** правильных и укажите их номера.



- 1) В процессе 1-2 внутренняя энергия газа увеличивается;
- 2) В процессе 2-3 газ совершает положительную работу;
- 3) В процессе 3-4 газу сообщают некоторое количество теплоты;
- 4) В процессе 4-1 температура газа увеличивается в 4 раза;
- 5) Работа, совершенная газом в процессе 1-2, в 3 раза больше работы, совершенной над газом в процессе 3-4.

Ответ:

--	--

При выполнении заданий 25–27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 25 Снаряд массой 2 кг, летящий со скоростью 100 м/с, разбивается на два осколка. Один из осколков летит под углом 90° к первоначальному направлению, а второй – под углом 60° . Какова масса второго осколка, если его скорость равна 400 м/с?

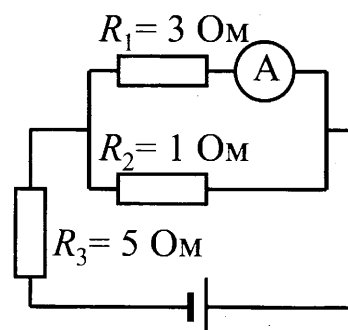
Ответ: _____ кг.

- 26 При увеличении абсолютной температуры на 600 К средняя кинетическая энергия теплового движения молекул гелия увеличилась в 4 раза. Какова конечная температура газа?

Ответ: _____ К.

- 27 В цепи, изображённой на рисунке, идеальный амперметр показывает 1 А. Найдите ЭДС источника, если его внутреннее сопротивление 1 Ом.

Ответ: _____ В.



Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Для записи ответов на задания этой части (28–32) используйте бланк ответов № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

- 28 На площадку падает зелёный свет от лазера. Лазер заменяют на другой, который генерирует красный свет. Мощность излучения, падающего на площадку, в обоих случаях одна и та же. Как меняется в результате такой замены число фотонов, падающих на площадку в единицу времени? Укажите закономерности, которые Вы использовали при обосновании своего ответа.

Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

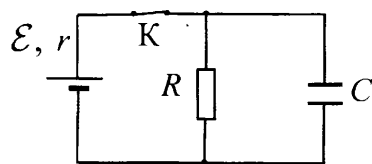
- 29 Снаряд массой $2m$ разбивается в полёте на две равные части, одна из которых продолжает движение по направлению движения снаряда, а другая – в противоположную сторону. В момент разрыва суммарная кинетическая энергия осколков увеличивается за счёт энергии взрыва на величину ΔE . Модуль скорости осколка, движущегося по направлению движения снаряда, равен v_1 , а модуль скорости второго осколка равен v_2 . Найдите ΔE .

30

Изменение состояния постоянной массы одноатомного идеального газа происходит по циклу, показанному на рисунке. При переходе газа из состояния 2 в состояние 3 внешние силы совершают работу $A_{23} = 5$ кДж. Какое количество теплоты газ получает за цикл от нагревателя?

31

В электрической схеме, показанной на рисунке, ключ К замкнут. ЭДС батарейки $\mathcal{E} = 12$ В, ёмкость конденсатора $C = 0,2$ мкФ. Отношение внутреннего сопротивления батарейки к сопротивлению резистора $k = \frac{r}{R} = 0,2$. Найдите количество теплоты,



которое выделяется на резисторе после размыкания ключа К в результате разряда конденсатора.

32

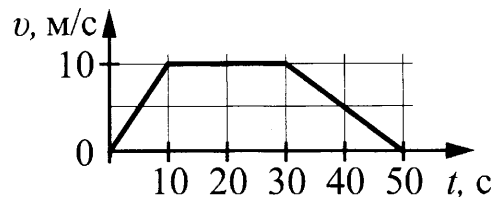
Плоская горизонтальная фигура площадью $0,1$ м², ограниченная проводящим контуром, имеющим сопротивление 5 Ом, находится в однородном магнитном поле. Проекция вектора магнитной индукции на вертикальную ось Oz медленно и равномерно возрастает от некоторого начального значения B_{1z} до конечного значения $B_{2z} = 4,7$ Тл. За это время по контуру протекает заряд $\Delta q = 0,08$ Кл. Найдите B_{1z} .

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания (1–24) запишите номер выбранного ответа или ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

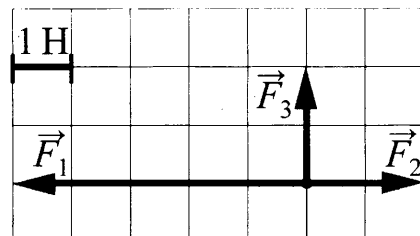
На рисунке представлен график зависимости модуля скорости v автомобиля от времени t . Определите по графику путь, пройденный автомобилем в интервале времени от 0 до 30 с.



- 1) 50 м 2) 100 м 3) 250 м 4) 200 м

2

На рисунке показаны силы, действующие на материальную точку. Модуль равнодействующей силы (в заданном масштабе) равен



- 1) $\sqrt{13}$ Н
2) $2\sqrt{5}$ Н
3) 6 Н
4) $3\sqrt{2}$ Н

3

При исследовании зависимости силы трения скольжения $F_{\text{тр}}$ от силы нормального давления $F_{\text{д}}$ были получены следующие данные:

$F_{\text{тр}}, \text{ Н}$	1,0	2,0	3,0	4,0
$F_{\text{д}}, \text{ Н}$	2,0	4,0	6,0	8,0

Из результатов исследования можно сделать вывод, что коэффициент трения скольжения равен

Ответ: _____.

4

Тело движется по прямой. Начальный импульс тела равен $60 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$. Под действием постоянной силы величиной 10 Н , направленной вдоль этой прямой, за 5 с импульс тела уменьшился и стал равен

Ответ: _____ $\text{кг} \cdot \text{м/с}$.

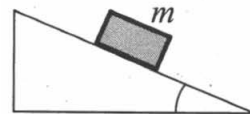
5

Подвешенный на нити алюминиевый кубик целиком погружён в воду и не касается дна сосуда. Длина ребра кубика равна 10 см . На кубик действует выталкивающая (архимедова) сила

Ответ: _____ Н.

6

С вершины наклонной плоскости из состояния покоя скользит с ускорением брусок массой m (см. рисунок). Как изменится ускорение бруска и сила трения, действующая на брусок, если с той же наклонной плоскости будет скользить брусок из того же материала массой $3m$? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:



- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Ускорение	Сила трения

7

Тело, брошенное со скоростью v под углом α к горизонту, в течение времени t поднимается на максимальную высоту h над горизонтом. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно определить.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) время подъёма t на максимальную высоту
- Б) максимальная высота h над горизонтом

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}$
- 2) $\frac{v \cos^2 \alpha}{g}$
- 3) $\frac{v^2 \sin 2\alpha}{2g}$
- 4) $\frac{v \sin \alpha}{g}$

Ответ:

А	Б

8

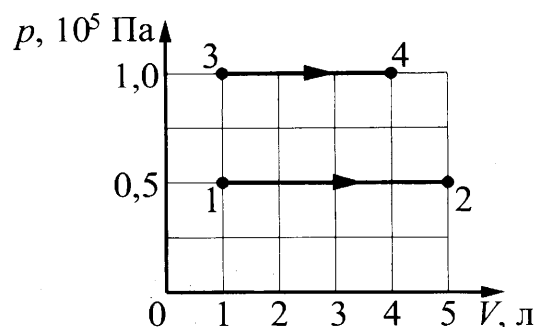
Висящее на морозе мокрое бельё сначала становится твёрдым (вода кристаллизуется), а затем постепенно высыхает. Кристаллы льда, минуя жидкую фазу, сразу переходят из твёрдого состояния в газообразное. При таком переходе

- 1) возрастает температура и внутренняя энергия
- 2) возрастает температура, уменьшается внутренняя энергия
- 3) возрастает температура, не изменяется внутренняя энергия
- 4) возрастает внутренняя энергия, не меняется температура

9

На рисунке показано расширение водорода двумя способами: 1–2 и 3–4. Сравните работу газа сил при этих процессах.

- 1) $A_{34} = 2A_{12}$
- 2) $A_{34} = A_{12} = 0$
- 3) $A_{34} = A_{12} \neq 0$
- 4) $A_{34} = 1,5A_{12}$



10

Находясь в цилиндре двигателя, газ получил от нагревателя количество теплоты, равное 10 кДж. Затем он расширился, совершив работу 15 кДж. На сколько в результате всех этих процессов уменьшилась внутренняя энергия газа? Ответ запишите в килоджоулях.

Ответ: _____ кДж.

11

Объём сосуда с идеальным газом увеличили вдвое, выпустив половину газа и поддерживая температуру в сосуде постоянной. Как изменились при этом давление газа в сосуде и его плотность?

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.

Давление газа в сосуде	Плотность газа в сосуде

12

Температура нагревателя идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, равна T_1 , а температура холодильника равна T_2 . За цикл двигатель получает от нагревателя количество теплоты Q_1 . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) КПД двигателя
- Б) работа, совершаемая двигателем за цикл

ФОРМУЛЫ

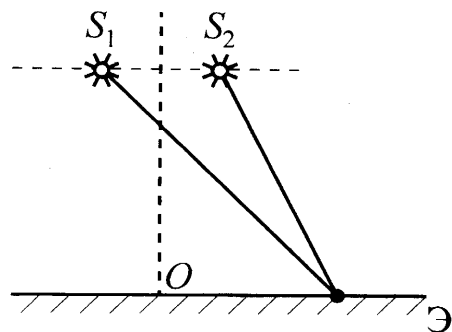
- 1) $1 - \frac{T_2}{T_1}$
- 2) $\frac{Q_1(T_1 - T_2)}{T_1}$
- 3) $\frac{T_1 - T_2}{T_2}$
- 4) $\frac{Q_1 T_2}{T_1}$

Ответ:

А	Б

13

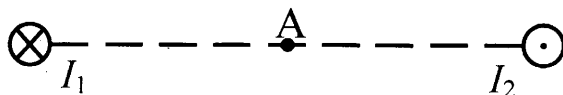
Точечные источники света S_1 и S_2 находятся близко друг от друга и создают на удалённом экране Э устойчивую интерференционную картину (см. рисунок). Это возможно, если S_1 и S_2 – малые отверстия в непрозрачном экране, освещённые



- 1) одно зелёным лазером, другое красным
- 2) лучом одного лазера
- 3) каждое своей лампочкой накаливания
- 4) каждое своей горящей свечой

14

Магнитное поле $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$ создано в точке А двумя параллельными длинными проводниками с токами I_1 и I_2 , расположенными перпендикулярно плоскости чертежа. Векторы \vec{B}_1 и \vec{B}_2 в точке А направлены в плоскости чертежа следующим образом:



- 1) \vec{B}_1 – вниз, \vec{B}_2 – вверх
- 2) \vec{B}_1 – вверх, \vec{B}_2 – вверх
- 3) \vec{B}_1 – вниз, \vec{B}_2 – вниз
- 4) \vec{B}_1 – вверх, \vec{B}_2 – вниз

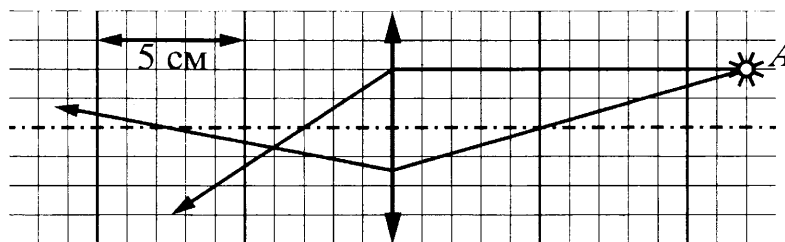
15

Силы электростатического взаимодействия между двумя точечными заряженными телами равны по модулю 20 мН. Каким станет модуль этих сил, если заряд каждого тела увеличить в 3 раза? Ответ запишите в миллиньютонх.

Ответ: _____ мН.

16

На рисунке показан ход двух лучей от точечного источника света А через тонкую линзу.



Какова приблизительно оптическая сила этой линзы? Ответ округлите до целых.

Ответ: _____ дптр.

17

В прозрачном сосуде, заполненном водой, находится дифракционная решётка. Решётка освещается лучом света лазерной указки, падающим перпендикулярно её поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменятся частота световой волны, падающей на решётку, и угол между падающим лучом и первым дифракционным максимумом при удалении воды из сосуда?
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Частота волны света, достигающего решётки	Угол между нормалью к решётке и первым дифракционным максимумом

18

Пучок монохроматического света переходит из воды в воздух. Частота световой волны – ν , длина световой волны в воде – λ , показатель преломления воды относительно воздуха – n .

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

- А) скорость света в воздухе
Б) длина световой волны в воздухе

- 1) $\lambda \cdot \nu$
- 2) $\lambda \cdot n$
- 3) $\lambda \cdot \nu \cdot n$
- 4) $\frac{\lambda}{\nu} \cdot n$

Ответ:

А	Б

19

Связанная система элементарных частиц содержит 2 электрона, 3 нейтрона и 4 протона. Эта система может являться

- 1) нейтральным атомом гелия ${}^4_2\text{He}$
- 2) ионом лития ${}^9_3\text{Li}$
- 3) ионом бериллия ${}^7_4\text{Be}$
- 4) нейтральным атомом углерода ${}^9_6\text{C}$

20

Каково массовое число ядра X в реакции ${}^{241}_{95}\text{Am} + {}^4_2\text{He} \longrightarrow X + 2{}_0^1\text{n}$?

- 1) 95
- 2) 243
- 3) 97
- 4) 244

21

Какова длина волны электромагнитного излучения, в котором энергия фотонов равна $2,2 \cdot 10^{-15}$ Дж? Ответ запишите в нанометрах.

Ответ: _____ нм.

22

В ядерном реакторе цепочка ядерных реакций начинается с захвата ядром быстрого нейтрона. Как изменятся при захвате нейтрона заряд ядра и число нуклонов в ядре?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

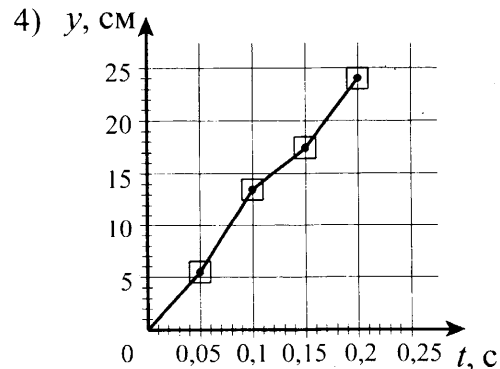
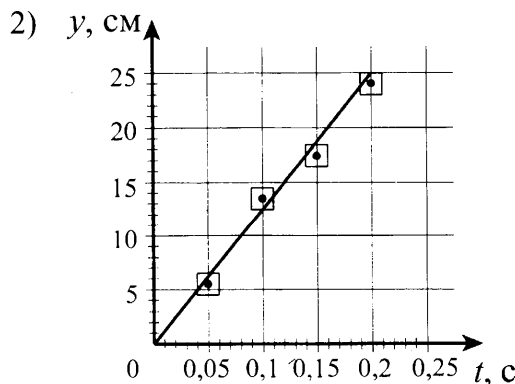
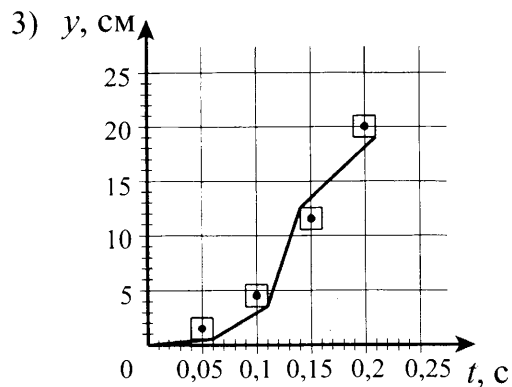
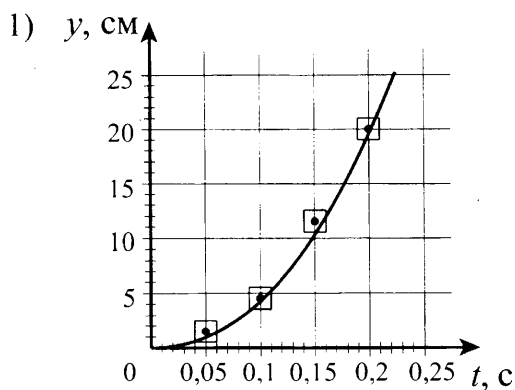
Заряд ядра	Число нуклонов в ядре

23

Ученик исследовал движение шарика, брошенного горизонтально. Для этого он измерил координаты летящего шарика в разные моменты времени его движения и заполнил таблицу:

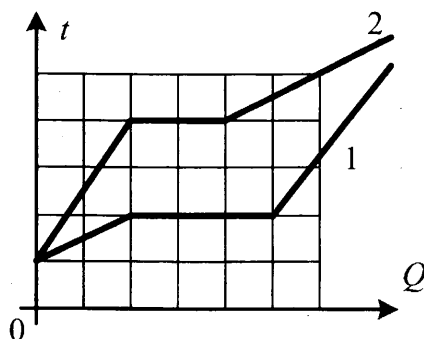
$t, \text{с}$	0	0,05	0,10	0,15	0,20
$x, \text{см}$	0	5,5	13,5	17,5	24
$y, \text{см}$	0	1,5	4,5	11,5	20

Погрешность измерения координат равна 1 см, а промежутков времени – 0,01 с. На каком из графиков верно построена зависимость координаты y шарика от времени t ?



24

На рисунке представлены графики зависимости температуры t двух тел одинаковой массы от сообщенного количества теплоты Q . Первоначально тела находились в жидком агрегатном состоянии.



Используя данные графиков, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения и укажите их номера.

- 1) Температура кипения у первого тела в 2 раза меньше, чем у второго;
- 2) Тела имеют одинаковую удельную теплоемкость в жидком агрегатном состоянии;
- 3) Удельная теплоемкость в жидком агрегатном состоянии первого тела больше в 3 раза, чем второго;
- 4) Оба тела имеют одинаковую удельную теплоту парообразования;
- 5) Температура плавления второго тела больше, чем первого.

Ответ:

--	--

Часть 2

При выполнении заданий 25–27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25

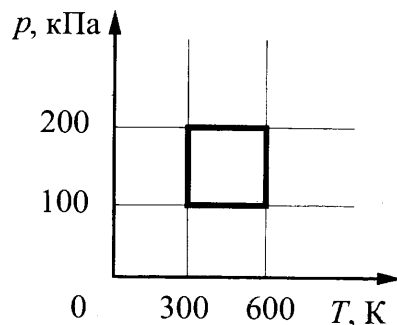
Невесомая недеформированная пружина лежит на горизонтальном столе. Один её конец закреплен, а другой касается бруска массой $M = 0,1$ кг, находящегося на том же столе. Брусок сдвигают вдоль оси пружины, сжимая пружину на $\Delta x = 1$ см, и отпускают. При последующем движении брусок приобретает максимальную скорость, равную 1 м/с. Определите жёсткость пружины. Трение не учитывать.

Ответ: _____ Н/м.

26

С идеальным газом происходит циклический процесс, pT -диаграмма которого представлена на рисунке. Наименьший объём, который занимает газ в этом процессе, составляет 60 л. Определите количество вещества этого газа. Ответ округлите до целых.

Ответ: _____ моль.



27

Предмет высотой 6 см расположен на горизонтальной главной оптической оси тонкой собирающей линзы на расстоянии 30 см от её оптического центра. Высота изображения предмета 12 см. Найдите фокусное расстояние линзы. Ответ запишите в сантиметрах.

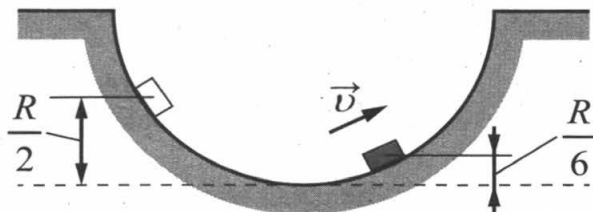
Ответ: _____ см.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Для записи ответов на задания этой части (28–32) используйте бланк ответов № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

28

Маленькая шайба движется из состояния покоя по неподвижной гладкой сферической поверхности радиусом R . Начальное положение шайбы находится на высоте $\frac{R}{2}$ от-

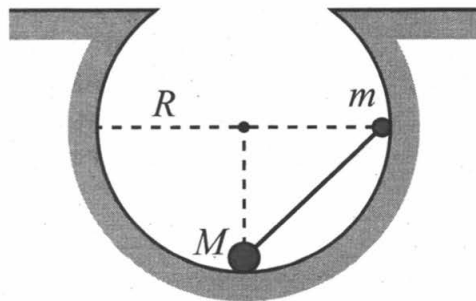


носительно нижней точки поверхности. Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на шайбу в момент, когда она движется вправо-вверх, находясь на высоте $\frac{R}{6}$ над нижней точкой поверхности (см. рисунок). Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шайбы (по радиусу поверхности, по касательной к поверхности, внутрь поверхности, наружу от поверхности). Ответ обоснуйте. Сопротивление воздуха не учитывать.

Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

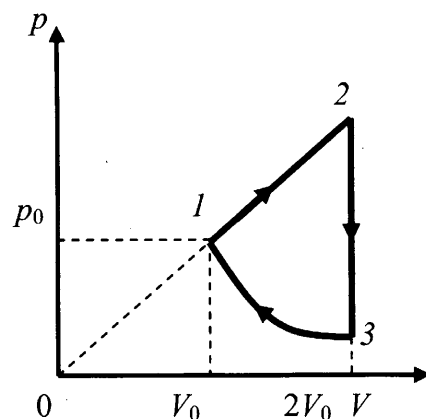
29

Небольшие шарики, массы которых $m = 30$ г и $M = 60$ г, соединены лёгким стержнем и помещены в гладкую сферическую выемку. В начальный момент шарики удерживаются в положении, изображённом на рисунке. Когда их отпустили без толчка, шарики стали скользить по поверхности выемки. Максимальная высота подъёма шарика массой M относительно нижней точки выемки оказалась равной 12 см. Каков радиус выемки R ?



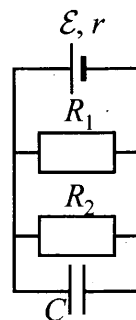
30

Над одноатомным идеальным газом проводится циклический процесс, показанный на рисунке. На участке 1–2 газ совершает работу $A_{12} = 1000$ Дж. На адиабате 3–1 внешние силы сжимают газ, совершая работу $|A_{31}| = 370$ Дж. Количество вещества газа в ходе процесса не меняется. Найдите количество теплоты $|Q_{\text{хол}}|$, отданное газом за цикл холодильнику.



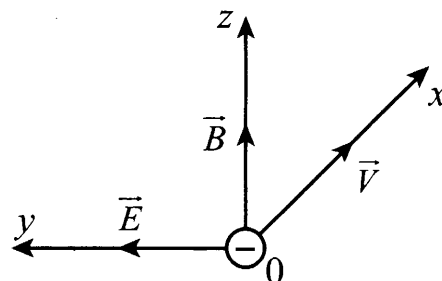
31

Источник постоянного тока с ЭДС $\mathcal{E} = 10$ В и внутренним сопротивлением $r = 0,4$ Ом подсоединён к параллельно соединённым резисторам $R_1 = 4$ Ом, $R_2 = 6$ Ом и конденсатору. Определите ёмкость конденсатора C , если энергия электрического поля конденсатора равна $W = 60$ мкДж.



32

Электроны, вылетевшие в положительном направлении оси OX под действием света с катода фотоэлемента, попадают в электрическое и магнитное поля (см. рисунок). Какой должна быть частота падающего света ν , чтобы в момент попадания самых быстрых электронов в область полей действующая на них сила была направлена против оси OY ? Работа выхода для вещества катода $2,39$ эВ, напряжённость электрического поля $3 \cdot 10^2$ В/м, индукция магнитного поля 10^{-3} Тл.

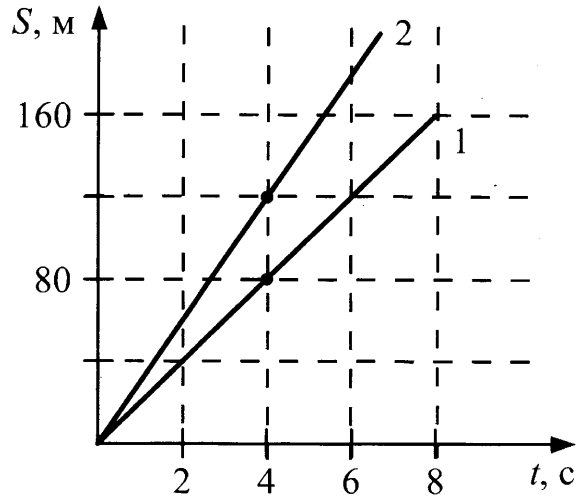


При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания (1–24) запишите номер выбранного ответа или ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

На рисунке представлены графики зависимости пройденного пути от времени для двух тел. Скорость второго тела v_2 больше скорости первого тела v_1 в n раз, где n равно

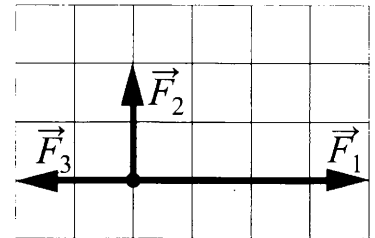
- 1) 1,5
- 2) 2
- 3) 3
- 4) 2,5



2

На рисунке показаны три силы, действующие на материальную точку. Каков модуль равнодействующей этих сил, если $F_3 = 2$ Н?

