

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 32 задания.

В заданиях 1–4, 8–10, 14, 15, 20, 25–27 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. 3 7, 5 Бланк

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.

КИМ Ответ:

А	Б
4	1

7 4 1 Бланк

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

КИМ Ответ: вправо 13 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. 22 1, 40, 2 Бланк

Ответ к заданиям 28–32 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, 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.

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)	
постоянная Планка	$h = 6,6 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot \text{с}$

Соотношение между различными единицами

температура	$0 \text{ К} = -273 \text{ }^\circ\text{C}$
атомная единица массы	$1 \text{ а.е.м.} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$
1 атомная единица массы эквивалентна	$931,5 \text{ МэВ}$
1 электронвольт	$1 \text{ эВ} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Дж}$
1 астрономическая единица	$1 \text{ а.е.} \approx 150 \text{ 000 000 км}$
1 световой год	$1 \text{ св. год} \approx 9,46 \cdot 10^{15} \text{ м}$
1 парсек	$1 \text{ пк} \approx 3,26 \text{ св. года}$

Масса частиц

электрона	$9,1 \cdot 10^{-31} \text{ кг} \approx 5,5 \cdot 10^{-4} \text{ а.е.м.}$
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 кг/м ³
воды	1000 кг/м ³	алюминия	2700 кг/м ³
древесины (сосна)	400 кг/м ³	железа	7800 кг/м ³
керосина	800 кг/м ³	ртути	13 600 кг/м ³

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

Удельная теплота			
парообразования воды	2,3·10 ⁶ Дж/кг		
плавления свинца	2,5·10 ⁴ Дж/кг		
плавления льда	3,3·10 ⁵ Дж/кг		

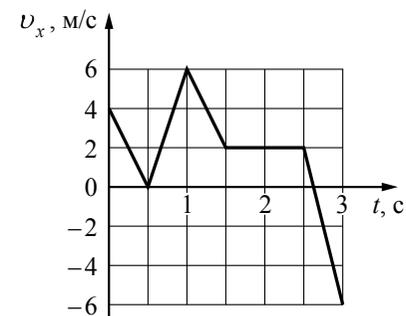
Нормальные условия: давление – 10⁵ Па, температура – 0 °С

Молярная масса			
азота	28·10 ⁻³ кг/моль	гелия	4·10 ⁻³ кг/моль
аргона	40·10 ⁻³ кг/моль	кислорода	32·10 ⁻³ кг/моль
водорода	2·10 ⁻³ кг/моль	лития	6·10 ⁻³ кг/моль
воздуха	29·10 ⁻³ кг/моль	неона	20·10 ⁻³ кг/моль
воды	18·10 ⁻³ кг/моль	углекислого газа	44·10 ⁻³ кг/моль

Часть 1

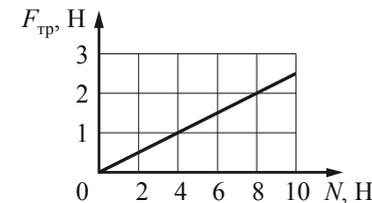
Ответами к заданиям 1–24 являются слово, число или последовательность цифр или чисел. Запишите ответ в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными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

- 1 На рисунке показан график зависимости от времени для проекции v_x скорости тела. Какова проекция a_x ускорения этого тела в интервале времени от 0,5 до 1 с?



Ответ: _____ м/с².

- 2 На рисунке приведён график зависимости модуля силы трения скольжения от модуля силы нормального давления. Чему равен коэффициент трения?



Ответ: _____.

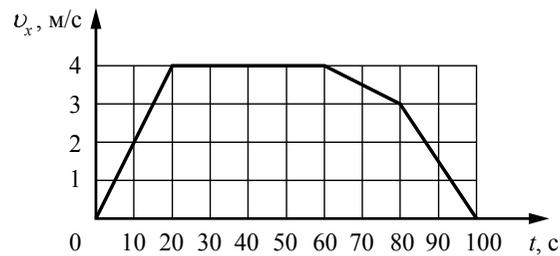
- 3 Скорость груза массой 0,4 кг равна 3 м/с. Чему равна кинетическая энергия груза?

Ответ: _____ Дж.

