

**Тренировочный вариант единого  
государственного экзамена по ФИЗИКЕ  
078**

**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: 7,5 см.

7,5

Ответом к заданиям 5–7, 11, 12, 16–18, 21, 23 и 24 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.

Бланк

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

В П Р А В О

Бланк

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

КИМ

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

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

### Соотношение между различными единицами

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

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

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

**Удельная теплота**

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

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

**Молярная масса**

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

**Основные астрономические постоянные**

Постоянная Стефана-Больцмана  $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8}$  кг·с<sup>-3</sup>·К<sup>-4</sup>  
 Астрономическая единица 1 а.е.= $1,496 \cdot 10^{11}$  м  
 1 парсек = 206265 а.е.= $3,086 \cdot 10^{16}$  м  
 Постоянная Хаббла  $H=67,8$  (км/с)/Мпк

**Данные о Солнце**

Светимость  $L=3,88 \cdot 10^{26}$  Вт  
 Абсолютная болометрическая звездная величина  $+4,72^m$   
 Солнечная постоянная 1360 Вт/м<sup>2</sup>  
 Спектральный класс G2V  
 Видимая звездная величина  $-26,78^m$   
 Эффективная температура 5800 К

**Данные о Земле**

Тропический год 365, 24219 суток  
 Период вращения 23 часа 56 минут 04 секунды  
 Наклон экватора к эклиптике на эпоху 2000 года  $23^\circ 26' 21,45''$

**Данные о планетах**

Планета	Характеристики орбит			Физические характеристики	
	Большая полуось а. е.	Эксцентриситет	Наклон к плоскости эклиптики градусы	Масса кг	Радиус км
Меркурий	0,3871	0,2056	7,004	$3,302 \cdot 10^{23}$	2439,7
Венера	0,7233	0,0068	3,394	$4,869 \cdot 10^{24}$	6051,8
Земля	1,0000	0,0167	0,000	$5,974 \cdot 10^{24}$	6378,1
Марс	1,5237	0,0934	1,850	$6,419 \cdot 10^{23}$	3397,2
Юпитер	5,2028	0,0483	1,308	$1,899 \cdot 10^{27}$	71492
Сатурн	9,5388	0,0560	2,488	$5,685 \cdot 10^{26}$	60268
Уран	19,1914	0,0461	0,774	$8,683 \cdot 10^{25}$	25559
Нептун	30,0611	0,0097	1,774	$1,024 \cdot 10^{26}$	24746

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

- 1 При прямолинейном движении зависимость координаты тела от времени  $t$  имеет вид:  $x = 0,5t^2 - 7 - 2t$ . Скорость тела в момент времени  $t = 4$  с при таком движении равна

Ответ: \_\_\_\_\_ м/с

- 2 Пружина жесткостью  $k_1 = 120$  Н/м под действием силы удлинилась на  $x_1 = 5$  см. Какова жесткость  $k_2$  другой пружины, которая под действием той же силы удлиняется на 2 см?

Ответ: \_\_\_\_\_ Н/м

- 3 Мяч массой 500 г брошен под углом к горизонту с начальной скоростью 20 м/с. Чему равна кинетическая энергия мяча на высоте 10 м? Сопротивление воздуха не учитывать.

Ответ: \_\_\_\_\_ Дж

- 4 Точка совершает гармонические колебания с периодом 6 с. За какое время скорость точки меняется от максимального значения до половины максимального значения?

Ответ: \_\_\_\_\_ с

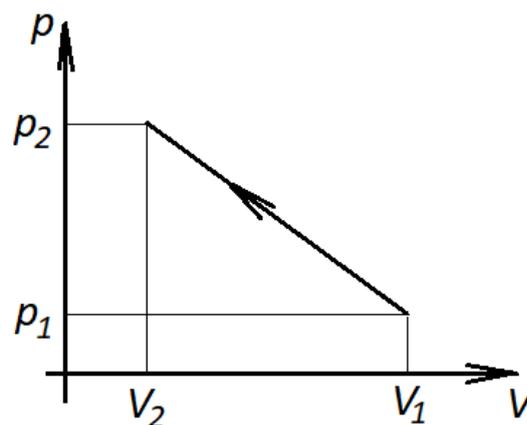
- 5 Тело брошено со скоростью 8 м/с под углом  $60^\circ$  к горизонту. Выберите все верные утверждения.