- 1) 4 Н
- 2) 8 Н
- 3) $\sqrt{8}$ Н
- 4) $\sqrt{5}$ Н



3

При исследовании зависимости силы трения скольжения $F_{тр}$ от силы нормального давления F_d были получены следующие данные:

$F_{тр}, \text{ Н}$	0,60	0,75	0,90	1,05
$F_d, \text{ Н}$	2,0	2,5	3,0	3,5

Из результатов исследования можно сделать вывод, что коэффициент трения скольжения равен

Ответ: _____.

4

Тело движется по прямой под действием постоянной силы, равной по модулю 10 Н и направленной вдоль этой прямой. Сколько времени потребуется для того, чтобы под действием этой силы импульс тела изменился на 50 кг·м/с?

Ответ: _____ с.

5

Сосновый брус объёмом 0,06 м³ плавает в воде, погрузившись на 0,4 своего объёма. На брус действует выталкивающая (архимедова) сила, равная

Ответ: _____ Н.

6

В результате перехода спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его центростремительное ускорение уменьшается. Как изменяются в результате этого перехода потенциальная энергия спутника в поле силы тяжести Земли и скорость его движения по орбите?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Потенциальная энергия	Скорость движения по орбите

7

Тело, брошенное со скоростью v под углом α к горизонту, поднимается над горизонтом на максимальную высоту h , а затем падает на расстоянии S от точки броска. Сопротивление воздуха пренебрежимо мало.

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их рассматриваемой задаче.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

- А) максимальная высота h над горизонтом
 Б) расстояние S от точки броска до точки падения

- 1) $\frac{v^2 \sin^2 \alpha}{2g}$
- 2) $\frac{v^2 \cos^2 \alpha}{g}$
- 3) $\frac{v^2 \sin 2\alpha}{g}$
- 4) $\frac{v^2 \sin \alpha}{g}$

Ответ:

А	Б

8

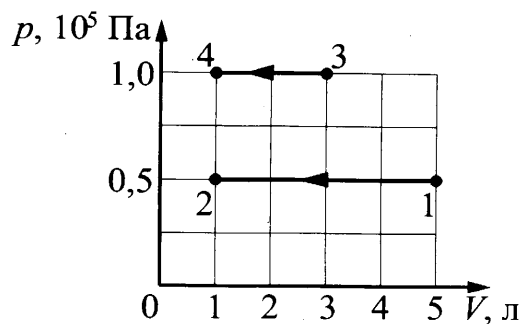
При кристаллизации вода переходит из жидкого состояния в кристаллическое. При этом переходе

- 1) уменьшается и температура, и внутренняя энергия
- 2) уменьшается температура, не изменяется внутренняя энергия
- 3) уменьшается внутренняя энергия, не изменяется температура
- 4) уменьшается температура, возрастает внутренняя энергия

9

На рисунке показано сжатие водорода двумя способами: 1–2 и 3–4. Сравните работы внешних сил при этих процессах.

- 1) $A_{12} = A_{34} = 0$
- 2) $A_{12} = A_{34} \neq 0$
- 3) $A_{12} = 2A_{34}$
- 4) $A_{12} = 0,5A_{34}$



10

Находясь в цилиндре двигателя, газ получил от нагревателя количество теплоты, равное 30 кДж, при этом его внутренняя энергия увеличилась на 20 кДж. Какую работу в результате этого совершил газ? Ответ запишите в килоджоулях.

Ответ: _____ кДж.

11

Объем сосуда с идеальным газом уменьшили вдвое и добавили в сосуд такую же массу того же газа. Температура в сосуде поддерживается постоянной. Как изменились в результате этого давление газа в сосуде и его внутренняя энергия? 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.

Давление газа в сосуде	Внутренняя энергия газа в сосуде

12

Температура нагревателя идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, равна T_1 , а температура холодильника равна T_2 . За цикл двигатель получает от нагревателя количество теплоты Q_1 . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) количество теплоты, отдаваемое двигателем за цикл холодильнику
- Б) КПД двигателя

ФОРМУЛЫ

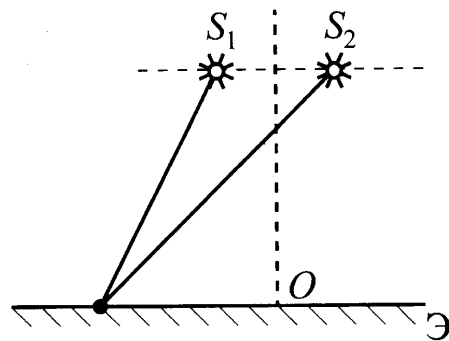
- 1) $1 - \frac{T_2}{T_1}$
- 2) $\frac{Q_1(T_1 - T_2)}{T_1}$
- 3) $\frac{T_1 - T_2}{T_2}$
- 4) $\frac{Q_1 T_2}{T_1}$

Ответ:

А	Б

13

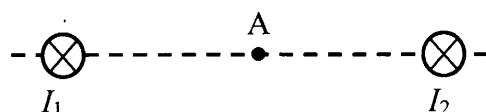
Точечные источники света S_1 и S_2 находятся близко друг от друга и создают на удалённом экране \mathcal{E} устойчивую интерференционную картину (см. рисунок). Это возможно, если S_1 и S_2 – малые отверстия в непрозрачном экране, освещённые



- 1) плоской монохроматической световой волной
- 2) одно зелёным светом, а другое красным светом
- 3) одно лампочкой накаливания, а другое горящей свечой
- 4) каждое своей лампочкой накаливания

14

Магнитное поле $\vec{B} = \vec{B}_1 + \vec{B}_2$ создано в точке А двумя параллельными длинными проводниками с токами I_1 и I_2 , расположенными перпендикулярно плоскости чертежа. Векторы \vec{B}_1 и \vec{B}_2 в точке А направлены в плоскости чертежа следующим образом:



- 1) \vec{B}_1 – вверх, \vec{B}_2 – вверх
- 2) \vec{B}_1 – вверх, \vec{B}_2 – вниз
- 3) \vec{B}_1 – вниз, \vec{B}_2 – вниз
- 4) \vec{B}_1 – вниз, \vec{B}_2 – вверх

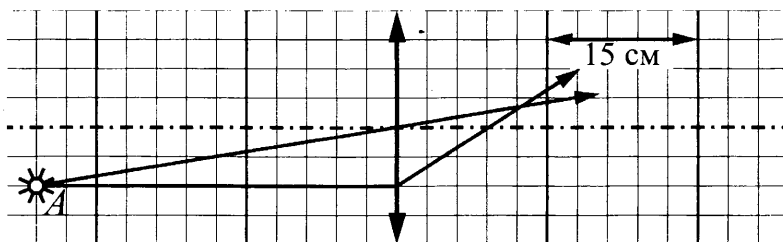
15

Силы электростатического взаимодействия между двумя точечными заряженными телами равны по модулю 80 мН. Каким станет модуль этих сил, если расстояние между ними увеличить в 2 раза? Ответ запишите в миллиньютонах.

Ответ: _____ мН.

16

На рисунке показан ход лучей от точечного источника света А через тонкую линзу.



Какова приблизительно оптическая сила этой линзы? Ответ округлите до целых.

Ответ: _____ дптр.

17

В прозрачном сосуде, заполненном водой, находится дифракционная решётка. Решётка освещается параллельным пучком монохроматического света, падающим перпендикулярно её поверхности через боковую стенку сосуда. Как изменится длина световой волны, падающей на решётку, и угол между падающим лучом и первым дифракционным максимумом при замене воды в сосуде прозрачной жидкостью с большим показателем преломления?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

Запишите в таблицу выбранные цифры для каждого ответа. Цифры в ответе могут повторяться.

Длина волны света, достигающего решётки	Угол между нормалью к решётке и первым дифракционным максимумом

18

Пучок света переходит из воздуха в воду. Скорость света в воздухе – c , длина световой волны в воздухе – λ , показатель преломления воды относительно воздуха – n . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

- А) длина световой волны в воде
Б) частота световой волны в воде

- 1) $\lambda \cdot c$
- 2) $\frac{c}{\lambda}$
- 3) $\lambda \cdot c \cdot n$
- 4) $\frac{\lambda}{n}$

Ответ:

А	Б

19

Связанная система элементарных частиц содержит 9 электронов, 13 нейтронов и 8 протонов. Эта система может являться

- 1) нейтральным атомом хлора ${}_{17}^{30}\text{Cl}$
- 2) ионом кислорода ${}_{8}^{21}\text{O}$
- 3) ионом фтора ${}_{9}^{22}\text{F}$
- 4) нейтральным атомом кислорода ${}_{8}^{13}\text{O}$

20

Какое уравнение противоречит закону сохранения электрического заряда в ядерных реакциях?

- 1) ${}^6_3\text{Li} + {}^1_1\text{p} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^3_2\text{He}$
- 2) ${}^7_4\text{Be} + {}^0_{-1}\text{e} \rightarrow {}^7_3\text{Li} + \nu_e$
- 3) ${}^8_3\text{Li} \rightarrow {}^8_4\text{Be} + {}^0_{-1}\text{e} + \bar{\nu}_e$
- 4) ${}^9_4\text{Be} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^{10}_7\text{N} + {}^1_0\text{n}$

21

Какова длина волны электромагнитного излучения, в котором энергия фотонов равна $6 \cdot 10^{-18}$ Дж? Ответ запишите в нанометрах.

Ответ: _____ нм.

22

В ядерном реакторе цепочка ядерных реакций начинается с захвата ядром быстрого нейтрона. Как изменятся при захвате нейтрона массовое число ядра и число протонов в ядре?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Массовое число ядра	Число протонов в ядре

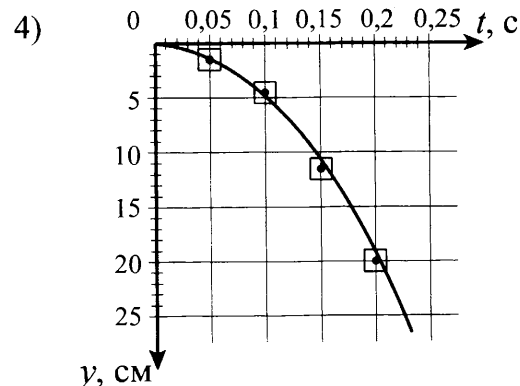
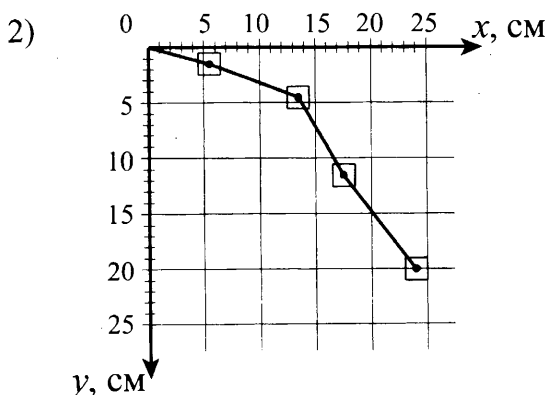
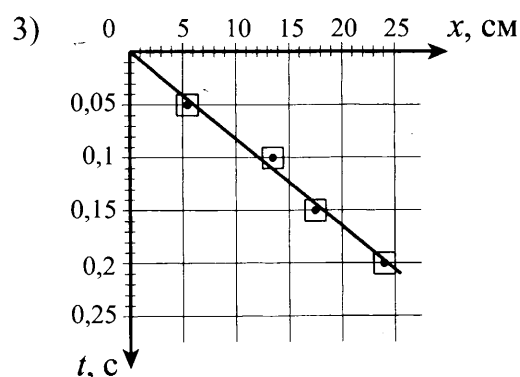
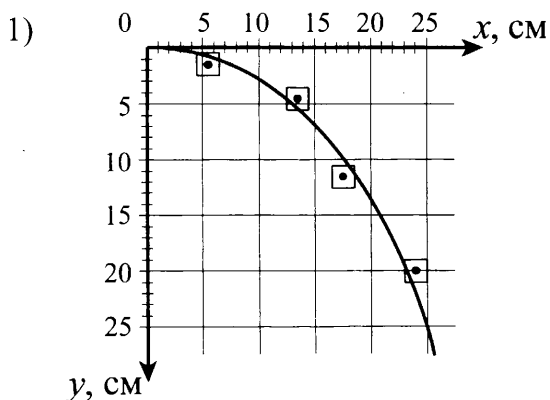
23

Ученик исследовал движение шарика, сброшенного горизонтально со стола. Для этого он измерил координаты летящего шарика в разные моменты времени его движения и заполнил таблицу:

$t, \text{с}$	0	0,05	0,10	0,15	0,20
$x, \text{см}$	0	5,5	13,5	17,5	24
$y, \text{см}$	0	1,5	4,5	11,5	20

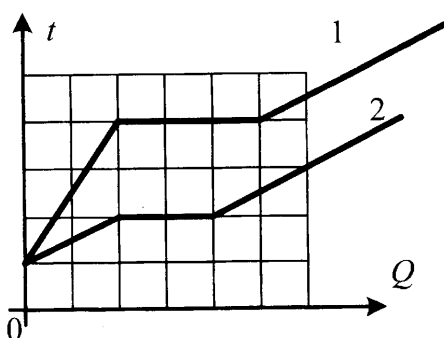
Погрешность измерения координат равна 1 см, а промежутков времени – 0,01 с.

На каком из графиков верно представлена наиболее вероятная траектория движения шарика?



24

На рисунке представлены графики зависимости температуры t двух тел одинаковой массы от сообщенного количества теплоты Q . Первоначально тела находились в твердом агрегатном состоянии.



Используя данные графиков, выберите из предложенного перечня **два** верных утверждения и укажите их номера.

- 1) Температура плавления первого тела в 4 раза больше, чем у второго;
- 2) Тела имеют одинаковую удельную теплоемкость в твердом агрегатном состоянии;
- 3) Удельная теплоемкость второго тела в твердом агрегатном состоянии больше в 3 раза, чем у первого;
- 4) Оба тела имеют одинаковую удельную теплоту плавления;
- 5) Тела имеют одинаковую удельную теплоемкость в жидком агрегатном состоянии.

Ответ:

--	--

При выполнении заданий 25–27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

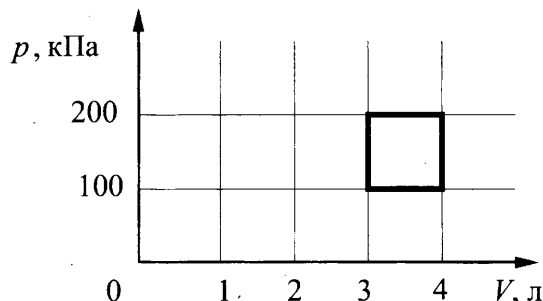
25

Горизонтально расположенная невесомая пружина с жёсткостью $k = 1000 \text{ Н/м}$ находится в недеформированном состоянии. Один её конец закреплён, а другой касается бруска массой $M = 0,1 \text{ кг}$, находящегося на горизонтальной поверхности. Брусок сдвигают, сжимая пружину, и отпускают. На какую длину Δx была сжата пружина, если после отпускания бруска его скорость достигла величины $v = 1 \text{ м/с}$? Трение не учитывать. Ответ запишите в сантиметрах.

Ответ: _____ см.

26

С идеальным газом происходит циклический процесс, диаграмма p – V которого представлена на рисунке. Наинизшая температура, достигаемая газом в этом процессе, составляет 360 К . Определите количество вещества этого газа. Ответ округлите до десятых.



Ответ: _____ моль.

27

Предмет расположен на горизонтальной главной оптической оси тонкой собирающей линзы. Оптическая сила линзы $D = 5 \text{ дптр}$. Изображение предмета действительное, увеличение (отношение высоты изображения предмета к высоте самого предмета) $k = 2$. Найдите расстояние от изображения предмета до линзы. Ответ запишите в сантиметрах.

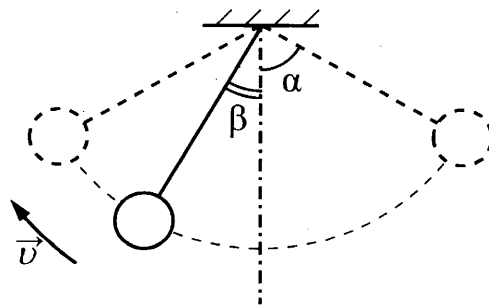
Ответ: _____ см.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Для записи ответов на задания этой части (28–32) используйте бланк ответов № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

28

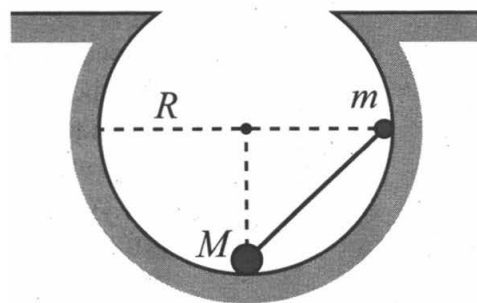
Маленький шарик, подвешенный к потолку на лёгкой нерастяжимой нити, совершает колебания в вертикальной плоскости. Максимальное отклонение нити от вертикали составляет угол $\alpha = 60^\circ$. Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к шарiku в тот момент, когда шарик движется влево-вверх, а нить образует угол $\beta = 30^\circ$ с вертикалью (см. рисунок). Покажите на этом рисунке, куда направлено в этот момент ускорение шарика (по нити, перпендикулярно нити, внутрь траектории, наружу от траектории). Ответ обоснуйте. Сопротивление воздуха не учитывать.



Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

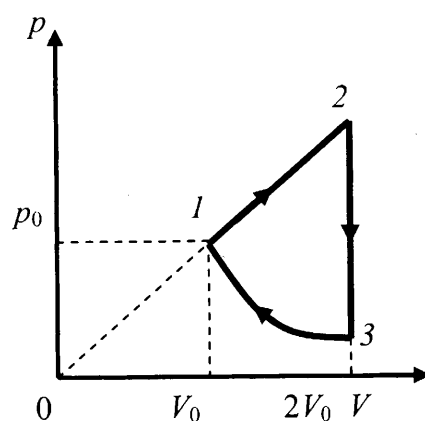
29

Небольшие шарики, массы которых m и M , соединены лёгким стержнем и помещены в гладкую сферическую выемку радиусом $R = 20$ см. В начальный момент шарики удерживаются в положении, изображённом на рисунке. Когда их отпустили без толчка, шарики стали скользить по поверхности выемки. Минимальная высота, на которой оказался шарик m в процессе движения, равна 4 см от нижней точки выемки. Определите отношение масс M и m .



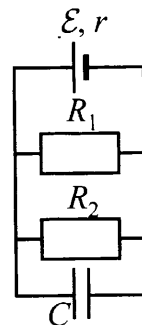
30

Над одноатомным идеальным газом проводится циклический процесс, показанный на рисунке. На участке 1–2 газ совершает работу $A_{12} = 1000$ Дж. Участок 3–1 – адиабата. Количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, равно $|Q_{\text{хол}}| = 3370$ Дж. Количество вещества газа в ходе процесса не меняется. Найдите работу $|A_{31}|$ внешних сил на адиабате.



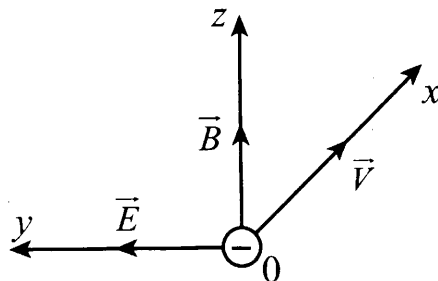
31

Источник постоянного тока с внутренним сопротивлением $r = 0,4$ Ом подсоединён к параллельно соединённым резисторам $R_1 = 10$ Ом, $R_2 = 2$ Ом и конденсатору ёмкости $C = 5$ мкФ. Определите ЭДС источника \mathcal{E} , если энергия электрического поля конденсатора $W = 10$ мкДж.



32

Электроны, вылетевшие в положительном направлении оси Ox с катода фотоэлемента под действием света, попадают в электрическое и магнитное поля (см. рисунок). Какой должна быть напряжённость электрического поля E , чтобы самые быстрые электроны отклонялись в положительном направлении оси Oy ? Работа выхода для вещества катода 2,39 эВ, частота света $6,4 \cdot 10^{14}$ Гц, индукция магнитного поля 10^{-3} Тл.

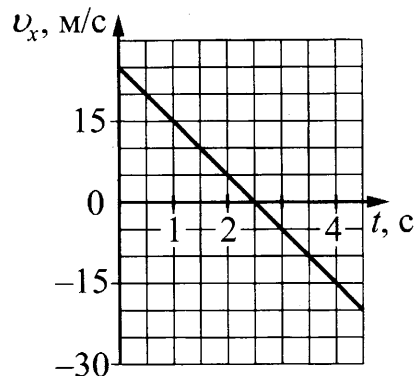


При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания (1–24) запишите номер выбранного ответа или ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

На графике приведена зависимость проекции скорости тела от времени при прямолинейном движении по оси x . Определите модуль ускорения тела.

- 1) 5 м/с^2
- 2) 10 м/с^2
- 3) 15 м/с^2
- 4) 20 м/с^2



2

Мяч, неподвижно лежавший на полу вагона движущегося поезда, покатился влево, если смотреть по ходу поезда. Как изменилось движение поезда?

- 1) Поезд повернул влево.
- 2) Скорость поезда увеличилась.
- 3) Скорость поезда уменьшилась.
- 4) Поезд повернул вправо.

3

Две звезды одинаковой массы притягиваются друг к другу с силами, равными по модулю F . Во сколько раз увеличился бы модуль сил притяжения между звёздами, если расстояние между их центрами уменьшить в 2 раза, а массу каждой звезды увеличить в 3 раза?

Ответ: в _____ раз.

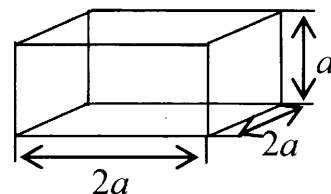
4

Координата тела массой 8 кг , движущегося вдоль оси x , изменяется по закону $x = x_0 + v_x t$, где $x_0 = 6 \text{ м}$; $v_x = 8 \text{ м/с}$. Кинетическая энергия тела в момент времени $t = 2 \text{ с}$ равна

Ответ: _____ Дж.

5

Аквариум, изображённый на рисунке, доверху наполнили водой. Найдите силу давления воды на дно аквариума, если величина $a = 20 \text{ см}$. Атмосферное давление не учитывать.



Ответ: _____ Н.

6

Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина всё время остаётся растянута. Как ведёт себя кинетическая энергия груза и его потенциальная энергия в поле тяжести, когда груз движется вниз от положения равновесия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Кинетическая энергия груза	Потенциальная энергия груза в поле тяжести

7

Установите соответствие между зависимостью проекции скорости тела от времени и зависимостью проекции перемещения этого тела от времени для одного и того же движения.

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

ПРОЕКЦИЯ СКОРОСТИ

А) $v_x = 3 - 2t$

Б) $v_x = 5 + 4t$

ПРОЕКЦИЯ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ

1) $s_x = 5t + 2t^2$

2) $s_x = 5t + 4t^2$

3) $s_x = 3t - 2t^2$

4) $s_x = 3t - t^2$

Ответ:

А	Б

8

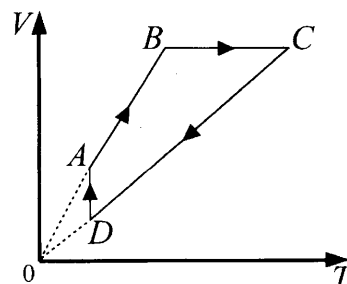
Частицы газа находятся в среднем на таких расстояниях друг от друга, при которых силы притяжения между ними незначительны. Это объясняет

- 1) распространение в газе звуковых волн
- 2) способность газов к неограниченному расширению
- 3) большую скорость частиц газа
- 4) значение скорости звука в газе

9

На рисунке приведён цикл, осуществляемый с идеальным газом. Работа **не совершается** на участке

- 1) AB
- 2) BC
- 3) CD
- 4) DA



10

Относительная влажность воздуха при температуре $12\text{ }^{\circ}\text{C}$ равна 40% . Чему равно парциальное давление водяного пара, если давление насыщенных водяных паров при этой температуре равно 1400 Па ?

Ответ: _____ Па.

11

В ходе адиабатного процесса внутренняя энергия 1 моль разреженного гелия увеличивается. Как изменяются при этом температура гелия и его давление? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

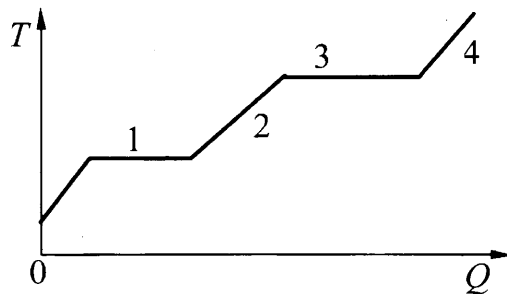
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Температура гелия	Давление гелия

12

В цилиндре под поршнем находится твёрдое вещество. Цилиндр поместили в раскалённую печь. На рисунке показан график изменения температуры T вещества по мере поглощения им количества теплоты Q . Какие участки графика соответствуют нагреванию вещества в газообразном состоянии и кипению жидкости? Установите соответствие между тепловыми процессами и участками графика. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕССЫ

- А) нагревание вещества в газообразном состоянии
- Б) кипение жидкости

УЧАСТКИ ГРАФИКА

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

Ответ:

А	Б

13

Дисперсия проявляется в следующих явлениях:

А. изменение видимого цвета белой ткани при разглядывании её через цветное стекло.