4 Смещение груза пружинного маятника от положения равновесия меняется с течением времени по закону $x = A \cos \frac{2\pi}{T} t$, где период $T = 1$ с. Через какое минимальное время начиная с момента $t = 0$ потенциальная энергия маятника вернётся к своему исходному значению?

Ответ: _____ с.

5 В инерциальной системе отсчёта вдоль оси Ox движется тело массой 20 кг. На рисунке приведён график зависимости проекции скорости v_x этого тела от времени t . Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения.

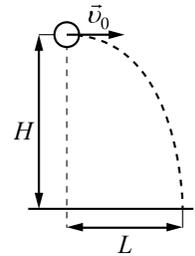


- 1) В промежутке времени от 0 до 20 с импульс тела увеличился на 80 кг·м/с.
- 2) В промежутке времени от 60 до 100 с тело переместилось на 40 м.
- 3) В момент времени 10 с модуль равнодействующей сил, действующих на тело, равен 4 Н.
- 4) Модуль ускорения тела в промежутке времени от 60 до 80 с в 9 раз меньше модуля ускорения тела в промежутке времени от 80 до 100 с.
- 5) Кинетическая энергия тела в промежутке времени от 80 до 100 с уменьшилась в 9 раз.

Ответ:

--	--

6 Шарик, брошенный горизонтально с высоты H с начальной скоростью \vec{v}_0 , до падения на землю пролетел в горизонтальном направлении расстояние L (см. рисунок). Что произойдёт с временем полёта до падения на землю и ускорением шарика, если на этой же установке увеличить начальную скорость шарика? Сопротивлением воздуха пренебречь. Для каждой величины определите соответствующий характер её изменения:



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

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

Время полёта шарика до падения на землю	Ускорение шарика

7 Материальная точка движется по окружности радиусом R с постоянной линейной скоростью v . Установите соответствие между физическими величинами, характеризующими движение точки, 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) частота обращения
Б) угловая скорость движения

- 1) $\frac{v}{2\pi R}$
- 2) $\frac{v^2}{R}$
- 3) $\frac{2\pi R}{v}$
- 4) $\frac{v}{R}$

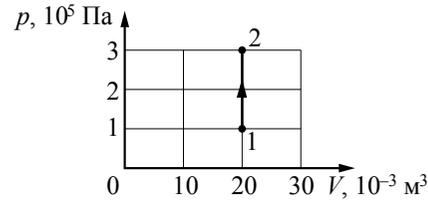
Ответ:

А	Б

8 При температуре T_0 и давлении 40 кПа 2 моль идеального газа занимают объём V_0 . Каково давление 1 моль этого газа в объёме V_0 при температуре $2T_0$?

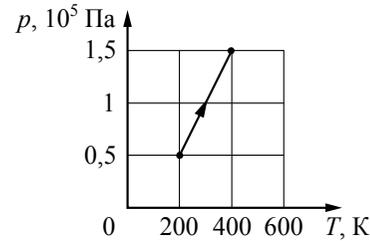
Ответ: _____ кПа.

9 На рисунке показан график изменения состояния постоянной массы газа. В этом процессе газ получил количество теплоты, равное 6 кДж. На сколько изменилась его внутренняя энергия?



Ответ: на _____ кДж.

10 На рисунке показан график зависимости давления одноатомного идеального газа от температуры при постоянной массе газа. Во сколько раз увеличилась внутренняя энергия газа в этом процессе?



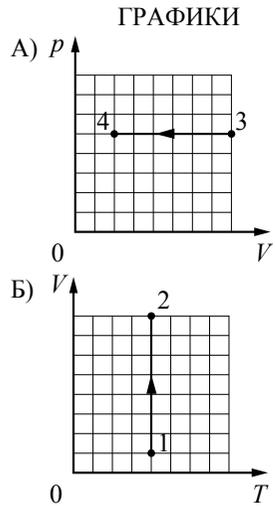
Ответ: в _____ раз(-а).

11 Во вторник и в среду температура воздуха была одинаковой. Парциальное давление водяного пара в атмосфере во вторник было меньше, чем в среду. Из приведённого ниже списка выберите **два** правильных утверждения по поводу этой ситуации.

