

**Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ**

**Демонстрационный вариант  
контрольных измерительных материалов  
единого государственного экзамена 2021 года  
по физике**

подготовлен Федеральным государственным бюджетным  
научным учреждением

«ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ИЗМЕРЕНИЙ»

**Единый государственный экзамен по ФИЗИКЕ**

**Пояснения к демонстрационному варианту контрольных  
измерительных материалов 2021 года по ФИЗИКЕ**

При ознакомлении с демонстрационным вариантом контрольных измерительных материалов 2021 г. следует иметь в виду, что задания, включённые в демонстрационный вариант, не отражают всех вопросов содержания, которые будут проверяться с помощью вариантов КИМ в 2021 г. Полный перечень вопросов, которые могут контролироваться на едином государственном экзамене 2021 г., приведён в кодификаторе элементов содержания и требований к уровню подготовки выпускников образовательных организаций для проведения единого государственного экзамена 2021 г. по физике.



**В демонстрационном варианте представлены конкретные примеры заданий, не исчерпывающие всего многообразия возможных формулировок заданий на каждой позиции варианта экзаменационной работы.**

Назначение демонстрационного варианта заключается в том, чтобы дать возможность любому участнику ЕГЭ и широкой общественности составить представление о структуре будущих КИМ, количестве и форме заданий, об уровне их сложности. Приведённые критерии оценки выполнения заданий с развёрнутым ответом, включённые в этот вариант, дают представление о требованиях к полноте и правильности записи развёрнутого ответа.

Эти сведения позволят выпускникам выработать стратегию подготовки и сдачи ЕГЭ.

**Демонстрационный вариант  
контрольных измерительных материалов  
единого государственного экзамена 2021 года  
по ФИЗИКЕ**

**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/с<sup>2</sup>.      -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

41      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      ВПРАВО      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

3894

Ответ: (1,4 ± 0,2) Н.      1,40,2      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 <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>

**Константы**

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>A</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

**Соотношение между различными единицами**

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
1 астрономическая единица	1 а.е. ≈ 150 000 000 км
1 световой год	1 св. год ≈ 9,46 · 10 <sup>15</sup> м
1 парсек	1 пк ≈ 3,26 св. года

**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	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ кг} \approx 1,008 \text{ а.е.м.}$

**Астрономические величины**

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

**Плотность**

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

**Удельная теплоёмкость**

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

**Удельная теплота**

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

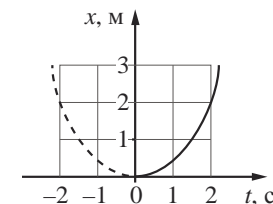
**Нормальные условия:** давление –  $10^5 \text{ Па}$ , температура –  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ **Молярная масса**

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	$44 \cdot 10^{-3} \text{ кг/моль}$

**Часть 1**

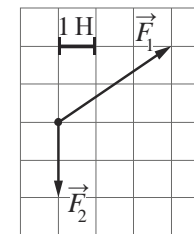
Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Ответ запишите в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными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

- 1 Материальная точка движется прямолинейно с постоянным ускорением вдоль оси  $Ox$ . График зависимости её координаты от времени  $x = x(t)$  изображён на рисунке. Определите проекцию  $a_x$  ускорения этого тела.



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>.

- 2 На рисунке показаны силы (в заданном масштабе), действующие на материальную точку. Определите модуль равнодействующей этих сил.



Ответ: \_\_\_\_\_ Н.

- 3 Тело движется в инерциальной системе отсчёта по прямой в одном направлении под действием постоянной силы величиной 5 Н. За 4 с импульс тела увеличился и стал равен  $35 \text{ кг}\cdot\text{м/с}$ . Чему был равен первоначальный импульс тела?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг · м/с.

- 4 Каменный блок лежит на горизонтальной кладке стены, оказывая на кладку давление  $2500 \text{ Па}$ . Площадь грани, на которой лежит блок, равна  $740 \text{ см}^2$ . Какова масса блока?

Ответ: \_\_\_\_\_ кг.

**5** Автомобиль массой 2 т проезжает верхнюю точку выпуклого моста, двигаясь с постоянной по модулю скоростью 36 км/ч. Радиус кривизны моста равен 40 м. Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения, характеризующих движение автомобиля по мосту.

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

Ответ: 

--	--

**6** Искусственный спутник Земли перешёл с одной круговой орбиты на другую так, что на новой орбите его центростремительное ускорение увеличилось. Как изменились при этом сила притяжения спутника к Земле и скорость его движения по орбите?

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.

Сила притяжения спутника к Земле	Скорость движения спутника по орбите

**7** Тело массой 200 г движется вдоль оси  $Ox$ , при этом его координата изменяется во времени в соответствии с формулой  $x(t) = 10 + 5t - 3t^2$  (все величины выражены в СИ).

Установите соответствие между физическими величинами и формулами, выражающими их изменения во времени.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А) проекция $v_x(t)$ скорости тела	1) $5 - 6t$
Б) проекция $F_x(t)$ равнодействующей сил, приложенных к телу	2) $-1,2$
	3) $-3$
	4) $10 + 5t$

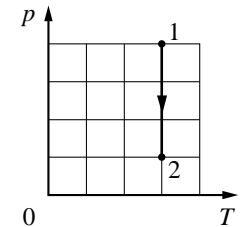
Ответ: 

А	Б

**8** При уменьшении абсолютной температуры на 600 К средняя кинетическая энергия теплового движения молекул аргона уменьшилась в 4 раза. Какова конечная температура аргона?

Ответ: \_\_\_\_\_ К.

**9** На  $pT$ -диаграмме показан процесс изменения состояния 1 моль одноатомного идеального газа. Газ в этом процессе получил количество теплоты, равное 3 кДж. Определите работу, совершённую газом.



