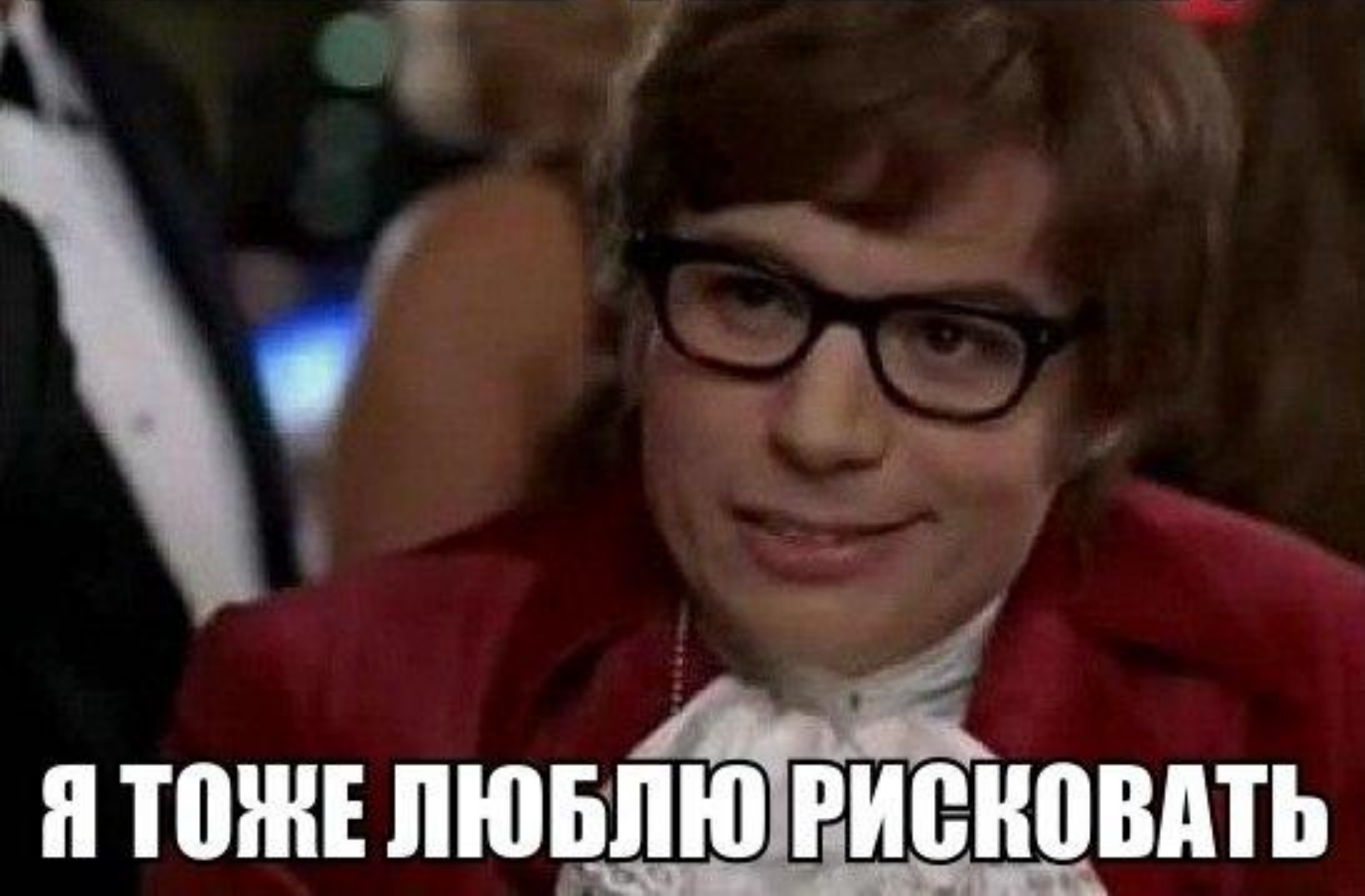


Демонстрационный вариант

**контрольных измерительных материалов
единого государственного экзамена 2017 года
по физике**

ВЫБИРАЕШЬ ФИЗИКУ НА ЕГЭ ?



Я ТОЖЕ ЛЮБЛЮ РИСКОВАТЬ

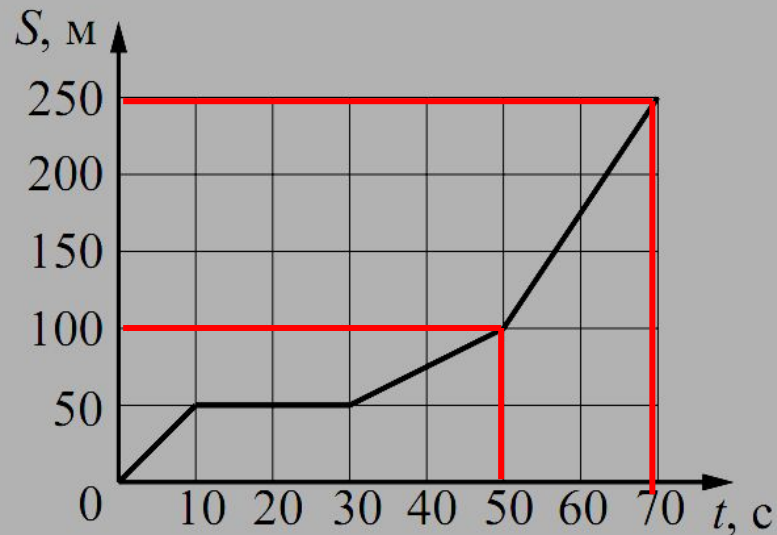


**Как там подготовка
к ЕГЭ?**

Часть 1

Ответами к заданиям 1–23 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 На рисунке представлен график зависимости пути S велосипедиста от времени t . Найдите скорость велосипедиста в интервале времени от 50 до 70 с.



