

Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ
Вариант 2

Инструкция по выполнению работы

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

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 25 и 26 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответа № 1. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

КИМ Ответ: -2,5 м/с².

-	2	,	5																
---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Бланк

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21, 23 и 24 является последовательность цифр. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу без пробелов, запятых и других дополнительных символов в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ:

А	Б
4	1

4	1																		
---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Бланк

Ответом к заданию 13 является слово. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: вправо

В	П	Р	А	В	О														
---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Бланк

Ответом к заданиям 19 и 22 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённым ниже образцам, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ

Заряд ядра Z	Массовое число ядра A
38	94

3	8	9	4																
---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

КИМ Ответ: (1,4 ± 0,2) Н.

1	,	4	0	,	2														
---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

 Бланк

Ответ к заданиям 27–32 включает в себя 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 или капиллярной ручки.

При выполнении заданий можно пользоваться черновиком. **Записи в черновике, а также в тексте контрольных измерительных материалов не учитываются при оценивании работы.**

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

После завершения работы проверьте, чтобы ответ на каждое задание в бланках ответов № 1 и № 2 был записан под правильным номером.

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 (элементарный электрический заряд)	$e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{С}$
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	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
1 астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} \approx 150 \text{ 000 000 км}$
1 световой год	$1 \text{ св. год} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$
1 парсек	$1 \text{ пк} \approx 3,26 \text{ св. года}$

Масса частиц

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

Астрономические величины

средний радиус Земли	$R_{\oplus} = 6370$ км
радиус Солнца	$R_{\odot} = 6,96 \cdot 10^8$ м
температура поверхности Солнца	$T = 6000$ К

Плотность

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

Удельная теплоёмкость

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

Удельная теплота

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

Нормальные условия: давление – 10^5 Па, температура – 0 °С

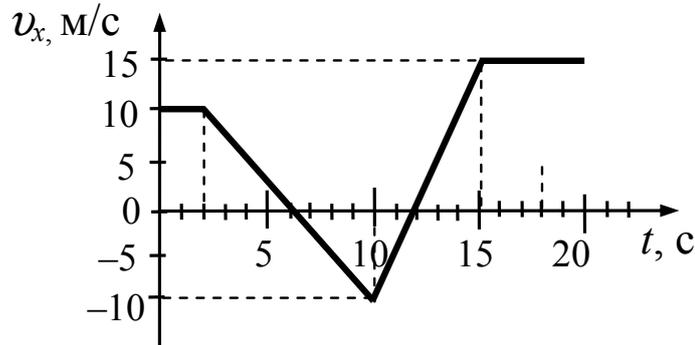
Молярная масса

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

Часть 1

Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

- 1 На рисунке приведён график зависимости проекции скорости тела, движущегося вдоль оси Ox , от времени.



Определите путь, пройденный телом за 10 с от начала наблюдения.

Ответ: _____ м.

- 2 Два маленьких шарика массой m каждый находятся на расстоянии r друг от друга и притягиваются друг к другу с силой 8 нН. Какова сила гравитационного притяжения двух других шариков, если масса одного равна $2m$, масса другого — $\frac{m}{2}$, а расстояние между их центрами равно $2r$?

Ответ: _____ нН.

- 3 Отношение массы автокрана к массе легкового автомобиля $\frac{m_1}{m_2} = 8$. Каково отношение $\frac{v_1}{v_2}$ их скоростей, если отношение импульса автокрана к импульсу легкового автомобиля равно 4?

Ответ: _____.

4 Шар плотностью 3 г/см^3 и объёмом 250 см^3 целиком опущен в керосин. Определите архимедову силу, действующую на шар.

Ответ: _____ Н.

5 В лаборатории исследовали прямолинейное движение тела массой $m = 500 \text{ г}$ из состояния покоя. В таблице приведена экспериментально полученная зависимость пути, пройденного телом, от времени.

Какие два вывода не противоречат результатам эксперимента?

$t, \text{ с}$	0	1	2	3	4	5	6	7
$L, \text{ м}$	0	1	4	9	16	25	36	49

- 1) Скорость тела в момент времени 4 с равнялась 16 м/с .
- 2) Кинетическая энергия тела в момент времени 3 с равна 9 Дж .
- 3) Первые 4 с тело двигалось равноускоренно, а затем оно двигалось равномерно.
- 4) За первые 3 с суммарная работа сил, действующих на тело, равна 12 Дж .
- 5) Равнодействующая сил, действующих на тело, всё время оставалась постоянной.