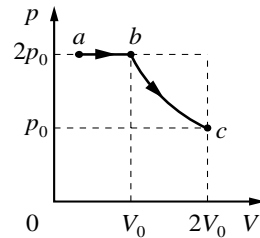
Ответ: \_\_\_\_\_ кДж.

**10** В сосуде, объём которого можно изменять при помощи поршня, находится воздух с относительной влажностью 50%. Поршень медленно вдвигают в сосуд при неизменной температуре. Во сколько раз уменьшится объём сосуда к моменту, когда водяной пар станет насыщенным?

Ответ: в \_\_\_\_\_ раз(а).

11

В цилиндрическом сосуде, закрытом подвижным поршнем, находится водяной пар и капля воды. С паром в сосуде при постоянной температуре провели процесс  $a \rightarrow b \rightarrow c$ ,  $pV$ -диаграмма которого представлена на рисунке. Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения относительно проведённого процесса.



- 1) На участке  $b \rightarrow c$  масса пара уменьшается.
- 2) На участке  $a \rightarrow b$  к веществу в сосуде подводится положительное количество теплоты.
- 3) В точке  $c$  водяной пар является насыщенным.
- 4) На участке  $a \rightarrow b$  внутренняя энергия капли уменьшается.
- 5) На участке  $b \rightarrow c$  внутренняя энергия пара уменьшается.

Ответ: 

--	--

12

Температура нагревателя идеального теплового двигателя, работающего по циклу Карно, равна  $T_1$ , а коэффициент полезного действия этого двигателя равен  $\eta$ . За цикл рабочее тело двигателя 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 из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

ФОРМУЛЫ

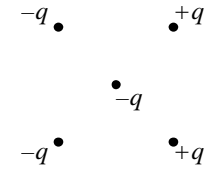
- |   |                         |
|---|-------------------------|
| А) количество теплоты, отдаваемое рабочим телом двигателя за цикл | 1) $\frac{T_1}{1-\eta}$ |
| Б) температура холодильника                                       | 2) $T_1(1-\eta)$        |
|   | 3) $Q_1(1-\eta)$        |
|   | 4) $Q_1\eta$            |

Ответ: 

А	Б

13

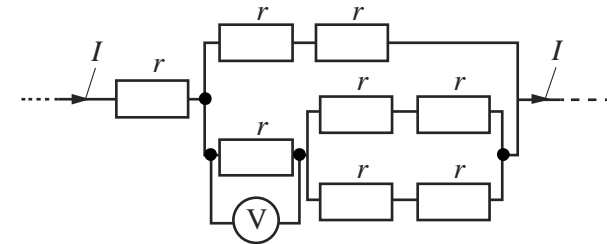
Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) кулоновская сила  $\vec{F}$ , действующая на отрицательный точечный заряд  $-q$ , помещённый в центр квадрата, в углах которого находятся заряды:  $+q, +q, -q, -q$  (см. рисунок)? *Ответ запишите словом (словами).*



Ответ: \_\_\_\_\_.

14

Восемь одинаковых резисторов с сопротивлением  $r=1$  Ом соединены в электрическую цепь, через которую течёт ток  $I=4$  А (см. рисунок). Какое напряжение показывает идеальный вольтметр?



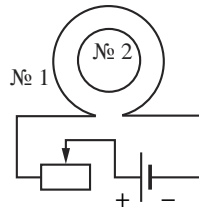
Ответ: \_\_\_\_\_ В.

15

Определите энергию магнитного поля катушки индуктивностью  $0,2$  мГн при силе тока в ней  $2$  А.

Ответ: \_\_\_\_\_ мДж.

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



Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения, характеризующих процессы в цепи и катушках при перемещении ползунка реостата **влево**.

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

Ответ: 

--	--

- 17** Небольшой предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы между фокусным и двойным фокусным расстояниями от неё. Предмет начинают удалять от линзы. Как меняются при этом расстояние от линзы до изображения и оптическая сила линзы?

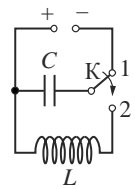
Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

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

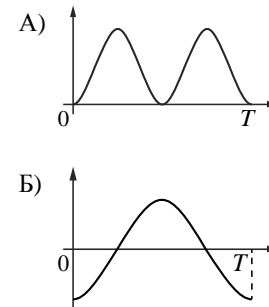
Расстояние от линзы до изображения	Оптическая сила линзы

- 18** Конденсатор идеального колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент  $t=0$  переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. Графики А и Б отображают изменения физических величин, характеризующих возникшие после этого электромагнитные колебания в контуре ( $T$  – период колебаний).



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут отображать. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

**ГРАФИКИ**



**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- 1) энергия магнитного поля катушки
- 2) сила тока в катушке
- 3) заряд правой обкладки конденсатора
- 4) энергия электрического поля конденсатора

Ответ: 

А	Б

- 19** В результате ядерной реакции синтеза  ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^1_0\text{n}$  образуется ядро химического элемента  ${}^A_Z\text{X}$ . Каковы заряд образовавшегося ядра Z (в единицах элементарного заряда) и его массовое число A?

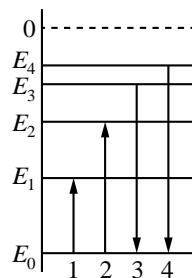
Заряд ядра Z	Массовое число ядра A

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

**20** В вакууме длина волны света от первого источника в 2 раза меньше, чем длина волны света от второго источника. Определите отношение импульсов фотонов  $\frac{p_1}{p_2}$ , испускаемых этими источниками.

Ответ: \_\_\_\_\_.