Ответ: 7,5 м/с.

Решение.

За время от 50 до 70 с велосипедист проехал $250 - 100 = 150$ м, значит, его скорость равна $150 \text{ м} : 20 \text{ с} = 7,5 \text{ м/с}$.

Ответ: 7,5 м/с

2

Определите силу, под действием которой пружина жёсткостью 200 Н/м удлинится на 5 см.

Ответ: 10 Н.

$$F_y = k\Delta l$$

Решение.

Сила равна произведению жёсткости пружины на удлинение: $200 \text{ Н/м} \cdot 0,05 \text{ м} = 10 \text{ Н}$.

Ответ: 10 Н

3

В инерциальной системе отсчёта тело массой 2 кг движется по прямой в одном направлении под действием постоянной силы, равной 3 Н. На сколько увеличится импульс тела за 5 с движения?

Ответ: на 15 кг·м/с.

$$\vec{F} \Delta t = \Delta \vec{P}$$

Решение.

Изменение импульса тела равно произведению силы на время: $3 \text{ Н} \cdot 5 \text{ с} = 15 \text{ кг} \cdot \text{м/с}$

Ответ: 15 кг·м/с

4

В сосуд высотой 20 см налита вода, уровень которой ниже края сосуда на 2 см. Чему равна сила давления воды на дно сосуда, если площадь дна 0,01 м²? Атмосферное давление не учитывать.

Ответ: **18** Н.

$$P = \frac{F}{S} = \rho g h$$

$$F = P S = \rho g h S$$

Решение.

Сила давления воды равна давлению воды, умноженному на площадь дна. Давление воды равно произведению ускорению свободного падения, плотности и высоты воды. В итоге получаем:

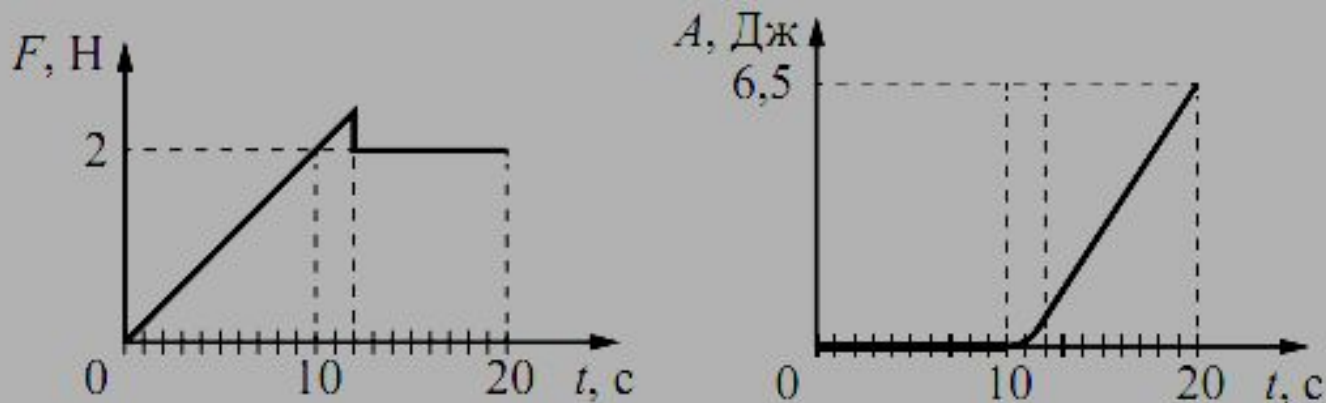
$$1000 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot 0,18 \text{ м} \cdot 0,01 \text{ м}^2 = 18 \text{ Н.}$$

Решение.

Из правого графика видно, что в первые 10 с работа силы была равна нулю, значит, брусок покоился. Первое и второе утверждения *неверны*.

В интервале времени от 12 до 20 с сила была постоянна, а работа возрастала линейно. Значит, мощность силы постоянна, и тогда из связи мощности, силы и скорости $N = Fv$ можно сделать вывод, что скорость бруска была постоянна. Пятое утверждение *верно*, четвёртое утверждение *неверно*.

Раз движение было равномерным сила трения равна силе F , т. е. 2 Н. Третье утверждение *верно*.



- 1) Первые 10 с брусок двигался с постоянной скоростью.
- 2) За первые 10 с брусок переместился на 20 м.
- 3) Сила трения скольжения равна 2 Н.
- 4) В интервале времени от 12 до 20 с брусок двигался с постоянным ускорением.
- 5) В интервале времени от 12 до 20 с брусок двигался с постоянной скоростью.

Ответ:

35

6

Высота полёта искусственного спутника над Землёй увеличилась с 400 до 500 км. Как изменились в результате этого скорость спутника и его потенциальная энергия?

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.

Скорость спутника	Потенциальная энергия спутника
2	1

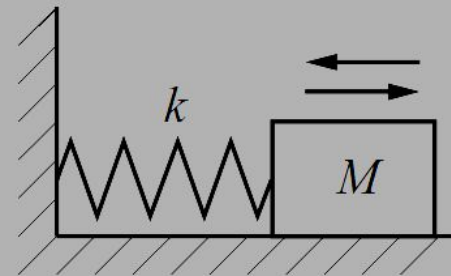
Решение.

При движении по круговой орбите радиус орбиты, скорость спутника, его центростремительное ускорение и радиус орбиты связаны соотношением $a = \frac{v^2}{r}$. В поле тяжести планеты ускорение равно $a = \frac{GM}{r^2}$, где M — масса планеты. Таким образом, скорость зависит от радиуса по закону $v = \sqrt{\frac{GM}{r}}$. При увеличении радиуса орбиты скорость уменьшается.

