

**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 26 заданий.

В заданиях 1–4, 7, 8, 11–13 и 16 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/с<sup>2</sup>. - 2, 5

Ответом к заданиям 5, 6, 9, 10, 14, 15, 17, 18 и 20 является последовательность цифр. В заданиях 5, 9, 14 и 18 предполагается два или три верных ответа. 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

Ответом к заданию 19 являются два числа. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите по приведённому ниже образцу, не разделяя числа пробелом, в бланк ответов № 1.

КИМ Ответ: (1,4 ± 0,2) Н. 1, 40, 2

Ответ к заданиям 21–26 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 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 <sup>9</sup>	санти	с	10 <sup>-2</sup>
мега	М	10 <sup>6</sup>	милли	м	10 <sup>-3</sup>
кило	к	10 <sup>3</sup>	микро	мк	10 <sup>-6</sup>
гекто	г	10 <sup>2</sup>	нано	н	10 <sup>-9</sup>
деци	д	10 <sup>-1</sup>	пико	п	10 <sup>-12</sup>

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

<b>Соотношения между различными единицами</b>	
температура	0 К = -273 °С
атомная единица массы	1 а.е.м. = 1,66 · 10 <sup>-27</sup> кг
1 атомная единица массы эквивалентна	931,5 МэВ
1 электронвольт	1 эВ = 1,6 · 10 <sup>-19</sup> Дж

<b>Масса частиц</b>	
электрона	9,1 · 10 <sup>-31</sup> кг ≈ 5,5 · 10 <sup>-4</sup> а.е.м.
протона	1,673 · 10 <sup>-27</sup> кг ≈ 1,007 а.е.м.
нейтрона	1,675 · 10 <sup>-27</sup> кг ≈ 1,008 а.е.м.

<b>Плотность</b>			
		подсолнечного масла	900 кг/м <sup>3</sup>
воды	1000 кг/м <sup>3</sup>	алюминия	2700 кг/м <sup>3</sup>
древесины (сосна)	400 кг/м <sup>3</sup>	железа	7800 кг/м <sup>3</sup>
керосина	800 кг/м <sup>3</sup>	ртути	13 600 кг/м <sup>3</sup>

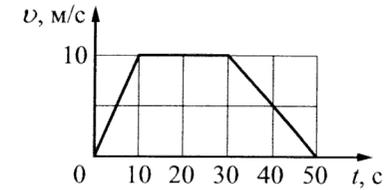
<b>Удельная теплоёмкость</b>			
воды	4,2 · 10 <sup>3</sup> Дж/(кг · К)	алюминия	900 Дж/(кг · К)
льда	2,1 · 10 <sup>3</sup> Дж/(кг · К)	меди	380 Дж/(кг · К)
железа	460 Дж/(кг · К)	чугуна	500 Дж/(кг · К)
свинца	130 Дж/(кг · К)		

<b>Удельная теплота</b>			
парообразования воды	2,3·10 <sup>6</sup> Дж/кг		
плавления свинца	2,5·10 <sup>4</sup> Дж/кг		
плавления льда	3,3·10 <sup>5</sup> Дж/кг		
<b>Нормальные условия:</b> давление – 10 <sup>5</sup> Па, температура – 0 °С			
<b>Молярная масса</b>			
азота	28·10 <sup>-3</sup> кг/моль	гелия	4·10 <sup>-3</sup> кг/моль
аргона	40·10 <sup>-3</sup> кг/моль	кислорода	32·10 <sup>-3</sup> кг/моль
водорода	2·10 <sup>-3</sup> кг/моль	лития	6·10 <sup>-3</sup> кг/моль
воздуха	29·10 <sup>-3</sup> кг/моль	неона	20·10 <sup>-3</sup> кг/моль
воды	18·10 <sup>-3</sup> кг/моль	углекислого газа	44·10 <sup>-3</sup> кг/моль

**Часть 1**

*Ответами к заданиям 1–20 являются число или последовательность цифр. 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 представлен график зависимости модуля  $v$  скорости прямолинейно движущегося автомобиля от времени  $t$ . Найдите путь, пройденный автомобилем за время от 0 до 30 с.