- 1) Максимальная дальность полета составит 6 м.
- 2) Максимальная высота подъема составит 9,6 м.
- 3) Величина скорости тела на высоте 1,95 м составляет 3 м/с.
- 4) Величина скорости тела на высоте 1,95 м составляет 5 м/с.
- 5) Время полета тела больше 3 с.

Ответ: \_\_\_\_\_



- 9 4 моль гелия охлаждают, доводя до температуры  $11^{\circ}\text{C}$ . При этом объем уменьшается вчетверо, а давление увеличивается в 3 раза. Какое количество теплоты отведено от газа? Ответ дать в кДж, округлив до целых.



Ответ: \_\_\_\_\_ кДж

- 10 КПД цикла Карно 35%. Значение КПД необходимо увеличить в 1,8 раза. С точностью до десятых определите, во сколько раз нужно увеличить температуру нагревателя, оставляя неизменной температуру холодильника.

Ответ: \_\_\_\_\_

- 11 Две тепловые машины с КПД  $\eta_1$  и  $\eta_2$  соединены «последовательно», так что теплота, отдаваемая первой машиной, направляется ко второй машине. Выберите верные утверждения.
- 1) КПД такой установки можно найти по формуле  $\eta = \eta_1 \cdot \eta_2$ .
  - 2) КПД такой установки можно найти по формуле  $\eta = \eta_1 + \eta_2$ .
  - 3) КПД такой установки можно найти по формуле  $\eta = \eta_1 + (1 - \eta_1) \cdot \eta_2$ .
  - 4) КПД такой установки можно найти по формуле  $\eta = \eta_1 / \eta_2$ .
  - 5) КПД установки  $\eta$  всегда будет выше  $\eta_1$  или  $\eta_2$ .

Ответ: \_\_\_\_\_

- 12 Две сферы с объемами 100 и 200 см<sup>3</sup> соединены короткой трубкой, в которой имеется пористая перегородка. С ее помощью можно добиться равенства давлений в сосудах, но не температуры. В исходном состоянии система находится при температуре  $t = 27^{\circ}\text{C}$  и содержит кислород под давлением 760 мм рт. ст. Малая сфера помещается в сосуд со льдом при температуре  $0^{\circ}\text{C}$ , а большая – в сосуд с паром при температуре  $100^{\circ}\text{C}$ . Тепловым расширением сфер пренебречь.

Установите соответствие между величинами и их значениями.

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

ВЕЛИЧИНЫ

ИХ ЗНАЧЕНИЯ

- А) давление, установившееся в системе, мм рт. ст.  
 Б) масса газа в малой сфере, мкг  
 В) масса газа в большой сфере, мкг

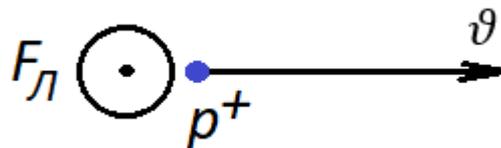
- 1) 960  
 2) 840  
 3) 157  
 4) 230  
 5) 350

А

Б

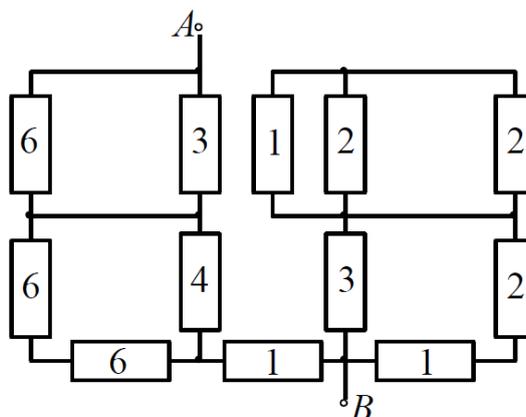
В

13 В некоторый момент времени скорость  $v$  протона  $p$ , движущегося в магнитном поле, направлена горизонтально вправо. Как направлен вектор магнитной индукции  $B$  (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*), если в этот момент сила Лоренца, действующая на электрон, направлена на наблюдателя?