В поле тяжести планеты потенциальная энергия спутника равна $E_{\text{п}} = -\frac{GmM}{r}$, где m — масса спутника. При увеличении радиуса орбиты потенциальная энергия увеличивается.

7

На гладком горизонтальном столе брусок массой M , прикрепленный к вертикальной стене пружиной жёсткостью k , совершает гармонические колебания с амплитудой A (см. рисунок). 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

- А) период колебаний груза
Б) амплитуда скорости груза

ФОРМУЛЫ

- 1) $2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$ 3) $2\pi\sqrt{\frac{k}{M}}$
2) $A\sqrt{\frac{M}{k}}$ 4) $A\sqrt{\frac{k}{M}}$

Ответ:

А	Б
1	4

Решение.

Период колебаний пружинного маятника равен $T = 2\pi\sqrt{\frac{M}{k}}$. (А — 1)

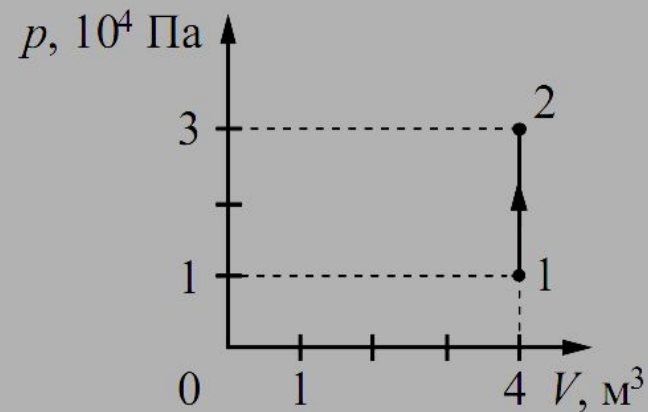
Максимальная потенциальная энергия пружины $\frac{kA^2}{2}$ равна максимальной кинетической энергии $\frac{Mv_{\max}^2}{2}$. Из равенства

$$\frac{kA^2}{2} = \frac{Mv_{\max}^2}{2} \text{ следует, что амплитуда скорости груза равна } v_{\max} = A\sqrt{\frac{k}{M}}. \text{ (Б — 4)}$$

8

На рисунке изображено изменение состояния постоянной массы разреженного аргона. Температура газа в состоянии 1 равна $27\text{ }^{\circ}\text{C}$. Какая температура соответствует состоянию 2?

Ответ: 900 К.



Решение.

Из графика видно, что процесс изохорный. В таком процессе выполняется соотношение $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2}$, откуда получаем

$$T_2 = \frac{p_2 T_1}{p_1} = \frac{3 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot 300 \text{ К}}{1 \cdot 10^4 \text{ Па}} = 900 \text{ К}.$$

9

В некотором процессе газ отдал окружающей среде количество теплоты, равное 10 кДж. При этом внутренняя энергия газа увеличилась на 30 кДж. Определите работу, которую совершили внешние силы, сжав газ.

Ответ: _____ кДж.

$$Q = A + \Delta U$$

$Q > 0$ – если газ получает тепло

$Q < 0$ – если газ отдает тепло

$A > 0$ – если газ совершает работу ($V_2 > V_1$)

$A < 0$ – если над газом совершают работу
внешние силы ($V_2 < V_1$)

$\Delta U > 0$ – если газ нагревается ($T_2 > T_1$)

$\Delta U < 0$ – если газ охлаждается ($T_2 < T_1$)

9

В некотором процессе газ отдал окружающей среде количество теплоты, равное 10 кДж. При этом внутренняя энергия газа увеличилась на 30 кДж. Определите работу, которую совершили внешние силы, сжав газ.

Ответ: **40** кДж.

Решение.

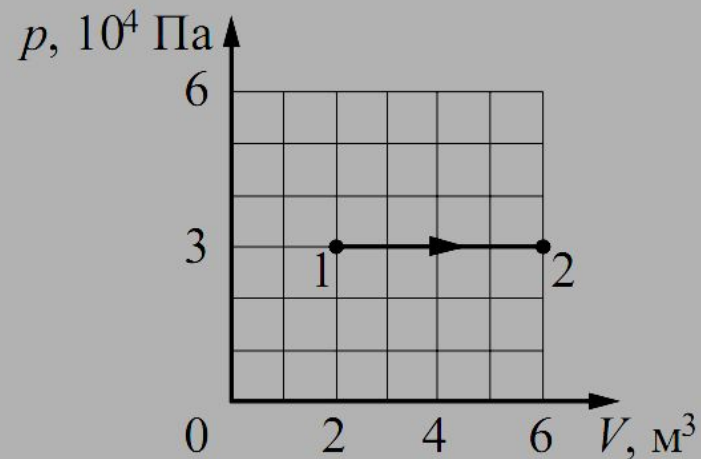
Согласно первому началу термодинамики отданное окружающей среде количество теплоты Q , изменение внутренней энергии газа ΔU и работа внешних сил A связаны соотношением $A = \Delta U + Q$. Таким образом

$$A = 30 \text{ кДж} + 10 \text{ кДж} = 40 \text{ кДж.}$$

Ответ: 40 кДж

10

Какую работу совершает идеальный газ при переходе из состояния 1 в состояние 2 (см. рисунок)?



Ответ: **120** кДж.

Решение.