Ответ: \_\_\_\_\_ м.

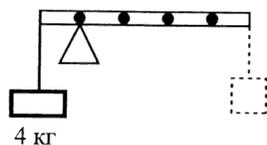
**2** Два маленьких однородных шарика массой  $m$  каждый, расстояние между центрами которых равно  $r$ , притягиваются друг к другу с гравитационными силами, равными по модулю 0,24 пН. Каков модуль сил гравитационного притяжения друг к другу двух других однородных шариков, если масса одного равна  $2m$ , масса другого равна  $\frac{m}{3}$ , а расстояние между их центрами составляет  $2r$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ пН.

**3** Тело массой 10 кг движется поступательно и имеет кинетическую энергию 45 Дж. Какова его скорость?

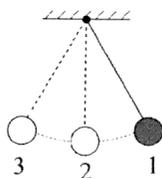
Ответ: \_\_\_\_\_ м/с.

4 К левому концу невесомого стержня прикреплен груз массой 4 кг (см. рисунок). Стержень расположили на опоре, отстоящей от груза на 0,2 длины стержня. Груз какой массы надо подвесить к правому концу стержня, чтобы он находился в равновесии?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

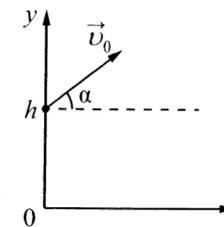
5 Математический маятник с частотой свободных колебаний 1 Гц отклонили на небольшой угол от положения равновесия в положение 1 и отпустили из состояния покоя (см. рисунок). Сопротивлением воздуха пренебречь. Потенциальная энергия маятника отсчитывается от положения равновесия. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, описывающие процесс колебаний маятника.



- 1) В положении 2 сила натяжения нити максимальна.
- 2) Через 2 с маятник первый раз вернётся в положение 1.
- 3) При движении маятника из положения 2 в положение 3 полная механическая энергия маятника остаётся неизменной.
- 4) Потенциальная энергия маятника в первый раз достигнет своего максимума через 1 с после начала движения.
- 5) При движении маятника из положения 2 в положение 1 время, за которое маятник проходит первую половину пути, меньше 0,25 с.

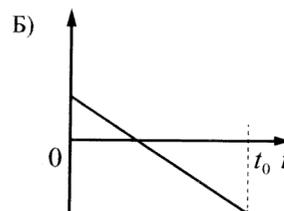
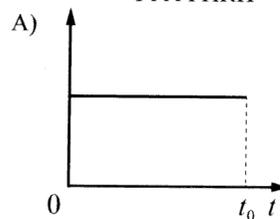
Ответ: \_\_\_\_\_.

6 В момент времени  $t = 0$  мячик бросают с начальной скоростью  $\vec{v}_0$  под углом  $\alpha$  к горизонту с балкона высотой  $h$  (см. рисунок). Графики А и Б отображают зависимость физических величин, характеризующих движение мячика в процессе полёта, от времени  $t$  ( $t_0$  – время полёта). Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимость которых от времени эти графики могут представлять. Сопротивлением воздуха пренебречь.



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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

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

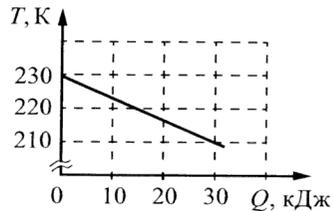
Ответ:

А	Б

7 В ходе изотермического процесса объём разреженного газа увеличился в 2 раза. При этом давление газа уменьшилось на 150 кПа. Масса газа постоянна. Каково было первоначальное давление газа?

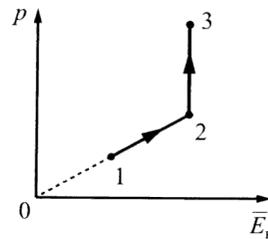
Ответ: \_\_\_\_\_ кПа.

