

**Единый государственный экзамен  
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 31 задание.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 24–26 ответом является целое число или конечная десятичная дробь. Число 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: 7,5 см. 37,5 Бланк

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21 и 23 является последовательность двух 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

741 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 13 ВПРАВО Бланк

Ответом к заданиям 19 и 22 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: (14 ± 0,2) Н 221,40,2 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, или перьевой ручки.

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

Баллы, полученные Вами за выполненные задания, суммируются.

Постарайтесь выполнить как можно больше заданий и набрать наибольшее количество баллов.

**Желаем успеха!**

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

**Десятичные приставки**

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

**Константы**

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

**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 эквивалента	$931 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$

**Масса частиц**

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



**Плотность** подсолнечного масла  $900 \text{ кг/м}^3$   
 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  $13600 \text{ кг/м}^3$

**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  $800 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$   
 свинца  $130 \text{ Дж/(кг}\cdot\text{К)}$

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

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

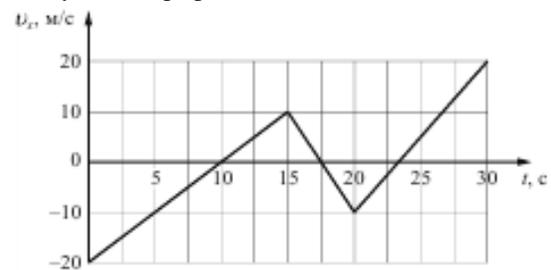
**Молярная масса**

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**

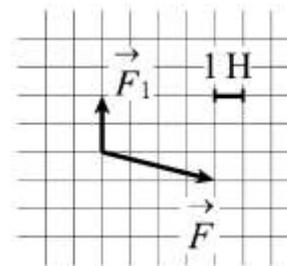
Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишите в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными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

**1** Чему равна проекция ускорения тела на ось X в интервале времени от 20 до 25 с, если зависимость проекции скорости от времени на ту же ось задается следующим графиком?



Ответ: \_\_\_\_\_ м/с<sup>2</sup>

**2** На тело действуют две силы. На рисунке изображена одна сила  $\vec{F}_1$  и равнодействующая сила  $\vec{F}$ . Найдите модуль второй силы.



Ответ: \_\_\_\_\_ Н



**3** Два тела разных масс движутся навстречу друг другу с одинаковыми скоростями 10 м/с. После абсолютно неупругого удара скорость их движения оказалась равна 5 м/с. Во сколько раз масса большего тела превышает массу меньшего тела?

Ответ: \_\_\_\_\_

**4** Ч Бутылку с подсолнечным маслом, закрытую пробкой, перевернули. Определите силу, с которой действует масло на пробку площадью 5 см<sup>2</sup>, если расстояние от уровня масла в сосуде до пробки равно 20 см.

Ответ: \_\_\_\_\_ Н

**5** Человек наблюдал процесс свободного падения яблока и описал процесс его движения.

Выберите **два** верных утверждения из перечня приведенных ниже:

- 1) движение яблока равноускоренное
- 2) ускорение яблока изменяется от максимального значения до нуля в момент падения
- 3) скорость яблока изменяется от максимального значения до нуля в момент падения
- 4) потенциальная энергия яблока изменяется от максимального значения до нуля
- 5) полная энергия яблока уменьшается.

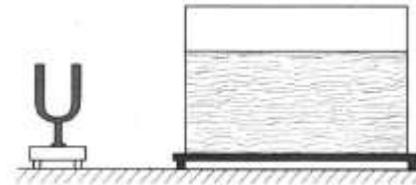
Ответ: 

--	--

**6** В лаборатории на демонстрационном столе стоят камертон на 440 Гц и аквариум с водой. По ножке камертона ударили молоточком. Как изменится скорость звуковой волны и частота колебаний при переходе звука из воздуха в воду?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения. Цифры в ответе могут повторяться.

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



Скорость звуковой волны	Частота колебаний

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ: 

А	Б



**7** Два пластилиновых бруска имеют массы  $m_1=m$  и  $m_2=3m$ , второй скользит по гладкой горизонтальной поверхности навстречу первому со скоростью  $v_2=2v$ . При этом  $v_1=0$ . Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение брусков после абсолютно неупругого столкновения, и формулами, по которым их можно рассчитать.

**ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ**

- А.) Модуль скорости первого бруска после столкновения
- Б.) Кинетическая энергия системы после столкновения

**ФОРМУЛЫ**

- 1)  $\frac{36}{8}mv^2$
- 2)  $\frac{3}{2}v$
- 3)  $\frac{7}{4}v$
- 4)  $\frac{27}{8}mv^2$

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

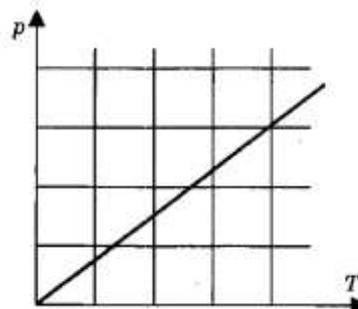
Ответ:

А	Б

**8** Какое изменение температуры  $\Delta t$  (в градусах Цельсия) соответствует нагреву на 27 К?

Ответ: \_\_\_\_\_ °С.

**9** На  $p$ - $T$  диаграмме представлен процесс изменения состояния идеального одноатомного газа постоянной массы. В этом процессе газ получил 20 кДж теплоты.



Определите работу газа в этом процессе.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж.

**10** Сосуд с поршнем содержит воздух, относительная влажность которого 40%. Какой станет относительная влажность, если с помощью поршня сжать воздух так, чтобы его объем уменьшился в 3 раза (температура не меняется)?

Ответ: \_\_\_\_\_ %.



- 11 Вещество при температуре  $160^{\circ}\text{C}$ , находящееся в газообразном состоянии, охлаждают при постоянной мощности. В таблице приведены результаты измерений температуры вещества с течением времени.

Время, мин	0	5	10	15	20	25	30	35
Температура, $^{\circ}\text{C}$	160	142	124	106	106	106	101	94

Выберите два верных утверждения.

- 1) Удельная теплоёмкость вещества в жидком и газообразном состояниях одинакова.
- 2) Температура кипения вещества в данных условиях составляет  $124^{\circ}\text{C}$ .
- 3) Процесс конденсации вещества занял более 10 мин.
- 4) Температура кипения вещества в данных условиях составляет  $106^{\circ}\text{C}$ .
- 5) Через 20 мин. после начала измерений вещество находилось только в жидком состоянии.

Ответ:

--	--

- 12 Некоторое количество идеального газа находится в сосуде при атмосферном давлении. Как изменятся давление и концентрация частиц, если в сосуде проделать небольшое отверстие и при постоянной температуре медленно уменьшать его объем?

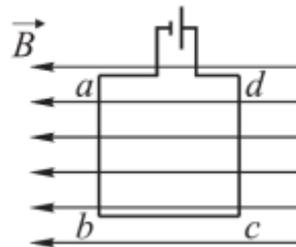
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

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

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

Давление	Концентрация частиц

- 13 Квадратная рамка расположена в однородном магнитном поле в плоскости линий магнитной индукции и подключена к источнику постоянного тока так, как показано на рисунке. Как направлена сила, действующая на сторону  $cd$  рамки со стороны магнитного поля (*вправо, влево, вверх, вниз, нам, от нас*)?

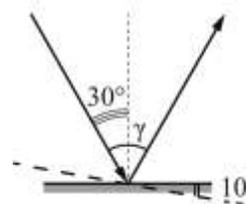


Ответ: \_\_\_\_\_.

- 14 По проводнику течет постоянный ток. Какой заряд пройдет по нему за 20 минут, если сила тока равна  $0,5\text{ A}$ ?

Ответ: \_\_\_\_\_ Кл.

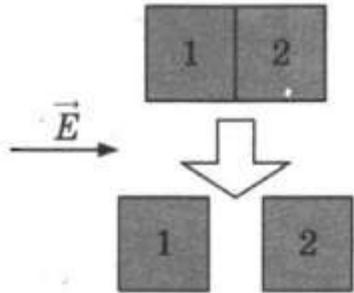
- 15 Угол падения составляет  $30^{\circ}$ . Определите угол  $\gamma$  между отраженным и падающим лучами при условии, что зеркало повернули на  $10^{\circ}$  относительно начального положения (см. рисунок).