**21** На рисунке изображена упрощённая диаграмма нижних энергетических уровней атома. Нумерованными стрелками отмечены некоторые возможные переходы атома между этими уровнями. Какие из этих переходов связаны с поглощением кванта света наибольшей длины волны и излучением кванта света с наименьшей энергией? Установите соответствие между процессами поглощения и испускания света и стрелками, обозначающими энергетические переходы атома.



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

ПРОЦЕССЫ

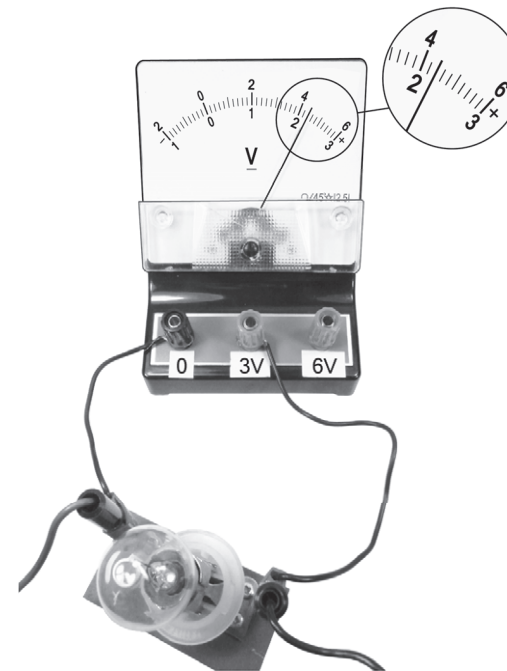
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ ПЕРЕХОДЫ

- |   |      |
|---|------|
| А) поглощение кванта света наибольшей длины волны | 1) 1 |
|   | 2) 2 |
| Б) излучение кванта света с наименьшей энергией   | 3) 3 |
|   | 4) 4 |

Ответ:

А	Б

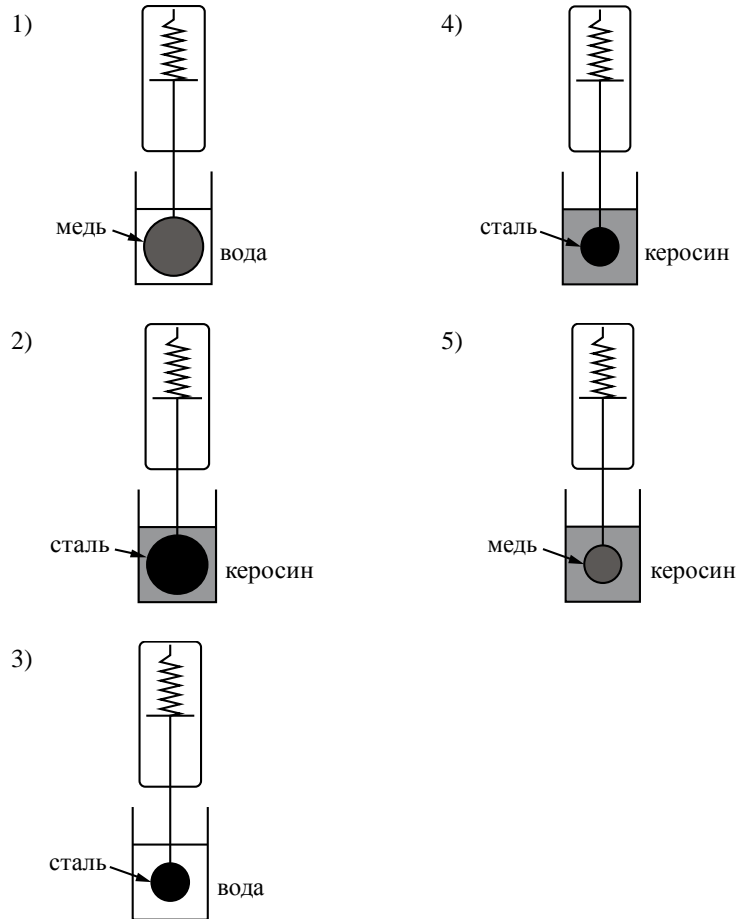
**22** Чему равно напряжение на лампочке (см. рисунок), если погрешность прямого измерения напряжения на пределе измерения 3 В равна  $\pm 0,15$  В, а на пределе измерения 6 В равна  $\pm 0,25$  В?



Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) В.

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

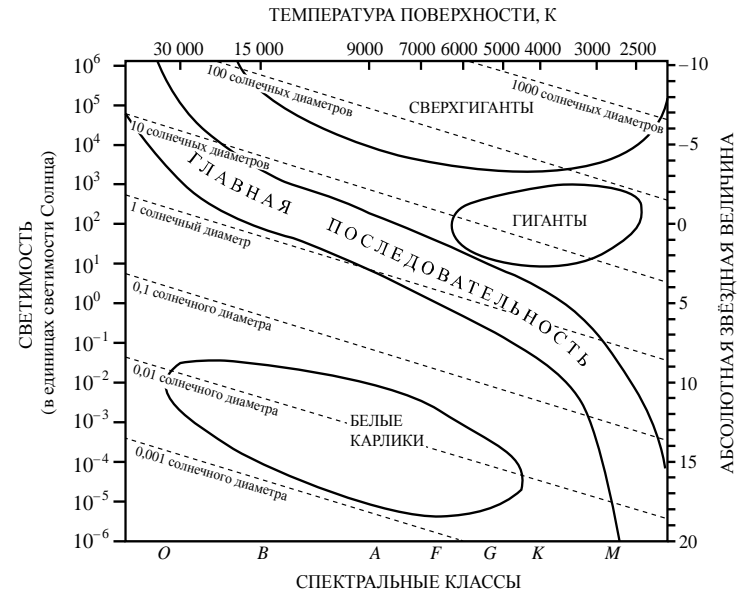
**23** Необходимо экспериментально проверить, зависит ли сила Архимеда, действующая на тело, полностью погружённое в жидкость, от его объёма. Какие **две** установки следует использовать для проведения такого исследования?