- 1) Относительная влажность воздуха во вторник была меньше, чем в среду.
- 2) Масса водяных паров, содержащихся в 1 м^3 воздуха, во вторник была больше, чем в среду.
- 3) Плотность водяных паров, содержащихся в воздухе, во вторник и в среду была одинаковой.
- 4) Давление насыщенных водяных паров во вторник было больше, чем в среду.
- 5) Концентрация молекул водяного пара в воздухе во вторник была меньше, чем в среду.

Ответ:

12 На рисунках А и Б приведены графики двух процессов: 1–2 и 3–4, в каждом из которых участвует 1 моль гелия. Графики построены в координатах $V-T$ и $p-V$, где p – давление, V – объём и T – абсолютная температура газа. Установите соответствие между графиками и утверждениями, характеризующими изображённые на графиках процессы. К каждой позиции первого столбца подберите соответствующую позицию из второго столбца и запишите в таблицу выбранные цифры под соответствующими буквами.

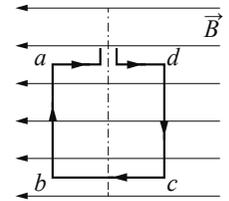


- УТВЕРЖДЕНИЯ**
- 1) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия увеличивается.
 - 2) Газ получает положительное количество теплоты, при этом его внутренняя энергия не изменяется.
 - 3) Над газом совершают положительную работу, при этом его внутренняя энергия уменьшается.
 - 4) Над газом совершают положительную работу, при этом он получает положительное количество теплоты.

Ответ:

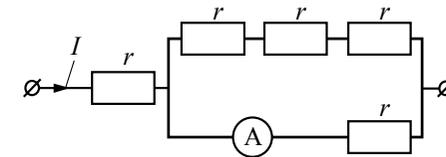
А	Б

13 Квадратная рамка расположена в однородном магнитном поле в плоскости линий магнитной индукции так, как показано на рисунке. Направление тока в рамке показано стрелками. Куда направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) сила Ампера, действующая на сторону cd рамки со стороны магнитного поля? *Ответ запишите словом (словами).*



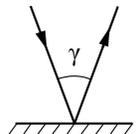
Ответ: _____.

14 По участку цепи (см. рисунок) течёт постоянный ток $I = 12$ А. Какую силу тока показывает амперметр, если сопротивление $r = 1$ Ом? Сопротивлением амперметра пренебречь.



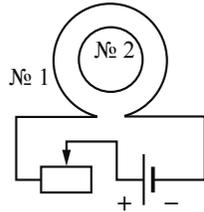
Ответ: _____ А.

15 Луч света падает на плоское зеркало. Угол между падающим лучом и зеркалом равен 50° . Каков угол γ между падающим и отражённым лучами (см. рисунок)?



Ответ: _____ градусов.

16 Катушка № 1 включена в электрическую цепь, состоящую из источника напряжения и реостата. Катушка № 2 помещена внутрь катушки № 1 и замкнута (см. рисунок).



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

- 1) Магнитный поток, пронизывающий катушку № 2, увеличивается.
- 2) Вектор индукции магнитного поля, созданного катушкой № 2, в центре этой катушки направлен от наблюдателя.
- 3) Вектор индукции магнитного поля, созданного катушкой № 1, всюду увеличивается.
- 4) В катушке № 2 индукционный ток направлен по часовой стрелке.
- 5) Сила тока в катушке № 1 увеличивается.

Ответ:

--	--

17 Протон в однородном магнитном поле между полюсами магнита под действием силы Лоренца движется по окружности радиусом R . В этом же поле движется α -частица. Как изменятся по сравнению с протоном модуль силы Лоренца и период обращения α -частицы, если она будет двигаться по окружности такого же радиуса, что и протон?

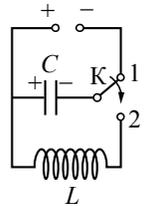
Для каждой величины определите соответствующий характер изменения

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

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

Модуль силы Лоренца	Период обращения α -частицы

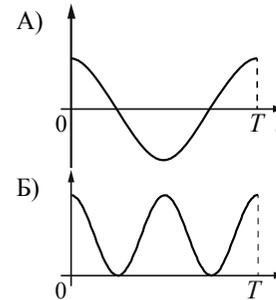
18 Конденсатор колебательного контура длительное время подключён к источнику постоянного напряжения (см. рисунок). В момент $t=0$ переключатель К переводят из положения 1 в положение 2. На графиках А и Б представлены изменения физических величин, характеризующих колебания в контуре после этого. T – период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



Установите соответствие между графиками и физическими величинами, зависимости которых от времени эти графики могут представлять.