Ответ: \_\_\_\_\_ градусов.



16 Изначально два стеклянных кубика (1 и 2, верхняя часть рисунка) незаряжены, стоят по отдельности; их привели в соприкосновение и внесли в электрическое поле. Направление его напряженности – горизонтально вправо – показано на рисунке. Затем, как показано на нижней части рисунка, кубики разделили и только после этого выключили электрическое поле.



Выберите из предложенного перечня два утверждения, которые соответствуют результатам проведенных экспериментальных исследований, и укажите их номера.

- 1) После того как кубики раздвинули, заряд первого кубика оказался отрицателен, заряд второго – положителен.
- 2) После помещения в электрическое поле электроны из первого кубика стали переходить во второй.
- 3) После того как кубики раздвинули, заряды обоих кубиков оказались равными нулю.
- 4) До разделения кубиков в электрическом поле левая поверхность 1-ого кубика была заряжена отрицательно.
- 5) До разделения кубиков в электрическом поле правая поверхность 2-ого кубика была заряжена отрицательно.

Ответ:

--	--

17 По катушке индуктивности в течение времени  $t_0$  пропускают ток, сила которого линейно растет со временем. Затем этот опыт повторяют, предварительно вставив в катушку железный сердечник. Зависимость силы тока от времени одинакова. Определите, как изменяются по отношению к первому опыту следующие физические величины.

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

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

Магнитный поток через катушку в момент $t_0/2$	Энергия катушки	ЭДС самоиндукции

18 Участок цепи постоянного тока содержит резистор. Установите соответствие между формулами для вычисления физических величин и названиями этих величин.

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

ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ	ФОРМУЛЫ
А.) $IU$ Б.) $It$	1) заряд, протекающий через резистор 2) напряжение на резисторе 3) мощность тока, выделяющаяся на резисторе 4) сопротивление резистора

Запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

Ответ:

А	Б



- 19 При столкновении  $\alpha$ -частицы с ядром атома азота произошла ядерная реакция:  ${}^4_2\text{N} + {}^4_2\text{He} \rightarrow X + {}^1_1\text{H}$   
 Чему равно число протонов и нейтронов в ядре-продукте X?

Число протонов	Число нейтронов

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

- 20 Два лазера излучают монохроматический свет, один – с длиной волны  $\lambda_1 = 400$  нм, другой – с длиной волны  $\lambda_2 = 600$  нм. Чему равно отношение импульсов  $p_1/p_2$  фотонов, излучаемых этими лазерами?

Ответ: \_\_\_\_\_ .

- 21 Большое число N радиоактивных ядер  ${}^{203}_{80}\text{Hg}$  распадается, образуя стабильные дочерние ядра  ${}^{203}_{81}\text{Tl}$ . Период полураспада равен 46,6 суток. Какое количество исходных ядер останется через 93,2 суток, а дочерних появится за 139,8 суток после начала наблюдений?

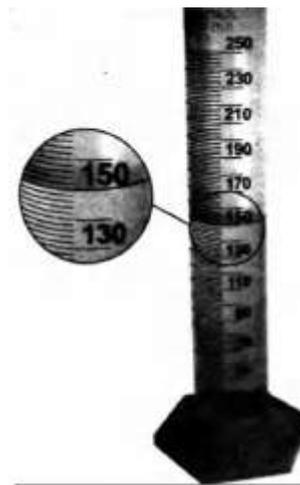
Установите соответствия между величинами и их значениями. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

ВЕЛИЧИНЫ	ИХ ЗНАЧЕНИЕ
А) количество ядер ${}^{203}_{80}\text{Hg}$ через 93,2 суток	1) $\frac{N}{8}$
Б) количество ядер ${}^{203}_{81}\text{Tl}$ через 139,8 суток	2) $\frac{N}{4}$
	3) $\frac{3N}{4}$
	4) $\frac{7N}{8}$

Ответ: 

А	Б

- 22 В мензурку для проведения опыта налита вода. Чему равен её объем, если градуировка шкалы выполнена в миллилитрах? Погрешность измерения принять равной половине цены деления шкалы?