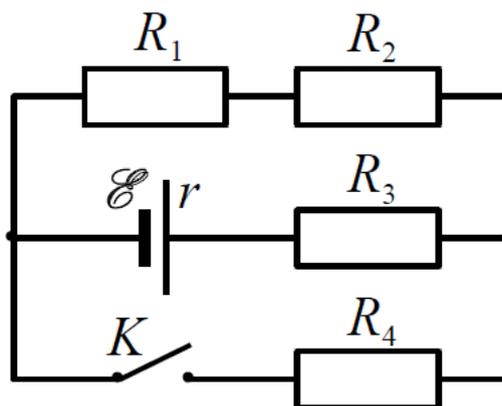
Ответ \_\_\_\_\_

14 Определите сопротивление цепи между выводами А и В. Значения сопротивлений резисторов указаны на схеме в омах.



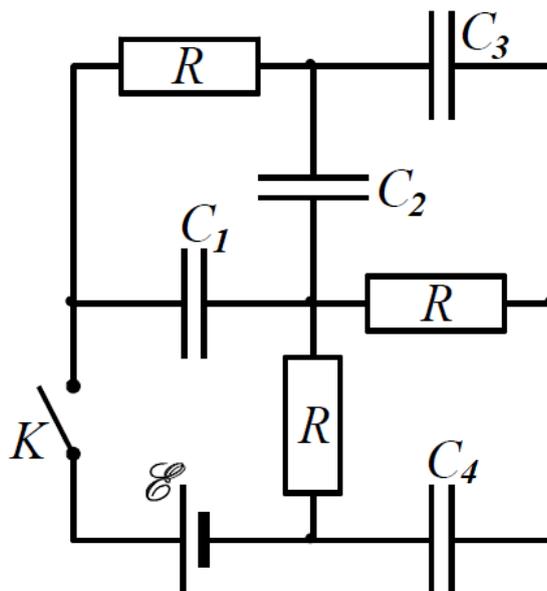
Ответ: \_\_\_\_\_ Ом

15 Цепь собрана из четырёх резисторов сопротивлениями  $R_1 = 2$  Ом,  $R_2 = 4$  Ом,  $R_3 = 2$  Ом,  $R_4 = 3$  Ом, ключа и источника с ЭДС  $E = 45$  В и внутренним сопротивлением  $r = 1$  Ом. Определите отношение напряжения на резисторе  $R_2$  при замкнутом ключе к напряжению на нем при разомкнутом ключе  $K$ .



Ответ: \_\_\_\_\_

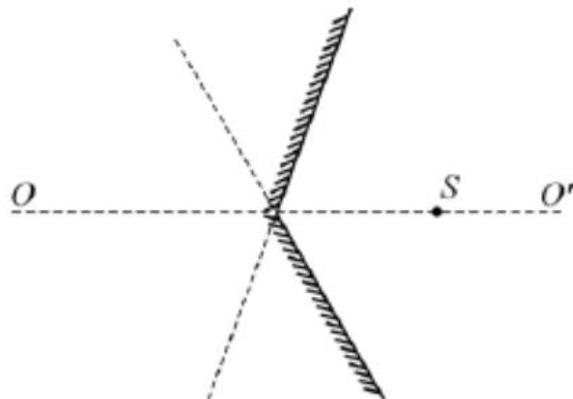
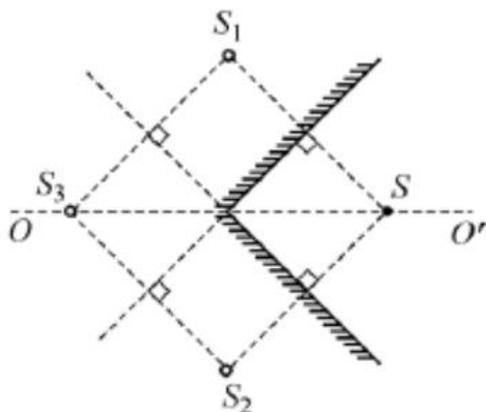
- 16** Цепь состоит из источника с ЭДС  $E$ , изначально разомкнутого ключа, трёх одинаковых резисторов сопротивлением  $R$  каждый и четырёх одинаковых незаряженных конденсаторов ёмкостью  $C$  каждый. Выберите утверждения, верные для этой цепи через большое время после замыкания ключа  $K$ .