В ответе запишите номера выбранных установок.

Ответ:

**24** На рисунке представлена диаграмма Герцшпрунга – Рассела.



Выберите **все** верные утверждения о звёздах.

- 1) Плотность белых карликов существенно больше средней плотности звёзд главной последовательности.
- 2) «Жизненный цикл» звезды спектрального класса *O* главной последовательности более длительный, чем звезды спектрального класса *M* главной последовательности.
- 3) Температура поверхности звёзд спектрального класса *G* выше температуры поверхности звёзд спектрального класса *O*.
- 4) Звезда Бетельгейзе относится к голубым звёздам главной последовательности, поскольку её радиус почти в 1000 раз превышает радиус Солнца.
- 5) Звезда Альтаир, имеющая радиус  $1,9R_{\odot}$ , относится к звёздам главной последовательности.

Ответ: \_\_\_\_\_.



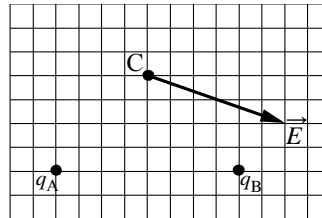
**Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы. Проверьте, чтобы каждый ответ был записан в строке с номером соответствующего задания.**



**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 пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

**25** На рисунке изображён вектор напряжённости  $\vec{E}$  электрического поля в точке С, которое создано двумя точечными зарядами:  $q_A$  и  $q_B$ . Каков заряд  $q_B$ , если заряд  $q_A$  равен +2 нКл? Ответ укажите со знаком.



Ответ: \_\_\_\_\_ нКл.

**26** Предмет расположен на главной оптической оси тонкой собирающей линзы. Оптическая сила линзы  $D = 5$  дптр. Изображение предмета действительное, увеличение (отношение высоты изображения предмета к высоте самого предмета)  $k = 2$ . Найдите расстояние между предметом и его изображением. Ответ выразите в сантиметрах.

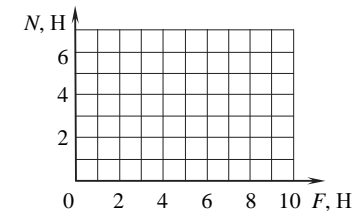
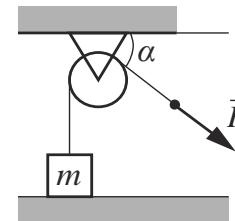
Ответ: \_\_\_\_\_ см.



*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.*

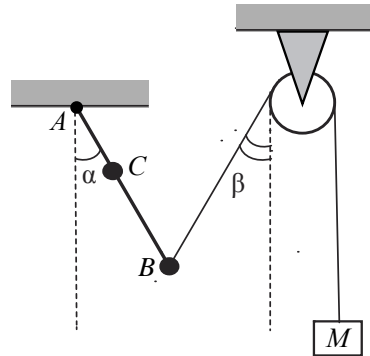
**27** Лёгкая нить, привязанная к грузу массой  $m = 0,4$  кг, перекинута через идеальный неподвижный блок. К правому концу нити приложена постоянная сила  $\vec{F}$ . Левая часть нити вертикальна, а правая наклонена под углом  $\alpha = 30^\circ$  к горизонту (см. рисунок). Постройте график зависимости модуля силы реакции стола  $N$  от  $F$  на отрезке  $0 \leq F \leq 10$  Н. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к грузу.



*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.*

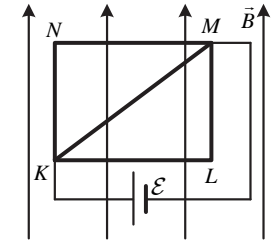
- 28** В калориметре находятся в тепловом равновесии вода и лёд. После опускания в калориметр болта, имеющего массу 165 г и температуру  $-40\text{ }^\circ\text{C}$ , 20% воды превратилось в лёд. Удельная теплоёмкость материала болта равна  $500\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ . Какая масса воды первоначально находилась в калориметре? Теплоёмкостью калориметра пренебречь.

- 29** Невесомый стержень  $AB$  с двумя малыми грузиками массами  $m_1 = 200\text{ г}$  и  $m_2 = 100\text{ г}$ , расположенными в точках  $C$  и  $B$  соответственно, шарнирно закреплён в точке  $A$ . Груз массой  $M = 100\text{ г}$  подвешен к невесомому блоку за невесомую и нерастяжимую нить, другой конец которой соединён с нижним концом стержня, как показано на рисунке. Вся система находится в равновесии, если стержень отклонён от вертикали на угол  $\alpha = 30^\circ$ , а нить составляет угол с вертикалью, равный  $\beta = 30^\circ$ . Расстояние  $AC = b = 25\text{ см}$ . Определите длину  $l$  стержня  $AB$ . Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на груз  $M$  и стержень.

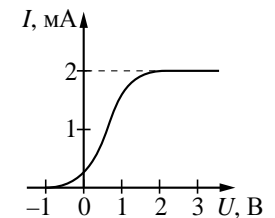


- 30** В вертикальном цилиндре, закрытом лёгким поршнем, находится бензол ( $\text{C}_6\text{H}_6$ ) при температуре кипения  $t = 80\text{ }^\circ\text{C}$ . При сообщении бензолу количества теплоты  $Q$  часть его превращается в пар, который при изобарном расширении совершает работу  $A$ . Удельная теплота парообразования бензола  $L = 396 \cdot 10^3\text{ Дж}/\text{кг}$ , его молярная масса  $M = 78 \cdot 10^{-3}\text{ кг}/\text{моль}$ . Какая часть подведённого к бензолу количества теплоты переходит в работу? Объёмом жидкого бензола пренебречь.