Ответ: (\_\_\_\_ ± \_\_\_\_ )мл.

- 23 При выдвигании из металлического кольца северного полюса постоянного магнита кольцо притягивается к магниту. Это означает, что

- 1) Энергия фотона уменьшается в 2 раза
- 2) Энергия фотона увеличивается в 2 раза
- 3) Максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона увеличивается в 2 раза
- 4) Максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона увеличивается более чем в 2 раза
- 5) Максимальная кинетическая энергия фотоэлектрона уменьшается менее чем в 2 раза

Ответ: 

--	--



- 24 Рассмотрите таблицу, содержащую характеристики планет Солнечной системы.

Наименование планеты	Среднее расстояние от Солнца, а.е.*	Диаметр в районе экватора, км	Наклон оси вращения	Первая космическая скорость, км/с	Средняя плотность, г/см <sup>3</sup>
Меркурий	0,39	4878	28°	2,97	5,43
Венера	0,72	12 104	3°	7,25	5,25
Земля	1,00	12 756	23°27'	7,89	5,52
Марс	1,52	6794	23°59'	3,55	3,93
Юпитер	5,20	142 800	3°05'	42,1	1,33
Сатурн	9,54	119 900	26°44'	25,0	0,71
Уран	19,19	51 108	82°05'	15,7	1,24
Нептун	30,52	49 493	28°48'	17,5	1,67

\*1 а.е. составляет 150 млн км

Выберите два утверждения, которые соответствуют характеристикам планет, и укажите их номера.

- 1) Сатурн имеет самую маленькую массу из всех планет Солнечной системы.
- 2) На Нептуне не может наблюдаться смена времён года.
- 3) Орбита Марса находится на расстоянии примерно 228 млн км от Солнца.
- 4) Ускорение свободного падения на Юпитере составляет  $42,1 \text{ м/с}^2$ .
- 5) Ускорение свободного падения на Уране составляет около  $9,6 \text{ м/с}^2$ .

Ответ:

--	--

## Часть 2

*Ответом к заданиям 25–27 является число. Запишите это число 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 Имеются два закрытых сосуда с газом. В первом – азот, во втором – кислород. В сосуде с азотом давление в 5 раз меньше, чем в сосуде с кислородом. Найдите отношение концентрации азота к концентрации кислорода, если значение средней кинетической энергии молекул газов в сосудах одинаковое.

Ответ: \_\_\_\_\_.

- 26 Колебательный контур, содержащий катушку индуктивностью 4 мГн, излучает электромагнитные волны длиной 300 м. Найдите ёмкость конденсатора в этом контуре. Ответ округлите до десятых.

Ответ: \_\_\_\_\_ Пф.

- 27 Конденсатор, заряженный до разности потенциалов 200 В, отсоединили от источника тока. Какой станет разность потенциалов, если в пространство между обкладками поместить диэлектрик проницаемостью  $\epsilon = 4$ .

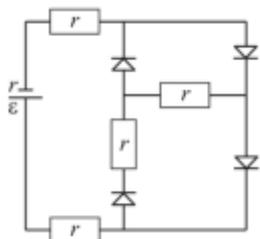
Ответ: \_\_\_\_\_ В.

*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*



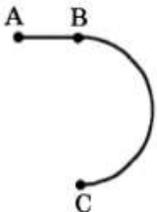
Для записи ответов на задания 28–32 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (28, 29 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

- 28 В цепи, изображенной на рисунке, сопротивление диода в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном многократно превышает сопротивление резисторов. Все резисторы имеют одинаковое сопротивление, равное внутреннему сопротивлению источника тока. Во внешней цепи выделяется мощность  $P$ . Как изменится мощность, выделяющаяся во внешней цепи, при другой полярности подключения источника тока? Ответ поясните, опираясь на законы электродинамики.