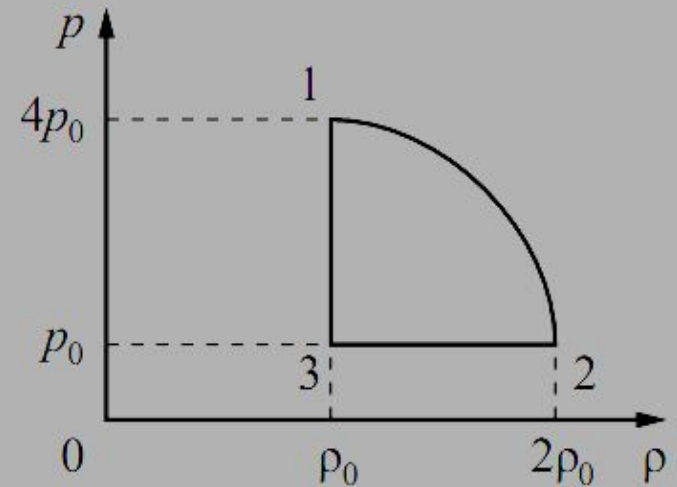
Работа идеального газа равна площади под графиком процесса в координатах $p - V$.

$$A = 3 \cdot 10^4 \text{ Па} \cdot (6 \text{ м}^3 - 2 \text{ м}^3) = 120 \text{ кДж}.$$

Ответ: 120 кДж

11

На рисунке показана зависимость давления газа p от его плотности ρ в циклическом процессе, совершаемом 2 моль идеального газа в идеальном тепловом двигателе. Цикл состоит из двух отрезков прямых и четверти окружности. На основании анализа этого циклического процесса выберите два верных утверждения.



- 1) В процессе 1–2 температура газа уменьшается.
- 2) В состоянии 3 температура газа максимальна.
- 3) В процессе 2–3 объём газа уменьшается.
- 4) Отношение максимальной температуры к минимальной температуре в цикле равно 8.
- 5) Работа газа в процессе 3–1 положительна.

Решение.

Перепишем уравнение Менделеева — Клапейрона $pV = \frac{m}{M}RT$ в виде $p = \frac{RT}{M}\rho$. Изотермами на диаграмме $p - \rho$ являются прямые, выходящие из начала координат, причём чем больше наклон прямой, тем выше температура. Исходя из этого можно сделать выводы, что в процессе 1–2 температура газа уменьшается, а в состоянии 3 температура газа не максимальна (максимальная температура в состоянии 1).

В процессе 2–3 плотность газа уменьшается, значит, объём $V = \frac{m}{\rho}$ увеличивается.

Выразим температуру $T = \frac{Mp}{R\rho}$, и найдём её в состояниях 1 и 2: $T_1 = \frac{M4p_0}{R\rho_0}$, $T_2 = \frac{Mp_0}{R2\rho_0}$. Отношение максимальной температуры к минимальной равно $\frac{T_1}{T_2} = 8$.

В процессе 3–1 плотность, а следовательно, и объём постоянны. Работа газа равна нулю.

12

В цилиндрическом сосуде под массивным поршнем находится газ. Поршень не закреплён и может перемещаться в сосуде без трения (см. рисунок). В сосуд закачивается ещё такое же количество газа при неизменной температуре. Как изменятся в результате этого давление газа и концентрация его молекул? 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.

Давление газа	Концентрация молекул газа
3	3

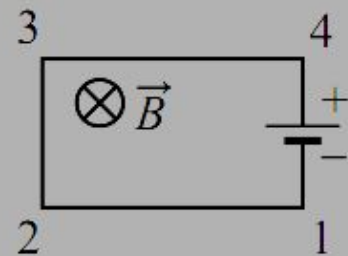
Решение.

Поскольку поршень не закреплён, то давление газа равно сумме атмосферного давления и давления поршня, а значит, оно не зависит от количества вещества газа. Давление газа не изменится.

По условию температура неизменна, значит, из уравнения состояния идеального газа $p = nkT$ заключаем, что концентрация молекул газа тоже не изменится.

13

Электрическая цепь, состоящая из четырёх прямолинейных горизонтальных проводников (1–2, 2–3, 3–4, 4–1) и источника постоянного тока, находится в однородном магнитном поле, направленном вертикально вниз (см. рисунок, вид сверху). Как направлена относительно рисунка (*вправо, влево, вверх, вниз, к наблюдателю, от наблюдателя*) вызванная этим полем сила Ампера, действующая на проводник 2–3? Ответ запишите словом (словами).



Ответ: вправо.

○

Решение.

Ток на участке 2–3 направлен вниз, магнитное поле — от нас, значит, по правилу левой руки сила Ампера направлена вправо.

14

С какой силой взаимодействуют в вакууме два маленьких заряженных шарика, находящихся на расстоянии 4 м друг от друга? Заряд каждого шарика $8 \cdot 10^{-8}$ Кл.

Ответ: 3,6 мкН.

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{\epsilon r^2}$$

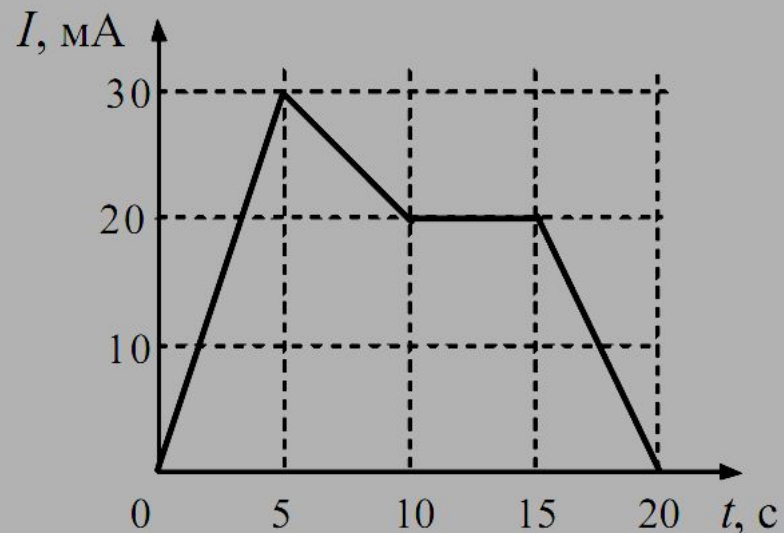
$$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$$

Решение.