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

ГРАФИКИ



ФИЗИЧЕСКИЕ ВЕЛИЧИНЫ

- 1) заряд правой обкладки конденсатора
- 2) заряд левой обкладки конденсатора
- 3) энергия электрического поля конденсатора
- 4) модуль напряжения на конденсаторе

Ответ:

А	Б

19 Ядро бора может захватить нейтрон, в результате чего происходит ядерная реакция ${}^1_0\text{n} + {}^{10}_5\text{B} \rightarrow {}^A_Z\text{X} + {}^4_2\text{He}$ с образованием ядра 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

Два источника излучают свет с частотами ν_1 и ν_2 . Найдите отношение $\frac{\nu_1}{\nu_2}$, если отношение импульсов фотонов этих излучений $\frac{p_1}{p_2} = 2$.

Ответ: _____.

21

Для некоторых атомов характерной особенностью является возможность захвата атомным ядром одного из ближайших к нему электронов. Как при захвате электрона изменяются массовое число атомного ядра и число нейтронов в ядре?

Для каждой величины определите соответствующий характер изменения:

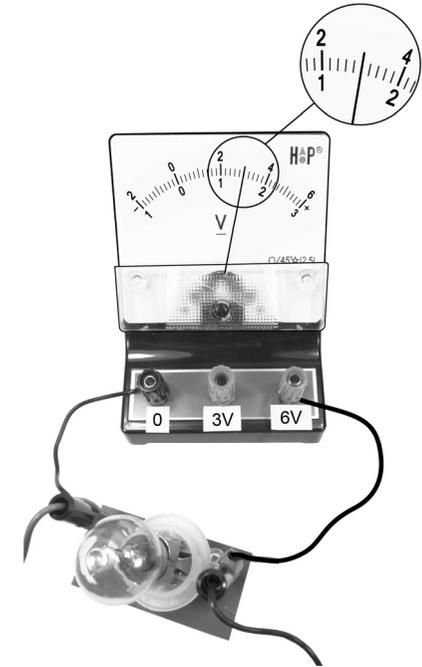
- 1) увеличивается
- 2) уменьшается
- 3) не изменяется

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

Массовое число ядра	Число нейтронов в ядре

22

Определите напряжение на лампочке (см. рисунок), если погрешность прямого измерения напряжения равна цене деления вольтметра.



Ответ: (_____ ± _____) В.

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

23

Необходимо при помощи маятника экспериментально определить ускорение свободного падения. Для этого школьник взял штатив с муфтой и лапкой, нить и секундомер.

Какие **два** предмета из приведённого ниже перечня оборудования необходимо дополнительно использовать для проведения этого эксперимента?

- 1) электронные весы
- 2) алюминиевый шарик
- 3) динамометр
- 4) линейка
- 5) мензурка

В ответ запишите номера выбранного оборудования.

Ответ:

24 Рассмотрите таблицу, содержащую сведения о ярких звёздах.

Наименование звезды	Температура поверхности, К	Масса (в массах Солнца)	Радиус (в радиусах Солнца)	Плотность по отношению к плотности воды
Альдебаран	3600	5,0	45	$7,7 \cdot 10^{-5}$
ϵ Возничего В	11 000	10,2	3,5	0,33
Капелла	5200	3,3	23	$4 \cdot 10^{-4}$
Ригель	11 200	40	138	$2 \cdot 10^{-5}$
Сириус А	9250	2,1	2,0	0,36
Сириус В	8200	1	$2 \cdot 10^{-2}$	$1,75 \cdot 10^6$
Солнце	6000	1,0	1,0	1,4
α Центавра А	5730	1,02	1,2	0,80

Выберите **два** утверждения, которые соответствуют характеристикам звёзд.