Ответ:

--	--

6 В результате перехода искусственного спутника Земли с одной круговой орбиты на другую его скорость увеличивается. Как изменяются в результате этого перехода радиус орбиты спутника и его центростремительное ускорение?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

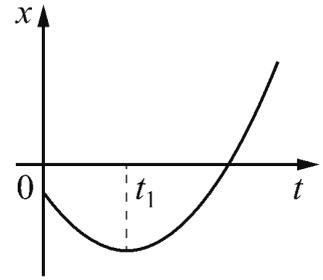
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Радиус орбиты	Центростремительное ускорение

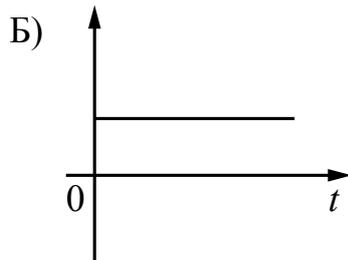
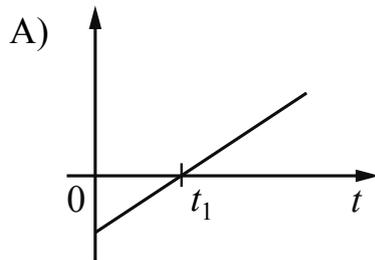
7

На рисунке показан график зависимости координаты x тела, движущегося вдоль оси Ox , от времени t (парабола). Графики А и Б представляют собой зависимости физических величин, характеризующих движение этого тела, 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 из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) кинетическая энергия тела
- 2) модуль равнодействующей сил, действующих на тело
- 3) проекция скорости тела на ось Ox
- 4) модуль импульса тела

Ответ:

А	Б

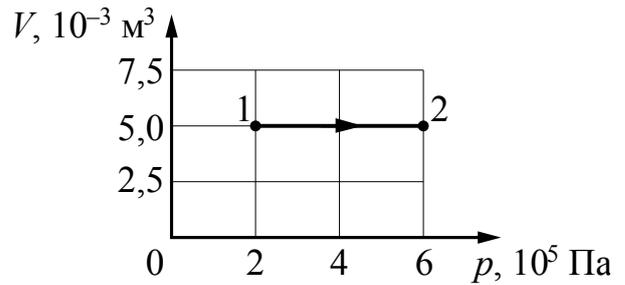
8

В ходе эксперимента давление разреженного газа в сосуде увеличилось в 2 раза, а средняя энергия теплового движения его молекул увеличилась в 6 раз. Во сколько раз уменьшилась концентрация молекул газа в сосуде?

Ответ: в _____ раз(а).

9

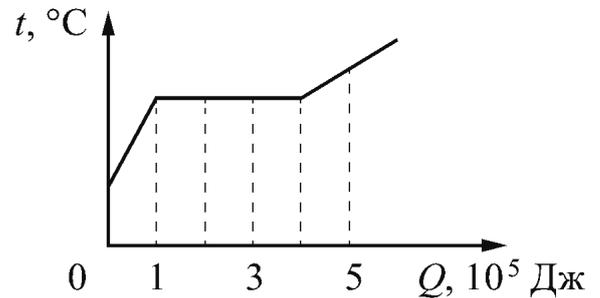
На рисунке показан график изменения состояния постоянной массы газа. В этом процессе газ получил количество теплоты, равное 3 кДж. На сколько изменилась его внутренняя энергия?



Ответ: на _____ кДж.

10

На рисунке показан график изменения температуры вещества, находящегося в закрытом сосуде, по мере поглощения им количества теплоты. Масса вещества равна 0,5 кг. Первоначально вещество было в жидком состоянии. Какова удельная теплота парообразования вещества?

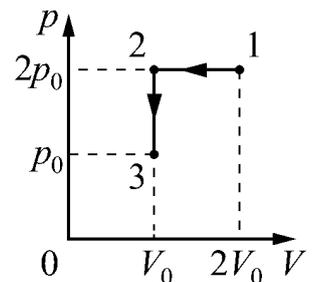


Ответ: _____ кДж/кг.