Точечные заряды взаимодействуют с силой $F = k \frac{q_1 q_2}{r^2} = 9 \cdot 10^9 \cdot \frac{8 \cdot 10^{-8} \cdot 8 \cdot 10^{-8}}{4^2} = 3,6 \cdot 10^{-6} \text{ Н} = 3,6 \text{ мкН}$.

15

На рисунке приведён график зависимости силы тока от времени в электрической цепи, индуктивность которой 1 мГн. Определите модуль ЭДС самоиндукции в интервале времени от 15 до 20 с.



Ответ: 4 мкВ.

Решение.

За время от 15 до 20 с сила тока изменилась от 20 до 0 мА. Модуль ЭДС самоиндукции равен

$$|\varepsilon| = L \frac{|\Delta I|}{\Delta t} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} \cdot \frac{20 \cdot 10^{-3} \text{ А}}{5 \text{ с}} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ В} = 4 \text{ мкВ}.$$

Ответ: 4 мкВ

1) Образование упомянутого пятна на поверхности не обусловлено дисперсией света в жидкости.

2) Тангенс предельного угла полного внутреннего отражения равен отношению радиуса пятна к глубине погружения.

Для всех экспериментальных данных $\operatorname{tg} \alpha_{\text{пред}} = \frac{12}{10} = 1,2 > 1$, а значит, предельный угол больше 45° .

3) Показатель преломления жидкости равен $n = \frac{1}{\sin \alpha_{\text{пред}}} = \sqrt{1 + \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \alpha_{\text{пред}}}} = \sqrt{1 + \frac{1}{1,2^2}} \approx 1,3 < 1,5$.

4) Образование пятна на поверхности обусловлено явлением полного внутреннего отражения.

5) Изменения радиуса пятна за равные промежутки времени одинаковы. Граница пятна движется без ускорения.

Ответ: 34

радиуса пятна составила 1 см. Выберите два верных утверждения на основании данных, приведённых в таблице.

Глубина погружения, см	10	20	30	40	50	60	70
Радиус пятна, см	12	24	36	48	60	72	84

- 1) Образование упомянутого пятна на поверхности обусловлено дисперсией света в жидкости.
- 2) Предельный угол полного внутреннего отражения меньше 45° .
- 3) Показатель преломления жидкости меньше 1,5.
- 4) Образование пятна на поверхности обусловлено явлением полного внутреннего отражения.
- 5) Граница пятна движется с ускорением.

Ответ:

34

17

Неразветвлённая электрическая цепь постоянного тока состоит из источника тока и подключённого к его выводам внешнего резистора. Как изменятся при уменьшении сопротивления резистора сила тока в цепи и ЭДС источника? 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.

Сила тока в цепи	ЭДС источника
1	3

Решение.

За время от 15 до 20 с сила тока изменилась от 20 до 0 мА. Модуль ЭДС самоиндукции равен

$$|\varepsilon| = L \frac{|\Delta I|}{\Delta t} = 1 \cdot 10^{-3} \text{ Гн} \cdot \frac{20 \cdot 10^{-3} \text{ А}}{5 \text{ с}} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ В} = 4 \text{ мкВ.}$$

Заряженная частица массой m , несущая положительный заряд q , движется перпендикулярно линиям индукции однородного магнитного поля \vec{B} по окружности радиусом R . Действием силы тяжести пренебречь.

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

- А) модуль импульса частицы
 Б) период обращения частицы по окружности

ФОРМУЛЫ

- 1) $\frac{mq}{RB}$
 2) $\frac{m}{qB}$
 3) $\frac{2\pi m}{qB}$
 4) qBR

Центростремительное ускорение частицы равно отношению силы Лоренца к её массе $a = \frac{F_{Л}}{m}$, откуда получаем

$$\frac{v^2}{R} = \frac{qvB}{m} \Leftrightarrow v = \frac{qBR}{m}. \text{ Модуль импульса частицы равен } p = mv = qBR. \text{ (А — 4)}$$

$$\text{Период обращения равен } T = \frac{2\pi R}{v} = \frac{2\pi m}{qB}. \text{ (Б — 3)}$$

19

Сколько протонов и сколько нейтронов содержится в ядре ${}_{27}^{60}\text{Co}$?

Число протонов	Число нейтронов
27	33

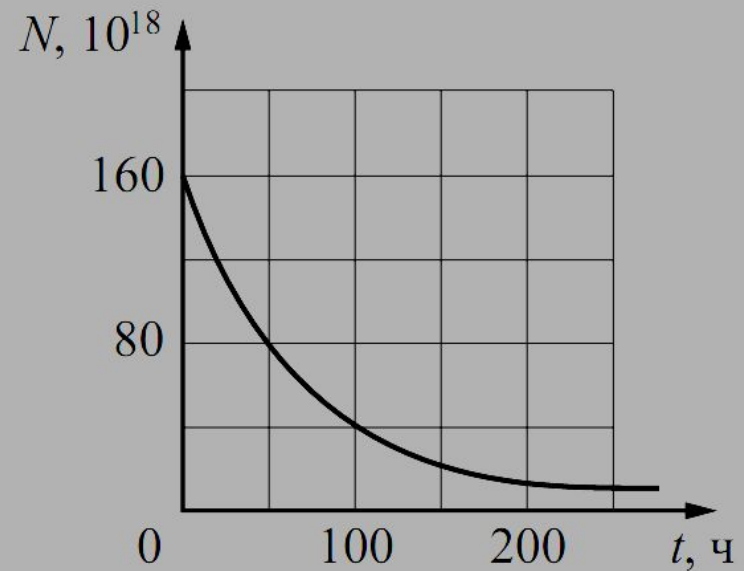
Решение.