- 1) Тока в цепи нет.
- 2) Заряда на конденсаторе  $C_3$  нет.
- 3) Заряда на конденсаторе  $C_4$  нет.
- 4) Напряжение на конденсаторе  $C_1$  равно  $E$ .
- 5) Напряжение на конденсаторе  $C_2$  равно  $E$ .
- 6) Напряжение на конденсаторе  $C_3$  равно  $E$ .

Ответ: \_\_\_\_\_

- 17** На рисунке изображены два квадратных плоских зеркала, касающиеся друг друга краями (см. рис. слева). Угол раствора зеркал  $90^\circ$ . На линии  $OO'$ , проходящей через линию касания зеркал перпендикулярно к ней, помещён точечный источник света  $S$ . Точки  $S_1$ ,  $S_2$  и  $S_3$  — изображения источника в этих зеркалах при данном угле раствора. Угол раствора зеркал увеличивают до  $120^\circ$  (см. рисунок справа). Определите, как при этом изменятся следующие величины: количество изображений источника в зеркалах; расстояние от источника до ближайшего к нему изображения.



Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:

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

Количество изображений источника в зеркалах	Расстояние от источника до ближайшего к нему изображения

**18** Пучок медленных электронов массой  $m$  с зарядом  $e$  разгоняется в электронно-лучевой трубке, проходя большую ускоряющую разность потенциалов  $U$ . Концентрация электронов в пучке после ускорения равна  $n$ , площадь поперечного сечения пучка  $S$ . Установите соответствие между физическими величинами и формулами, по которым их можно определить. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию второго и запишите в таблицу выбранные цифры.

ФИЗИЧЕСКАЯ ВЕЛИЧИНА

ФОРМУЛА

А) скорость электронов в пучке после ускорения

1)  $\sqrt{\frac{eU}{2m}}$

Б) сила тока в пучке после ускорения

2)  $\sqrt{\frac{2eU}{m}}$

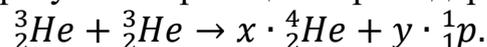
3)  $enS\sqrt{\frac{2eU}{m}}$

4)  $enS\sqrt{\frac{eU}{2m}}$

Ответ:

А	Б

**19** Определите, сколько  $\alpha$ -частиц и сколько протонов получается в результате реакции термоядерного синтеза

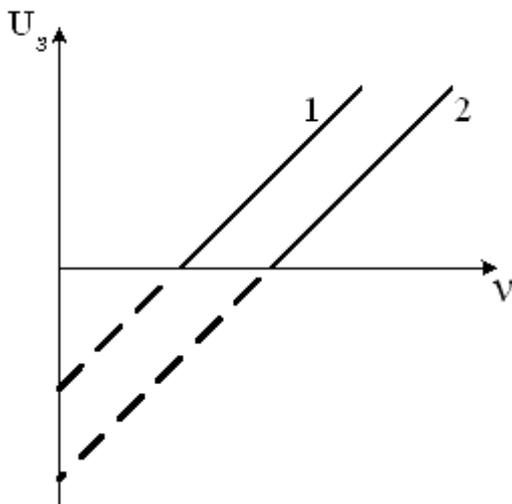


Количество $\alpha$ -частиц	Количество протонов

**20** Имелось 0,6 г радиоактивного изотопа некоторого элемента. Через 415,2 суток его осталось 0,075 г. Определите период его полураспада. Ответ дайте в сутках, округлите до десятых.