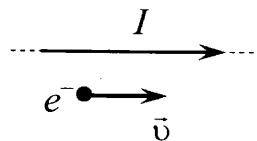
Б. образование радуги при прохождении света через мелкие капли воды.

Верно(-ы) утверждение(-я):

- 1) только А
- 2) только Б
- 3) и А, и Б
- 4) ни А, ни Б

14

Электрон e^- имеет горизонтальную скорость \vec{v} , направленную вдоль прямого длинного проводника с током I (см. рисунок). Куда направлена действующая на электрон сила Лоренца \vec{F} ?



- 1) вертикально вниз в плоскости рисунка ↓
- 2) горизонтально влево в плоскости рисунка ←
- 3) перпендикулярно плоскости рисунка к нам ⊙
- 4) вертикально вверх в плоскости рисунка ↑

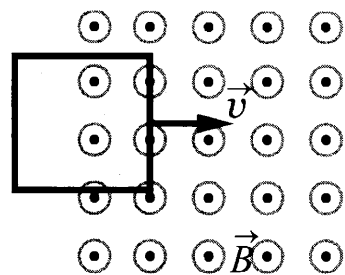
15

По участку цепи, состоящему из резистора $R = 4 \text{ кОм}$, течёт постоянный ток $I = 100 \text{ мА}$. За какое время на этом участке выделится количество теплоты $Q = 2,4 \text{ кДж}$?

Ответ: _____ с.

16

В некоторой области пространства создано однородное магнитное поле с индукцией 40 мТс (см. рисунок). Квадратная металлическая рамка со стороной 20 см движется через границу этой области с постоянной скоростью \vec{v} , направленной вдоль плоскости рамки и перпендикулярно вектору магнитной индукции \vec{B} . Определите ЭДС индукции, возникающую при этом в рамке, если скорость движения рамки равна 2 м/с . Ответ запишите в милливольтках.



Ответ: _____ мВ.

17

Неразветвлённая электрическая цепь состоит из источника постоянного напряжения и внешнего сопротивления. Как изменятся при увеличении внутреннего сопротивления источника сила тока во внешней цепи и напряжение на внешнем сопротивлении?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Сила тока во внешней цепи	Напряжение на внешнем сопротивлении

18

Колебательный контур состоит из конденсатора ёмкостью C и катушки индуктивностью L . При электромагнитных колебаниях, происходящих в этом контуре, максимальный заряд пластины конденсатора равен q . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами. Сопротивлением контура пренебречь.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) максимальная энергия электрического поля конденсатора
Б) максимальная сила тока, протекающего через катушку

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{q^2}{2C}$
2) $q\sqrt{\frac{C}{L}}$
3) $\frac{q}{\sqrt{LC}}$
4) $\frac{Cq^2}{2}$

Ответ:

А	Б

19

Какая из строчек таблицы правильно отражает структуру ядра $^{115}_{49}\text{In}$?

№	p – число протонов	n – число нейтронов
1	49	66
2	49	115
3	115	49
4	115	164

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

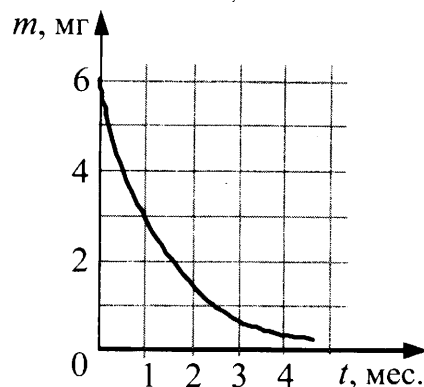
20

Элемент менделёвий был получен при бомбардировке α -частицами ядер элемента X в соответствии с реакцией $X + {}^4_2\text{He} \longrightarrow {}^{256}_{101}\text{Md} + {}^1_0\text{n}$. Элементом X являлся

- 1) эйнштейний ${}^{253}_{99}\text{Es}$
2) лоуренсий ${}^{253}_{103}\text{Lr}$
3) нобелий ${}^{254}_{102}\text{No}$
4) фермий ${}^{252}_{100}\text{Fm}$

21

На рисунке показан график изменения массы находящегося в пробирке радиоактивного изотопа с течением времени. Определите период полураспада этого изотопа. Ответ запишите в месяцах.



Ответ: _____ месяц (-а, -ев).

22

На металлическую пластинку направили пучок света от лазера, вызвав фотоэффект. Интенсивность лазерного излучения плавно увеличивают, не меняя его частоты. Как меняются в результате этого число вылетающих в единицу времени фотоэлектронов и максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не меняется

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

Число фотоэлектронов в единицу времени	Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов

23

Различные проволоки изготовлены из одного и того же материала. Какую пару проволок нужно выбрать, чтобы на опыте проверить зависимость сопротивления проволоки от её длины?

1)



3)



2)



4)



В лабораторных опытах по изучению закона Гука две пружины с различной жесткостью прикрепили к штативу, поочередно подвешивали к ним грузы разной массы и измеряли линейкой удлинение пружин. Результаты опытов с учетом погрешностей представлены в таблице.

№ опыта	№ пружины	Масса груза m , г	Удлинение пружины Δl , см
1	пружина №1	100	$1,9 \pm 0,1$
2	пружина №1	200	$4,1 \pm 0,1$
3	пружина №1	300	$6,0 \pm 0,1$
4	пружина №2	200	$1,9 \pm 0,1$
5	пружина №2	300	$2,9 \pm 0,1$
6	пружина №2	400	$4,1 \pm 0,1$

Выберите два утверждения, соответствующих результатам этих опытов и укажите их номера.

- 1) Закон Гука выполняется только для пружины № 1.
- 2) Жесткость пружины № 1 в 2 раза меньше, чем у пружины № 2.
- 3) Жесткость пружины №1 равна 500 Н/м.
- 4) Жесткость пружины № 2 равна 10 Н/м.
- 5) Если к пружине № 2 подвесить груз 500 г, то ее удлинение составит $5,0 \pm 0,1$ см.

Ответ:

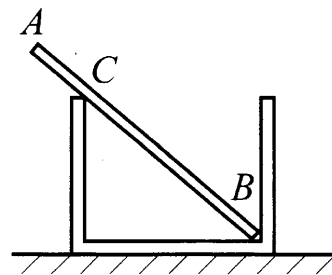
--	--

Часть 2

При выполнении заданий 25–27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25

Однородный стержень AB массой 100 г покоится, упираясь в стык дна и стенки банки концом B и опираясь на край банки в точке C (см. рисунок). Модуль силы, с которой стержень давит на стенку сосуда в точке C , равен 0,5 Н. Чему равен модуль горизонтальной составляющей силы, с которой стержень давит на сосуд в точке B , если модуль вертикальной составляющей этой силы равен 0,6 Н? Трением пренебречь.



Ответ: _____ Н.

26

Кусок льда опустили в термос с водой. Начальная температура льда 0°C , начальная температура воды 30°C . Теплоёмкостью термоса можно пренебречь. При переходе к тепловому равновесию часть льда массой 210 г растаяла. Чему равна исходная масса воды в термосе? Ответ запишите в граммах.

Ответ: _____ г.

27

Поток фотонов выбивает из металла фотоэлектроны, максимальная кинетическая энергия которых 10 эВ. Энергия фотонов в 3 раза больше работы выхода фотоэлектронов. Какова энергия фотонов? Ответ запишите в электронвольтах.

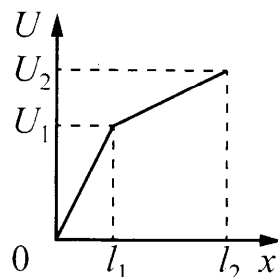
Ответ: _____ эВ.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Для записи ответов на задания этой части (28–32) используйте бланк ответов № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

28

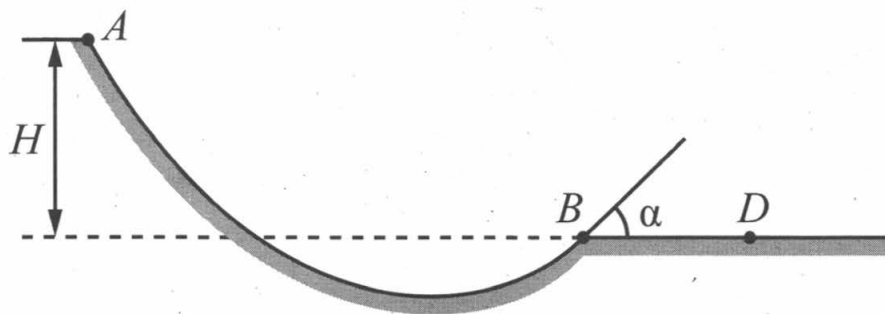
Нихромовый проводник длиной $l = l_2$ включён в цепь постоянного тока. К нему подключают вольтметр таким образом, что одна из клемм вольтметра всё время подключена к началу проводника, а вторая может перемещаться вдоль проводника. На рисунке приведена зависимость показаний вольтметра U от расстояния x до начала проводника. Как зависит от x площадь поперечного сечения проводника? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали.



Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

29

Шайба массой $m = 100$ г начинает движение по желобу AB из точки A из состояния покоя. Точка A расположена выше точки B на высоте $H = 6$ м. В процессе движения по желобу механическая энергия шайбы из-за трения уменьшается на величину ΔE . В точке B шайба вылетает из желоба под углом $\alpha = 15^\circ$ к горизонту и падает на землю в точке D , находящейся на одной горизонтали с точкой B (см. рисунок). $BD = 4$ м. Найдите величину ΔE . Сопротивлением воздуха пренебречь.



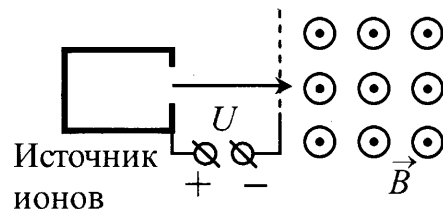
30

Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре $T_1 = 600$ К и давлении $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па расширяется и одновременно охлаждается так, что его температура при расширении обратно пропорциональна объёму. Конечное давление газа $p_2 = 10^5$ Па. Какое количество теплоты газ отдал при расширении, если при этом он совершил работу $A = 2493$ Дж?

31

Ион ускоряется в электрическом поле с разностью потенциалов $U = 10$ кВ и попадает в однородное магнитное поле перпендикулярно к вектору его индукции \vec{B} (см. рисунок). Радиус траектории движения иона в магнитном поле $R = 0,2$ м, отношение массы иона к его электрическому заряду $\frac{m}{q} = 5 \cdot 10^{-7}$ кг/Кл. Определите

значение модуля индукции магнитного поля. Кинетической энергией иона при его вылете из источника пренебрегите.



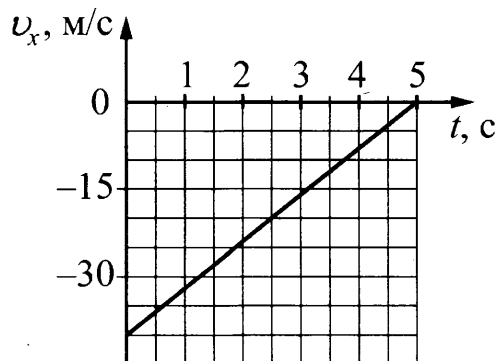
32

В открытый контейнер поместили 1,5 г изотопа полония-210 $^{210}_{84}\text{Po}$. Затем контейнер герметично закрыли. Изотоп полония радиоактивен и претерпевает альфа-распад с периодом полураспада примерно 140 дней, превращаясь в стабильный изотоп свинца. Через 5 недель давление внутри контейнера составило $1,4 \cdot 10^5$ Па. Определите объём контейнера. Температура внутри контейнера поддерживается постоянной и равна 45°C . Атмосферное давление равно 10^5 Па.

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания (1–24) запишите номер выбранного ответа или ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

1

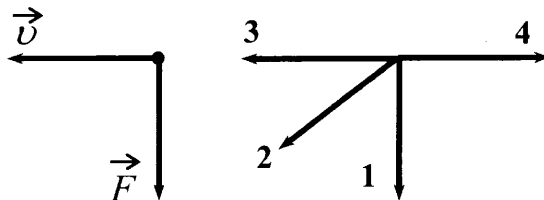
На графике приведена зависимость проекции скорости тела от времени при прямолинейном движении по оси x . Определите ускорение тела.



- 1) 1 м/с^2
- 2) 8 м/с^2
- 3) 15 м/с^2
- 4) 10 м/с^2

2

На левом рисунке представлены вектор равнодействующей \vec{F} всех сил, действующих на тело, и вектор скорости тела \vec{v} в инерциальной системе отсчёта. Какой из четырёх векторов на правом рисунке указывает направление вектора ускорения тела в этой системе отсчёта?



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

3

Две звезды одинаковой массы притягиваются друг к другу с силами, равными по модулю F . Во сколько раз уменьшился бы модуль сил притяжения между звёздами, если расстояние между их центрами увеличить в 1,5 раза, а массу каждой звезды уменьшить в 2 раза?

Ответ: в _____ раз.

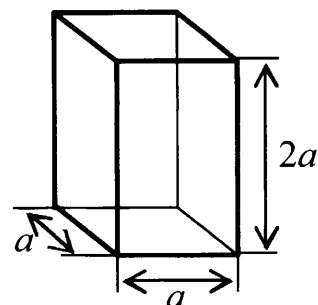
4

Координата тела массой 10 кг, движущегося вдоль оси x , изменяется по закону $x = x_0 + v_x t$, где $x_0 = -10 \text{ м}$; $v_x = -6 \text{ м/с}$. Какова кинетическая энергия тела в момент времени $t = 4 \text{ с}$?

Ответ: _____ Дж.

- 5 Сосуд, изображённый на рисунке, доверху наполнили керосином. Найдите давление керосина на дно сосуда, если величина $a = 50$ см. Атмосферное давление не учитывать.

Ответ: _____ Па.



- 6 Массивный груз, подвешенный к потолку на пружине, совершает вертикальные свободные колебания. Пружина всё время остаётся растянутой. Как ведёт себя потенциальная энергия пружины и скорость груза, когда груз движется вниз от положения равновесия?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Потенциальная энергия пружины	Скорость груза

- 7 Установите соответствие между зависимостью проекции скорости тела от времени (все величины выражены в СИ) и зависимостью координаты этого тела от времени (начальная координата тела равна 0).

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

СКОРОСТЬ

- А) $v_x = -2$
Б) $v_x = 5 - t$

КООРДИНАТА

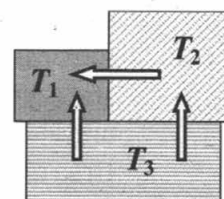
- 1) $x = -2t$
- 2) $x = -2t^2$
- 3) $x = 5t - 0,5t^2$
- 4) $x = 5t + 2t^2$

Ответ:

А	Б

- 8 Три металлических бруска привели в соприкосновение, как показано на рисунке. Стрелки указывают направление теплотеплопередачи. Сравните температуры брусков перед их соприкосновением.

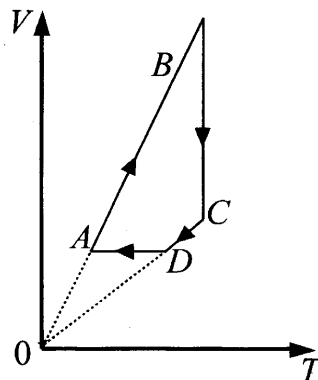
- 1) $T_1 > T_2 > T_3$
- 2) $T_2 > T_1 > T_3$
- 3) $T_3 > T_2 > T_1$
- 4) $T_3 > T_1 > T_2$



9

На рисунке приведён цикл, осуществляемый с идеальным газом. Работа **не совершается** на участке

- 1) AB
- 2) BC
- 3) CD
- 4) DA



10

Относительная влажность воздуха в помещении равна 30%, температура воздуха 18 °С. Чему равно парциальное давление водяного пара в помещении, если давление насыщенных водяных паров при этой температуре равно 2000 Па?

Ответ: _____ Па.

11

В ходе адиабатного процесса внутренняя энергия 1 моль разреженного аргона уменьшилась. Как изменяются при этом температура аргона и его объём? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

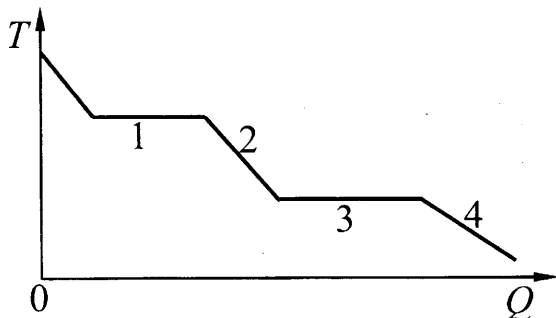
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Температура аргона	Объём аргона

12

На рисунке показан график изменения температуры T вещества при постоянном давлении по мере выделения им количества теплоты Q . В начальный момент времени вещество находилось в газообразном состоянии. Какие участки графика соответствуют конденсации пара и остыванию вещества в твёрдом состоянии? Установите соответствие между тепловыми процессами и участками графика. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ПРОЦЕССЫ

- А) конденсация пара
Б) остывание твёрдого вещества

УЧАСТКИ ГРАФИКА

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

Ответ:

А	Б

13

Дисперсией света объясняется

А. фиолетовый цвет обложки книги.

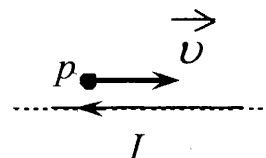
Б. фиолетовый цвет белого листа из тетради, если его рассматривать через цветное стекло.

Верно(-ы) утверждение(-я):

- 1) только А
2) только Б
3) и А, и Б
4) ни А, ни Б

14

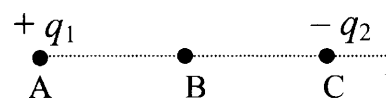
Протон p имеет скорость \vec{v} , направленную горизонтально вдоль прямого длинного проводника с током I (см. рисунок). Куда направлена действующая на протон сила Лоренца?



- 1) перпендикулярно плоскости рисунка от нас \otimes
2) вертикально вверх в плоскости рисунка \uparrow
3) горизонтально влево в плоскости рисунка \leftarrow
4) вертикально вниз в плоскости рисунка \downarrow

15

Точка В находится в середине отрезка АС. Неподвижные точечные заряды $q_1 = 10$ нКл и $q_2 = -20$ нКл расположены в точках А и С соответственно (см. рисунок). Какой заряд надо поместить в точку А взамен заряда q_1 , чтобы напряжённость электрического поля в точке В увеличилась в 2 раза? Ответ запишите в нанокюлонах.



Ответ: _____ нКл.

16

Предмет находится на расстоянии 60 см от плоского зеркала. Каково будет расстояние между ним и его изображением, если предмет приблизить к зеркалу на 25 см? Ответ запишите в сантиметрах.

Ответ: _____ см.

17

Неразветвлённая электрическая цепь состоит из источника постоянного напряжения и внешнего сопротивления. Как изменятся при уменьшении внутреннего сопротивления источника мощность, выделяющаяся на внешнем сопротивлении и электродвижущая сила источника?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Мощность, выделяющаяся на внешнем сопротивлении	Электродвижущая сила источника

18

Установите соответствие между формулами для вычисления физических величин в схемах постоянного тока и названиями этих величин.

В формулах использованы обозначения: I – сила тока; U – напряжение; R – сопротивление резистора.

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

ФОРМУЛЫ

А) $\frac{U}{I}$

Б) $\frac{U^2}{R}$

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) заряд, протекший через резистор
- 2) сила тока через резистор
- 3) мощность тока, выделяющаяся на резисторе
- 4) сопротивление резистора

Ответ:

А	Б

19

Атом бериллия ${}^9_4\text{Be}$ содержит

- 1) 9 протонов, 4 нейтрона и 9 электронов
- 2) 4 протона, 5 нейтронов и 4 электрона
- 3) 4 протона, 9 нейтронов и 4 электрона
- 4) 9 протонов, 13 нейтронов и 4 электрона

20

После поглощения нейтрона ядро урана ${}_{92}\text{U}$ распалось на два осколка с выделением двух нейтронов. Если один из осколков – ${}_{54}\text{Xe}$, то второй осколок – это ядро

- 1) рубидия ${}_{37}\text{Rb}$
- 2) криптона ${}_{36}\text{Kr}$
- 3) стронция ${}_{38}\text{Sr}$
- 4) брома ${}_{35}\text{Br}$

21

75% первоначально имевшихся ядер радиоактивного изотопа распалось за 1 час. Каков период полураспада этого изотопа? Ответ запишите в минутах.

Ответ: _____ минут.

22

На металлическую пластинку направили пучок света от лазера, вызвав фотоэффект. Интенсивность лазерного излучения плавно уменьшают, не меняя его частоты. Как меняются в результате этого число вылетающих в единицу времени фотоэлектронов и максимальная скорость фотоэлектронов?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

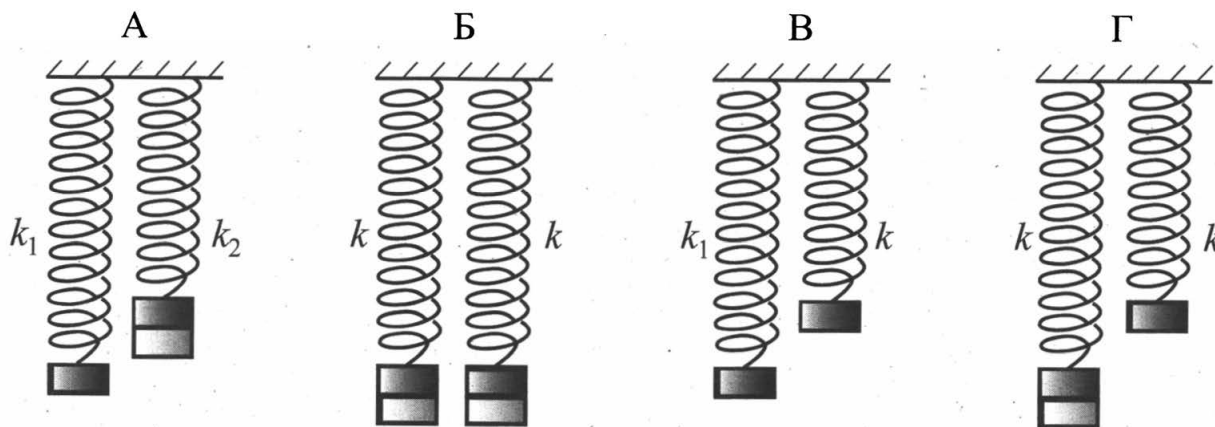
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не меняется

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

Число фотоэлектронов единицу времени	Максимальная скорость фотоэлектронов

23

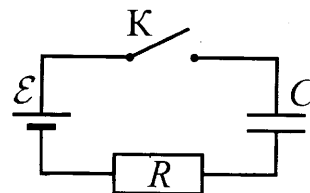
Необходимо экспериментально обнаружить зависимость периода колебаний пружинного маятника от массы груза. Какую пару маятников нужно использовать для этой цели?



- 1) А и Г
- 2) только Б
- 3) только В
- 4) только Г

24

Конденсатор подключён к источнику тока последовательно с резистором $R = 20 \text{ кОм}$ (см. рисунок). В момент времени $t = 0$ ключ замыкают. В этот момент конденсатор полностью разряжен. Результаты измерений силы тока в цепи, выполненных с точностью $\pm 1 \text{ мкА}$, представлены в таблице.



$t, \text{с}$	0	1	2	3	4	5	6
$I, \text{мкА}$	300	110	40	15	5	2	1

Выберите **два** утверждения, соответствующих результатам этого опыта и укажите их номера. Внутренним сопротивлением источника и сопротивлением проводов пренебречь.

1. ЭДС источника тока равна 6 В;
2. К моменту времени $t = 2 \text{ с}$ конденсатор полностью заряжен;
3. В момент времени $t = 3 \text{ с}$ напряжение на конденсаторе равно 0,3 В;
4. Напряжение на резисторе с течением времени монотонно возрастает;
5. В момент времени $t = 4 \text{ с}$ напряжение на конденсаторе равно 5,9 В.

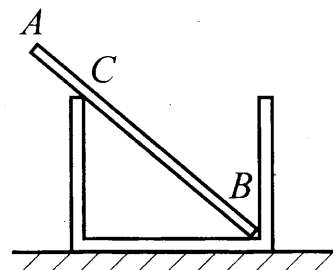
Ответ:

Часть 2

При выполнении заданий 25–27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25

Однородный массивный стержень AB покоится, упираясь в стык дна и стенки банки концом B и опираясь на край банки в точке C (см. рисунок). Модуль силы, с которой стержень давит на стенку сосуда в точке C , равен 0,5 Н. Вертикальная составляющая силы, с которой стержень давит на сосуд в точке B , равна по модулю 0,6 Н, а её горизонтальная составляющая равна по модулю 0,3 Н. Чему равна сила тяжести, действующая на стержень? Трением пренебречь.