8 Твёрдое тело остывает. На рисунке представлен график зависимости абсолютной температуры тела от отданного им количества теплоты. Удельная теплоёмкость вещества, из которого состоит тело, равна 500 Дж/(кг·К). Чему равна масса тела?



Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

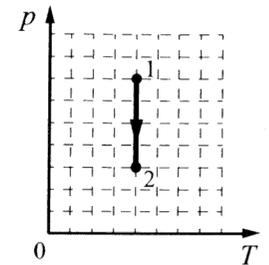
9 Один моль аргона участвует в процессе 1–2–3, представленном на графике зависимости давления  $p$  от средней кинетической энергии  $\bar{E}_k$  теплового движения молекул. Из приведённого ниже списка выберите все верные утверждения, характеризующие процессы на рисунке.



- 1) В процессе 1–2 изменение внутренней энергии аргона равно сообщённому ему количеству теплоты.
- 2) В процессе 1–2 концентрация аргона увеличивается.
- 3) В процессе 1–2 аргон совершает положительную работу.
- 4) В процессе 2–3 плотность аргона увеличивается.
- 5) В процессе 2–3 аргон изотермически расширяется.

Ответ: \_\_\_\_\_.

10 Идеальный одноатомный газ переходит из состояния 1 в состояние 2 (см. диаграмму, где  $p$  – давление газа,  $T$  – абсолютная температура). Масса газа не меняется. Как изменяются при этом объём газа и его внутренняя энергия? Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

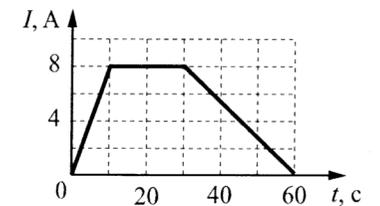


- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Объём газа	Внутренняя энергия газа

11 На графике показана зависимость силы тока  $I$  в проводнике от времени  $t$ . Определите заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за промежуток времени от 0 до 10 с.

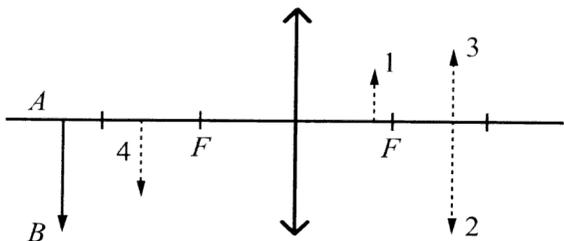


Ответ: \_\_\_\_\_ Кл.

12 Прямолинейный проводник длиной  $L$ , по которому протекает постоянный ток  $I$ , помещён в однородное магнитное поле перпендикулярно линиям индукции  $\vec{B}$ . Во сколько раз уменьшится сила Ампера, действующая на проводник, если, не меняя его расположения, силу тока увеличить в 3 раза, а индукцию магнитного поля уменьшить в 6 раз?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

- 13) Какая из пунктирных стрелок (1, 2, 3 или 4) занимает место изображения сплошной стрелки  $AB$  в тонкой собирающей линзе с фокусным расстоянием  $F$ ?



Ответ: стрелка \_\_\_\_\_.

- 14) Две параллельные металлические пластины больших размеров закрепили на изолирующих подставках на расстоянии  $d$  друг от друга и подключили к источнику постоянного напряжения (рис. 1). Спустя длительное время пластины отключили от источника (рис. 2). Из приведённого ниже списка выберите все правильные утверждения.



рис. 1

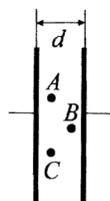


рис. 2

- 1) Напряжённость электрического поля в точке  $A$  равна 0.
- 2) Потенциалы электрического поля в точках  $A$  и  $C$  одинаковы.
- 3) Напряжённость электрического поля в точке  $B$  направлена горизонтально вправо.
- 4) Если после отключения от источника увеличить расстояние  $d$  между пластинами, энергия электрического поля системы пластин уменьшится.
- 5) Если после отключения от источника между пластинами поместить стеклянную пластинку, полностью заполняющую пространство между ними, то заряд правой пластины не изменится.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 15) Настраивая действующую модель радиопередатчика, учитель изменил ёмкость конденсатора, входящего в состав его колебательного контура, увеличив площадь пластин конденсатора. Как при этом изменились период колебаний тока в контуре и длина волны излучения? 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.