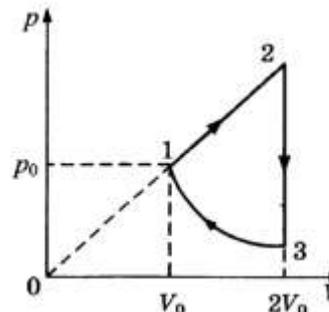


Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

- 29 Стартуя из точки А (см. рисунок), спортсмен движется равноускоренно до точки В, после которой модуль скорости спортсмена остается постоянным вплоть до точки С. Во сколько раз время, затраченное спортсменом на участок ВС, больше, чем на участок АВ, если модуль ускорения на обоих участках одинаков? Траектория ВС – полуокружность.



- 30 Циклический процесс, проводимый над одноатомным идеальным газом, представлен на рисунке. На участке 1—2 газ совершает работу  $A_{12} = 1000$  Дж. Участок 3—1 – адиабата. Количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, равно  $|Q_{хол}| = 3370$  Дж. Количество вещества газа в ходе процесса не меняется. Найдите работу  $|A_{31}|$  внешних сил в адиабатном процессе.



- 31 Колебательный контур радиоприемника настроен на длину волны  $\lambda = 500$  м. Индуктивность катушки контура  $L = 3$  мкГн. В контуре используется плоский воздушный конденсатор, расстояние между пластинами которого  $d = 1$  мм. Максимальная напряженность электрического поля конденсатора в ходе колебаний  $E_{max} = 3$  В/м. Каков максимальный ток в катушке индуктивности?
- 32 Металлическую пластину освещают монохроматическим светом с длиной волны 500 нм. Определите максимальную скорость фотоэлектронов, вылетающих с поверхности пластины, если работа выхода электронов из данного металла составляет 1,4 эВ?



**О проекте «Пробный ЕГЭ каждую неделю»**

Данный ким составлен командой всероссийского волонтерского проекта «ЕГЭ 100 баллов» <https://vk.com/ege100ballov> и безвозмездно распространяется для любых некоммерческих образовательных целей.

**Нашли ошибку в варианте?**

**Напишите нам, пожалуйста, и мы обязательно её исправим!**

Для замечаний и пожеланий: [https://vk.com/topic-10175642\\_35994898](https://vk.com/topic-10175642_35994898)  
(также доступны другие варианты для скачивания)

**СОСТАВИТЕЛЬ ВАРИАНТА:**

<b>ФИО:</b>	Коробейников Дмитрий Александрович Образовательный центр «Lancman School»
<b>Предмет:</b>	Физика
<b>Стаж:</b>	9 лет
<b>Регалии:</b>	Курсы по подготовке к ЕГЭ и ОГЭ
<b>Аккаунт ВК:</b>	<a href="https://vk.com/lancmanschool">https://vk.com/lancmanschool</a>
<b>Сайт и доп. информация:</b>	<a href="http://lancmanschool.ru/kursi-ege/">http://lancmanschool.ru/kursi-ege/</a>

**Система оценивания экзаменационной работы по физике****Задания 1–27**

За правильный ответ на каждое из заданий 1–4, 8–10, 13–15, 19, 20, 22, 23, 25, 26 ставится по 1 баллу. Эти задания считаются выполненными верно, если правильно указаны требуемое число, два числа или слово.

Каждое из заданий 5–7, 11, 12, 16–18 и 21, 24 оценивается в 2 балла, если верно указаны оба элемента ответа; в 1 балл, если допущена одна ошибка; в 0 баллов, если оба элемента указаны неверно. Если указано более двух элементов (в том числе, возможно, и правильные) или ответ отсутствует, – 0 баллов.

№ задания	Ответ	№ задания	Ответ
1	3	15	80
2	5	16	34 43
3	3	17	111
4	0,9	18	31
5	14 41	19	89
6	13	20	1,5
7	21	21	24
8	27	22	1501
9	0	23	1
10	100	24	35 53
11	34 43	25	0,2
12	33	26	6,3
13	от нас	27	50
14	600		

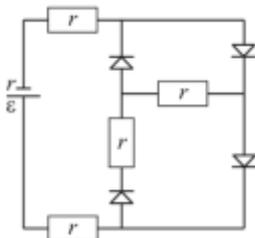


**Критерии оценивания выполнения заданий с развёрнутым ответом**

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

28

В цепи, изображенной на рисунке, сопротивление диода в прямом направлении пренебрежимо мало, а в обратном многократно превышает сопротивление резисторов. Все резисторы имеют одинаковое сопротивление, равное внутреннему сопротивлению источника тока. Во внешней цепи выделяется мощность  $P$ . Как изменится мощность, выделяющаяся во внешней цепи, при другой полярности подключения источника тока? Ответ поясните, опираясь на законы электродинамики.