Ответ: _____ Н.

26

Кусок льда опустили в термос с водой. Начальная температура льда 0°C , начальная температура воды 15°C . Теплоёмкостью термоса можно пренебречь. При переходе к тепловому равновесию часть льда массой 210 г растаяла. Чему равна исходная масса воды в термосе? Ответ запишите в граммах.

Ответ: _____ г.

27

Поток фотонов выбивает из металла с работой выхода 5 эВ фотоэлектроны. Энергия фотонов в 1,5 раза больше максимальной кинетической энергии фотоэлектронов. Какова максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов? Ответ запишите в электронвольтах.

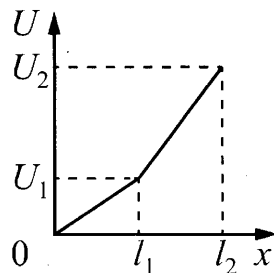
Ответ: _____ эВ.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Для записи ответов на задания этой части (28–32) используйте бланк ответов № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

28

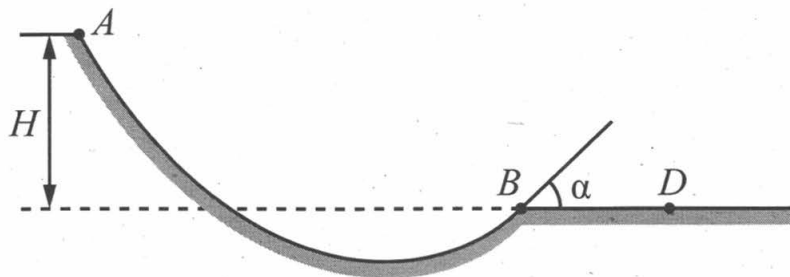
Цилиндрический проводник длиной $l = l_2$ включён в цепь постоянного тока. К нему подключают вольтметр таким образом, что одна из клемм вольтметра всё время подключена к началу проводника, а вторая может перемещаться вдоль проводника. На рисунке приведена зависимость показаний вольтметра U от расстояния x до начала проводника. Как зависит от x удельное сопротивление проводника? Ответ поясните, указав, какие физические закономерности Вы использовали.



Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

29

Массивная шайба начинает движение по желобу AB из точки A из состояния покоя. Точка A расположена выше точки B на высоте $H = 6$ м. В процессе движения по желобу механическая энергия шайбы из-за трения уменьшается на $\Delta E = 2$ Дж. В точке B шайба вылетает из желоба под углом $\alpha = 15^\circ$ к горизонту и падает на землю в точке D , находящейся на одной горизонтали с точкой B (см. рисунок). Найдите массу шайбы, если $BD = 2$ м. Сопротивлением воздуха пренебречь.

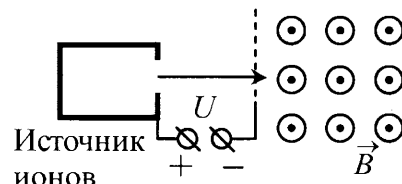


30

Один моль аргона, находящийся в цилиндре при температуре $T_1 = 600$ К и давлении $p_1 = 4 \cdot 10^5$ Па расширяется и одновременно охлаждается так, что его температура при расширении обратно пропорциональна объёму. Конечное давление газа $p_2 = 10^5$ Па. На какую величину изменилась внутренняя энергия аргона в результате расширения?

31

Ион ускоряется в электрическом поле с разностью потенциалов $U = 10$ кВ и попадает в однородное магнитное поле перпендикулярно к вектору его индукции \vec{B} (см. рисунок). Радиус траектории движения иона в магнитном поле $R = 0,2$ м, модуль индукции магнитного поля равен $0,5$ Тл. Определите отношение массы иона к его электрическому заряду $\frac{m}{q}$. Кинетической энергией иона при его вылете из источника пренебрегите.



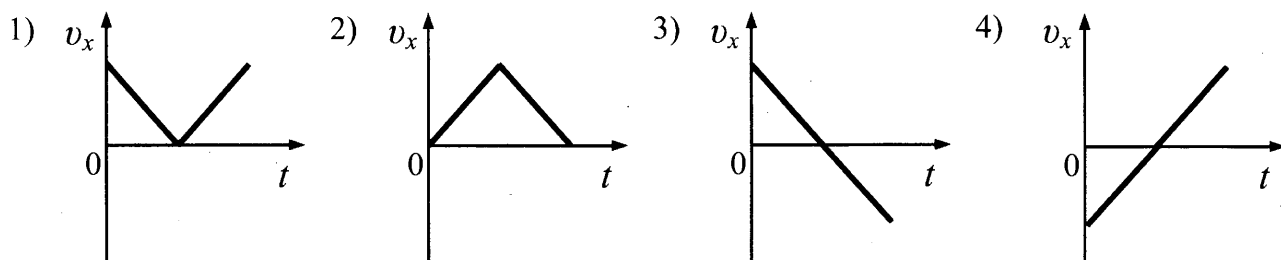
В открытый контейнер объёмом 80 мл поместили изотоп полония-210 $^{210}_{84}\text{Po}$. Затем контейнер герметично закрыли. Изотоп полония радиоактивен и претерпевает альфа-распад с периодом полураспада примерно 140 дней, превращаясь в стабильный изотоп свинца. Через 5 недель давление внутри контейнера составило $1,3 \cdot 10^5$ Па. Какую массу полония первоначально поместили в контейнер? Температура внутри контейнера поддерживается постоянной и равна 45°C . Атмосферное давление равно 10^5 Па.

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания (1–24) запишите номер выбранного ответа или ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

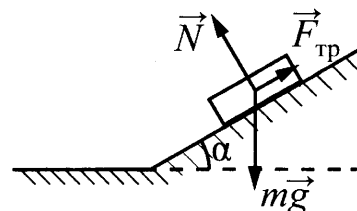
1

Мяч, брошенный вертикально вверх со скоростью \bar{v} , через некоторое время упал на поверхность Земли. Какой график соответствует зависимости проекции скорости на ось Ox от времени движения? Ось Ox направлена вертикально вверх.



2

Брусек лежит на шероховатой наклонной опоре (см. рисунок). На него действуют три силы: сила тяжести $m\vec{g}$, сила упругости опоры \vec{N} и сила трения $\vec{F}_{\text{тр}}$. Если брусек покоится, то модуль равнодействующей сил \vec{N} и $m\vec{g}$ равен



- 1) $N + mg$
- 2) $N \sin \alpha$
- 3) $(N + mg) \cos \alpha$
- 4) $F_{\text{тр}}$

3

Во сколько раз масса Юпитера больше массы Земли, если сила притяжения Юпитера к Солнцу в 11,8 раз больше, чем сила притяжения Земли к Солнцу, а расстояние между Юпитером и Солнцем в 5,2 раз больше, чем расстояние между Солнцем и Землёй? (Считать, что обе планеты движутся вокруг Солнца по окружности.)

Ответ: _____ раз.

4

Мальчик массой 50 кг находится на тележке массой 50 кг, движущейся по гладкой горизонтальной дороге со скоростью 1 м/с. Каким станет модуль скорости тележки, если мальчик прыгнет с неё со скоростью 2 м/с относительно дороги в направлении, противоположном первоначальному направлению движения тележки?

Ответ: _____ м/с.

5

В таблице представлены данные о положении шарика, колеблющегося вдоль оси Ox , в различные моменты времени.

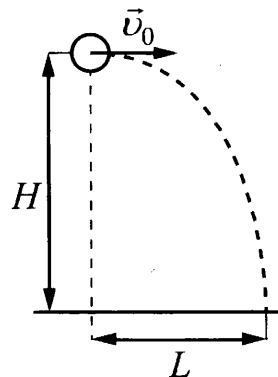
$t, \text{с}$	0,0	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8	3,0	3,2
$x, \text{мм}$	0	2	5	10	13	15	13	10	5	2	0	-2	-5	-10	-13	-15	-13

Каков период колебаний шарика?

Ответ: _____ с.

6

Шарик, брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью v_0 , за время t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L (см. рисунок). Что произойдёт с временем и дальностью полёта шарика, если на этой же установке уменьшить начальную скорость шарика в 2 раза? Сопротивлением воздуха пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:



- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Время полёта	Дальность полёта

7

Два пластилиновых шарика массами $2m$ и m находятся на горизонтальном гладком столе. Первый из них движется ко второму со скоростью \vec{v} , а второй покоится относительно стола. Укажите формулы, по которым можно рассчитать модули изменения скоростей шариков в результате их абсолютно неупругого удара. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) модуль изменения скорости первого шарика
- Б) модуль изменения скорости второго шарика

ФОРМУЛЫ

- 1) $|\Delta \vec{v}| = v$
- 2) $|\Delta \vec{v}| = \frac{2}{3}v$
- 3) $|\Delta \vec{v}| = 2v$
- 4) $|\Delta \vec{v}| = \frac{1}{3}v$

Ответ:

А	Б

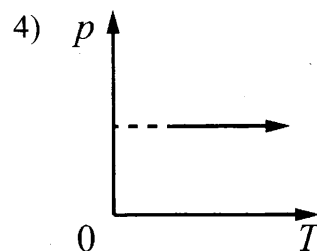
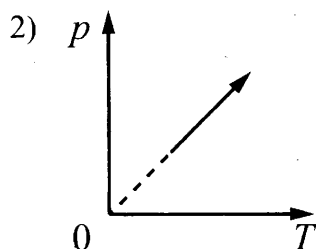
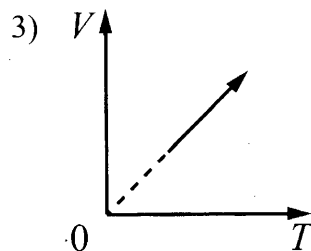
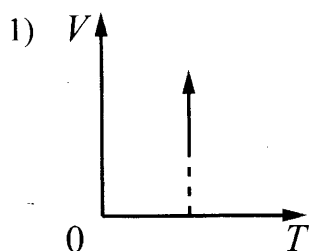
8

Теплообмен между телами не происходит самопроизвольно, если тела

- 1) расположены в вакууме
- 2) обладают одинаковой внутренней энергией
- 3) имеют одинаковую температуру
- 4) имеют одинаковую теплоёмкость

9

На рисунках показаны графики четырёх процессов изменения состояния постоянной массы идеального газа. Изохорным нагреванием является процесс



10

Относительная влажность воздуха в сосуде, закрытом поршнем, равна 50%. Какой станет относительная влажность, если объём сосуда при неизменной температуре уменьшить в 3 раза?

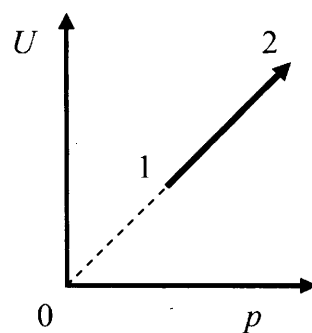
Ответ: ____ %.

11

На рисунке показан процесс изменения состояния одного моля одноатомного идеального газа (U – внутренняя энергия газа; p – его давление). Как изменяются в ходе этого процесса объём газа и его абсолютная температура?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется



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

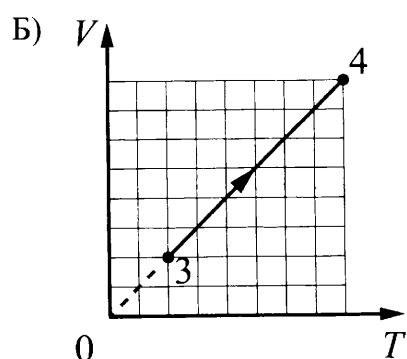
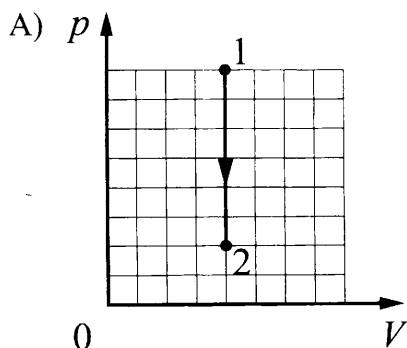
Объём газа	Температура газа

12

На рисунках А и Б приведены графики двух процессов 1–2 и 3–4, каждый из которых совершается одним молем аргона. Графики построены в координатах p – V и V – T , где p – давление, V – объём и T – абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы.

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

ГРАФИКИ



УТВЕРЖДЕНИЯ

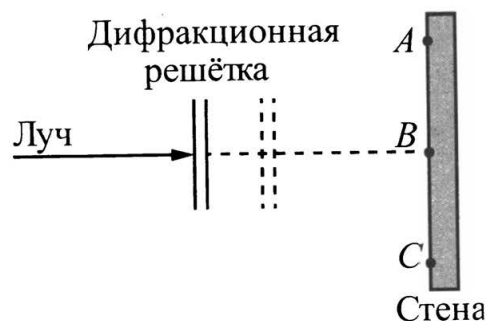
- 1) Внутренняя энергия газа уменьшается, при этом газ отдаёт теплоту.
- 2) Над газом совершают работу, при этом газ отдаёт теплоту.
- 3) Газ получает теплоту, но не совершает работы.
- 4) Газ получает теплоту и совершает работу.

Ответ:

А	Б

13

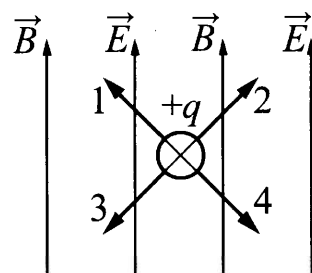
Лазерный луч падает на дифракционную решётку перпендикулярно её плоскости. На стене наблюдается серия ярких пятен, отмеченных на рисунке буквами А, В и С. Какие изменения произойдут в расположении пятен при перемещении решётки к стене в положение, показанное пунктиром?



- 1) расстояние между пятнами уменьшится
- 2) расстояние между пятнами увеличится
- 3) все пятна останутся на месте
- 4) пятна исчезнут

14

Положительно заряженная частица, равномерно движущаяся от нас (см. рисунок), влетает в одинаково направленные постоянные однородные электрическое и магнитное поля перпендикулярно им обоим. Правильное направление ускорения частицы в момент попадания в поля представлено на рисунке под номером



1) 1

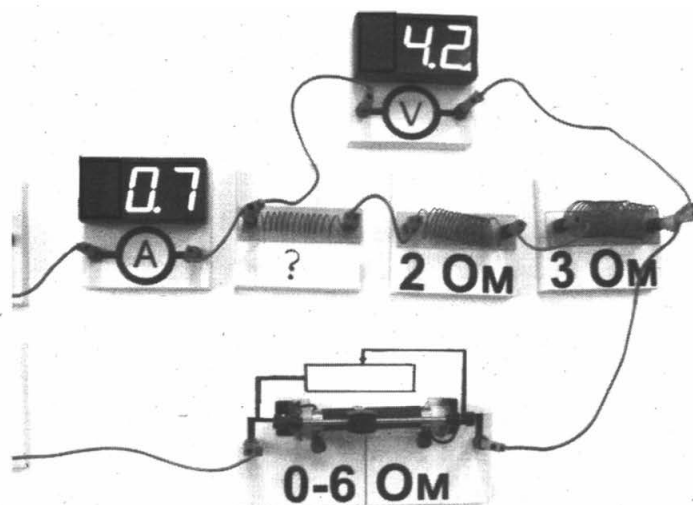
2) 2

3) 3

4) 4

15

На фотографии представлена электрическая цепь. Показания вольтметра даны в вольтах, амперметра – в амперах.



Чему равно сопротивление неизвестного резистора? Вольтметр и амперметр считать идеальными.

Ответ: _____ Ом.

16

Фокусное расстояние тонкой собирающей линзы равно 30 см. Предмет малых размеров расположен на её главной оптической оси на расстоянии 75 см от неё. На каком расстоянии от линзы находится изображение предмета? Ответ запишите в сантиметрах.

Ответ: _____ см.

17

При настройке колебательного контура радиопередатчика его индуктивность уменьшили. Как при этом изменятся следующие частота излучаемых волн и длина волны излучения?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Частота излучаемых волн	Длина волны излучения

18

В опыте нить накала лампочки расположена вблизи главной оптической оси тонкой линзы с фокусным расстоянием F перпендикулярно этой оси. Расстояние a от линзы до спирали равно $2F$. Сначала в опыте использовали рассеивающую линзу, а затем – собирающую. Установите соответствие между видом линзы, использовавшейся в опыте, и свойствами изображения. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ВИД ЛИНЗЫ

- А) линза рассеивающая
Б) линза собирающая

СВОЙСТВА ИЗОБРАЖЕНИЯ

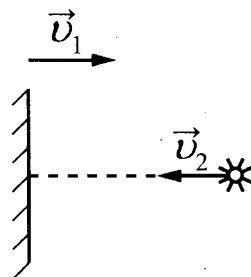
- 1) действительное, перевёрнутое, равное по размерам
2) мнимое, прямое, уменьшенное
3) действительное, увеличенное, перевёрнутое
4) мнимое, увеличенное, перевёрнутое

Ответ:

А	Б

19

В инерциальной системе отсчёта свет от неподвижного источника распространяется в вакууме со скоростью c . Источник света и зеркало движутся навстречу друг другу одинаковыми по модулю скоростями $v_1 = v_2 = v$ (см. рисунок). Какова скорость отражённого света в инерциальной системе отсчёта, связанной с источником?



- 1) $c + 2v$
2) c
3) $c \sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}$
4) $c - 2v$

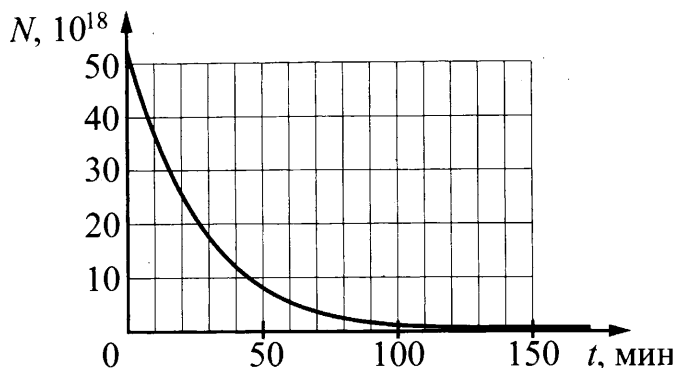
20

Ядро изотопа золота $^{204}_{79}\text{Au}$ претерпевает β^- -распад. В результате получается изотоп

- 1) $^{204}_{78}\text{Pt}$
2) $^{200}_{77}\text{Ir}$
3) $^{205}_{80}\text{Hg}$
4) $^{204}_{80}\text{Hg}$

21

Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер ртути $^{190}_{80}\text{Hg}$ от времени. Чему равен период полураспада этого изотопа ртути? Ответ запишите в минутах.



Ответ: _____ минут.

22

При исследовании зависимости кинетической энергии фотоэлектронов от длины волны падающего света фотоэлемент освещался через различные светофильтры. В первой серии опытов использовался светофильтр, пропускающий только фиолетовый свет, а во второй – только жёлтый. В каждом опыте наблюдали явления фотоэффекта и измеряли напряжение запираения.

Как изменяются длина световой волны и напряжение запираения при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Длина световой волны, падающей на фотоэлемент	Напряжение запираения

23

При определении плотности вещества ρ ученик измерил массу образца на очень точных электронных весах: $m = 60,00$ г. Объём был измерен с использованием мерного цилиндра: $V = (15,0 \pm 0,5) \text{ см}^3$. На основе этих измерений можно с уверенностью сказать, что плотность

- 1) $\rho < 3,8 \text{ г/см}^3$
- 2) $3,8 \text{ г/см}^3 \leq \rho \leq 4,2 \text{ г/см}^3$
- 3) $\rho > 4,2 \text{ г/см}^3$
- 4) $\rho = 4,0 \text{ г/см}^3$

24

В лабораторных опытах по изучению закона Гука резиновый жгут прикрепили к штативу, затем стали подвешивать к нему грузы разной массы и измерять линейкой удлинение жгута. Результаты опытов с учетом погрешностей представлены в таблице.

№ опыта	Масса груза m , г	Удлинение жгута Δl , см
1	40	$2,0 \pm 0,1$
2	80	$3,9 \pm 0,1$
3	120	$6,1 \pm 0,1$
4	160	$8,5 \pm 0,1$
5	200	$11,0 \pm 0,1$
6	240	$13,5 \pm 0,1$

Выберите два утверждения, соответствующих результатам этих опытов и укажите их номера.

- 1) Закон Гука выполняется для всех шести опытов.
- 2) Жесткость жгута увеличивается с увеличением массы груза.
- 3) Закон Гука выполняется только для первых трех опытов.
- 4) Жесткость жгута для первых трех опытов равна 20 Н/м.
- 5) Жесткость жгута равна 40 Н/м.

Ответ:

--	--

Часть 2

При выполнении заданий 25–27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25

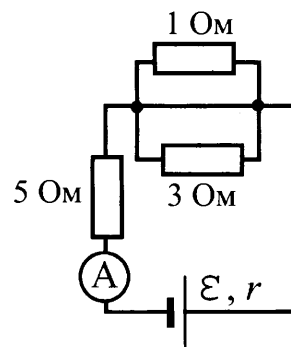
Мимо остановки по прямой улице с постоянной скоростью проезжает грузовик. Через 5 с от остановки вдогонку грузовику отъезжает мотоциклист, движущийся с ускорением 3 м/с^2 , и догоняет грузовик на расстоянии 150 м от остановки. Чему равна скорость грузовика?

Ответ: _____ м/с.

26

В цепи, изображённой на рисунке, идеальный амперметр показывает 8 А. Найдите ЭДС источника, если его внутреннее сопротивление 2 Ом.

Ответ: _____ В.



27

Дифракционная решётка с периодом 10^{-5} м расположена параллельно экрану на расстоянии 0,75 м от него. На решётку по нормали к ней падает пучок света с длиной волны 0,4 мкм. Какого порядка максимум в спектре будет наблюдаться на экране на расстоянии 3 см от центра дифракционной картины? Считать $\sin \alpha \approx \tan \alpha$.

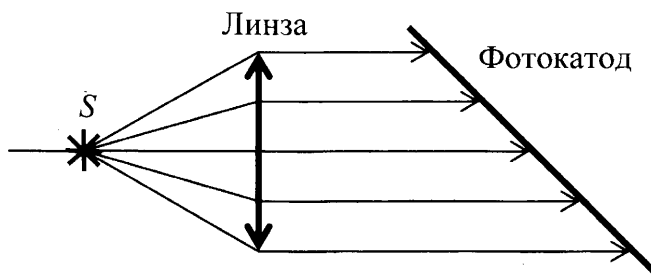
Ответ: _____.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Для записи ответов на задания этой части (28–32) используйте бланк ответов № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

28

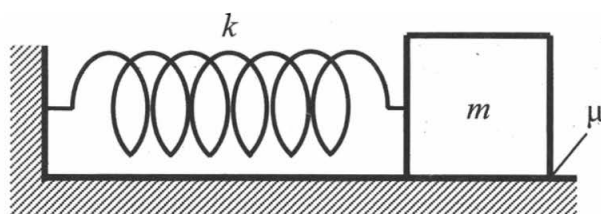
В установке по наблюдению фотоэффекта свет от точечного источника S , пройдя через собирающую линзу, падает на фотокатод параллельным пучком. В схему внесли изменение: на место первоначальной линзы поставили другую того же диаметра, но с большим фокусным расстоянием. Источник света переместили вдоль главной оптической оси линзы так, что на фотокатод свет снова стал падать параллельным пучком. Как изменился при этом (уменьшился или увеличился) фототок насыщения? Объясните, почему изменяется фототок насыщения, и укажите, какие физические закономерности Вы использовали для объяснения.



Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

29

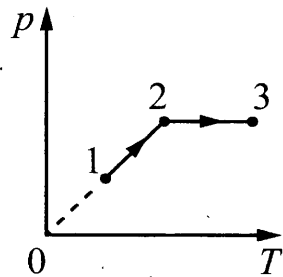
К одному концу лёгкой пружины жёсткостью $k = 100$ Н/м прикреплён массивный груз, лежащий на горизонтальной плоскости, другой конец пружины закреплён неподвижно (см. рисунок). Коэффициент трения груза по плоскости $\mu = 0,2$.



Груз смещают по горизонтали, растягивая пружину, затем отпускают с начальной скоростью, равной нулю. Груз движется в одном направлении и затем останавливается в положении, в котором пружина уже сжата. Максимальное растяжение пружины, при котором груз движется таким образом, равно $d = 15$ см. Найдите массу m груза.

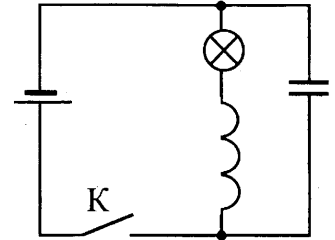
30

Один моль одноатомного идеального газа совершает процесс 1–2–3, график которого показан на рисунке в координатах p – T . Известно, что давление газа p в процессе 1–2 увеличилось в 2 раза. Какое количество теплоты было сообщено газу в процессе 1–2–3, если его температура T в состоянии 1 равна 300 К, а в состоянии 3 равна 900 К?