- 31** Из медной проволоки с удельным сопротивлением  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}\text{ Ом}\cdot\text{м}$  и площадью поперечного сечения  $S = 0,2\text{ мм}^2$  изготовлен прямоугольный контур  $KLMN$  с диагональю  $KM$  (см. рисунок). Стороны прямоугольника  $KL = l_1 = 20\text{ см}$  и  $LM = l_2 = 15\text{ см}$ . Контур подключили за диагональ к источнику постоянного напряжения с ЭДС  $\mathcal{E} = 1,4\text{ В}$  и поместили в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,1\text{ Тл}$ , параллельной сторонам  $KN$  и  $LM$ . С какой результирующей силой магнитное поле действует на контур? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на контур. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



- 32** В опыте по изучению фотоэффекта монохроматическое излучение мощностью  $P = 0,21\text{ Вт}$  падает на поверхность катода, в результате чего в цепи возникает ток. График зависимости силы тока  $I$  от напряжения  $U$  между анодом и катодом приведён на рисунке. Какова частота  $\nu$  падающего света, если в среднем один из 30 фотонов, падающих на катод, выбивает электрон?



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

**Система оценивания экзаменационной работы по физике**

**Задания 1–26**

Правильные ответы на задания 1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22 и 23 части 1 и на задания 25 и 26 части 2 оцениваются 1 баллом. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число, два числа или слово.

Ответы на задания 5–7, 11, 12, 16–18 и 21 части 1 оцениваются 2 баллами, если верно указаны оба элемента ответа; 1 баллом, если допущена ошибка в указании одного из элементов ответа, и 0 баллов, если допущены две ошибки или ответ отсутствует. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные), то ставится 0 баллов. Ответ на задание 24 оценивается 2 баллами, если указаны все верные элементы ответа; 1 баллом, если допущена одна ошибка (в том числе указана одна лишняя цифра наряду со всеми верными элементами или не записан один элемент ответа); 0 баллов, если допущены две ошибки или ответ отсутствует. В заданиях 5, 11, 16 и 24 порядок записи цифр в ответе не имеет принципиального значения.

Номер задания	Правильный ответ	Номер задания	Правильный ответ
1	1	14	2
2	3	15	0,4
3	15	16	12
4	18,5	17	23
5	34	18	13
6	11	19	13
7	12	20	2
8	200	21	13
9	3	22	2,200,15
10	2	23	24
11	24	24	15
12	32	25	-4
13	вправо	26	90

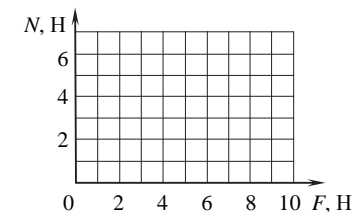
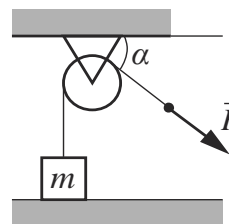
**Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом**

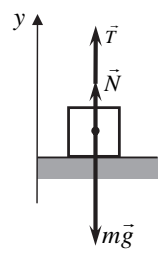
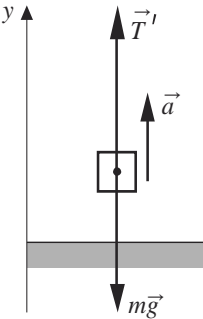
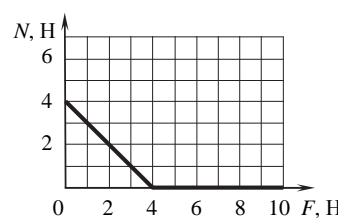
Решения заданий 27–32 части 2 (с развёрнутым ответом) оцениваются предметной комиссией. На основе критериев, представленных в приведённых ниже таблицах, за выполнение каждого задания в зависимости от полноты и правильности данного экзаменуемым ответа выставляется от 0 до 2 баллов за выполнение задания 28 и от 0 до 3 баллов за выполнение заданий 27 и 29–32.

**27**

Лёгкая нить, привязанная к грузу массой  $m=0,4$  кг, перекинута через идеальный неподвижный блок. К правому концу нити приложена постоянная сила  $\vec{F}$ . Левая часть нити вертикальна, а правая наклонена под углом  $\alpha=30^\circ$  к горизонту (см. рисунок).

Постройте график зависимости модуля силы реакции стола  $N$  от  $F$  на отрезке  $0 \leq F \leq 10$  Н. Ответ поясните, указав, какие физические явления и закономерности Вы использовали для объяснения. Сделайте рисунок с указанием сил, приложенных к грузу.