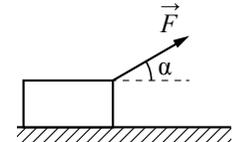
- 1) Звезда Сириус А относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рассела.
- 2) Звезда Ригель относится к сверхгигантам.
- 3) Наше Солнце имеет максимальную массу для звёзд главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рассела.
- 4) Звезда Сириус В относится к звёздам главной последовательности на диаграмме Герцшпрунга – Рассела.
- 5) Звезда α Центавра А относится к белым карликам.

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

- 25 Брусок массой 1,0 кг движется по горизонтальной плоскости прямолинейно с постоянным ускорением 1 м/с^2 под действием силы \vec{F} , направленной вверх под углом $\alpha = 30^\circ$ к горизонту (см. рисунок). Какова величина силы \vec{F} , если коэффициент трения бруска о плоскость равен 0,2? Ответ округлите до целых.



Ответ: _____ Н.

- 26 В калориметр с водой бросают кусочки тающего льда. В некоторый момент кусочки льда перестают таять. Первоначальная масса воды в калориметре 330 г. На сколько увеличилась масса воды в калориметре, если её первоначальная температура 20°C ? Тепловыми потерями пренебречь.

Ответ: _____ г.

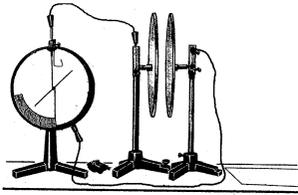
- 27 Поток фотонов выбивает из металла электроны. Энергия фотона равна 2 эВ. Если длину волны падающего излучения уменьшить в 2,5 раза, то максимальная скорость фотоэлектронов, вылетающих из этого металла, увеличится в 2 раза. Определите работу выхода электронов из металла.

Ответ: _____ эВ.

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.

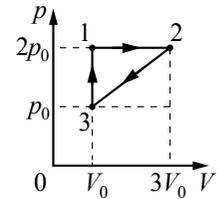
- 28** Две плоские пластины конденсатора, закреплённые на изолирующих штативах, расположили на небольшом расстоянии друг от друга и соединили одну пластину с заземлённым корпусом, а другую – со стержнем электрометра (см. рисунок). Затем пластину, соединённую со стержнем электрометра, зарядили. Объясните, опираясь на известные Вам законы, как изменяются показания электрометра при сближении пластин. Отклонение стрелки электрометра пропорционально разности потенциалов между пластинами. Ёмкость электрометра пренебрежимо мала.



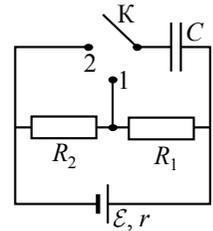
Полное правильное решение каждой из задач 29–32 должно содержать законы и формулы, применение которых необходимо и достаточно для решения задачи, а также математические преобразования, расчёты с численным ответом и при необходимости рисунок, поясняющий решение.

- 29** Небольшое тело массой $M = 0,99$ кг лежит на вершине гладкой полусферы. В тело попадает пуля массой $m = 0,01$ кг, летящая горизонтально со скоростью $v_0 = 100$ м/с, и застревает в нём. Пренебрегая смещением тела за время удара, определите радиус сферы, если высота, на которой тело оторвётся от поверхности полусферы, $h = 0,7$ м. Высота отсчитывается от основания полусферы.

- 30** Одноатомный идеальный газ неизменной массы совершает циклический процесс, показанный на рисунке. За цикл газ отдаёт холодильнику количество теплоты $|Q_x| = 8$ кДж. Какую работу газ совершает при переходе из состояния 1 в состояние 2?



- 31** В электрической цепи, схема которой изображена на рисунке, конденсатор C изначально не заряжен, а отношение $\frac{R_2}{R_1} = 4$. Ключ K переводят в положение 1. Затем, спустя большой промежуток времени, ключ переводят в положение 2 и снова ждут в течение большого промежутка времени. В какое число раз n увеличится энергия конденсатора в результате перевода ключа в положение 2?



- 32** Прямоугольный треугольник с катетами $c = 2$ см и $h = 3$ см расположен перед собирающей линзой с фокусным расстоянием $F = 10$ см, как показано на рисунке. Чему равна площадь даваемого линзой изображения этого треугольника? Сделайте рисунок с указанием хода лучей.