Период колебаний тока в контуре	Длина волны излучения

- 16) Сколько нейтронов содержится в ядре изотопа актиния  ${}_{89}^{225}\text{Ac}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 17) При исследовании зависимости максимальной кинетической энергии фотоэлектронов от длины волны падающего света фотоэлемент освещали через различные светофильтры. В первой серии опытов использовали светофильтр, пропускающий только ультрафиолетовое излучение, а во второй – пропускающий только синий свет. В каждом опыте наблюдали явление фотоэффекта и измеряли задерживающее напряжение. Как изменились энергия фотона в пучке света, падающего на фотоэлемент, и модуль задерживающего напряжения при переходе от первой серии опытов ко второй? Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

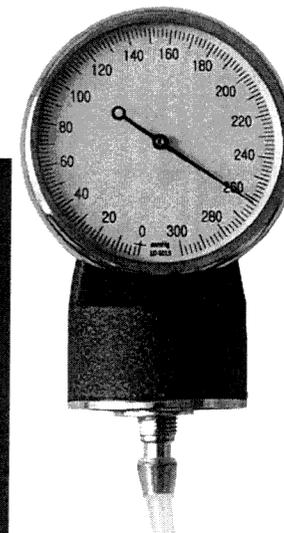
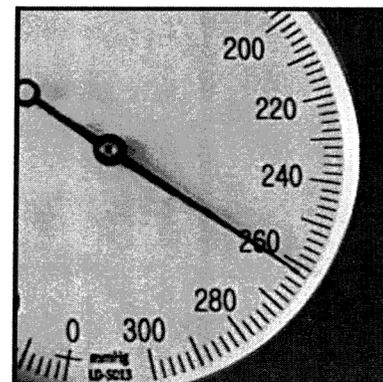
Энергия фотона	Модуль задерживающего напряжения

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

- 1) При отсутствии сопротивления воздуха тело, брошенное под углом к горизонту вблизи поверхности Земли, движется по параболе.
- 2) В процессе кипения жидкости при постоянном внешнем давлении её температура не меняется.
- 3) Силой Ампера называют силу, с которой электрическое поле действует на проводник с током.
- 4) В процессе электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре энергия магнитного поля катушки с током и энергия электрического поля конденсатора достигают минимальных значений в один и тот же момент времени.
- 5) Атом испускает фотон при переходе из стационарного состояния с большей энергией в стационарное состояние с меньшей энергией.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**19** Определите показания медицинского манометра (см. рисунок), если абсолютная погрешность прямого измерения давления равна цене деления прибора. Манометр проградуирован в миллиметрах ртутного столба.



Ответ: ( \_\_\_\_\_ ± \_\_\_\_\_ ) мм рт. ст.

**В БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 перенесите только числа, не разделяя их пробелом или другим знаком.**

**20** Ученик изучает свободные электромагнитные колебания. В его распоряжении имеются пять аналогичных колебательных контуров с различными катушками индуктивности и конденсаторами, характеристики которых указаны в таблице. Какие два колебательных контура необходимо взять ученику для того, чтобы на опыте исследовать зависимость периода свободных колебаний силы тока, протекающего в катушке, от её индуктивности?

№ контура	Максимальное напряжение на конденсаторе, В	Емкость конденсатора $C$ , мкФ	Индуктивность катушки $L$ , мГн
1	10	6	4
2	8	5	6
3	10	6	12
4	8	10	6
5	14	12	4

Запишите в таблицу номера выбранных контуров.