31

В электрической цепи, показанной на рисунке, ЭДС и внутреннее сопротивление источника тока соответственно равны 12 В и 1 Ом, ёмкость конденсатора 2 мФ, индуктивность катушки 36 мГн и сопротивление лампы 5 Ом. В начальный момент времени ключ К замкнут. Какая энергия выделится в лампе после размыкания ключа? Сопротивлением катушки и проводов пренебречь.



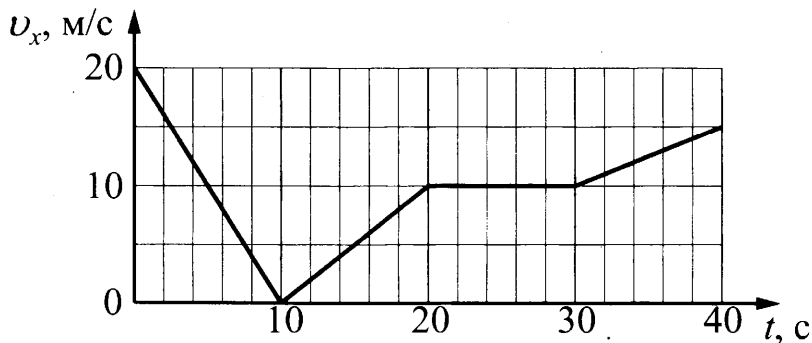
32

Определите коэффициент полезного действия атомной электростанции, расходующей за неделю уран-235 $^{235}_{92}\text{U}$ массой 1,4 кг, если её мощность равна 38 МВт. При делении одного ядра урана-235 выделяется энергия 200 МэВ.

Часть 1

При выполнении заданий части 1 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания (1–24) запишите номер выбранного ответа или ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 Автомобиль движется по прямой улице. На графике представлена зависимость его скорости от времени.



Модуль ускорения автомобиля максимален на интервале времени

- 1) от 0 до 10 с
- 2) от 10 с до 20 с
- 3) от 20 с до 30 с
- 4) от 30 с до 40 с

- 2 В инерциальной системе отсчёта сила \vec{F} сообщает телу массой m ускорение \vec{a} . Ускорение тела массой $2m$ под действием силы $\frac{1}{3}\vec{F}$ в этой системе отсчёта равно

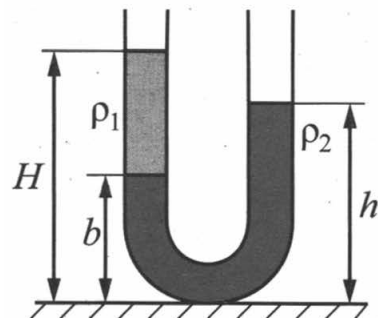
- 1) \vec{a}
- 2) $\frac{1}{6}\vec{a}$
- 3) $\frac{2}{3}\vec{a}$
- 4) $\frac{3}{2}\vec{a}$

- 3 В Вашем распоряжении динамометр и линейка. Растянув пружину динамометра на 5 см, Вы обнаружили, что его показания равны 2 Н. Какова жёсткость пружины динамометра?

Ответ: _____ Н/м.

- 4 В широкую U-образную трубку, расположенную вертикально, налиты жидкость плотностью ρ_1 и вода (см. рисунок). Жидкости не смешиваются. На рисунке $b = 15$ см, $h = 30$ см, $H = 35$ см. Чему равна плотность жидкости ρ_1 ?

Ответ: _____ кг/м³.



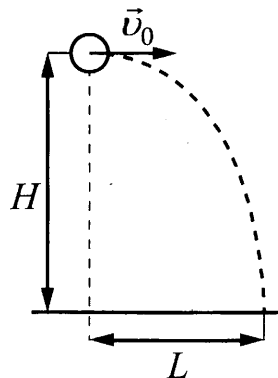
5

Сигнал гидролокатора подводной лодки, отразившись от цели, отстоящей от неё на 3 км, зарегистрирован через 4 с после его подачи. Частота колебаний вибратора гидролокатора 10 кГц. Определите длину звуковой волны в воде. Ответ запишите в сантиметрах.

Ответ: _____ см.

6

Шарик массой m , брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью \vec{v}_0 , за время полёта t пролетел в горизонтальном направлении расстояние L (см. рисунок). В другом опыте на этой же установке шарик массой $2m$ бросают со скоростью $2\vec{v}_0$. Что произойдёт при этом с дальностью полёта и ускорением шарика? Сопротивлением воздуха пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:



- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Дальность полёта	Ускорение

7

С высоты h по наклонной плоскости из состояния покоя соскальзывает брусок массой m . Длина наклонной плоскости равна S , а коэффициент трения между бруском и плоскостью равен μ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) сила трения, действующая на брусок
- Б) время движения бруска

ФОРМУЛЫ

- 1) $\sqrt{2g(h - \mu\sqrt{S^2 - h^2})}$
- 2) $\frac{mg}{S}(h - \mu\sqrt{S^2 - h^2})$
- 3) $\sqrt{\frac{2S^2}{g(h - \mu\sqrt{S^2 - h^2})}}$
- 4) $\frac{\mu mg}{S}\sqrt{S^2 - h^2}$

Ответ:

А	Б

8

Молекулы газов находятся в среднем на больших расстояниях друг от друга по сравнению с их размерами, силы взаимодействия между ними незначительны. Этим можно объяснить следующие свойства газов:

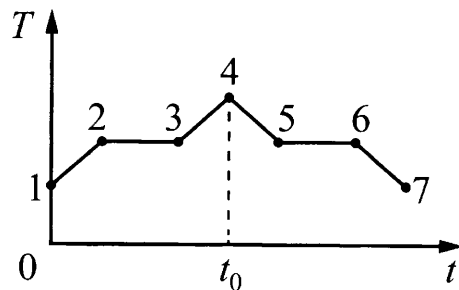
- А. Газ не сохраняет своей формы.
- Б. Газ не сохраняет своего объёма.
- В. Газ имеет большую сжимаемость.

Какое(-ие) из утверждений правильно(-ы)?

- 1) только Б
- 2) только В
- 3) А и Б
- 4) А, Б, В

9

На графике показана зависимость температуры вещества T от времени t . Вещество равномерно нагревали от момента времени $t = 0$ до момента $t = t_0$. Потом нагреватель выключили и вещество равномерно охлаждалось. В начальный момент вещество находилось в кристаллическом состоянии. Какой участок графика соответствует процессу остывания затвердевшего вещества?



- 1) 2–3
- 2) 5–6
- 3) 1–2
- 4) 6–7

10

Какое количество теплоты необходимо для того, чтобы расплавить 20 г свинца, взятого при температуре плавления?

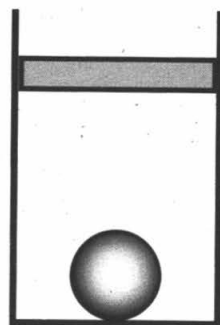
Ответ: _____ Дж.

11

В цилиндрическом сосуде под поршнем находится газ. Поршень может перемещаться в сосуде без трения. На дне сосуда лежит стальной шарик (см. рисунок). Из сосуда выпускается половина газа при неизменной температуре. Как изменится в результате этого объём газа и действующая на шарик архимедова сила?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится



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

Объём газа	Архимедова сила

12

Температура нагревателя идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, равна T_1 , а температура холодильника равна T_2 . За цикл двигатель совершает работу, равную A . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) КПД двигателя
Б) количество теплоты, получаемое двигателем за цикл от нагревателя

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{T_1 - T_2}{T_2}$
2) $1 - \frac{T_2}{T_1}$
3) $\frac{AT_1}{T_1 - T_2}$
4) $\frac{AT_2}{T_1 - T_2}$

Ответ:

А	Б

13

Отрицательно заряженное тело отталкивает подвешенный на нити лёгкий шарик из алюминиевой фольги. Заряд шарика

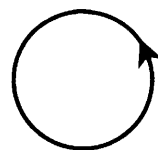
- А. положителен
Б. отрицателен
В. равен нулю

Правильно(-ы) утверждение(-я):

- 1) только А
2) только Б
3) только В
4) А или В

14

На рисунке изображён проволочный виток, по которому течёт электрический ток в направлении, указанном стрелкой. Виток расположен в плоскости чертежа. Как направлен в центре витка вектор индукции магнитного поля, созданного током, протекающим по витку?



- 1) от нас перпендикулярно плоскости чертежа \otimes
2) вертикально вниз \downarrow
3) к нам перпендикулярно плоскости чертежа \odot
4) вертикально вверх \uparrow

15

На рисунке приведена схема электрической цепи, собранной учеником для исследования зависимости силы тока, проходящего через резистор, от напряжения на нём. На рисунках 1 и 2 показаны шкалы амперметра и вольтметра.

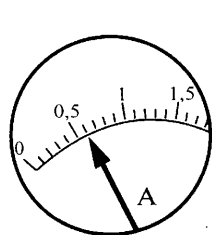


Рис. 1

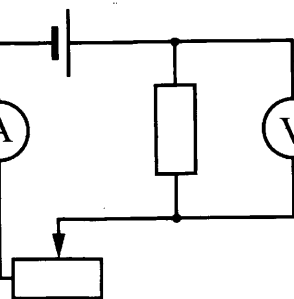
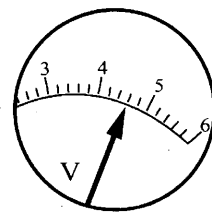


Рис. 2



Какова будет сила тока в цепи при напряжении на резисторе 5,4 В? Ответ округлите до десятых.

Ответ: _____ А.

16

Колебательный контур состоит из катушки индуктивности и конденсатора. В нём наблюдаются гармонические электромагнитные колебания с периодом 6 мкс. Максимальный заряд одной из обкладок конденсатора при этих колебаниях равен 4 мкКл. Каким будет модуль заряда этой обкладки в момент времени $t = 1,5$ мкс, если в начальный момент времени её заряд равен нулю? Ответ запишите в микрокулонах.

Ответ: _____ мкКл.

17

По проволочному резистору течёт ток. Как изменятся при уменьшении длины проволоки в 4 раза и увеличении силы тока вдвое тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе, и его электрическое сопротивление? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

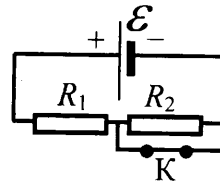
- 1) увеличится
- 2) уменьшится
- 3) не изменится

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

Тепловая мощность, выделяющаяся на резисторе	Электрическое сопротивление резистора

18

На рисунке показана цепь постоянного тока. Сопротивления обоих резисторов одинаковы и равны R . Внутренним сопротивлением источника тока можно пренебречь. Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно рассчитать (ε – ЭДС источника тока). К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- А) тепловая мощность на резисторе R_1 при замкнутом ключе К
 Б) тепловая мощность на резисторе R_1 при разомкнутом ключе К

ФОРМУЛЫ

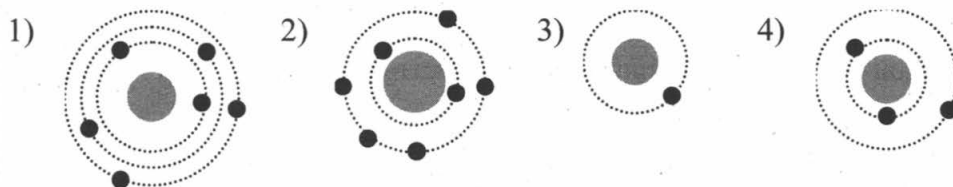
- 1) $\frac{\varepsilon^2}{2R}$
 2) $\frac{\varepsilon^2}{R}$
 3) $\frac{2\varepsilon^2}{R}$
 4) $\frac{\varepsilon^2}{4R}$

Ответ:

А	Б

19

На рисунке изображены схемы четырёх атомов, соответствующие модели атома Резерфорда. Чёрными точками обозначены электроны. Какая схема соответствует атому ${}^6_3\text{Li}$? Запишите номер верного ответа.



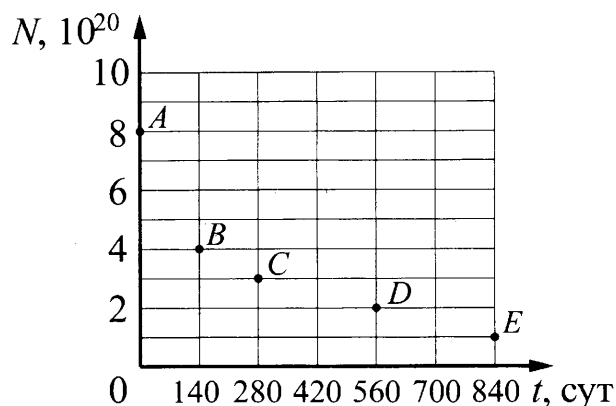
20

Укажите частицу X в ядерной реакции ${}^{56}_{25}\text{Mn} + X \longrightarrow {}^{56}_{26}\text{Fe} + {}^1_0\text{n}$.

- 1) ${}^1_1\text{H}$ 2) ${}^1_0\text{n}$ 3) ${}^0_{-1}\text{e}$ 4) ${}^2_1\text{H}$

21

Ядра полония $^{210}_{84}\text{Po}$ испытывают α -распад с периодом полураспада 140 дней. В момент начала наблюдения в образце содержится $8 \cdot 10^{20}$ ядер полония. Через какую из точек, кроме точки А, пройдёт график зависимости от времени числа ещё не испытавших радиоактивный распад ядер полония?



Ответ: _____.

22

Большое число N радиоактивных ядер $^{203}_{80}\text{Hg}$ распадается, образуя стабильные дочерние ядра $^{203}_{81}\text{Tl}$. Период полураспада равен 46,6 суток. Какое количество исходных ядер останется через 139,8 суток, а дочерних появится за 93,2 суток после начала наблюдений?

Установите соответствие между величинами и их значениями.

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

ВЕЛИЧИНЫ

А) количество ядер $^{203}_{80}\text{Hg}$ через 139,8 суток

Б) количество ядер $^{203}_{81}\text{Tl}$ через 93,2 суток

ИХ ЗНАЧЕНИЕ

1) $\frac{N}{8}$

2) $\frac{N}{4}$

3) $\frac{3N}{4}$

4) $\frac{7N}{8}$

Ответ:

А	Б

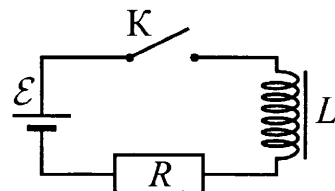
23

С помощью ученической линейки измерили толщину пачки из 500 листов бумаги. Толщина пачки оказалась (50 ± 1) мм. Толщина одного листа бумаги равна

- 1) $(0,10 \pm 0,02)$ мм
- 2) $(0,1 \pm 1,0)$ мм
- 3) $(0,100 \pm 0,002)$ мм
- 4) $(0,05 \pm 0,02)$ мм

24

Катушка индуктивности подключена к источнику тока с пренебрежимо малым внутренним сопротивлением через резистор $R = 40$ Ом (см. рисунок). В момент $t = 0$ ключ К замыкают. Значения силы тока в цепи, измеренные в последовательные моменты времени с точностью $\pm 0,01$ А, представлены в таблице.



$t, \text{с}$	0	0,5	1,0	1,5	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
$I, \text{А}$	0	0,12	0,19	0,23	0,26	0,29	0,29	0,30	0,30

Выберите два утверждения, соответствующих результатам этого опыта и укажите их номера.

1. Модуль ЭДС самоиндукции катушки в момент времени $t = 1,0$ с равен $7,6$ В;
2. Модуль ЭДС самоиндукции катушки в момент времени $t = 2,0$ с равен $1,6$ В;
3. ЭДС источника тока равна $4,8$ В;
4. Напряжение на резисторе с течением времени монотонно возрастает;
5. К моменту времени $t = 3$ с ЭДС самоиндукции катушки равно нулю.

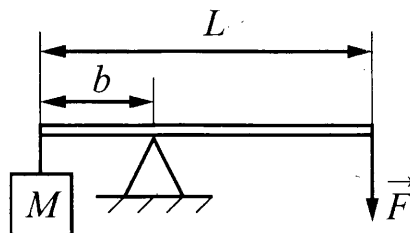
Ответ:

Часть 2

При выполнении заданий 25–27 части 2 в бланке ответов № 1 рядом с номером выполняемого Вами задания запишите ответ. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25

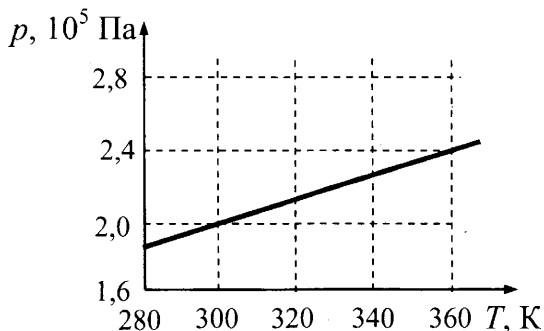
Груз массой 120 кг удерживают с помощью рычага, приложив к его концу вертикально направленную силу 300 Н (см. рисунок). Рычаг состоит из шарнира без трения и длинного однородного стержня массой 30 кг. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза равно 1 м. Длина стержня равна



Ответ: _____ м.

26

На рисунке показан график изменения давления 32 моль газа при изохорном нагревании. Каков объём этого газа? Ответ округлите до десятых.



Ответ: _____ м^3 .

27

Кольцо радиуса 10 см из тонкой проволоки с сопротивлением $0,01$ Ом находится в однородном магнитном поле, линии индукции которого пересекают плоскость кольца под углом 60° . За какое время в кольце выделится количество теплоты 555 мкДж, если магнитная индукция возрастает со скоростью $0,05$ Тл/с?

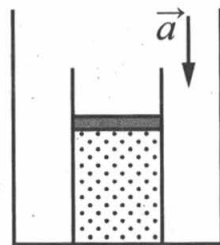
Ответ: _____ с.

Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1.

Для записи ответов на задания этой части (28–32) используйте бланк ответов № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

28

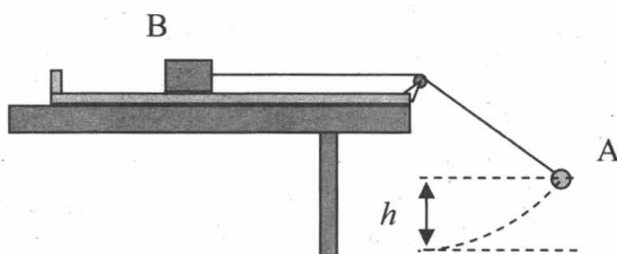
На полу неподвижного лифта стоит теплоизолированный сосуд, открытый сверху. В сосуде под тяжёлым подвижным поршнем находится одноатомный идеальный газ. Поршень находится в равновесии. Лифт начинает равноускоренно опускаться вниз. Опираясь на законы механики и молекулярной физики, объясните, куда сдвинется поршень относительно сосуда после начала движения лифта и как при этом изменится температура газа в сосуде. Трением между поршнем и стенками сосуда, а также утечкой газа из сосуда пренебречь.



Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

29

В установке, изображённой на рисунке, грузик А соединён перекинутой через блок нитью с бруском В, лежащим на горизонтальной поверхности трибометра, закреплённого на столе. Грузик отводят в сторону, приподнимая его на высоту h , и отпускают. Длина свисающей части нити равна L . Какую величину должна превзойти масса грузика, чтобы брусок сдвинулся с места в момент прохождения грузиком нижней точки траектории? Масса бруска M , коэффициент трения между бруском и поверхностью μ . Трением в блоке, а также размерами блока пренебречь.

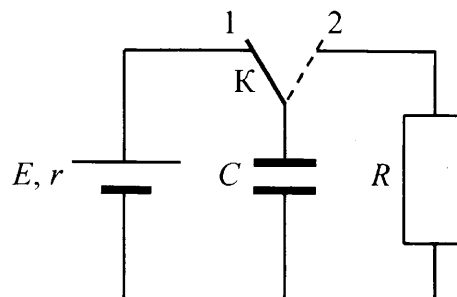


30

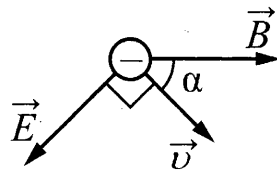
В сосуде объёмом $V = 0,02 \text{ м}^3$ с жёсткими стенками находится одноатомный газ при атмосферном давлении. В крышке сосуда имеется отверстие площадью s , заткнутое пробкой. Максимальная сила трения покоя F пробки о края отверстия равна 100 Н. Пробка выскакивает, если газу передать количество теплоты не менее 15 кДж. Определите значение s , полагая газ идеальным.

31

В схеме, показанной на рисунке, ключ К долгое время находился в положении 1. В момент $t_0 = 0$ ключ перевели в положение 2. К моменту $t > 0$ на резисторе R выделилось количество теплоты $Q = 25 \text{ мкДж}$. Сила тока в цепи в этот момент равна $I = 0,1 \text{ мА}$. Чему равно сопротивление резистора R ? ЭДС батареи $E = 15 \text{ В}$, её внутреннее сопротивление $r = 30 \text{ Ом}$, ёмкость конденсатора $C = 0,4 \text{ мкФ}$. Потерями на электромагнитное излучение пренебречь.



Точечный отрицательный заряд $q = -1,5 \cdot 10^{-12}$ Кл движется в однородных электрическом и магнитном полях. Напряжённость электрического поля $E = 1200$ В/м; индукция магнитного поля $B = 0,03$ Тл. В некоторый момент времени скорость заряда равна по величине $v = 10^5$ м/с и лежит в плоскости векторов \vec{B} и \vec{E} , при этом вектор \vec{v} перпендикулярен вектору \vec{E} и составляет с вектором \vec{B} угол $\alpha = 45^\circ$. Найдите величину результирующей силы, действующей на заряд со стороны электромагнитного поля в этот момент времени.



ОТВЕТЫ К РЕПЕТИЦИОННЫМ ВАРИАНТАМ

За правильный ответ на задания 1–5, 8–10, 13–16, 19–21, 22, 23 и 25–27 ставится по 1 баллу.

Задания 6, 7, 11, 12, 17, 18, 22 и 24 оцениваются в 2 балла, если верно указаны оба элемента ответа, в 1 балл, если допущена одна ошибка, в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует – 0 баллов.

№ зада- чи	№ варианта											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	2	3	4	2	1	3	3	1	2	2	3	1
2	3	1	3	4	4	2	1	3	4	1	4	2
3	2	16	12	3	0,32	0,12	0,5	0,3	36	9	319	40
4	500	16	200	20	4000	3	10	5	256	180	4	750
5	5	6	30	6	8	8	10	240	320	8000	4	15
6	22	12	21	13	12	11	31	12	22	12	32	13
7	14	43	41	34	43	24	41	13	41	13	42	43
8	4	3	4	2	3	1	4	3	2	3	3	4
9	1	2	3	3	2	4	4	2	2	4	2	4
10	90	80	2	2000	2	0,5	5	10	560	600	100	500
11	13	23	32	32	33	12	22	11	11	21	31	23
12	31	41	42	34	31	14	12	41	43	14	14	23
13	3	3	4	2	3	4	2	1	2	4	1	2
14	4	1	1	4	2	1	3	4	1	2	2	3
15	4	3	600	250	150	200	180	20	60	40	1	0,7
16	1,5	1,5	1	1	3	2	33	11	16	70	50	4
17	11	12	12	21	11	23	31	22	22	13	12	32
18	43	34	14	21	21	32	32	42	13	43	21	24
19	3	4	2	1	2	1	3	2	1	2	2	4
20	4	2	2	3	1	4	2	4	1	3	4	1
21	2	60	В	Д	660	22	900	33	1	30	20	В
22	14	24	23	31	22	13	31	13	13	23	12	13
23	3	3	2	3	4	1	1	1	2	4	2	3
24	23	14	24	34	35	14	13	35	25	15	34	24
	или 32	или 41	или 42	или 43	или 53	или 41	или 31	или 53	или 52	или 51	или 43	или 42
25	81	20	30	3	60	1	1000	1	0,3	1	10	4
26	0	0	1	3	800	800	5	0,1	550	1100	56	0,4
27	1	1	2	0,5	20	27	20	60	15	10	1	3

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ С РАЗВЁРНУТЫМ ОТВЕТОМ¹

Решения заданий 28–32 части 2 (с развёрнутым ответом) оцениваются экспертной комиссией. На основе критериев, представленных в приведённых ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного учащимся ответа выставляется от 0 до 3 баллов.

ВАРИАНТ № 1

28

Возможное решение	
<p>1. Количество вещества в первой порции газа меньше, чем во второй.</p> <p>2. Для описания изобарного расширения идеального газа используем уравнение Менделеева – Клапейрона: $pV = \nu RT$, где ν – число молей газа. Отсюда следует, что при одинаковых давлении и объёме $\frac{T_1}{T_2} = \frac{\nu_2}{\nu_1}$.</p> <p>3. Как следует из рисунка, $T_1 > T_2$ (при одинаковых давлении и объёме). Поэтому $\nu_1 < \nu_2$</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае – <i>различия в количестве вещества в порциях газа</i> – п. 1) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае – п. 2 и 3; <i>уравнение Менделеева – Клапейрона</i>)	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</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 (не зачёркнуты, не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеется неточность в указании на одно из физических явлений, свойств, определений, законов (формул), необходимых для полного верного объяснения</p>	2

¹ Подробные указания по оцениванию выполнения заданий приведены только для варианта № 1. В последующих вариантах применяются аналогичные критерии по оцениванию соответствующих заданий.