Ответ: \_\_\_\_\_ сут

21 При изучении внешнего фотоэффекта были получены две зависимости задерживающего напряжения  $U_3$  от частоты  $\nu$  падающего света (см. рис.). Верным является утверждение, что зависимости получены для ...



- 1) двух различных металлов; при этом работа выхода для второго металла больше
- 2) двух различных металлов; при этом работа выхода для первого металла больше
- 3) одного и того же металла при различных его освещенностях; при этом освещенность первого металла больше
- 4) одного и того же металла при различных его освещенностях; при этом освещенность второго металла больше

Ответ: \_\_\_\_\_

22 Пакет, в котором находится 200 шайб, положили на весы. Весы показали 60 г. Чему равна масса одной шайбы по результатам этих измерений, если погрешность весов равна  $\pm 10$  г? Массу самого пакета не учитывать. В ответе массу шайбы (в граммах) и погрешность запишите слитно, без пробелов.

Ответ: ( \_\_\_\_\_  $\pm$  \_\_\_\_\_ ) г

23 Шар радиусом 20 см равномерно заряжен электрическим зарядом. В таблице представлены результаты измерений модуля напряжённости  $E$  электрического поля от расстояния  $r$  до поверхности этого шара. Чему равен модуль заряда шара? (Ответ дать в нКл.) Коэффициент  $k$  принять равным  $9 \cdot 10^9$  Н·м<sup>2</sup>/Кл<sup>2</sup>.

$r$ , см	20	40	60	80	100
$E$ , В/м	225	100	56,25	36	25

Ответ: \_\_\_\_\_ нКл

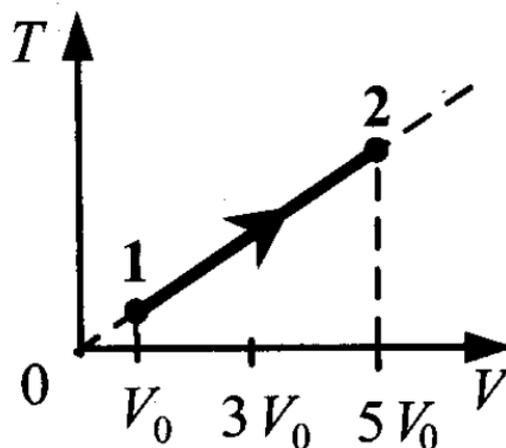
24 Сколько слабых звёзд ( $6^m$ ) может заменить по блеску Венеру ( $-4^m$ )? Ответ округлить до сотен.

Ответ: \_\_\_\_\_

## Часть 2

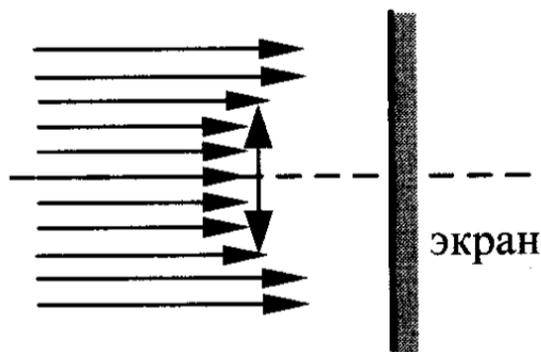
*Ответом к заданиям 25–27 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.*

- 25 На рисунке изображено изменение состояния 1 моль неона. Начальная температура газа  $0^\circ\text{C}$ . Какое количество теплоты сообщено газу в этом процессе? Ответ выразить в кДж и округлить до десятых.



Ответ \_\_\_\_\_ кДж

- 26 Пучок параллельных световых лучей падает нормально на тонкую собирающую линзу диаметром 6 см и оптической силой 5 дптр. Экран освещен неравномерно. Выделяется более освещенная часть экрана в форме кольца. Рассчитайте внутренний диаметр светлого кольца, создаваемого на экране. Экран находится в 50 см от линзы.