11

Идеальный газ переводят из состояния 1 в состояние 3 так, как показано на графике зависимости давления p газа от объёма V . Масса газа в процессе остаётся постоянной.

Из приведённого ниже списка выберите два правильных утверждения, характеризующие процессы на графике.



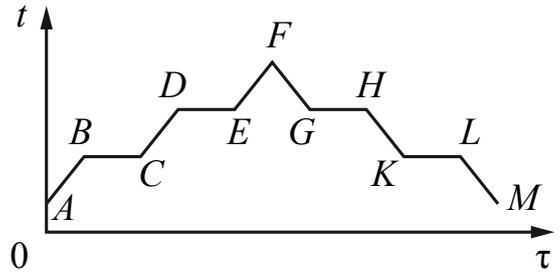
- 1) Абсолютная температура газа минимальна в состоянии 2
- 2) В процессе 1–2 абсолютная температура газа изобарно увеличилась в 2 раза
- 3) В процессе 2–3 абсолютная температура газа изохорно уменьшилась в 2 раза
- 4) Концентрация газа минимальна в состоянии 1
- 5) В ходе процесса 1–2–3 среднеквадратичная скорость теплового движения молекул газа уменьшается в 4 раза

Ответ:

--	--

12

В цилиндре под поршнем первоначально находилось твёрдое вещество. Цилиндр поместили в горячую печь, а через некоторое время стали охлаждать. На рисунке схематично показан график изменения температуры t вещества с течением времени τ .



Установите соответствие между участками графика и процессами, отображаемыми этими участками.

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

УЧАСТКИ ГРАФИКА

А) CD Б) AB

ПРОЦЕССЫ

1) охлаждение твёрдого вещества

2) нагревание жидкости

3) охлаждение пара

4) нагревание твёрдого вещества

Ответ:

А	Б

13

На рисунке представлено расположение двух неподвижных положительных точечных зарядов: $+q$ и $+q$. Как направлен относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*)

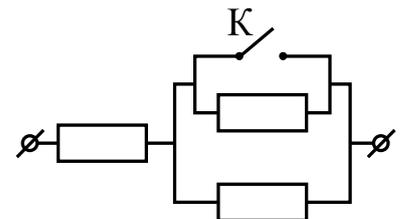


вектор напряжённости суммарного электрического поля этих зарядов в точке A ? *Ответ запишите словом (словами).*

Ответ: _____.

14

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

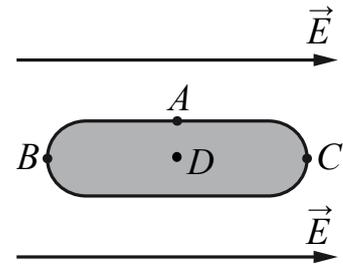


Ответ: _____ Ом.

15 За $\Delta t = 2$ с магнитный поток, пронизывающий проволочную рамку, равномерно уменьшается от некоторого значения Φ до нуля. При этом в рамке генерируется ЭДС, равная 2 мВ. Определите начальный магнитный поток Φ через рамку.

Ответ: _____ мВб.

16 Металлическое тело, продольное сечение которого показано на рисунке, поместили в однородное электростатическое поле напряжённостью \vec{E} . Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения, описывающие результаты воздействия этого поля на металлическое тело.



- 1) Напряжённость электрического поля в точке D не равна нулю.
- 2) Потенциал в точке A меньше, чем в точке D .
- 3) Концентрация свободных электронов в точке A наименьшая
- 4) Вблизи точки C индуцируется положительный заряд.
- 5) Вблизи B индуцируется отрицательный заряд.

Ответ:

--	--

17 Протон движется по окружности в однородном магнитном поле. Как изменятся ускорение протона и радиус окружности, по которой он движется, если уменьшить его скорость?

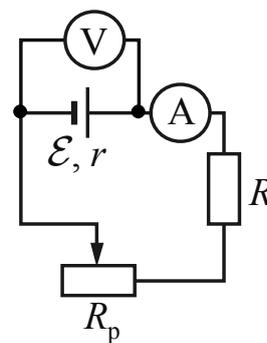
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Ускорение протона	Радиус окружности

18 Исследуется электрическая цепь, собранная по схеме, представленной на рисунке. Определите формулы, которые можно использовать для расчётов показаний амперметра и вольтметра. Измерительные приборы считать идеальными.