<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев. Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0

29

Возможное решение	
<p>На систему тел «шайба + горка» действуют внешние силы (тяжести и реакции стола), направленные по вертикали, поэтому проекция импульса системы на горизонтальную ось Ox системы отсчёта, связанной со столом, сохраняется. В начальный момент $p_x(0)=0$, а в момент t_1 $p_x(1)=Mu - mv$. Из закона сохранения импульса $p_x(0)=p_x(1)$ получим: $Mu - mv = 0$, где m – масса шайбы, M – масса горки.</p> <p>Работа сил тяжести определяется изменением потенциальной энергии, а суммарная работа сил реакции равна нулю, так как поверхности гладкие. Следовательно, полная механическая энергия системы тел, равная сумме кинетической и потенциальной, сохраняется. Так как потенциальная энергия горки не изменилась, получаем уравнение</p> $\frac{mv^2}{2} + \frac{Mu^2}{2} + mgh = \frac{5}{2}mgh.$ <p>Решение системы даёт отношение масс $\frac{m}{M} = \frac{3gh}{v^2} - 1$.</p> <p>Ответ: $\frac{m}{M} = \frac{3gh}{v^2} - 1$</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>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: <u>закон сохранения механической энергии, закон сохранения импульса</u>); II) описаны все <u>вновь</u> вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<u>за исключением обозначений констант, указанных в вариан-</u></p>	3

<p>те КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений² величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>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 (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<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

² Здесь и далее стандартными считаются обозначения, принятые в кодификаторе элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников общеобразовательных учреждений для проведения единого государственного экзамена по физике

Возможное решение

1. Коэффициент полезного действия тепловой машины

$$\eta = \frac{A_{\text{ц}}}{Q^+} = 1 - \frac{|Q^-|}{Q^+},$$

где $A_{\text{ц}}$ – работа, совершённая за цикл; Q^+ – количество теплоты, полученное за цикл рабочим веществом тепловой машины от нагревателя; $|Q^-|$ – количество теплоты, отданное за цикл холодильнику.

В рассматриваемом цикле газ получает количество теплоты в изотермическом процессе и отдаёт в изохорном.

2. В изотермическом процессе внутренняя энергия идеального газа не изменяется, следовательно, в соответствии с первым законом термодинамики количество теплоты, полученное газом, равно работе газа:

$$Q^+ = A.$$

3. Поскольку в изохорном процессе газ работу не совершает, количество теплоты, отданное газом (в соответствии с первым законом термодинамики), равно изменению его внутренней энергии:

$$|Q^-| = \frac{3}{2} \nu R |\Delta T|.$$

Подставляя второе и третье соотношения в первое, получаем значение КПД тепловой машины.

Ответ: $\eta = 1 - \frac{3\nu R |\Delta T|}{2A}$

Критерии оценивания выполнения задания

Баллы

Приведено полное решение, включающее следующие элементы:

I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: *первый закон термодинамики в применении к изотермическому и изохорному процессам и определение КПД тепловой машины*);

II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);

III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);

IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины

3

Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков:

Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.

И (ИЛИ)

В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).

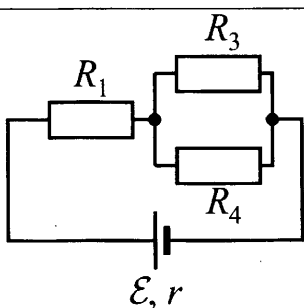
И (ИЛИ)

В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допу-

2

<p>щены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>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

31

Возможное решение	
<p>1. После перегорания резистора R_2 данную электрическую схему можно заменить эквивалентной схемой (см. рисунок). Тогда сопротивление внешней цепи $R_0 = R + \frac{R}{2} = 1,5R$.</p> <p>2. По закону Ома для полной цепи сила тока, текущего через источник в схеме, $I = \frac{\mathcal{E}}{1,5R + r}$.</p> <p>3. Сила тока, текущего через резистор R_1, равна силе тока, текущего через источник. По закону Джоуля – Ленца мощность, выделяющаяся на нём,</p> $P = I^2 R = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(1,5R + r)^2} = \frac{12100 \cdot 20}{1024} \approx 236 \text{ Вт.}$ <p>Ответ: $P \approx 236 \text{ Вт}$</p>	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>закон Джоуля – Ленца, закон Ома для полной цепи; правильно рассчитано сопротивление схемы</i>);</p> <p>II) описаны все <u>вновь</u> вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>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 (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<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

32

Возможное решение

Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта, энергия поглощаемого фотона равна сумме работы выхода фотоэлектрона из металла и максимальной кинетической энергии фотоэлектрона:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

В электрическом поле на электрон действует сила, направление которой противоположно направлению вектора напряжённости поля. Поэтому в нашем случае фотоэлектроны будут ускоряться полем. В точке измерения их максимальная кинетическая энергия станет равной

$$\varepsilon = \frac{mv^2}{2} + eU, \quad (2)$$

где U – разность потенциалов между поверхностью пластины и эквипотенциальной поверхностью на расстоянии $L = 10$ см от неё.

Поскольку поле однородное и вектор \vec{E} перпендикулярен пластине, то

$$U = EL. \quad (3)$$

Решая систему уравнений (1), (2) и (3), находим:

$$h\nu = A + \varepsilon - eEL.$$

$$\text{Отсюда: } A = h\nu - \varepsilon + eEL = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 1,6 \cdot 10^{15}}{1,6 \cdot 10^{-19}} - 15,9 + 130 \cdot 0,1 = 3,7 \text{ эВ.}$$

Ответ: $A = 3,7 \text{ эВ}$

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>формула для энергии фотона, уравнение Эйнштейна, связь изменения кинетической энергии электрона и ускоряющей разности потенциалов, связь разности потенциалов с напряженностью однородного поля</i>);</p> <p>II) описаны все <u>вновь</u> вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений величин, используемых в условии задачи и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков:</p> <p>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 (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>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>	1

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	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0

28

Возможное решение

1. Количество вещества в первой порции газа больше, чем во второй.
2. Для описания изохорного нагревания идеального газа используем уравнение Менделеева – Клапейрона: $p = \nu RT/V$, где ν – число молей газа. Отсюда следует, что при одинаковых температуре и объёме $p_1/p_2 = \nu_1/\nu_2$.
3. Как следует из рисунка, $p_1 > p_2$ (при одинаковых температуре и объёме).
Поэтому $\nu_1 > \nu_2$

29

Возможное решение

На систему тел «шайба + горка» действуют внешние силы (тяжести и реакции стола), направленные по вертикали, поэтому проекция импульса системы на горизонтальную ось Ox системы отсчёта, связанной со столом, сохраняется. В начальный момент $p_x(0) = 0$, а в момент t_1 $p_x(1) = Mu - mv$. Из закона сохранения импульса $p_x(0) = p_x(1)$ получим: $Mu - mv = 0$, где m – масса шайбы,

а $M = 12m$ – масса горки.

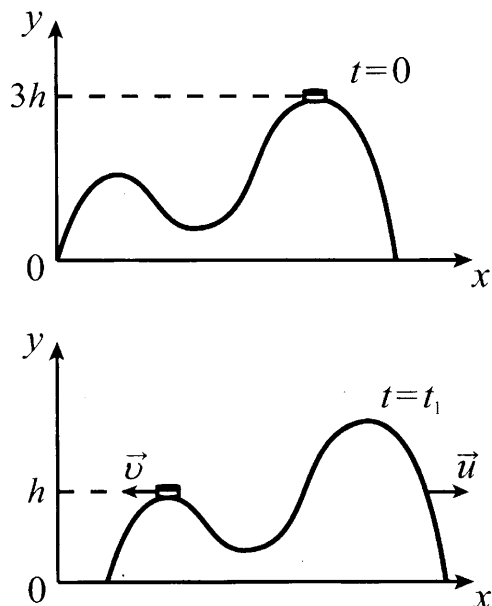
Работа сил тяжести определяется изменением потенциальной энергии, а суммарная работа сил реакции равна нулю, так как поверхности гладкие.

Следовательно, полная механическая энергия системы тел, равная сумме кинетической и потенциальной, сохраняется. Так как потенциальная энергия горки не изменилась, получаем уравнение

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{12mu^2}{2} + mgh = 3mgh.$$

Решение системы даёт скорость шайбы $u = \sqrt{\frac{gh}{39}}$.

Ответ: $u = \sqrt{\frac{gh}{39}}$



Возможное решение

1. Коэффициент полезного действия тепловой машины

$$\eta = \frac{A_{\text{ц}}}{Q^+} = 1 - \frac{|Q^-|}{Q^+},$$

где $A_{\text{ц}}$ – работа, совершённая за цикл; Q^+ – количество теплоты, полученное за цикл рабочим веществом тепловой машины от нагревателя; $|Q^-|$ – количество теплоты, отданное за цикл холодильнику.

В рассматриваемом цикле газ получает количество теплоты в изотермическом процессе и отдаёт в изохорном.

2. В изотермическом процессе внутренняя энергия идеального газа не изменяется, следовательно, в соответствии с первым законом термодинамики количество теплоты, полученное газом, равно работе газа:

$$Q^+ = A.$$

3. Поскольку в изохорном процессе газ работу не совершает, количество теплоты, отданное газом, равно изменению его внутренней энергии:

$$|Q^-| = \frac{3}{2} \nu R |\Delta T|.$$

Подставляя второе и третье соотношения в первое, получаем искомую работу, совершённую газом в изотермическом процессе.

Ответ: $A = \frac{3\nu R |\Delta T|}{2(1 - \eta)}$

Возможное решение

1. Сопротивление внешней цепи

$$R_0 = \frac{R_1}{2} + \frac{R_2}{2} = \frac{R_1 + R_2}{2}.$$

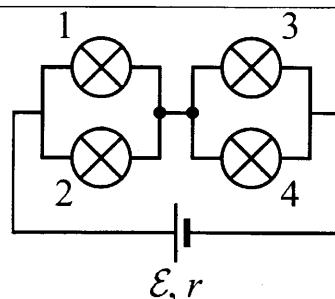
2. По закону Ома для полной цепи ток, текущий через источник в цепи,

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_0 + r} = \frac{2\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + 2r}.$$

3. Сила тока, текущего через лампу 4, равна половине силы тока, текущего через источник. По закону Джоуля – Ленца мощность, выделяющаяся на лампе 4,

$$P = \left(\frac{I}{2}\right)^2 R_2 = \frac{\mathcal{E}^2 R_2}{(R_1 + R_2 + 2r)^2} = \frac{10\,000 \cdot 10}{1600} = 62,5 \text{ Вт}.$$

Ответ: $P = 62,5 \text{ Вт}$



Возможное решение

Согласно уравнению Эйнштейна для фотоэффекта энергия поглощаемого фотона равна сумме работы выхода фотоэлектрона из металла и максимальной кинетической энергии фотоэлектрона:

$$h\nu = A + \frac{mv^2}{2}. \quad (1)$$

В электрическом поле на электрон действует сила, направление которой противоположно направлению вектора напряжённости поля. Поэтому в нашем случае фотоэлектроны будут ускоряться полем. В точке измерения их максимальная кинетическая энергия

$$\varepsilon = \frac{mv^2}{2} + eU, \quad (2)$$

где U – разность потенциалов между поверхностью пластины и эквипотенциальной поверхностью на расстоянии $L = 10$ см от неё.

Поскольку поле однородное и вектор \vec{E} перпендикулярен пластине, то

$$U = EL. \quad (3)$$

Решая систему уравнений (1), (2) и (3), находим:

$$h\nu = A + \varepsilon - eEL.$$

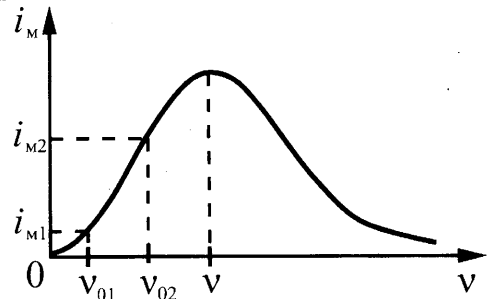
$$\text{Отсюда: } \varepsilon = h\nu - A + eEL = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 1,6 \cdot 10^{15}}{1,6 \cdot 10^{-19}} - 3,7 + 130 \cdot 0,1 = 15,9 \text{ эВ.}$$

Ответ: $\varepsilon = 15,9$ эВ

28

Возможное решение

1. В описанном опыте колебания в контуре являются вынужденными, они совершаются с частотой ν , задаваемой источником тока. Но колебательный контур имеет собственную частоту колебаний ν_0 , и амплитуда колебаний тока в нём зависит от разности значений этих частот: по мере уменьшения $|\nu - \nu_0|$ она увеличивается (резонансная кривая), достигая



максимального значения при $|\nu - \nu_0| = 0$ (явление резонанса). Собственная частота колебаний контура зависит от индуктивности катушки и согласно формуле Томсона

$$\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

2. Таким образом, ученик, уменьшая индуктивность катушки от L_{\max} до L_{\min} , увеличивал собственную частоту колебаний контура от ν_{01} до ν_{02} , что привело к возрастанию амплитуды тока от i_{m1} до i_{m2} в соответствии с резонансной кривой

29

Возможное решение

Шарик и жидкости неподвижны в ИСО, связанной с Землёй. В этом случае, как следует из второго закона Ньютона, сила Архимеда, действующая на шарик, уравнивает действующую на него силу тяжести: $\rho_1 V_1 g + \rho_2 V_2 g = \rho (V_1 + V_2) g$ (здесь V_1 и V_2 – соответственно объёмы шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела). Отсюда:

$$\rho_1 \frac{V_1}{V_1 + V_2} + \rho_2 \frac{V_2}{V_1 + V_2} = \rho. \quad (1)$$

Доли объёма шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела жидкостей, связаны соотношением

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} + \frac{V_2}{V_1 + V_2} = 1. \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1)–(2), получаем:

$$\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1}.$$

По условию задачи $\frac{V_1}{V_1 + V_2} = \frac{1}{4}$, так что $\frac{\rho_2 - \rho}{\rho_2 - \rho_1} = \frac{1}{4}$, откуда

$$\rho = \frac{1}{4}(\rho_1 + 3\rho_2) = \frac{7}{4}\rho_1 = 700 \text{ кг/м}^3.$$

Ответ: $\rho = 700 \text{ кг/м}^3$

Возможное решение

При изобарном расширении на участке 1–2 газ получает от нагревателя количество теплоты Q_{12} , а на участке 3–4 отдаёт холодильнику в изохорном процессе количество теплоты Q_{34} . На других участках теплообмен отсутствует. В соответствии с первым началом термодинамики работа газа за цикл A равна разности количества теплоты, полученной от нагревателя и отданной холодильнику: $A = Q_{12} - Q_{34}$.

По определению КПД теплового двигателя $\eta = \frac{A}{Q_{12}} = 1 - \frac{Q_{34}}{Q_{12}}$, что позволяет найти теп-

лоту, полученную от нагревателя: $Q_{12} = \frac{Q_{34}}{1 - \eta}$, если известно Q_{34} .

Количество теплоты Q_{34} , отданное при изохорном охлаждении на участке 3–4, равно уменьшению внутренней энергии газа этом участке: $Q_{34} = |\Delta U_{34}|$. Внутренняя энергия идеального газа пропорциональна абсолютной температуре, и для 1 моль одноатомного газа $U = \frac{3}{2}RT$, а модуль её изменения на участке 3–4

$$|\Delta U_{34}| = \frac{3}{2}R(T_3 - T_4) = \frac{3}{2}R(t_3 - t_4).$$

В итоге получим:

$$Q_{12} = \frac{Q_{34}}{1 - \eta} = \frac{3}{2} \frac{R(t_{\max} - t_{\min})}{1 - \eta},$$

Подставляя значения физических величин, получим:

$$Q_{12} = \frac{3}{2} \cdot \frac{8,31 \cdot 265}{0,85} \approx 3886 \text{ Дж.}$$

Ответ: $Q_{12} \approx 3886 \text{ Дж}$

Возможное решение

Пусть R_A – сопротивление амперметра; R_V – сопротивление вольтметра; \mathcal{E} – ЭДС источника. В схеме 1 сопротивление внешней цепи $R_0 = R_A + \frac{R \cdot R_V}{R + R_V}$, внутреннее сопротивление источника равно нулю, поэтому показание амперметра $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_0}$.

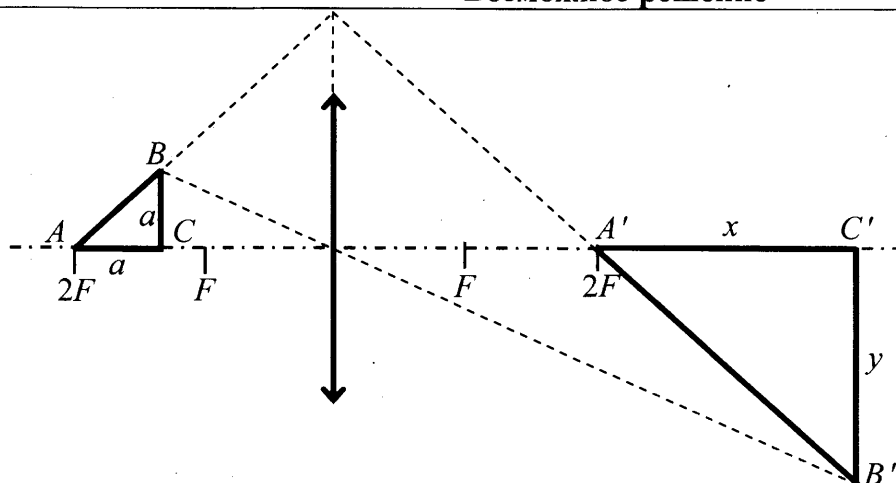
В схеме 2 внутреннее сопротивление источника равно нулю, поэтому напряжение на участке, содержащем резистор и амперметр, равно \mathcal{E} . Показание амперметра $I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R + R_A}$.

Отсюда: $\frac{I_2}{I_1} = \frac{R_0}{R + R_A} = \frac{R_A R + R_A R_V + R R_V}{(R + R_A)(R + R_V)}$.

Подставляя значения сопротивлений, получим ответ: $I_2 = \frac{91}{101} I_1 \approx 0,9 \cdot I_1$.

Ответ: $I_2 \approx 0,9 I_1$

Возможное решение



Длину x горизонтального катета $A'C'$ изображения находим по формуле линзы:

$$\frac{1}{2F - a} + \frac{1}{2F + x} = \frac{1}{F}, \text{ откуда } x = \frac{aF}{F - a} = \frac{a}{1 - aD}.$$

Длину y вертикального катета $B'C'$ изображения находим из подобия:

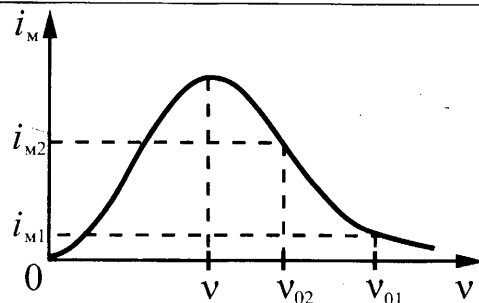
$$y = a \cdot \frac{2F + x}{2F - a} = \frac{aF}{F - a} = \frac{a}{1 - aD} = x.$$

Площадь изображения $S_1 = \frac{1}{2} A'C' \cdot B'C' = \frac{a^2}{2(1 - aD)^2} \approx 9,9 \text{ см}^2$.

Ответ: $S_1 \approx 9,9 \text{ см}^2$

Возможное решение

1. В описанном опыте колебания в контуре являются вынужденными они совершаются с частотой ν , задаваемой источником тока. Но колебательный контур имеет собственную частоту колебаний ν_0 , и амплитуда колебаний тока в нём зависит от разности значений этих частот: по мере уменьшения $|\nu - \nu_0|$ она увеличивается (резонансная кривая), достигая максимального значения при $|\nu - \nu_0| = 0$ (явление резонанса). Собственная частота колебаний контура зависит от ёмкости конденсатора и согласно формуле Томсона



$$\nu_0 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}.$$

2. Таким образом, ученик, увеличивая ёмкость конденсатора от C_{\min} до C_{\max} , уменьшал собственную частоту колебаний контура от ν_{01} до ν_{02} , что привело к возрастанию амплитуды тока от i_{m1} до i_{m2} в соответствии с резонансной кривой

Возможное решение

Шарик и жидкости неподвижны в ИСО, связанной с Землёй. В этом случае, как следует из второго закона Ньютона, сила Архимеда, действующая на шарик, уравнивает действующую на него силу тяжести: $\rho_1 V_1 g + \rho_2 V_2 g = \rho(V_1 + V_2)g$ (здесь V_1 и V_2 – соответственно объёмы шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела). Отсюда:

$$p_0 \quad (1)$$

Доли объёма шарика, находящиеся выше и ниже границы раздела жидкостей, связаны соотношением

$$p_1, \quad (2)$$

Решая систему уравнений (1)–(2), получаем:

$$p = p_0 + p_1.$$

По условию задачи $p_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} RT_0$, так что V , откуда

$$T_0 \text{ кг/м}^3.$$

Ответ: $m_1 \text{ кг/м}^3$

Возможное решение

При изобарном расширении на участке 1–2 газ получает от нагревателя количество теплоты Q_{12} , а на участке 3–4 отдаёт холодильнику в изохорном процессе количество теплоты Q_{34} . На других участках теплообмен отсутствует. В соответствии с первым началом термодинамики работа газа за цикл A равна разности количества теплоты, полученной от нагревателя и отданной холодильнику $A = Q_{12} - Q_{34}$, а КПД теплового двигателя

$$\eta = \frac{A}{Q_{12}} = 1 - \frac{Q_{34}}{Q_{12}}.$$

Количество теплоты Q_{12} , полученное при изобарном расширении на участке 1–2, равно сумме увеличения внутренней энергии газа при увеличении его температуры и работы газа этом участке: $Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12}$. Внутренняя энергия идеального газа пропорцио-

нальна абсолютной температуре, и для 1 моль одноатомного газа $U = \frac{3}{2}RT$, а её изменение

$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}R\Delta T_{12}.$$

Работа газа при изобарном расширении $A_{12} = p_1(V_2 - V_1)$. Выражая её через изменение температуры с помощью уравнения Клапейрона – Менделеева $pV = RT$, получим:

$$A_{12} = p_1(V_2 - V_1) = R\Delta T_{12}.$$

Отсюда:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{5}{2}R\Delta T_{12}.$$

Количество теплоты Q_{34} , отданное при изохорном охлаждении на участке 3–4, равно уменьшению внутренней энергии газа этом участке: $Q_{34} = |\Delta U_{34}| = \frac{3}{2}R|\Delta T_{34}|$.

В итоге получим: $\eta = 1 - \frac{Q_{34}}{Q_{12}} = 1 - \frac{3|\Delta T_{34}|}{5\Delta T_{12}}.$

Отсюда находим: $\frac{\Delta T_{12}}{|\Delta T_{34}|} = 1,2.$

Ответ: $\frac{\Delta T_{12}}{|\Delta T_{34}|} = 1,2$

31

Возможное решение

Пусть R_A – сопротивление амперметра; R_V – сопротивление вольтметра; \mathcal{E} – ЭДС источника.

В схеме 1 сопротивление внешней цепи равно $R_A + \frac{R \cdot R_V}{R + R_V}$, внутреннее сопротивление источника равно нулю, поэтому показание амперметра $I_1 = \frac{\mathcal{E}}{R_A + \frac{R \cdot R_V}{R + R_V}}.$

Показание вольтметра $U_1 = I_1 \cdot \frac{R \cdot R_V}{R + R_V} = \frac{\mathcal{E}}{R_A + \frac{R \cdot R_V}{R + R_V}} \cdot \frac{R \cdot R_V}{R + R_V}.$

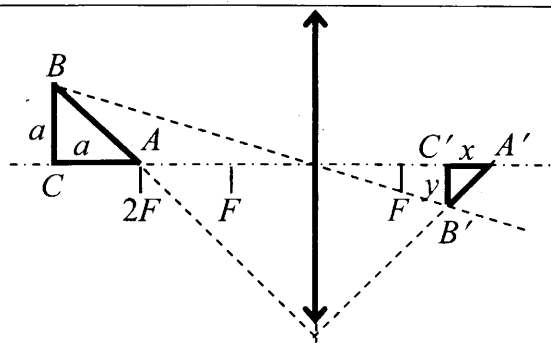
В схеме 2 напряжение на вольтметре равно \mathcal{E} , так как внутреннее сопротивление источника равно нулю. Поэтому $U_2 = \mathcal{E}$ и

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{\frac{R \cdot R_V}{R + R_V}}{R_A + \frac{R \cdot R_V}{R + R_V}}.$$

Отсюда: $U_1 = U_2 \cdot \frac{\frac{R \cdot R_V}{R + R_V}}{R_A + \frac{R \cdot R_V}{R + R_V}} = U_2 \cdot \frac{\frac{9}{10}}{\frac{1}{10} + \frac{9}{10}} = \frac{9}{10}U_2.$

Ответ: $U_1 = 0,9 \cdot U_2$

Возможное решение



Длину x горизонтального катета $A'C'$ изображения находим по формуле линзы:

$$\frac{1}{2F+a} + \frac{1}{2F-x} = \frac{1}{F}, \text{ откуда } x = \frac{aF}{F+a} = \frac{a}{1+aD}.$$

Длину y вертикального катета $B'C'$

изображения находим из подобия: $y = a \cdot \frac{2F-x}{2F+a} = \frac{aF}{F+a} = \frac{a}{1+aD} = x.$

$$\text{Площадь изображения } S_1 = \frac{1}{2} A'C' \cdot B'C' = \frac{a^2}{2(1+aD)^2} \approx 6,6 \text{ см}^2.$$

Ответ: $S_1 \approx 6,6 \text{ см}^2$

Возможное решение

1. Сила давления света во втором опыте больше, чем в первом.
2. В обоих опытах происходит поглощение световой волны. Этот процесс можно рассматривать как поглощение за время t большого числа $N \gg 1$ квантов света – фотонов.