Ответ: \_\_\_\_\_ см

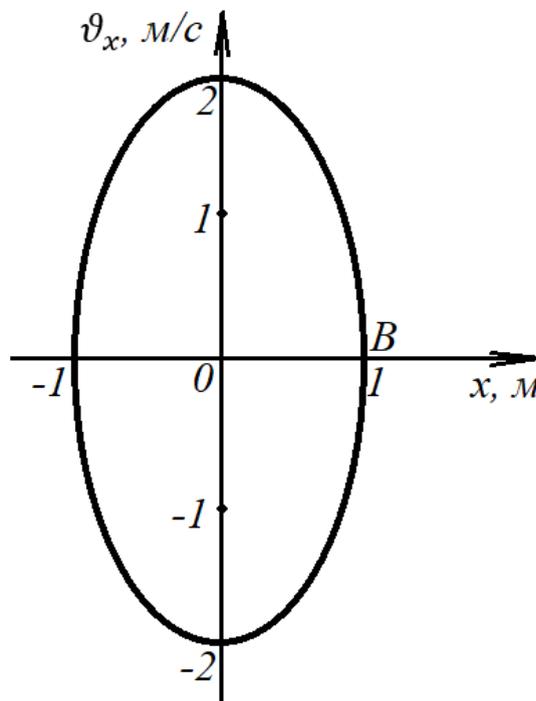
*Не забудьте перенести все ответы в бланк ответов № 1 в соответствии с инструкцией по выполнению работы.*

*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.*

- 27 Зимой школьник решил поставить опыт: полностью заполнил две тонкие пластиковые бутылки с практически нерастяжимыми стенками горячей

водой (почти кипятком), потом из одной вылил воду, сразу же обе плотно закрыл крышками и выставил бутылки на мороз на всю ночь. В результате одна бутылка лопнула, а другая сплющилась. Объясните, основываясь на известных физических законах и закономерностях, какая из бутылок лопнула и почему.

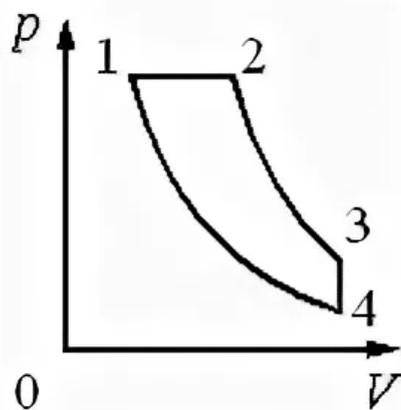
- 28 На рисунке показана зависимость проекции скорости  $v_x$  гармонически колеблющейся вдоль оси  $X$  частицы от ее координаты  $x$ . В начальный момент времени частица находилась в точке  $B$ . Определите циклическую частоту  $\omega$  колебаний.



**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** Маленький шарик падает сверху на наклонную плоскость и упруго отражается от нее. Угол наклона плоскости к горизонту равен  $45^\circ$ . На какое расстояние по вертикали перемещается шарик между первым и вторым ударами о плоскость? Скорость шарика в момент первого удара направлена вертикально вниз и равна  $2$  м/с.

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



- 31** Три конденсатора ёмкостями  $C_1 = 4$  мкФ,  $C_2 = 5$  мкФ и  $C_3 = 20$  мкФ соединили последовательно с резистором и ключом. Заряды конденсаторов  $C_1$  и  $C_2$  одинаковы и равны  $20$  мкКл, а конденсатор  $C_3$  не заряжен. Найдите протёкший через резистор заряд  $q$  и выделившееся на нём количество теплоты  $Q$  после замыкания ключа.
- 32** Подводная лодка «Наутилус» имеет мощность топливных установок  $15$  МВт, КПД  $25\%$ . Топливом служит обогащенный уран массой  $1$  кг, при делении ядер которого выделяется энергия  $6,9 \cdot 10^{13}$  Дж. Определите запас горючего, необходимый для  $90$ -дневного плавания лодки.