Возможное решение	
<p>1. Если сила <math>\vec{F}</math> достаточно мала, груз покоится относительно стола (эту систему отсчёта будем считать инерциальной). На груз при этом действуют сила тяжести <math>m\vec{g}</math>, сила реакции со стороны стола <math>\vec{N}</math> и сила натяжения нити <math>\vec{T}</math>, показанные на рис. 1. Запишем второй закон Ньютона для груза в проекциях на ось <math>y</math> введённой системы отсчёта: <math>N + T - mg = 0</math>.</p> <p>Поскольку нить лёгкая, а блок идеальный, модуль силы натяжения нити во всех точках одинаков, поэтому <math>T = F</math>.</p> <p>Отсюда получаем: <math>N = mg - F \geq 0</math> при <math>F \leq mg = 4 \text{ Н}</math>.</p> <p>2. При <math>F &gt; mg = 4 \text{ Н}</math> груз отрывается от стола и движется вдоль оси <math>y</math> с ускорением. На груз при этом действуют только сила тяжести <math>m\vec{g}</math> и сила натяжения нити <math>\vec{T}'</math>, показанные на рис. 2, а модуль силы реакции стола <math>N = 0</math>.</p> <p>Таким образом: а) при <math>F \leq mg = 4 \text{ Н}</math> <math>N = mg - F</math>;                      б) при <math>F &gt; mg = 4 \text{ Н}</math> <math>N = 0</math>.</p>	 <p>Рис. 1</p>  <p>Рис. 2</p>
<p>3. График этой зависимости представляет собой ломаную линию</p>	

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае <math>n = 3</math>) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: <i>второй закон Ньютона, условие отрыва груза от стола</i>)</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеется 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.)                      И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.                      И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения и не зачёркнуты.                      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
<p>Представлено решение, соответствующее <u>одному</u> из следующих случаев.</p> <p>Дан правильный ответ на вопрос задания, и приведено объяснение, но в нём не указаны два явления или физических закона, необходимых для полного верного объяснения.                      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.                      ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, <u>приводящие к ответу</u>, содержат ошибки.                      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
<i>Максимальный балл</i>	3

28

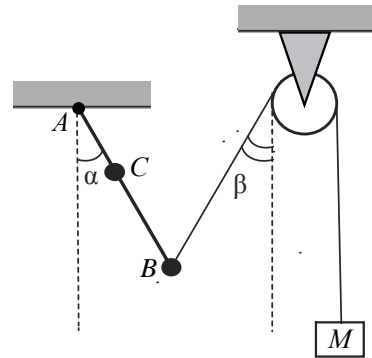
В калориметре находятся в тепловом равновесии вода и лёд. После опускания в калориметр болта, имеющего массу 165 г и температуру  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 20% воды превратилось в лёд. Удельная теплоёмкость материала болта равна  $500\text{ Дж}/(\text{кг}\cdot\text{K})$ . Какая масса воды первоначально находилась в калориметре? Теплоёмкостью калориметра пренебречь.

Возможное решение	
<p>Так как вода и лёд находятся в тепловом равновесии, то и до опускания болта, и после его нагревания температура в сосуде <math>t_0 = 0\text{ }^{\circ}\text{C}</math>. Согласно уравнению теплового баланса количество теплоты, выделившееся при замерзании воды, было затрачено на нагревание болта:</p> $0,2m \cdot r = cm_1(t_0 - t),$ <p>где <math>m</math> – масса воды в сосуде, <math>m_1</math> – масса болта, <math>c</math> – удельная теплоёмкость болта, <math>r</math> – удельная теплота плавления льда, <math>t</math> – начальная температура болта.</p> <p>Получим: <math>m = \frac{cm_1(t_0 - t)}{0,2r} = \frac{500 \cdot 0,165 \cdot 40}{0,2 \cdot 3,3 \cdot 10^5} = 0,05\text{ кг}</math>.</p> <p>Ответ: <math>m = 0,05\text{ кг}</math></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>условие теплового равновесия воды и льда, формулы для расчёта количества теплоты при нагревании и кристаллизации, уравнение теплового баланса</i>);</p> <p>II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (<i>за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов</i>);</p> <p>III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), 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>	2

<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены преобразования, направленные на решение задачи, но имеется один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1 или 2 балла</p>	0
<i>Максимальный балл</i>	2

29

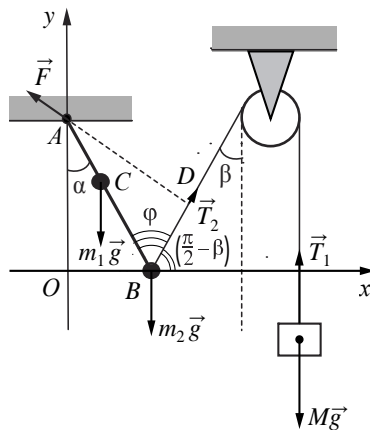
Невесомый стержень  $AB$  с двумя малыми грузиками массами  $m_1 = 200$  г и  $m_2 = 100$  г, расположенными в точках  $C$  и  $B$  соответственно, шарнирно закреплён в точке  $A$ . Груз массой  $M = 100$  г подвешен к невесомому блоку за невесомую и нерастяжимую нить, другой конец которой соединён с нижним концом стержня, как показано на рисунке. Вся система находится в равновесии, если стержень отклонён от вертикали на угол  $\alpha = 30^\circ$ , а нить составляет угол с вертикалью, равный  $\beta = 30^\circ$ . Расстояние  $AC = b = 25$  см. Определите длину  $l$  стержня  $AB$ . Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на груз  $M$  и стержень.