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

ПОКАЗАНИЯ ПРИБОРОВ

- А) показания амперметра
- Б) показания вольтметра

ФОРМУЛЫ

- 1) $E(R + R_p - r)$
- 2) $\frac{Er}{R + R_p + r}$
- 3) $\frac{E(R + R_p)}{R + R_p + r}$
- 4) $\frac{E}{R + R_p + r}$

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	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}	21	Sc 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

Определите число протонов и число нейтронов в ядре наименее распространённого из приведённых в таблице стабильных изотопов магния.

Число протонов	Число нейтронов

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

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

Ответ: _____ с.

21 Ядро испытывает α -распад. Как при этом изменяются заряд ядра и число нейтронов в ядре? 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.

Заряд ядра	Число нейтронов в ядре

22 В книге 250 листов. По результатам измерения с помощью линейки толщина книги составляет 3,5 см. Чему равна толщина одного листа по результатам этих измерений, если погрешность линейки равна $\pm 1 \text{ мм}$?

Ответ: (_____ \pm _____) мм.

В бланк ответов № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.

23 Ученик изучает силу Архимеда, действующую на тела, полностью погружённые в жидкость. В его распоряжении имеется пять установок, каждая из которых состоит из ёмкости с жидкостью и сплошного шарика. Какие две из перечисленных в таблице установок необходимы ученику для того, чтобы опытным путём исследовать зависимость силы Архимеда от объёма шарика?

№ установки	Жидкость, налитая в ёмкость	Объём шарика	Масса шарика
1	вода	30 см ³	234 г
2	вода	20 см ³	156 г
3	керосин	20 см ³	267 г
4	подсолнечное масло	30 см ³	234 г
5	керосин	30 см ³	267 г

Запишите в ответе номера выбранных установок.

Ответ:

Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Название планеты	Среднее расстояние от Солнца (в а.е.)	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения	Первая космическая скорость, км/с
Меркурий	0,39	4879	0,6'	3,01
Венера	0,72	12 104	177°22'	7,33
Земля	1,00	12 756	23°27'	7,91
Марс	1,52	6794	25°11'	3,55
Юпитер	5,20	142 984	3°08'	42,1
Сатурн	9,58	120 536	26°44'	25,1
Уран	19,19	51 118	97°46'	15,1
Нептун	30,02	49 528	28°19'	16,8

Выберите **все** верные утверждения, которые соответствуют характеристикам планет.

- 1) Вторая космическая скорость для космического аппарата, стартующего с поверхности Нептуна, составляет примерно 23,8 км/с.
- 2) На Марсе может наблюдаться смена времён года.
- 3) Орбита Венеры находится на расстоянии примерно 108 млн км от Солнца.
- 4) Ускорение свободного падения на Сатурне составляет около 25,1 м/с².
- 5) Угловая скорость движения Нептуна по орбите вокруг Солнца больше, чем угловая скорость движения Урана.

Ответ: _____.



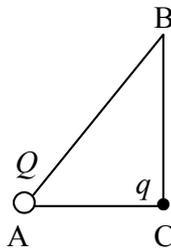
Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Часть 2

Ответом к заданиям 25 и 26 является число. Это число запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

25

В вершине А прямоугольного треугольника ABC находится точечный заряд Q (см.рис.). Он действует с силой 25 мкН на точечный заряд q , помещённый в вершину С. Определите, с какой силой будут взаимодействовать заряды, если заряд q перенести в вершину В. Отношение сторон $\frac{AC}{AB} = 0,6$.



Ответ: _____ мкН.

26

Фокусное расстояние собирающей линзы равно 40 см. На каком расстоянии от линзы находится предмет, если линза даёт его мнимое изображение на расстоянии 60 см от линзы?

Ответ: _____ см.

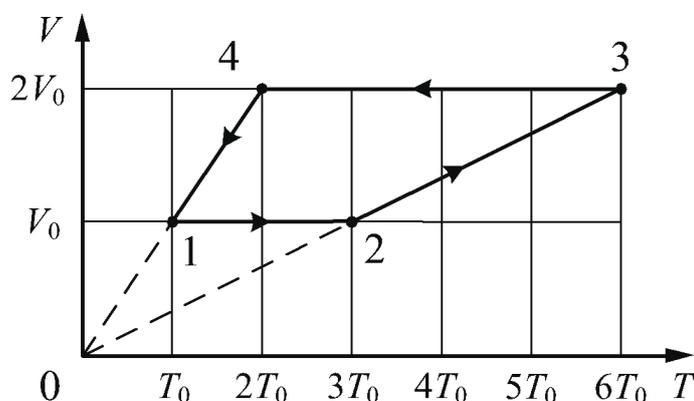


Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.