Ответ: 

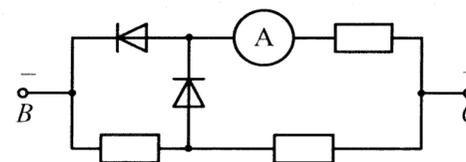
--	--

*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**

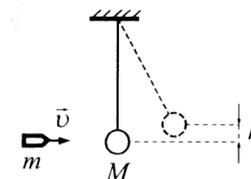
*Для записи ответов на задания 21–26 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (21, 22 и т.д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.*

**21** Три одинаковых резистора и два одинаковых идеальных диода (сопротивление диода при прямом включении равно нулю, при обратном включении ток через диод равен нулю) включены в электрическую цепь, изображённую на рисунке, и подключены к аккумулятору в точках  $B$  и  $C$ . Показания амперметра равны  $4,5$  А. Определите силу тока через амперметр при смене полярности подключения аккумулятора. Нарисуйте эквивалентные электрические схемы для двух случаев подключения аккумулятора. Опираясь на законы электродинамики, поясните свой ответ. Сопротивлением амперметра и внутренним сопротивлением аккумулятора пренебречь.



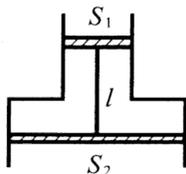
*Полное правильное решение каждой из задач 22–26 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.*

**22** Пуля массой  $m = 200$  г летит горизонтально со скоростью  $v = 20$  м/с, попадает в мишень, подвешенную на нити и имеющую массу  $M = 1,8$  кг, и застревает в ней. Какова максимальная высота  $h$ , на которую в результате поднимется мишень (см. рисунок)? Сопротивлением воздуха пренебречь.



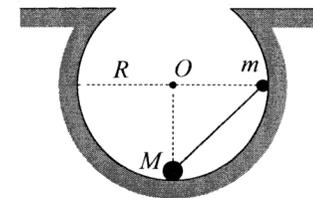
- 23 В стакан калориметра налили 300 г воды. Начальная температура калориметра и воды равна 25 °С. Затем в воду опустили кусок льда при температуре 0 °С. Когда наступило тепловое равновесие, температура калориметра и воды стала равной 5 °С. Определите массу куска льда. Теплоёмкостью калориметра и теплообменом с окружающей средой пренебречь.

- 24 В сосуде, образованном двумя герметически соединёнными трубами с сечениями  $S_1 = 40 \text{ см}^2$  и  $S_2 = 190 \text{ см}^2$ , между поршнями, изготовленными из одного и того же материала и находящимися по разные стороны от места соединения труб, заключено  $\nu = 0,2$  моль идеального одноатомного газа при давлении  $p = 90 \text{ кПа}$ . Снаружи находится воздух при давлении  $p_0 = 100 \text{ кПа}$ . Поршни соединены недеформируемым стержнем длиной  $l = 0,5 \text{ м}$  и могут свободно перемещаться без трения. На сколько градусов необходимо изменить температуру газа между поршнями, чтобы они опустились на расстояние  $\Delta x = 3 \text{ см}$ ?



- 25 В процессе свободных электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре в момент времени  $t$  заряд конденсатора  $q = 4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$ , а сила тока в катушке  $I = 3 \text{ мА}$ . Период колебаний  $T = 6,3 \cdot 10^{-6} \text{ с}$ . Найдите амплитуду колебаний заряда.

- 26 Маленькие шарики, имеющие массы  $M$  и  $m = 60 \text{ г}$ , соединены друг с другом стержнем пренебрежимо малой массы. Полученная гантель помещена в неподвижную сферическую выемку радиусом  $R$  так, что шарик  $M$  находится в её нижней точке, а шарик  $m$  касается стенки выемки на высоте  $R$  от этой точки (см. рисунок). Коэффициент трения между шариком  $M$  и дном выемки  $\mu = 0,3$ , трение между шариком  $m$  и стенкой выемки отсутствует. При каких значениях  $M$  гантель покоится в показанном на рисунке положении? Сделайте рисунок с указанием внешних сил, действующих на гантель. Обоснуйте применимость законов, используемых для решения задачи.



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