Каждый фотон при поглощении передаёт пластинке импульс $p_\phi = \frac{h\nu}{c}$, поэтому пластинка получает импульс, равный сумме импульсов поглощённых фотонов: $p_\Sigma = Np_\phi = N \frac{h\nu}{c}$.

3. В результате поглощения света пластинкой, покрытой сажой, она приобретает за время t импульс p_Σ в направлении распространения света от лазера. В соответствии с законом изменения импульса тела в инерциальной системе отсчёта скорость изменения импульса тела равна силе, действующей на него со стороны других тел или полей:

$$F_1 = \frac{p_\Sigma}{t} = \frac{N}{t} \frac{h\nu}{c}.$$

4. В результате отражения света от зеркальной пластины отражённый квант имеет импульс, противоположный по знаку импульсу кванта падающей волны: $p'_\phi = -p_\phi$, поэтому отражённая волна имеет импульс $p'_\Sigma = -N'p_\phi = -N' \frac{h\nu}{c}$. В итоге за время t импульс волны под действием зеркальной пластинки изменился. Это изменение

$$\Delta p_\Sigma = (-p'_\Sigma) - p_\Sigma = -(N + N')p_\phi.$$

Импульс системы световая волна + зеркальная пластинка сохраняется: $\Delta(p_\Sigma + p_{\text{пл}}) = 0$, поэтому $\Delta p_{\text{пл}} = -\Delta p_\Sigma$. Но изменение импульса тела в инерциальной системе отсчёта происходит только под действием других тел или полей и характеризуется силой

$$F_2 = \frac{p_{\text{пл}}}{t} = \frac{N + N'}{t} \cdot \frac{h\nu}{c}.$$

Для хорошего зеркала $N \approx N'$, поэтому $F_2 \approx 2F_1$.

5. Сравнивая выражения для силы F_1 , действующей на пластинку, покрытую сажой, и силы F_2 , действующей на зеркало, приходим к выводу, что $F_1 < F_2$

Возможное решение

Введем обозначение:

v_2 – модуль скорости летящего назад осколка снаряда.

Система уравнений для решения задачи:

$$\begin{cases} 2mv_0 = mv_1 - mv_2; \\ mv_0^2 + \Delta E = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}. \end{cases}$$

Выразим v_2 из первого уравнения: $v_2 = v_1 - 2v_0$ – и подставим во второе уравнение. Получим:

$$v_1^2 - 2v_0v_1 + v_0^2 - \frac{\Delta E}{m} = 0.$$

Отсюда следует: $m = \frac{\Delta E}{(v_1 - v_0)^2}.$

Ответ: $m = \frac{\Delta E}{(v_1 - v_0)^2}$

30

Возможное решение

Из анализа графика цикла работа газа при переходе из состояния 1 в состояние 2:

$$A_{12} = 2p_0 \cdot 2V_0 = 4p_0V_0.$$

Количество теплоты, переданное газом за цикл холодильнику, согласно первому началу термодинамики:

$$\begin{aligned} |Q_x| = |Q_{23}| &= (U_2 - U_3) + A_{32} = \frac{3}{2}(vRT_2 - vRT_3) + 3p_0V_0 = \\ &= \frac{3}{2}(2p_0 \cdot 3V_0 - p_0V_0) + 3p_0V_0 = \frac{21}{2}p_0V_0 = \frac{21}{8}A_{21}. \end{aligned}$$

Ответ: $|Q_x| \approx 13 \text{ кДж}$

31

Возможное решение

Напряжение на конденсаторе равно напряжению на резисторе.

Количество теплоты, выделяющееся на резисторе после размыкания ключа

$$Q = \frac{CU^2}{2}, \quad (1)$$

где U – напряжение на резисторе.

Напряжение $U = IR = \varepsilon \cdot \frac{R}{r+R} = \frac{\varepsilon}{1+k}, \quad (2)$

где $k = \frac{r}{R}.$

$$k = \varepsilon \cdot \sqrt{\frac{C}{2Q}} - 1 = 0,2.$$

Ответ: $k = 0,2$

Возможное решение

Выражение для модуля ЭДС индукции в случае однородного поля: $\vec{a}_u \neq 0$, где S – площадь фигуры; $g \sin \beta$.

Закон Ома: $\vec{a}_t \neq 0$, где R сопротивление контура; $\vec{a} = \vec{a}_u + \vec{a}_t$ – ток в контуре за время \vec{T} изменения магнитного поля.

Выражение для заряда, протекающего по цепи:

$$\Delta q = I \Delta t = \frac{S}{R} (B_{2z} - B_{1z}) = \frac{0,1(4,7 - 0,7)}{5} = 0,08 \text{ Кл.}$$

Ответ: $\Delta q = 0,08 \text{ Кл}$

28

Возможное решение

1. Увеличивается.

2. Свет, падающий на предмет, можно представить как поток фотонов с энергией $E_{\phi} = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$. Известно, что длина волны зелёного света меньше длины волны красного света; следовательно, частота зелёного света больше, чем красного.

Так как энергия фотона $E = h\nu$, то энергия фотонов зелёного света больше, чем красного.

3. Мощность светового излучения, падающего на площадку, $P = E_{\phi} \cdot \frac{\Delta N}{\Delta t}$, где Δt – интервал времени измерения (например, $\Delta t = 1$ с); ΔN – число фотонов, упавших на площадку за это время. В данном случае $P_1 = P_2$, $E_{\phi 1} > E_{\phi 2}$,

откуда $\frac{\Delta N_2}{\Delta N_1} = \frac{E_{\text{фот.зел.}}}{E_{\text{фот.кр.}}} > 1$.

Следовательно, число фотонов увеличится

29

Возможное решение

Введем обозначение:

v_0 – модуль скорости снаряда до разрыва.

Система уравнений для решения задачи:

$$\begin{cases} 2mv_0 = mv_1 - mv_2; \\ mv_0^2 + \Delta E = \frac{mv_1^2}{2} + \frac{mv_2^2}{2}. \end{cases}$$

Выразим v_0 из первого уравнения: $v_0 = \frac{v_1 - v_2}{2}$ – и подставим во второе уравнение. По-

лучим: $\frac{4\Delta E}{m} = (v_1 + v_2)^2$.

Отсюда следует: $\Delta E = \frac{m}{4}(v_1 + v_2)^2$.

Ответ: $\Delta E = \frac{m}{4}(v_1 + v_2)^2$

Возможное решение

Из анализа графика цикла работа внешних сил над газом при переходе 2–3:

$$A_{23} = 0,5(p_0 + 2p_0) \cdot 2V_0 = 3p_0V_0.$$

Работа газа при переходе из состояния 1 в состояние 2:

$$A_{12} = 2p_0 \cdot 2V_0 = 4p_0V_0.$$

Количество теплоты, полученное газом за цикл от нагревателя, согласно первому началу термодинамики:

$$\begin{aligned} Q_n &= Q_{12} + Q_{31} = (U_2 - U_3) + A_{12} = \frac{3}{2}(\nu RT_2 - \nu RT_3) + 4p_0V_0 = \\ &= \frac{3}{2}(2p_0 \cdot 3V_0 - p_0V_0) + 4p_0V_0 = \frac{23}{2}p_0V_0. \end{aligned}$$

$$Q_n = \frac{23}{6}A_{23}.$$

Ответ: $Q_n \approx 19$ кДж

Возможное решение

Напряжение на конденсаторе равно напряжению на резисторе.

Количество теплоты, выделяющееся на резисторе после размыкания ключа,

$$Q = \frac{CU^2}{2}, \quad (1)$$

где U – напряжение на резисторе.

$$\text{Напряжение } U = IR = \varepsilon \frac{R}{r+R} = \frac{\varepsilon}{1+k}. \quad (2)$$

Комбинируя эти формулы, находим: $Q = \frac{C\varepsilon^2}{2(1+k)^2} = 10$ мкДж.

Ответ: $Q = 10$ мкДж

Возможное решение

Выражение для модуля ЭДС индукции в случае однородного поля:

$$\varepsilon = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right| = \frac{S\Delta B_z}{\Delta t}, \text{ где } S \text{ – площадь фигуры; } \Delta B_z = B_{2z} - B_{1z}.$$

Закон Ома: $\varepsilon = IR$, где R – сопротивление контура; $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$ – ток в контуре за время Δt изменения магнитного поля.

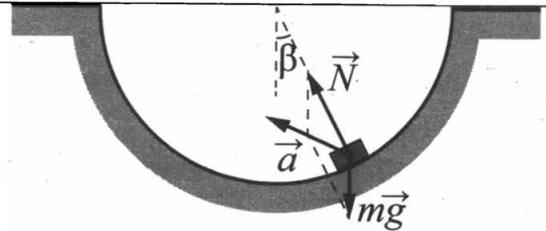
Выражение для заряда, протекающего по цепи: $\Delta q = I\Delta t = \frac{S}{R}(B_{2z} - B_{1z})$.

$$B_{1z} = B_{2z} - \frac{R\Delta q}{S} = 4,7 - \frac{5 \cdot 0,08}{0,1} = 0,7 \text{ Тл.}$$

Ответ: $B_{1z} = 0,7$ Тл

Возможное решение

1. К шайбе приложены сила тяжести $m\vec{g}$, направленная вертикально вниз, и сила реакции поверхности \vec{N} , направленная по радиусу вверх. Ускорение шайбы \vec{a} направлено внутрь траектории левее направления силы \vec{N} (см. рисунок).



2. В промежуточной точке скорость шайбы $\vec{v} \neq 0$, поэтому у шайбы есть центростремительное ускорение $\vec{a}_c \neq 0$, направленное к центру окружности, по которой движется шайба.

3. Проекция ускорения шайбы на касательную к окружности равна по модулю $g \sin \beta$. Поэтому у шайбы есть касательная составляющая ускорения $\vec{a}_t \neq 0$, направленная в сторону нижней точки сферы.

4. Ускорение шарика $\vec{a} = \vec{a}_c + \vec{a}_t$ направлено внутрь сферической поверхности левее направления силы \vec{N}

Возможное решение

Полная механическая энергия системы, равная сумме кинетической и потенциальной энергии, сохраняется, так как выемка гладкая и работа сил реакции стенок, в любой момент времени перпендикулярных скоростям шариков, равна нулю:

$$E = E_{\text{кин}} + E_{\text{пот}} = \text{const.}$$

В начальный момент и момент подъёма на максимальную высоту H кинетическая энергия системы равна нулю, поэтому её потенциальная энергия в эти моменты времени одинакова:

$$E_{\text{пот}}^{\text{нач}} = E_{\text{пот}}^{\text{конечн}}.$$

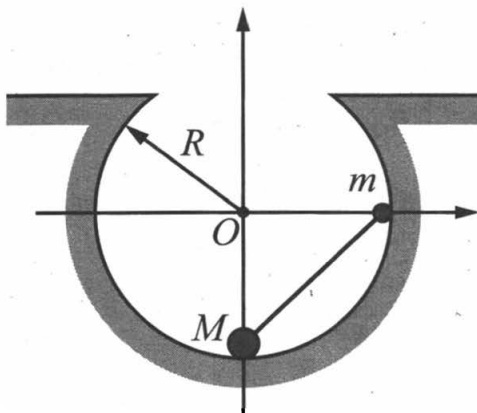


Рис. 1

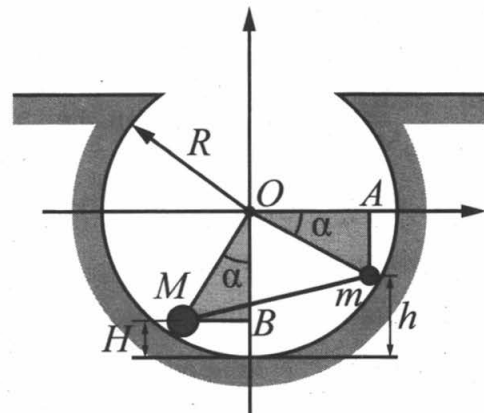


Рис. 2

Начальное положение системы изображено на рис. 1, а конечное — на рис. 2.

Если отсчитывать потенциальную энергию от нижней точки выемки, то начальная потенциальная энергия системы $E_{\text{пот}}^{\text{нач}} = mgR$, а её конечная потенциальная энергия

$E_{\text{пот}}^{\text{конечн}} = mgh + MgH$. Закон сохранения энергии приводит к уравнению

$$mgR = mgh + MgH,$$

из которого следует, что $(R - h) = \frac{M}{m} H$.

При движении гантели по поверхности выемки высота подъёма большого и малого грузов связаны. Заметим, что в прямоугольных треугольниках OmA и OMB $MB = mA = R - h$, $OA = OB = R - H$, $OM = Om = R$,

и воспользуемся теоремой Пифагора:

$$(R - h)^2 = R^2 - (OA)^2 = R^2 - (R - H)^2.$$

Отсюда следует: $(R - h)^2 = H(2R - H)$.

Подставим сюда выражение $(R - h) = \frac{M}{m}H$, полученное из закона сохранения энергии, и

получим:
$$R = \frac{H}{2} \left(1 + \frac{M^2}{m^2} \right).$$

Подставляя сюда значения физических величин, получим:

$$R = 6(1 + 4) = 30 \text{ см.}$$

Ответ: $R = 30 \text{ см}$

30

Возможное решение

1. В данном цикле рабочее тело на участке 1–2 получает положительное количество теплоты от нагревателя: $Q_{\text{нагр}} = Q_{12} = (U_2 - U_1) + A_{12}$.

На участке 2–3 (изохора) рабочее тело отдает холодильнику количество теплоты $|Q_{\text{хол}}| = U_2 - U_3$.

Наконец, на участке 3–1 (адиабата) внешние силы сжимают газ, совершая работу $|A_{31}| = U_1 - U_3$.

Поэтому количество теплоты $|Q_{\text{хол}}|$, отданное газом за цикл холодильнику, можно представить в виде: $|Q_{\text{хол}}| = (U_2 - U_1) + (U_1 - U_3) = (U_2 - U_1) + |A_{31}|$.

2. Модель одноатомного идеального газа:

$$\begin{cases} pV = \nu RT; \\ U = \frac{3}{2} \nu RT. \end{cases}$$

3. Судя по рисунку в условии, $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1}$, откуда $p_2 = p_1 \frac{V_2}{V_1} = 2p_0$.

Поэтому

$$U_2 - U_1 = \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1 = \frac{3}{2} (2p_0 \cdot 2V_0 - p_0 V_0) = \frac{9}{2} p_0 V_0,$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} p_2 V_2 - \frac{1}{2} p_1 V_1 = \frac{1}{2} (2p_0 \cdot 2V_0 - p_0 V_0) = \frac{3}{2} p_0 V_0,$$

откуда получаем: $U_2 - U_1 = 3A_{12}$.

4. В результате $|Q_{\text{хол}}| = (U_2 - U_1) + |A_{31}| = 3A_{12} + |A_{31}| = 3370 \text{ Дж}$.

Ответ: $|Q_{\text{хол}}| = 3A_{12} + |A_{31}| = 3370 \text{ Дж}$

Возможное решение

1. Конденсатор заряжен, поэтому ток через него не течёт. Согласно закону Ома для замкнутой цепи через источник течёт ток силы $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R_0}$, где $m\bar{g}$, – сопротивление внешней цепи (параллельно соединённых резисторов R_1 и R_2).
2. Так как конденсатор подключён параллельно с резисторами R_1 и R_2 , то напряжение на конденсаторе \bar{T} ,.
3. Определим энергию электрического поля конденсатора: \bar{a} , откуда найдём ёмкость конденсатора C :
 $\bar{T} \Phi$.
 Ответ: $\bar{v} \neq 0$, мкФ

Возможное решение

Модуль силы, действующей на электрон со стороны электрического поля \vec{E} , не зависит от скорости:

$$|F_3| = |e| \cdot E, \quad (1)$$

а модуль силы Лоренца прямо пропорционален скорости электрона:

$$|F_л| = |e| \cdot v B. \quad (2)$$

Для того чтобы электроны отклонялись в сторону, противоположную оси OY , должно быть

$$F_3 > F_л \text{ или } E > vB. \quad (3)$$

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта определяет максимальную скорость фотоэлектрона:

$$h\nu = A_{\text{вых}} + \frac{mv^2}{2}. \quad (4)$$

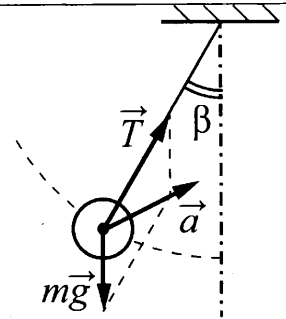
Из (1)–(4), получаем: $v < \frac{1}{h} \left(\frac{mE^2}{2B^2} + A_{\text{вых}} \right) \approx 6,4 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$.

Ответ: $v < 6,4 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$

28

Возможное решение

1. К шарiku приложены сила тяжести $m\vec{g}$, направленная вертикально вниз, и сила натяжения нити \vec{T} , направленная по нити вверх. Ускорение шарика \vec{a} направлено внутрь траектории правее направления силы \vec{T} (см. рисунок).
2. В промежуточной точке скорость шарика $\vec{v} \neq 0$, поэтому у шарика есть центростремительное ускорение $\vec{a}_ц \neq 0$, направленное к центру окружности, по которой движется шарик.
3. Проекция ускорения шарика на касательную к окружности равна по модулю $g \sin \beta$. Поэтому у шарика есть касательная составляющая ускорения $\vec{a}_т \neq 0$, направленная в сторону положения равновесия.
4. Ускорение шарика $\vec{a} = \vec{a}_ц + \vec{a}_т$ направлено внутрь траектории правее направления силы \vec{T}



29

Возможное решение

Полная механическая энергия системы, равная сумме кинетической и потенциальной энергии, сохраняется, так как выемка гладкая и работа сил реакции стенок, в любой момент времени перпендикулярных скоростям шариков, равна нулю:

$$E = E_{\text{кин}} + E_{\text{пот}} = \text{const.}$$

В начальный момент и момент подъёма на максимальную высоту H кинетическая энергия системы равна нулю, поэтому её потенциальная энергия в эти моменты времени одинакова:

$$E_{\text{пот}}^{\text{нач}} = E_{\text{пот}}^{\text{конечн}}$$

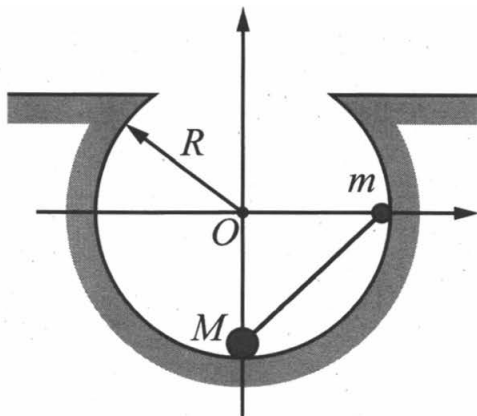


Рис. 1

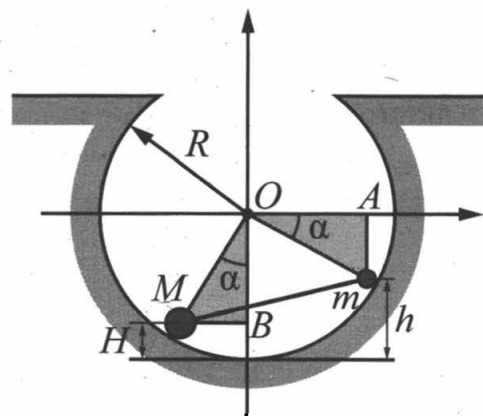


Рис. 2

Начальное положение системы изображено на рис. 1, а конечное — на рис. 2.

Если отсчитывать потенциальную энергию от нижней точки выемки, то начальная потенциальная энергия системы $E_{\text{пот}}^{\text{нач}} = mgR$, а её конечная потенциальная энергия

$E_{\text{пот}}^{\text{конечн}} = mgh + MgH$. Закон сохранения энергии приводит к уравнению

$mgR = mgh + MgH$, из которого следует, что $(R - h) = \frac{M}{m}H$ (1) При движении гантели по

поверхности выемки высота подъёма большого и малого грузов связаны. Заметим, что в прямоугольных треугольниках OmA и OMB $MB = mA = R - h$, $OA = OB = R - H$, $OM = Om = R$, и воспользуемся теоремой Пифагора:

$$(R-h)^2 = R^2 - (OA)^2 = R^2 - (R-H)^2.$$

Отсюда следует: $(R-h)^2 = H(2R-H)$. Из этого уравнения находим, что $H = 8$ см. Из соотношения (1) можно определить, что отношение масс M и m равно 2.

Ответ: $\frac{M}{m} = 2$

30

Возможное решение

1. В данном цикле рабочее тело на участке 1–2 получает положительное количество теплоты от нагревателя: $Q_{\text{нагр}} = Q_{12} = (U_2 - U_1) + A_{12}$.

На участке 2–3 (изохора) рабочее тело отдает холодильнику количество теплоты $|Q_{\text{хол}}| = U_2 - U_3$.

Наконец, на участке 3–1 (адиабата) внешние силы сжимают газ, совершая работу $|A_{31}| = U_1 - U_3$.

Поэтому работу внешних сил на адиабате $|A_{31}|$ можно представить в виде: $|A_{31}| = U_1 - U_3 = (U_2 - U_3) - (U_2 - U_1) = |Q_{\text{хол}}| - (U_2 - U_1)$.

2. Модель одноатомного идеального газа:

$$\begin{cases} pV = \nu RT; \\ U = \frac{3}{2} \nu RT. \end{cases}$$

3. Судя по рисунку в условии, $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1}$, откуда $p_2 = p_1 \frac{V_2}{V_1} = 2p_0$.

Поэтому

$$U_2 - U_1 = \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1 = \frac{3}{2} (2p_0 \cdot 2V_0 - p_0 V_0) = \frac{9}{2} p_0 V_0,$$

$$A_{12} = \frac{1}{2} p_2 V_2 - \frac{1}{2} p_1 V_1 = \frac{1}{2} (2p_0 \cdot 2V_0 - p_0 V_0) = \frac{3}{2} p_0 V_0,$$

откуда получаем: $U_2 - U_1 = 3A_{12}$.

4. В результате $|A_{31}| = |Q_{\text{хол}}| - (U_2 - U_1) = |Q_{\text{хол}}| - 3A_{12} = 370$ Дж.

Ответ: $|A_{31}| = 370$ Дж

Возможное решение

1. Конденсатор заряжен, поэтому ток через него не течёт. Согласно закону Ома для замкнутой цепи через источник течёт ток силы $I = \frac{\mathcal{E}}{r + R_0}$, где $R_0 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$ – сопротивление внешней цепи (параллельно соединённых резисторов R_1 и R_2).

2. Так как конденсатор подключён параллельно с резисторами R_1 и R_2 , то напряжение на конденсаторе $U = IR_0 = \frac{\mathcal{E} R_0}{r + R_0} = \frac{\mathcal{E} R_1 R_2}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}$.

3. Определим энергию электрического поля конденсатора:

$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C}{2} \left(\frac{\mathcal{E} R_1 R_2}{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2} \right)^2, \text{ откуда найдём ЭДС источника:}$$

$$\mathcal{E} = \sqrt{\frac{2W}{C}} \cdot \frac{r(R_1 + R_2) + R_1 R_2}{R_1 R_2} = \sqrt{\frac{2 \cdot 10^{-5}}{5 \cdot 10^{-6}}} \frac{0,4 \cdot 12 + 20}{20} = 2,48 \text{ В.}$$

Ответ: $\mathcal{E} = 2,48 \text{ В}$

Возможное решение

Модуль силы, действующей со стороны электрического поля \vec{E} на электрон, не зависит от скорости:

$$|F_э| = |e| \cdot E, \quad (1)$$

а модуль силы Лоренца пропорционален скорости электрона:

$$|F_л| = |e| \nu B. \quad (2)$$

Для того чтобы электроны отклонялись в положительном направлении оси OY , должно быть

$$F_л > F_э \text{ или } \nu B > E. \quad (3)$$

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта:

$$h\nu = A + \frac{m\nu^2}{2}. \quad (4)$$

Из (1)–(4), получаем: $E < B \sqrt{\frac{2(h\nu - A)}{m}} \approx 300 \text{ В/м.}$

Ответ: $E \approx 300 \text{ В/м}$

28

Возможное решение

1. По проводнику течёт постоянный ток, поэтому по закону Ома для участка цепи $U = IR$. Сопротивление любой части проводника R определяется соотношением $R = \rho \frac{x}{S}$, где x – длина той части проводника, на которой определяется напряжение; ρ – удельное сопротивление проводника; S – площадь поперечного сечения этой части проводника.
2. При $0 < x < l_1$ напряжение пропорционально длине участка; значит, площадь поперечного сечения проводника постоянна.
3. При $l_1 < x < l_2$ напряжение также линейно зависит от длины участка; значит, площадь поперечного сечения проводника на этом участке тоже постоянна. Однако показания вольтметра на этом участке проводника увеличиваются медленнее, чем на первом, поэтому площадь поперечного сечения проводника на втором участке больше, чем на первом.