Для записи ответов на задания 27–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

27

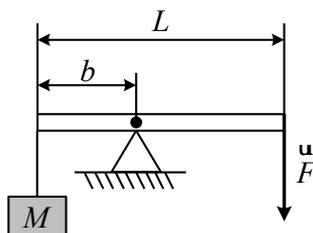
1 моль разреженного гелия участвует в циклическом процессе 1–2–3–4–1, график которого изображён на рисунке в координатах V – T , где V – объём газа, T – абсолютная температура. Постройте график цикла в координатах p – V , где p – давление газа, V – объём газа. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, объясните построение графика. Определите, во сколько раз работа газа в процессе 2–3 больше модуля работы внешних сил в процессе 4–1.



Полное правильное решение каждой из задач 28–32 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.

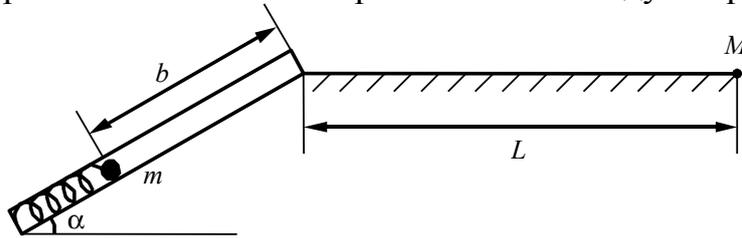
28

Груз массой $M = 130$ кг удерживают с помощью рычага, приложив к его концу вертикально направленную силу величиной $F = 300$ Н (см. рис.). Рычаг состоит из шарнира без трения и длинного однородного стержня массой $m = 20$ кг. Расстояние от оси шарнира до точки подвеса груза $b = 1$ м. Определите длину стержня L .



29

Пружинное ружье наклонено под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту. Энергия сжатой пружины равна 0,41 Дж. При выстреле шарик массой $m = 50$ г проходит по стволу ружья расстояние b , вылетает и падает на расстоянии $L = 1$ м от дула ружья в точку M , находящуюся с ним на одной высоте (см. рис.). Найдите расстояние b . Трением в стволе и сопротивлением воздуха пренебречь.

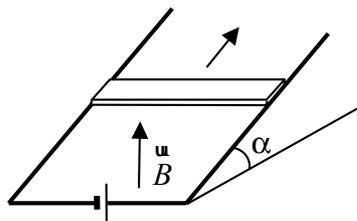


30

Два сосуда объёмами 20 л и 30 л, соединённые трубкой с краном, содержат влажный воздух при комнатной температуре. Относительная влажность воздуха в сосудах равна соответственно 30% и 40%. Если кран открыть, то какой будет относительная влажность воздуха в сосудах после установления теплового равновесия, считая температуру постоянной?

31

На проводящих рельсах, проложенных по наклонной плоскости, в однородном вертикальном магнитном поле \vec{B} находится горизонтальный прямой проводник прямоугольного сечения массой $m = 20$ г. Плоскость наклонена к горизонту под углом $\alpha = 30^\circ$. Расстояние между рельсами $L = 40$ см. Когда рельсы подключены к источнику тока, по проводнику протекает постоянный ток $I = 11$ А. При этом проводник поступательно движется вверх по рельсам равномерно и прямолинейно. Коэффициент трения между проводником и рельсами $\mu = 0,2$. Чему равен модуль индукции магнитного поля \vec{B} ?



32

Фотоэлектроны, выбитые монохроматическим светом из металла с работой выхода $A_{\text{вых}} = 1,89$ эВ, попадают в однородное электрическое поле с напряжённостью $E = 100$ В/м. Какова частота света ν , если длина тормозного пути u фотоэлектронов, чья начальная скорость максимальна и направлена вдоль линий напряжённости поля \vec{E} , составляет $d = 8,7$ мм?



Проверьте, чтобы каждый ответ был записан рядом с номером соответствующего задания.