**Возможное решение**

1. При подключении источника тока так, как показано на рисунке, внешнее сопротивление цепи равно  $R_1 = 3r$ . Согласно закону Ома для полной цепи сила тока равна

$$I_1 = \frac{\varepsilon}{R_1 + r} = \frac{\varepsilon}{4r}. \text{ Тогда мощность, выделяющаяся во}$$

$$\text{внешней цепи: } P_1 = I_1^2 \cdot R_1 = \frac{\varepsilon^2}{16r^2} \cdot 3r = \frac{3\varepsilon^2}{16r} \quad (1).$$

2. При изменении полярности источника тока  $R_2 = 2r$ ,

$$I_2 = \frac{\varepsilon}{R_2 + r} = \frac{\varepsilon}{3r}, \quad P_2 = I_2^2 \cdot R_2 = \frac{\varepsilon^2}{9r^2} \cdot 2r = \frac{2\varepsilon^2}{9r} \quad (2).$$

3. Т.к.  $\frac{P_2}{P_1} > 1$ , то  $P_2 > P_1$ , т.е. мощность увеличится.

Ответ: увеличится

Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
--	-------

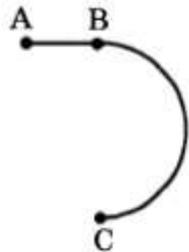
<p>Приведено полное правильное решение, включающее правильный ответ (в данном случае: мощность увеличивается) и исчерпывающие верные рассуждения с прямым указанием наблюдаемых явлений и законов (в данном случае: закон Ома для полной цепи; мощность, выделяющаяся во внешней цепи)</p>	3
<p>Дан правильный ответ, и приведено объяснение, но в решении имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>В объяснении не указано или не используется одно из физических явлений, свойств, определений или один из законов (формул), необходимых для полного верного объяснения. (Утверждение, лежащее в основе объяснения, не подкреплено соответствующим законом, свойством, явлением, определением и т.п.)</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но в них содержится один логический недочёт.</p> <p>И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p>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 одному 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.</p> <p>ИЛИ</p> <p>Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, направленные на получение ответа на вопрос задания, не доведены до конца.</p>	1



ИЛИ	
Указаны все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеющиеся рассуждения, приводящие к ответу, содержат ошибки.	
ИЛИ	
Указаны не все необходимые для объяснения явления и законы, закономерности, но имеются верные рассуждения, направленные на решение задачи	
Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла	0
<i>Максимальный балл</i>	3

29

Стартуя из точки А (см. рисунок), спортсмен движется равноускоренно до точки В, после которой модуль скорости спортсмена остается постоянным вплоть до точки С. Во сколько раз время, затраченное спортсменом на участок ВС, больше, чем на участок АВ, если модуль ускорения на обоих участках одинаков? Траектория ВС – полуокружность.



Возможное решение
1. Ускорение на прямолинейном участке определяется по формуле $a_1 = \frac{v}{t_1}$ , где $v$ – скорость в точке В, а $t_1$ – время движения по прямолинейному участку.
2. Ускорение при движении по дуге окружности есть центростремительное ускорение и определяется по формуле $a_2 = \frac{v^2}{R}$ , где $R$ – радиус полуокружности. С учетом того, что на ВС $v = \frac{\pi R}{t_2}$ , получаем $a_2 = \frac{v\pi}{t_2}$ .