Возможное решение

1. Систему отсчёта, связанную с Землёй, считаем инерциальной. Введём декартову систему координат  $xOy$ , как показано на рисунке. Поскольку груз находится в равновесии, согласно второму закону Ньютона

$$T_1 - Mg = 0. \quad (1)$$



2. На стержень с грузами  $m_1$  и  $m_2$  действуют силы  $m_1 \vec{g}$  и  $m_2 \vec{g}$ , а также сила натяжения нити  $\vec{T}_2$ . Поскольку нить невесома, то  $|\vec{T}_1| = |\vec{T}_2| = T$ . Кроме того, на стержень действует сила  $\vec{F}$  со стороны шарнира. Запишем условие равенства нулю суммы моментов этих сил относительно оси вращения, проходящей через точку  $A$  – точку шарнирного закрепления стержня:

$$m_1 g \cdot b \sin \alpha + m_2 g \cdot l \sin \alpha - T \cdot AD = 0. \quad (2)$$

3. Решая систему уравнений (1) и (2), с учётом

$$AD = l \sin \varphi = l \sin(\alpha + \beta)$$

получим:

$$l = \frac{m_1 \cdot b \sin \alpha}{M \sin(\alpha + \beta) - m_2 \sin \alpha} = \frac{200 \cdot 25 \frac{1}{2}}{100 \frac{\sqrt{3}}{2} - 100 \frac{1}{2}} \approx 68,3 \text{ см.}$$

Ответ:  $l \approx 68,3$  см

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: *условия равновесия твёрдого тела в инерциальной системе отсчёта: равенство нулю суммы внешних сил, действующих на тело, и моментов внешних сил относительно выбранной оси вращения*);  
 II) сделан правильный рисунок с указанием сил;  
 III) 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);  
 IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);  
 V) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины

3

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

2

Записи, соответствующие пунктам II и III, 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 и не зачёркнуты.

И (ИЛИ)

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

И (ИЛИ)

Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)	
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. ИЛИ 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. ИЛИ 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
Максимальный балл	3

30

В вертикальном цилиндре, закрытом лёгким поршнем, находится бензол ( $C_6H_6$ ) при температуре кипения  $t = 80^\circ C$ . При сообщении бензолу количества теплоты  $Q$  часть его превращается в пар, который при изобарном расширении совершает работу  $A$ . Удельная теплота парообразования бензола  $L = 396 \cdot 10^3$  Дж/кг, его молярная масса  $M = 78 \cdot 10^{-3}$  кг/моль. Какая часть подведённого к бензолу количества теплоты переходит в работу? Объёмом жидкого бензола пренебречь.

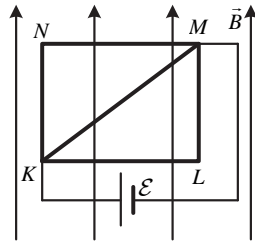
Возможное решение
1. В соответствии с первым началом термодинамики подводимое количество теплоты равно сумме изменения внутренней энергии системы и совершённой механической работы: $Q = \Delta U + A$ . При кипении бензола происходит его изобарное расширение. Работа пара $A = p\Delta V$ , где $p$ – атмосферное давление, $\Delta V$ – изменение объёма. 2. Считая пар идеальным газом, воспользуемся уравнением Клапейрона – Менделеева для определения изменения объёма за счёт испарившегося бензола массой $\Delta m$ : $p\Delta V = \frac{\Delta m}{M}RT$ , где $M = 78 \cdot 10^{-3}$ кг/моль – молярная масса бензола, $T = 80 + 273 = 353$ К – температура кипения бензола. Отсюда $A = \frac{\Delta mRT}{M}$ .

3. Количество теплоты $Q$ , необходимое для испарения массы $\Delta m$ бензола, пропорционально удельной теплоте парообразования $L$ : $Q = \Delta mL$ .	
4. Искомая величина определяется отношением	
$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{RT}{ML} = \frac{8,31 \cdot 353}{78 \cdot 10^{-3} \cdot 396 \cdot 10^3} \approx 0,095.$	
Ответ: $\eta \approx 0,095$	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
Приведено полное решение, включающее следующие элементы: I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, <u>применение которых необходимо</u> для решения задачи выбранным способом (в данном случае: <i>первое начало термодинамики, уравнение Клапейрона – Менделеева, выражение для теплоты парообразования данной массы вещества, формула работы газа</i> ); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ	3
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется 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 и не зачёркнуты.  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	2

Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи. ИЛИ 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. ИЛИ 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

31

Из медной проволоки с удельным сопротивлением  $\rho = 1,7 \cdot 10^{-8}$  Ом·м и площадью поперечного сечения  $S = 0,2 \text{ мм}^2$  изготовлен прямоугольный контур  $KLMN$  с диагональю  $KM$  (см. рисунок). Стороны прямоугольника  $KL = l_1 = 20$  см и  $LM = l_2 = 15$  см. Контур подключили за диагональ к источнику постоянного напряжения с ЭДС  $\mathcal{E} = 1,4$  В и поместили в однородное магнитное поле с индукцией  $B = 0,1$  Тл, параллельной сторонам  $KN$  и  $LM$ . С какой результирующей силой магнитное поле действует на контур? Сделайте рисунок с указанием сил, действующих на контур. Внутренним сопротивлением источника пренебречь.