В соответствии с обозначением изотопов в ядре ${}_{27}^{60}\text{Co}$ 27 протонов и $60 - 27 = 33$ нейтрона.

Ответ: 2733

20

Дан график зависимости числа нераспавшихся ядер эрбия ${}_{68}^{172}\text{Er}$ от времени. Чему равен период полураспада этого изотопа эрбия?



Ответ: 50 ч.

Решение.

Из графика видно, что за первые 50 ч число нераспавшихся ядер эрбия уменьшилось вдвое с $160 \cdot 10^{18}$ до $80 \cdot 10^{18}$. За следующие 50 ч число нераспавшихся ядер также уменьшилось вдвое с $80 \cdot 10^{18}$ до $40 \cdot 10^{18}$. Период полураспада равен 50 ч.

Ответ: 50 ч

21

Как изменяются с уменьшением массового числа изотопов одного и того же элемента число нейтронов в ядре и число электронов в электронной оболочке соответствующего нейтрального атома?

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.

Число нейтронов в ядре	Число электронов в электронной оболочке нейтрального атома
2	3

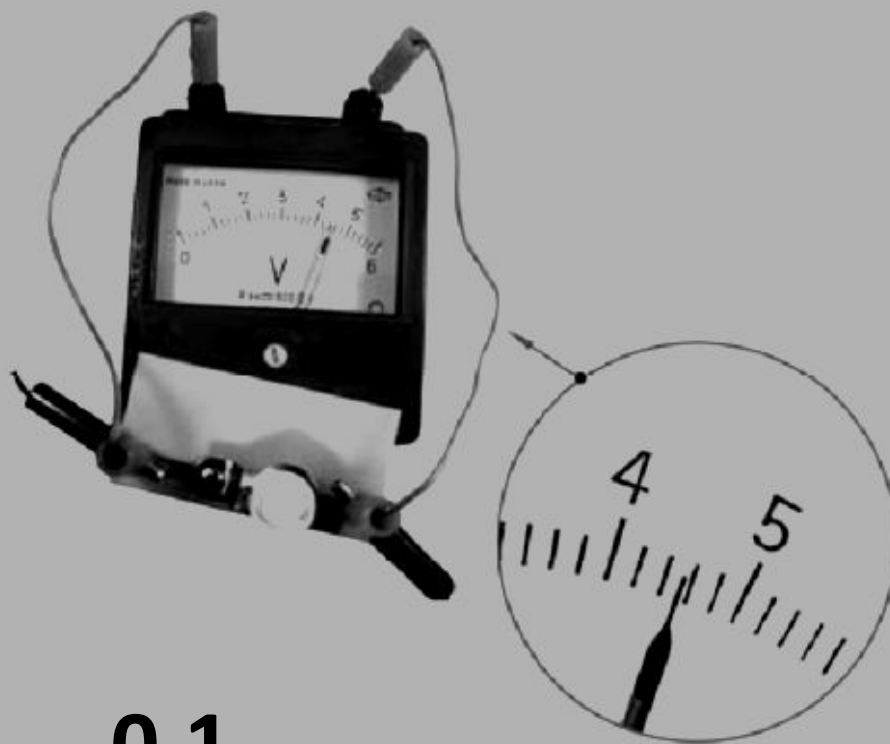
Решение.

Изотопы одного и того же элемента отличаются только количеством нейтронов в ядре. С уменьшением массового числа число нейтронов в ядре уменьшается, число электронов в электронной оболочке нейтрального атома не изменяется.

Ответ: 23

22

Чему равно напряжение на лампочке (см. рисунок), если погрешность прямого измерения напряжения составляет половину цены деления вольтметра?



Ответ: (4,6 \pm 0,1) В.

4,60,1

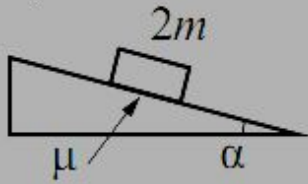
Решение.

Из рисунка видно, что между метками «4» и «5» укладывается 5 делений, значит, цена деления равна 0,2 В. Погрешность по условию составляет половину цены деления, т. е. 0,1 В. Показания прибора округлим до ближайшей риски: 4,6 В.

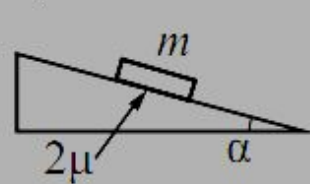
23

Необходимо экспериментально изучить зависимость ускорения бруска, скользящего по шероховатой наклонной плоскости, от его массы (на всех представленных ниже рисунках m – масса бруска, α – угол наклона плоскости к горизонту, μ – коэффициент трения между бруском и плоскостью). Какие две установки следует использовать для проведения такого исследования?