29

Возможное решение

1. Скорость шайбы v в точке B найдём из баланса энергии шайбы в точках A и B с учётом потерь на трение: $\frac{mv^2}{2} = mgH - \Delta E$.
Отсюда: $v^2 = 2gH - \frac{2\Delta E}{m}$.
2. Определим время полёта t шайбы из точки B в точку D из соотношения $y = v \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 0$, где y – вертикальная координата шайбы в системе отсчёта с началом координат в точке B . Отсюда: $t = \frac{2v \sin \alpha}{g}$.
3. Дальность полёта BD определим, подставляя это значение t в выражение для горизонтальной координаты x шайбы в той же системе отсчёта: $BD = v \cos \alpha \cdot t = \frac{v^2}{g} \sin 2\alpha$.
4. Подставляя в выражение для BD значение v^2 , получаем:
 $BD = 2 \left(H - \frac{\Delta E}{mg} \right) \sin 2\alpha$. Отсюда: $\Delta E = mg \left(H - \frac{BD}{2 \sin 2\alpha} \right)$.
Ответ: $\Delta E = 2$ Дж.
Допускается ответ $\Delta E = -2$ Дж, если из текста решения следует, что речь идёт об изменении механической энергии

Возможное решение

1. Аргон является одноатомным газом, подчиняющимся уравнению Клапейрона – Менделеева: $pV = \nu RT$, внутренняя энергия одноатомного идеального газа пропорциональна температуре:

$$U = \frac{3}{2} \nu RT, \text{ так что } U_2 = \frac{3}{2} \nu RT_2.$$

2. С помощью уравнения Клапейрона – Менделеева и условия расширения $V_1 T_1 = V_2 T_2$ определим конечную температуру $T_2 = T_1 \sqrt{\frac{p_2}{p_1}}$ и внутреннюю энергию $U_2 = \frac{3}{2} \nu RT_1 \sqrt{\frac{p_2}{p_1}}$.

3. Уменьшение внутренней энергии при расширении $\Delta U = U_1 - U_2 = \frac{3}{4} \nu RT_1 \approx 3740 \text{ Дж}$.

4. В соответствии с первым началом термодинамики уменьшение внутренней энергии равно совершённой работе и количеству теплоты, отданному газом: $\Delta U = Q + A$, поэтому $Q = \Delta U - A \approx 1247 \text{ Дж}$.

Ответ: $Q \approx 1247 \text{ Дж}$

Возможное решение

Кинетическая энергия иона при входе в магнитное поле $\frac{mv^2}{2} = qU$, (1)

где m , v и q – соответственно масса, скорость и заряд иона.

В магнитном поле на ион действует сила Лоренца перпендикулярная скорости иона и вектору магнитной индукции $F_L = qvB$, придающая ему центростремительное ускоре-

ние $a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{R}$. Получаем: $qvB = m \frac{v^2}{R}$. (2)

Решая систему уравнений (1) и (2), находим:

$$B = \frac{1}{R} \sqrt{2U \frac{m}{q}} = \frac{1}{0,2} \sqrt{2 \cdot 10^4 \cdot 5 \cdot 10^{-7}} = 0,5 \text{ Тл.}$$

Ответ: $B = 0,5 \text{ Тл}$

Возможное решение

1. В герметично закрытом контейнере первоначально находятся полоний и атмосферный воздух. В процессе радиоактивного распада полония в контейнере будут образовываться атомы свинца и гелия, в результате чего искомое давление в контейнере будет складываться из парциальных давлений воздуха p_0 и гелия p_1 , т.е. $p = p_0 + p_1$.

2. Парциальное давление гелия можно определить с помощью уравнения Клапейрона – Менделеева: $p_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} RT_0$, где V – объём контейнера; T_0 – абсолютная температура в нём; m_1 и μ_1 – соответственно масса и молярная масса гелия.

3. К определённому моменту времени t число атомов гелия N_1 равно числу распавшихся атомов полония и может быть определено с помощью закона радиоактивного распада: $N_1 = N_0 - N$ и $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$, где $N_0 = \frac{m}{\mu} N_A$ – начальное число атомов полония;

m и μ – соответственно начальная масса полония и его молярная масса (0,210 кг/моль); N – оставшееся к моменту времени t число атомов полония; T – период полураспада полония.

4. Число молей получившегося в результате распада гелия равно числу молей распавшегося полония: $\frac{m_1}{\mu_1} = \frac{m}{\mu} = \frac{N_1}{N_A}$; следовательно, $\frac{m_1}{\mu_1} = \frac{N_0}{N_A} \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) = \frac{m}{\mu} \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)$.

В результате математических преобразований получаем:

$$V = \frac{mRT_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)}{(p - p_0)\mu} = \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot 318 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{7,5}{140}}\right)}{(1,4 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 0,21} =$$

$$= \frac{1,5 \cdot 10^{-3} \cdot 8,3 \cdot 318 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{1}{4}}\right)}{(1,4 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 0,21} \approx 75 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3 \approx 75 \text{ см}^3.$$

Ответ: $V \approx 75 \text{ см}^3$

28

Возможное решение

1. По проводнику течёт постоянный ток, поэтому по закону Ома для участка цепи $U = IR$. Сопротивление любой части проводника R определяется соотношением $R = \rho \frac{x}{S}$, где x – длина той части проводника, на которой определяется напряжение; ρ – удельное сопротивление этой части проводника; S – площадь поперечного сечения проводника.
2. При $0 < x < l_1$ напряжение пропорционально длине участка; значит, удельное сопротивление проводника постоянно.
3. При $l_1 < x < l_2$ напряжение также линейно зависит от длины участка; значит, удельное сопротивление проводника на этом участке тоже постоянно. Однако показания вольтметра на этом участке проводника увеличиваются быстрее, чем на первом, поэтому удельное сопротивление проводника на втором участке больше, чем на первом

29

Возможное решение

1. Скорость шайбы v в точке B найдём из баланса энергии шайбы в точках A и B с учётом потерь на трение: $\frac{mv^2}{2} = mgH - \Delta E$.

Отсюда: $v^2 = 2gH - \frac{2\Delta E}{m}$.

2. Время t полёта шайбы из точки B в точку D определим из зависимости:

$$y = v \sin \alpha \cdot t - \frac{gt^2}{2} = 0,$$

где y – вертикальная координата шайбы в системе отсчёта с началом координат в точке B . Отсюда: $t = \frac{2v \sin \alpha}{g}$.

3. Дальность полёта BD определяется из выражения для горизонтальной координаты x шайбы в той же системе отсчёта:

$$BD = v \cos \alpha \cdot t = \frac{v^2}{g} \sin 2\alpha.$$

4. Подставляя в выражение для BD значение v^2 , получаем:

$$BD = 2 \left(H - \frac{\Delta E}{mg} \right) \sin 2\alpha.$$

5. Отсюда находим массу шайбы: $m = \frac{2\Delta E \sin 2\alpha}{g(2H \sin 2\alpha - BD)} = 0,05 \text{ кг}$.

Ответ: $m = 0,05 \text{ кг}$

Возможное решение

1. Аргон является одноатомным газом, подчиняющимся уравнению Клапейрона – Менделеева: $pV = \nu RT$, внутренняя энергия одноатомного идеального газа пропорциональна температуре:

$$U = \frac{3}{2} \nu RT, \text{ так что } U_2 = \frac{3}{2} \nu RT_2.$$

2. С помощью уравнения Клапейрона – Менделеева и условия расширения $V_1 T_1 = V_2 T_2$ определим конечную температуру $T_2 = T_1 \sqrt{\frac{p_2}{p_1}}$ и внутреннюю энергию $U_2 = \frac{3}{2} \nu RT_1 \sqrt{\frac{p_2}{p_1}}$.

3. Уменьшение внутренней энергии при расширении

$$\Delta U = U_1 - U_2 = \frac{3}{2} \nu RT_1 \left(1 - \sqrt{\frac{p_2}{p_1}}\right) \approx 3740 \text{ Дж.}$$

Ответ: $\Delta U \approx 3740 \text{ Дж}$

Возможное решение

Кинетическая энергия иона при входе в магнитное поле $\frac{mv^2}{2} = qU$, (1)

где m , v и q – соответственно масса, скорость и заряд иона.

В магнитном поле на ион действует сила Лоренца, перпендикулярная скорости иона и вектору магнитной индукции $F_{\text{л}} = qvB$, придающая ему центростремительное ускоре-

ние $a_{\text{ц}} = \frac{v^2}{R}$. Получаем: $qvB = m \frac{v^2}{R}$. (2)

Решая систему уравнений (1) и (2), находим:

$$\frac{m}{q} = \frac{R^2 B^2}{2U} = \frac{4 \cdot 10^{-2} \cdot 25 \cdot 10^{-2}}{2 \cdot 10^4} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл.}$$

Ответ: $\frac{m}{q} = 5 \cdot 10^{-7} \text{ кг/Кл}$

Возможное решение

1. В герметично закрытом контейнере первоначально находятся полоний и атмосферный воздух. В процессе радиоактивного распада полония в контейнере будут образовываться атомы свинца и гелия, в результате чего искомое давление в контейнере будет складываться из парциальных давлений воздуха p_0 и гелия p_1 , т.е. $p = p_0 + p_1$.

2. Парциальное давление гелия можно определить с помощью уравнения Клапейрона – Менделеева: $p_1 V = \frac{m_1}{\mu_1} RT_0$, где V – объём контейнера; T_0 – абсолютная температура в нём; m_1 и μ_1 – соответственно масса и молярная масса гелия.

3. К определённому моменту времени t число атомов гелия N_1 равно числу распавшихся атомов полония и может быть определено с помощью закона радиоактивного распада: $N_1 = N_0 - N$ и $N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T}}$, где $N_0 = \frac{m}{\mu} N_A$ – начальное число атомов полония; m и μ – соответственно начальная масса полония и его молярная масса (0,210 кг/моль); N – оставшееся к моменту времени t число атомов полония; T – пе-

риод полураспада полония.

4. Число молей получившегося в результате распада гелия равно числу молей распавшегося полония: $\frac{m_1}{\mu_1} = \frac{m}{\mu} = \frac{N_1}{N_A}$; следовательно, $\frac{m_1}{\mu_1} = \frac{N_0}{N_A} \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right) = \frac{m}{\mu} \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)$.

В результате математических преобразований (в решении они должны быть представлены) получаем:

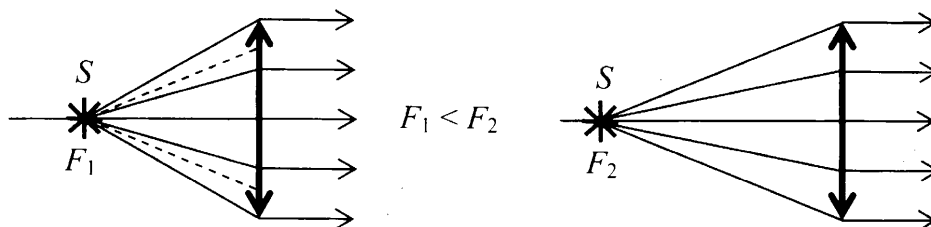
$$m = \frac{(p - p_0)V\mu}{RT_0 \left(1 - 2^{-\frac{t}{T}}\right)} = \frac{(1,3 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 80 \cdot 10^{-6} \cdot 0,21}{8,3 \cdot 318 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{7,5}{140}}\right)} =$$
$$= \frac{(1,3 \cdot 10^5 - 10^5) \cdot 80 \cdot 10^{-6} \cdot 0,21}{8,3 \cdot 318 \cdot \left(1 - 2^{-\frac{1}{4}}\right)} \approx 1,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг} \approx 1,2 \text{ г.}$$

Ответ: $m \approx 1,2 \text{ г}$

28

Возможное решение

1. Фототок насыщения уменьшится.
2. Поскольку за линзой свет идёт параллельным пучком, точечный источник света находится в переднем фокусе линзы.
3. Поэтому в случае линзы с бóльшим фокусным расстоянием источник света находится на большем расстоянии от линзы (см. рисунок).



4. В результате фотоны, попадающие на первую линзу близко к её краю (на левом рисунке это область от пунктира до края линзы), уже не попадают на вторую линзу. Поэтому число фотонов, падающих на вторую линзу в единицу времени, меньше, чем падающих на первую.
5. Фототок насыщения пропорционален числу фотонов, падающих на фотокатод в единицу времени. В предложенной установке на фотокатод падают все фотоны, прошедшие линзу, поэтому фототок насыщения при использовании второй линзы будет меньше, чем в первом случае

29

Возможное решение

1. Найдём максимальное сжатие пружины b , при котором груз ещё покоится на столе. В случае сжатой пружины на груз действуют силы, показанные на рисунке (сама пружина не показана). Видно, что силу упругости уравнивает сила трения покоя. При максимальном сжатии пружины имеем:

$$kb = \max F_{\text{тр. покоя}} = \mu N = \mu mg. \text{ Отсюда } b = \frac{\mu mg}{k}.$$

2. Изменение механической энергии системы тел «груз + пружина» при переходе из начального состояния в конечное равно работе силы трения скольжения:

$$\frac{kb^2}{2} - \frac{kd^2}{2} = -\mu mg(d + b).$$

- По условию задачи пройденный грузом путь $d + b > 0$. Поэтому, сократив на $(d + b)$, приходим к уравнению:

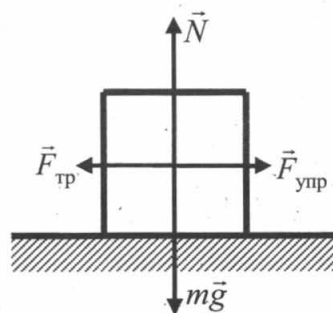
$$\frac{k}{2}(b - d) = -\mu mg.$$

- Учтя, что $\frac{\mu mg}{k} = b$, получим уравнение относительно d :

$$b - d = -2b \text{ с решением } d = 3b. \text{ Таким образом, } d = \frac{3\mu mg}{k}.$$

$$\text{Отсюда: } m = \frac{kd}{3\mu g} = 2,5 \text{ кг.}$$

Ответ: $m = 2,5 \text{ кг}$



Возможное решение

Для определения количества теплоты Q_{123} необходимо сложить количества теплоты, сообщённые газу на участках 1–2 и 2–3: $Q_{123} = Q_{12} + Q_{23}$.

Исходя из приведённого графика, можно сделать вывод, что процесс 1–2 является изохорным. Для него, как следует из уравнения Клапейрона – Менделеева, $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$, отку-

да $\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1} = 2$. Следовательно, $T_2 = T_1 \frac{p_2}{p_1} = 2T_1 = 300 \cdot 2 = 600$ К. Работа газа в процессе 1–2 равна нулю,

и для него первый закон термодинамики с учётом выражения для внутренней энергии одноатомного идеального газа принимает вид:

$$Q_{12} = \Delta U_{12} = \frac{3}{2} \nu R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \nu R T_1 \approx 3,74 \text{ кДж.}$$

Процесс 2–3 является изобарным с давлением $p = p_2 = \text{const}$, для него первый закон термодинамики принимает вид: $Q_{23} = \Delta U_{23} + A_{23}$, где $\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$ – изменение внутренней энергии газа, $A_{23} = p_2 (V_3 - V_2)$ – совершённая газом работа. Из уравнения Клапейрона – Менделеева $pV = \nu RT$ следует, что

$$Q_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2) + \nu R (T_3 - T_2) = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - T_2). \text{ Таким образом, } Q_{23} = \frac{5}{2} \nu R (T_3 - 2T_1) \approx 6,23 \text{ кДж.}$$

$$\text{В результате } Q_{123} = \frac{3}{2} \nu R T_1 + \frac{5}{2} \nu R (T_3 - 2T_1) \approx 10 \text{ кДж.}$$

Ответ: $Q \approx 10$ кДж

Возможное решение

Пока ключ замкнут, через катушку L течёт ток I , определяемый внутренним сопротивлением источника и сопротивлением лампочки:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{r+R}, \text{ конденсатор заряжен до напряжения: } U = IR = \frac{\mathcal{E}R}{r+R}.$$

Энергия электромагнитного поля в катушке L : $\frac{LI^2}{2}$.

Энергия электрического поля в конденсаторе: $\frac{C\left(\frac{\mathcal{E}R}{r+R}\right)^2}{2}$.

После размыкания ключа начинаются затухающие электромагнитные колебания, и вся энергия, запасённая в конденсаторе и катушке, выделяется на лампе:

$$E = \frac{CU^2}{2} + \frac{LI^2}{2} = \frac{C(\mathcal{E}R)^2}{2(r+R)^2} + \frac{\mathcal{E}^2}{2(R+r)^2} L = 0,172 \text{ Дж.}$$

Ответ: $E = 0,172 \text{ Дж}$

Возможное решение

Коэффициент полезного действия электростанции $\eta = \frac{E_1}{E_2}$, где E_1 – энергия, вырабатываемая электростанцией, E_2 – энергия, выделяющаяся в результате ядерных реакций деления урана. В свою очередь, $E_1 = Pt$, где P – мощность электростанции, t – время её работы, а $E_2 = NE_0$, где E_0 – энергия, выделяющаяся в результате деления одного ядра урана, N – количество распавшихся ядер урана. Молярная масса урана-235 равна $\mu = 0,235 \text{ кг/моль}$, следовательно, число распавшихся атомов можно связать с массой урана соотношением: $N = \frac{m}{\mu} N_A$. В итоге, получаем:

$$\eta = \frac{Pt\mu}{mN_A E_0} = \frac{38 \cdot 10^6 \cdot 7 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 0,235}{1,4 \cdot 6 \cdot 10^{23} \cdot 200 \cdot 1,6 \cdot 10^{-13}} \approx 0,2 = 20\%.$$

Ответ: $\eta = 20\%$

Возможное решение

1. Поршень сдвинется вверх. Температура газа в сосуде понизится.
2. Пусть масса поршня M , а площадь его основания S . Атмосферное давление над поршнем равно $p_{\text{атм}}$, первоначальное давление газа в сосуде равно p_1 . Поскольку поршень первоначально находится в равновесии, $p_1 = p_{\text{атм}} + \frac{Mg}{S}$.
3. При движении лифта с ускорением \bar{a} , направленным вниз, поршень сдвинется и займёт относительно сосуда новое положение равновесия, в котором давление газа в сосуде станет равным $p_2 = p_{\text{атм}} + \frac{M(g-a)}{S} < p_1$. Поскольку сосуд теплоизолирован и изменения числа частиц нет, уменьшение давления возможно только за счёт расширения газа. При этом газ совершает работу $A > 0$.
4. Поскольку сосуд теплоизолированный, газ, находящийся под поршнем, участвует в адиабатическом процессе. В этом случае, по первому закону термодинамики, газ совершает работу за счёт уменьшения внутренней энергии.
5. Уменьшение внутренней энергии газа повлечёт за собой понижение его температуры ($\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T$)

Возможное решение

Брусек сдвигается с места при условии, что сила, действующая на него со стороны нити, станет больше максимальной силы трения покоя:

$$T > F_{\text{тр. макс.}}, \quad T > \mu Mg.$$

Второй закон Ньютона для грузика в нижнем положении:

$$\frac{mv^2}{L} = T - mg. \quad (1)$$

Закон сохранения механической энергии:

$$mgh = \frac{mv^2}{2}, \quad \frac{2mgh}{L} = \frac{mv^2}{L}. \quad (2)$$

Подставляя (2) в (1) получим:

$$T = \frac{mv^2}{L} + mg = \frac{2mgh}{L} + mg = mg \left(\frac{2h}{L} + 1 \right) > \mu Mg, \text{ откуда } m > \frac{\mu M}{\frac{2h}{L} + 1}.$$

Ответ: $m > \frac{\mu M}{\frac{2h}{L} + 1}.$

Допускается ответ в виде равенства

Возможное решение

Пробка выскочит, если сила, с которой газ давит изнутри на пробку, превысит суммарную силу давления атмосферного воздуха снаружи на пробку и трения пробки о края отверстия. А это произойдёт, когда давление газа превысит атмосферное давление на величину $\Delta p = \frac{F}{s}$, откуда: $s = \frac{F}{\Delta p}$.

Поскольку изначально давление газа в сосуде равно атмосферному, именно такое изменение давления газа в сосуде определяет предельное количество теплоты, переданное газу.

Поскольку объём V газа не меняется, изменение давления газа связано с изменением его температуры T . Согласно уравнению Клапейрона – Менделеева $V \cdot \Delta p = \nu R \cdot \Delta T$, где ν – количество газообразного вещества.

Чтобы найти изменение температуры газа, обратимся к первому закону термодинамики: $\Delta U = A + Q$. В нашем случае работа внешних сил $A = 0$, поскольку объём газа не меняется, и изменение внутренней энергии газа равно количеству полученной им теплоты: $\Delta U = Q$.

Для идеального одноатомного газа имеем: $\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \cdot \Delta T$. Соотнеся это равенство с уравнением Клапейрона – Менделеева и равенством $\Delta U = Q$, находим: $V \cdot \Delta p = \frac{2}{3} \Delta U =$

$$\frac{2}{3} Q, \quad \Delta p = \frac{2Q}{3V} = \frac{2 \cdot 15 \cdot 10^3}{3 \cdot 2 \cdot 10^{-2}} = 5 \cdot 10^5 \text{ Па.}$$

Следовательно, $s = \frac{100}{5 \cdot 10^5} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$.

Ответ: $s = 2 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$

Возможное решение

1. К моменту $t_0 = 0$ конденсатор полностью заряжен, ток в левой части схемы (см. рисунок) равен нулю, поэтому напряжение между обкладками конденсатора равно ЭДС E , энергия конденсатора $W_0 = \frac{CE^2}{2}$.

2. В момент $t > 0$ напряжение на конденсаторе U равно напряжению IR на резисторе в правой части схемы (см. рисунок). Энергия конденсатора в этот момент

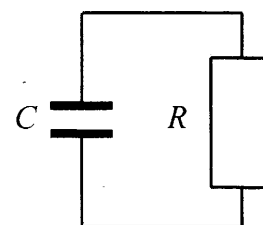
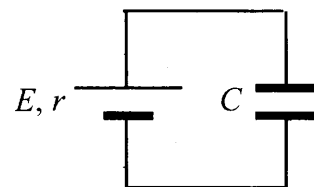
$$W = \frac{CU^2}{2} = \frac{C(IR)^2}{2}.$$

3. Пренебрегая потерями на излучение, получаем баланс энергии:

$$W_0 = W + Q, \text{ или } \frac{CE^2}{2} = \frac{C(IR)^2}{2} + Q,$$

$$\text{откуда } R = \frac{1}{I} \sqrt{E^2 - \frac{2Q}{C}} = 100 \text{ кОм.}$$

Ответ: $R = 100 \text{ кОм}$



Возможное решение

Сила, действующая на заряд со стороны электрического поля, направлена противоположно вектору \vec{E} . Величина силы определяется формулой $F_1 = |q|E$.

Сила Лоренца, действующая на заряд со стороны магнитного поля, направлена по правилу левой руки перпендикулярно плоскости чертежа «от нас». Величина силы определяется формулой $F_2 = |q|\nu B \sin \alpha$. Величина результирующей силы $F = \sqrt{F_1^2 + F_2^2}$.

$$F = |q| \sqrt{E^2 + (\nu B \sin \alpha)^2} = 1,5 \cdot 10^{-12} \cdot \sqrt{1200^2 + \left(10^5 \cdot 0,03 \cdot \frac{\sqrt{2}}{2}\right)^2} \approx 3,7 \cdot 10^{-9} \text{ Н.}$$

Ответ: $F \approx 3,7 \cdot 10^{-9} \text{ Н}$

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПОДГОТОВКЕ К ЕГЭ ПО ФИЗИКЕ В 2015 г.	5
РЕПЕТИЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ	18
ВАРИАНТ 1	20
ВАРИАНТ 2	29
ВАРИАНТ 3	38
ВАРИАНТ 4	47
ВАРИАНТ 5	57
ВАРИАНТ 6	66
ВАРИАНТ 7	75
ВАРИАНТ 8	84
ВАРИАНТ 9	93
ВАРИАНТ 10	102
ВАРИАНТ 11	111
ВАРИАНТ 12	121
ОТВЕТЫ К РЕПЕТИЦИОННЫМ ВАРИАНТАМ	131
КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЗАДАНИЙ С РАЗВЁРНУТЫМ ОТВЕТОМ	132