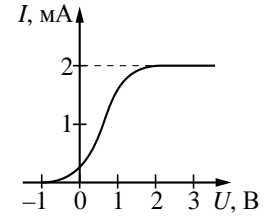
Возможное решение	
<p>1. При подключении контура к источнику напряжения по его сторонам и диагонали потекут токи <math>I_1, I_2</math> и <math>I_3</math> (см. рисунок). Проводники <math>KNM, KLM</math> и <math>KM</math> соединены параллельно, следовательно, <math>I_1 = I_3 = \frac{\mathcal{E}}{R_1}</math>, и <math>I_2 = \frac{\mathcal{E}}{R_2}</math>, где <math>R_1 = \rho \frac{l_1 + l_2}{S}</math> и <math>R_2 = \rho \frac{l}{S}</math> (<math>KM = l = \sqrt{l_1^2 + l_2^2}</math>) – сопротивления соответствующих проводников.</p> <p>2. Со стороны магнитного поля на проводники <math>KL</math> и <math>NM</math>, перпендикулярные индукции магнитного поля, а также на диагональ <math>KM</math> действуют силы Ампера: <math>F_1 = F_3 = BI_1 l_1</math>, и <math>F_2 = BI_2 l \sin \alpha</math>, где <math>\sin \alpha = \frac{l_1}{l}</math>. По правилу левой руки силы Ампера параллельны друг другу и направлены к наблюдателю, на проводники <math>KN</math> и <math>ML</math> сила Ампера не действует. Таким образом, результирующая сила <math>F = 2F_1 + F_2</math>.</p> <p>3. Выполняя преобразования, получим: <math>F_1 = \frac{B\mathcal{E}S l_1}{\rho(l_1 + l_2)}</math>, и <math>F_2 = \frac{B\mathcal{E}S l_1}{\rho \sqrt{l_1^2 + l_2^2}}</math>.</p> <p>В итоге:</p> $F = 2F_1 + F_2 = 2 \frac{B\mathcal{E}S l_1}{\rho(l_1 + l_2)} + \frac{B\mathcal{E}S l_1}{\rho \sqrt{l_1^2 + l_2^2}} = \frac{B\mathcal{E}S l_1}{\rho} \left( \frac{2}{l_1 + l_2} + \frac{1}{\sqrt{l_1^2 + l_2^2}} \right) = \frac{0,1 \cdot 1,4 \cdot 0,2 \cdot 10^{-6} \cdot 0,2}{1,7 \cdot 10^{-8}} \left( \frac{2}{0,2 + 0,15} + \frac{1}{\sqrt{0,2^2 + 0,15^2}} \right) = 3,2 \text{ Н.}$ <p>Ответ: <math>F = 3,2</math> Н</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: <i>принцип суперпозиции сил, закон Ома, формулы сопротивления проводника и силы Ампера, правило левой руки</i>); II) сделан правильный рисунок с указанием сил, действующих на контур; III) 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,</p>	3



<p>используемых при написании физических законов);                  IV) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);                  V) 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 имеется один или несколько из следующих недостатков.                  Записи, соответствующие пунктам II и III, 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 и не зачёркнуты.                  И (ИЛИ)                  В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/вычислениях пропущены логически важные шаги.                  И (ИЛИ)                  Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие <b>одному</b> 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.                  ИЛИ                  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.                  ИЛИ                  В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи</p>	1
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

32

В опыте по изучению фотоэффекта монохроматическое излучение мощностью  $P = 0,21$  Вт падает на поверхность катода, в результате чего в цепи возникает ток. График зависимости силы тока  $I$  от напряжения  $U$  между анодом и катодом приведён на рисунке. Какова частота  $\nu$  падающего света, если в среднем один из 30 фотонов, падающих на катод, выбивает электрон?



Возможное решение	
<p>1. По определению силы тока <math>I = \frac{q}{t}</math>, где <math>q</math> – заряд, прошедший через поперечное сечение проводника за время <math>t</math>.</p> <p>2. Когда ток в цепи достигает насыщения, все фотоэлектроны, выбитые из катода, достигают анода. Тогда за время <math>t</math> через поперечное сечение проводника проходит заряд <math>q = N_e e t</math>, где <math>e</math> – модуль заряда электрона, <math>N_e</math> – количество фотоэлектронов, выбитых из катода за 1 с.</p> <p>Так как <math>N_e = \frac{1}{30} N_\Phi</math> (где <math>N_\Phi</math> – количество фотонов, падающих на катод за 1 с), то <math>I_{max} = \frac{1}{30} N_\Phi e</math>.</p> <p>3. Так как энергия фотона <math>E_\Phi = h\nu</math>, то мощность излучения <math>P = \frac{W}{t} = N_\Phi h\nu = \frac{30 I_{max} h\nu}{e}</math>.</p> <p>4. Окончательно получим: <math>\nu = \frac{Pe}{30 I_{max} h}</math>. Согласно приведённому графику сила тока насыщения <math>I_{max} = 2</math> мА, тогда <math>\nu = \frac{0,21 \cdot 1,6 \cdot 10^{-19}}{30 \cdot 0,002 \cdot 6,6 \cdot 10^{-34}} \approx 8,5 \cdot 10^{14}</math> Гц.</p> <p>Ответ: <math>\nu \approx 8,5 \cdot 10^{14}</math> Гц</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: <i>определение силы тока; связь силы тока насыщения с количеством фотонов, падающих на катод в единицу времени; выражения для энергии фотона и мощности излучения</i>);                  II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант,</p>	3

указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов); III) представлены необходимые математические преобразования и расчёты (подстановка числовых данных в конечную формулу), приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями); IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины	
Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования, но имеется 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, которые не отделены от решения и не зачёркнуты.  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	2
Представлены записи, соответствующие <u>одному</u> из следующих случаев. Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо и достаточно для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.  ИЛИ 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.  ИЛИ 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	1
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

В соответствии с Порядком проведения государственной итоговой аттестации по образовательным программам среднего общего образования (приказ Минпросвещения России и Рособрнадзора от 07.11.2018 № 190/1512, зарегистрирован Минюстом России 10.12.2018 № 52952),

«82. <...> По результатам первой и второй проверок эксперты независимо друг от друга выставляют баллы за каждый ответ на задания экзаменационной работы ЕГЭ с развёрнутым ответом. <...>

В случае существенного расхождения в баллах, выставленных двумя экспертами, назначается третья проверка. Существенное расхождение в баллах определено в критериях оценивания по соответствующему учебному предмету.

Эксперту, осуществляющему третью проверку, предоставляется информация о баллах, выставленных экспертами, ранее проверявшими экзаменационную работу».

Существенным считается расхождение в 2 или более балла, выставленных экспертами за выполнение любого из заданий 27–32. Третий эксперт проверяет только те ответы на задания, которые вызвали столь существенное расхождение.