3. Т.к. $a_1 = a_2$ , то $\frac{v}{t_1} = \frac{v\pi}{t_2}$ , откуда $\frac{t_2}{t_1} = \pi$	
Ответ: $\frac{t_2}{t_1} = \pi$ .	
Критерии оценивания выполнения задания	Баллы
<p>Приведено полное решение, включающее следующие элементы:</p> <p>I) записаны положения теории и физические законы, закономерности, применение которых необходимо для решения задачи выбранным способом (в данном случае: формула ускорения для равноускоренного движения, формула центростремительного ускорения);</p> <p>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);</p> <p>III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	3
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные</p>	2

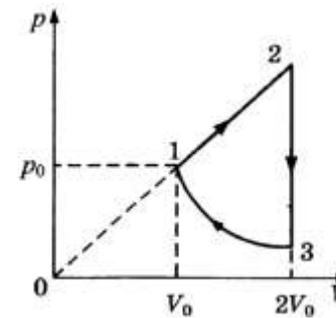
ТРЕНИРОВОЧНЫЙ КИМ № 180129



шаги. И (ИЛИ) Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка	
Представлены записи, соответствующие одному 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
<i>Максимальный балл</i>	3

30

Циклический процесс, проводимый над одноатомным идеальным газом, представлен на рисунке. На участке 1—2 газ совершает работу  $A_{12} = 1000$  Дж. Участок 3—1 – адиабата. Количество теплоты, отданное газом за цикл холодильнику, равно  $|Q_{хол}| = 3370$  Дж. Количество вещества газа в ходе процесса не меняется. Найдите работу  $|A_{31}|$  внешних сил в адиабатном процессе.



Возможное решение	
1) Работа газа на участке 1—2 равна площади под графиком: $A_{12} = \frac{p_2 + p_1}{2} (V_2 - V_1)$ .	
Из условия задачи $\frac{p_2}{p_1} = \frac{V_2}{V_1}$ (давление пропорционально объему), откуда $p_2 = p_1 \frac{V_2}{V_1} = 2p_0$ . Следовательно, $A_{12} = \frac{3}{2} p_0 V_0$ .	
2) На участке 2—3 (изохора) рабочее тело отдает холодильнику количество теплоты $ Q_{хол}  = U_2 - U_3$ , где $U_2$ и $U_3$ – внутренняя энергия газа в состояниях 2 и 3 соответственно. На участке 3—1 (адиабата, $Q=0$ ) внешние силы сжимают газ, совершая работу $ A_{31}  = U_1 - U_3 = (U_2 - U_3) - (U_2 - U_1) =  Q_{хол}  - (U_2 - U_1)$ .	
3) Внутренняя энергия одноатомного идеального газа равна $U = \frac{3}{2} \nu RT = \frac{3}{2} pV$ , следовательно $U_2 - U_1 = \frac{3}{2} p_2 V_2 - \frac{3}{2} p_1 V_1 = \frac{3}{2} (2p_0 \cdot 2V_0 - p_0 V_0) = \frac{9}{2} p_0 V_0$ .	
4) Объединяя 1)–3), получим $U_2 - U_1 = 3A_{12}$ . Отсюда $ A_{31}  =  Q_{хол}  - 3A_{12} = 370$ Дж. Ответ: $ A_{31}  = 370$ Дж.	
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: внутренняя энергия идеального газа, работа газа, изохорный процесс, адиабатический процесс); II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением	3



<p>обозначений констант, указанных в варианте КИМ, обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);                  III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);                  IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.                  И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).                  И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.                  И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному 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</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение, лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами,</p>	1

<p>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>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p>Максимальный балл</p>	3

**31** Колебательный контур радиоприемника настроен на длину волны  $\lambda=500$  м. Индуктивность катушки контура  $L = 3$  мкГн. В контуре используется плоский воздушный конденсатор, расстояние между пластинами которого  $d = 1$  мм. Максимальная напряженность электрического поля конденсатора в ходе колебаний  $E_{max} = 3$  В/м. Каков максимальный ток в катушке индуктивности?.

<p style="text-align: center;">Возможное решение</p> <p>Закон сохранения энергии: <math>\frac{CU_{max}^2}{2} = \frac{LI_{max}^2}{2}</math></p> <p>Согласно формуле Томсона для периода ЭМ колебаний: <math>T = 2\pi\sqrt{LC}</math>.                  Длина волны <math>\lambda=cT</math>, где <math>c</math> – скорость света.                  Максимальная напряженность поля конденсатора:  <math>E_{max} = \frac{U_{max}}{d}</math>.</p> <p>Решая совместно эти уравнения, получаем: <math>I_{max} = \frac{\lambda d}{2\pi cL} E_{max} \approx 0,27</math> мА.                  Ответ: <math>I_{max} = 0,27</math> мА.</p>	
<p>Критерии оценивания выполнения задания</p>	<p>Баллы</p>
<p>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 закон сохранения энергии, формула Томсона, формула для напряженности поля конденсатора и длины волны);                  II) описаны все вновь вводимые в решении буквенные обозначения физических величин (за исключением обозначений констант, указанных в варианте КИМ,</p>	3