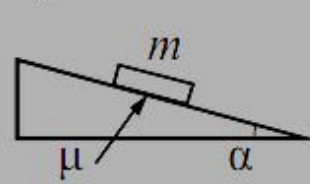
1)



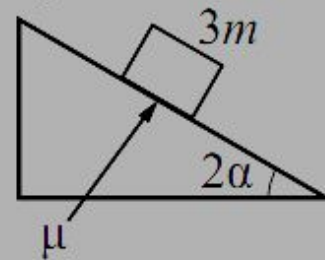
2)



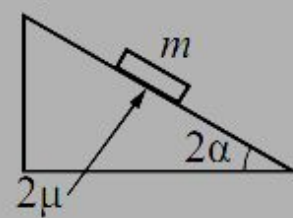
3)



4)



5)



Запишите в таблицу номера выбранных установок.

Ответ:

1	3
---	---

ИЛИ

Решение.

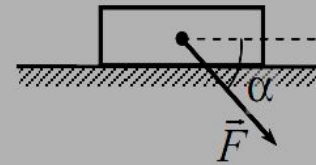
Для изучения зависимости ускорения бруска, скользящего по шероховатой наклонной плоскости, от его массы необходимо выбрать установки, в которых другие параметры (угол и коэффициент трения) совпадают. Такими установками являются первая и третья.

Часть 2

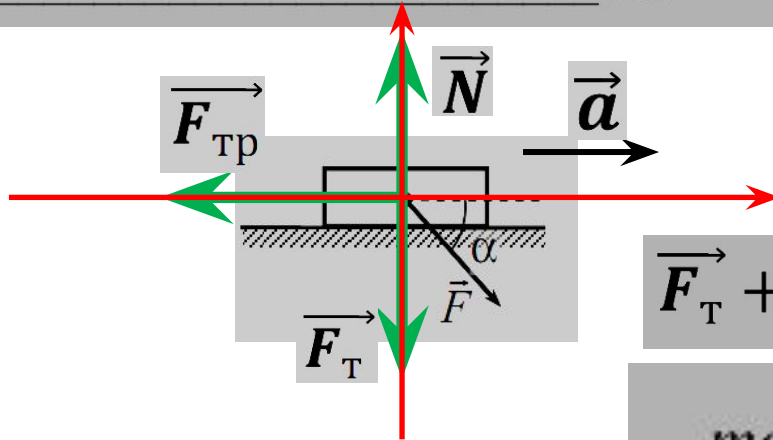
Ответом к заданиям 24–26 является число. Запишите это число в поле ответа в тексте работы, а затем перенесите в БЛАНК ОТВЕТОВ № 1 справа от номера соответствующего задания, начиная с первой клеточки. Каждый символ пишете в отдельной клеточке в соответствии с приведёнными в бланке образцами. Единицы измерения физических величин писать не нужно.

24

Брусок движется по горизонтальной плоскости прямолинейно с постоянным ускорением 1 м/с^2 под действием силы \vec{F} , направленной вниз под углом 30° к горизонту (см. рисунок). Какова масса бруска, если коэффициент трения бруска о плоскость равен $0,2$, а $F = 2,7 \text{ Н}$? Ответ округлите до десятых.



Ответ: 0,7 кг.



$$\vec{F}_T + \vec{F}_{\text{тр}} + \vec{N} + \vec{F} = m\vec{a}$$

$$ma = F \cos \alpha - F_{\text{тр}},$$

$$0 = N - F \sin \alpha - mg.$$

$$F_{\text{тр}} = \mu N,$$

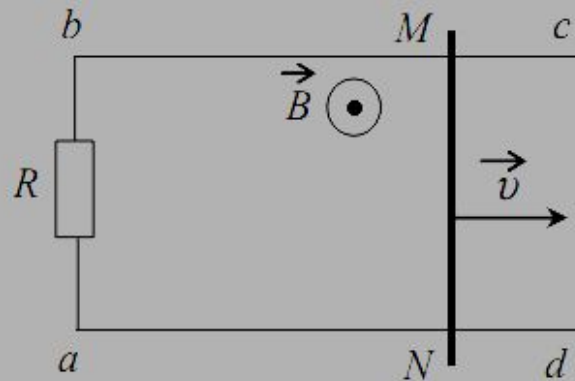
$$ma = F \cos \alpha - \mu N = F \cos \alpha - \mu(F \sin \alpha + mg) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow ma + \mu mg = F(\cos \alpha - \mu \sin \alpha) \Leftrightarrow$$

$$\Leftrightarrow m = \frac{F(\cos \alpha - \mu \sin \alpha)}{a + \mu g} = \frac{2,7 \cdot (\cos 30^\circ - 0,2 \sin 30^\circ)}{1 + 0,2 \cdot 10} \approx 0,7 \text{ кг.}$$

25

По параллельным проводникам bc и ad , находящимся в магнитном поле с индукцией $B = 0,4$ Тл, скользит проводящий стержень MN , который находится в контакте с проводниками (см. рисунок). Расстояние между проводниками $l = 20$ см. Слева проводники замкнуты резистором с сопротивлением $R = 2$ Ом. Сопротивление стержня и проводников пренебрежимо мало. При движении стержня через резистор R протекает ток $I = 40$ мА. С какой скоростью движется проводник? Считать, что вектор \vec{B} перпендикулярен плоскости рисунка.



Ответ: 1 м/с.

При движении стержня в контуре возникает ЭДС $\varepsilon = \left| \frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \right|$, где изменение магнитного потока $\Delta\Phi = B\Delta S = Blv\Delta t$, и таким образом $\varepsilon = vBl$. ЭДС вызывает появление тока $I = \frac{\varepsilon}{R} = \frac{vBl}{R}$. Из полученного соотношения получаем:

$$v = \frac{IR}{Bl} = \frac{40 \cdot 10^{-3} \cdot 2}{0,4 \cdot 0,2} = 1 \text{ м/с.}$$

26

Пороговая чувствительность сетчатки человеческого глаза к видимому свету составляет $1,65 \cdot 10^{-18}$ Вт, при этом на сетчатку глаза каждую секунду попадает 5 фотонов. Определите, какой длине волны это соответствует.