<p>обозначений, используемых в условии задачи, и стандартных обозначений величин, используемых при написании физических законов);                  III) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);                  IV) представлен правильный ответ с указанием единиц измерения искомой величины</p>	
<p>Правильно записаны все необходимые положения теории, физические законы, закономерности, и проведены необходимые преобразования. Но имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пункту II, представлены не в полном объёме или отсутствуют.                  И (ИЛИ)                  В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).                  И (ИЛИ)                  В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.                  И (ИЛИ)                  Отсутствует пункт IV, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному 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,</p>	1

<p>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>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

**32** Металлическую пластину освещают монохроматическим светом с длиной волны 500 нм. Определите максимальную скорость фотоэлектронов, вылетающих с поверхности пластины, если работа выхода электронов из данного металла составляет 1,4 эВ

<p style="text-align: center;">Возможное решение</p> <p>Воспользуемся уравнением Эйнштейна для фотоэффекта:  <math>h\nu = A_{\text{вых}} + E_k</math>, где <math>\nu = \frac{c}{\lambda}</math> – частота света, <math>E_k = \frac{m_e v^2}{2}</math> – максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов. Тогда:  <math>\frac{hc}{\lambda} = A_{\text{вых}} + \frac{m_e v^2}{2}</math>, где <math>m_e</math> – масса электрона. Отсюда  <math>v = \sqrt{\frac{2}{m_e} \left( \frac{hc}{\lambda} - A_{\text{вых}} \right)}</math>. Получаем <math>v = 615 \cdot 10^3</math> м/с = 615 км/с</p> <p>Ответ: <math>v = 615</math> км/с</p>	
<p style="text-align: center;">Критерии оценивания выполнения задания</p> <p>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: уравнение Эйнштейна, формулы для частоты света и кинетической энергии);                  II) сделан правильный рисунок с указанием хода лучей в линзе;                  III) описаны все вновь вводимые в решении буквенные</p>	3



<p>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);</p> <p>IV) проведены необходимые математические преобразования и расчёты, приводящие к правильному числовому ответу (допускается решение «по частям» с промежуточными вычислениями);</p> <p>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 имеются один или несколько из следующих недостатков.</p> <p>Записи, соответствующие пунктам II и III, представлены не в полном объёме или отсутствуют.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В решении имеются лишние записи, не входящие в решение (возможно, неверные), которые не отделены от решения (не зачёркнуты; не заключены в скобки, рамку и т.п.).</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>В необходимых математических преобразованиях или вычислениях допущены ошибки, и (или) в математических преобразованиях/ вычислениях пропущены логически важные шаги.</p> <p style="text-align: center;">И (ИЛИ)</p> <p>Отсутствует пункт V, или в нём допущена ошибка (в том числе в записи единиц измерения величины)</p>	2
<p>Представлены записи, соответствующие одному из следующих случаев.</p> <p>Представлены только положения и формулы, выражающие физические законы, применение которых необходимо для решения данной задачи, без каких-либо преобразований с их использованием, направленных на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В решении отсутствует ОДНА из исходных формул, необходимая для решения данной задачи (или утверждение,</p>	1

<p>лежащее в основе решения), но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>В ОДНОЙ из исходных формул, необходимых для решения данной задачи (или в утверждении, лежащем в основе решения), допущена ошибка, но присутствуют логически верные преобразования с имеющимися формулами, направленные на решение задачи.</p> <p style="text-align: center;">ИЛИ</p> <p>Представлен только правильный рисунок с указанием хода лучей в линзе</p>	
<p>Все случаи решения, которые не соответствуют вышеуказанным критериям выставления оценок в 1, 2, 3 балла</p>	0
<p><i>Максимальный балл</i></p>	3