Ответ: 600 нм.

Решение.

При мощности света $1,65 \cdot 10^{-18}$ Вт каждую секунду на сетчатке передается $1,65 \cdot 10^{-18}$ Дж энергии. Эта энергия переносится пятью фотонами, значит, энергия одного фотона равна $E = 0,33 \cdot 10^{-18}$ Дж, а значит, длина волны равна

$$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{0,33 \cdot 10^{-18}} = 6 \cdot 10^{-7} \text{ м} = 600 \text{ нм.}$$

Для записи ответов на задания 27–31 используйте БЛАНК ОТВЕТОВ № 2. Запишите сначала номер задания (27, 28 и т. д.), а затем решение соответствующей задачи. Ответы записывайте чётко и разборчиво.

3. На участке 2–3 концентрация газа уменьшается, значит, его объём увеличивается, и работа газа положительна: $A > 0$. Давление газа постоянно (изобарный процесс), по закону Гей-Люссака температура газа также увеличивается. Поэтому $\Delta U > 0$. По первому закону термодинамики $Q > 0$. В этом процессе газ получает тепло.

Ответ: газ получает положительное количество теплоты в процессах 1–2 и 2–3

1. По первому закону термодинамики количество теплоты, которое получает газ, равно сумме изменения его внутренней энергии ΔU и работы газа A : $Q = \Delta U + A$. Концентрация молекул газа $n = \frac{N}{V}$, где N – число молекул газа, V – его объём. Для идеального одноатомного газа внутренняя энергия $U = \frac{3}{2} \nu RT$ (где ν – количество моль газа). По условию задачи $N = \text{const}$.

2. Так как на участке 1–2 концентрация газа не изменяется, то его объём постоянен (изохорный процесс), значит, работа газа $A = 0$. В этом процессе давление газа растёт, согласно закону Шарля температура газа также растёт, т.е. его внутренняя энергия увеличивается: $\Delta U > 0$. Значит, $Q > 0$, и газ получает тепло.

Полное правильное решение каждой из задач 28–31 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.

2. При прохождении положения равновесия нить обрывается, и шарик, движущийся горизонтально со скоростью \bar{v} , абсолютно неупруго сталкивается с покоящимся бруском. При столкновении сохраняется импульс системы «шарик + брусок». В проекциях на ось Ox получаем:

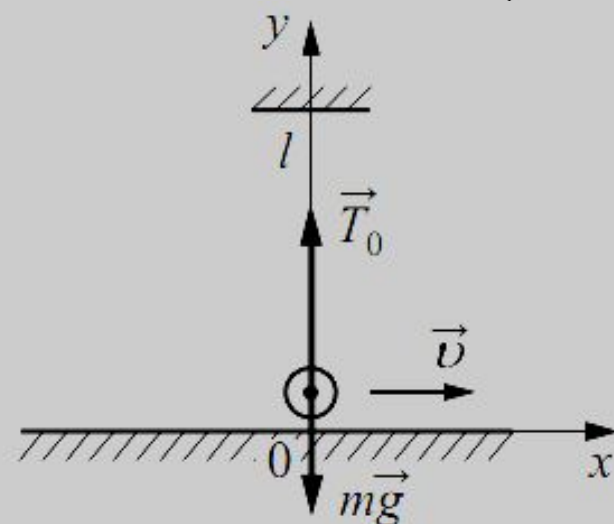
$$mv = (M + m)u,$$

где u – проекция скорости бруска с шариком после удара на эту ось. Отсюда:

$$u = \frac{m}{M + m}v = \frac{m}{M + m} \sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g\right)l} = \frac{0,3}{1,5 + 0,3} \sqrt{\left(\frac{6}{0,3} - 10\right) \cdot 0,9} = \frac{1}{6} \cdot 3 = 0,5 \text{ м/с.}$$

Ответ: $u = 0,5 \text{ м/с}$

1. Непосредственно перед обрывом нити в момент прохождения положения равновесия шарик движется по окружности радиусом l со скоростью \bar{v} . В этот момент действующие на шарик сила тяжести $m\bar{g}$ и сила натяжения нити \bar{T}_0 направлены по вертикали и вызывают центростремительное ускорение шарика (см. рисунок). Запишем второй закон Ньютона в проекциях на ось Oy инерциальной системы отсчёта Oxy , связанной с Землёй:



$$\frac{mv^2}{l} = T_0 - mg, \text{ откуда: } v = \sqrt{\left(\frac{T_0}{m} - g\right)l}.$$

Два одинаковых теплоизолированных сосуда соединены короткой трубкой с краном. Объём каждого сосуда $V = 1 \text{ м}^3$. В первом сосуде находится $\nu_1 = 1$ моль гелия при температуре $T_1 = 400 \text{ К}$; во втором – $\nu_2 = 3$ моль аргона при температуре T_2 . Кран открывают. После установления равновесного состояния давление в сосудах $p = 5,4 \text{ кПа}$. Определите первоначальную температуру аргона T_2 .

1. Поскольку в указанном процессе газ не совершает работы и система является теплоизолированной, то в соответствии с первым законом термодинамики суммарная внутренняя энергия газов сохраняется:

$$\frac{3}{2}\nu_1 RT_1 + \frac{3}{2}\nu_2 RT_2 = \frac{3}{2}(\nu_1 + \nu_2)RT,$$

где T – температура в объединённом сосуде в равновесном состоянии после открытия крана.

2. В соответствии с уравнением Клапейрона – Менделеева для конечного состояния можно записать:

$$p(2V) = (\nu_1 + \nu_2)RT.$$

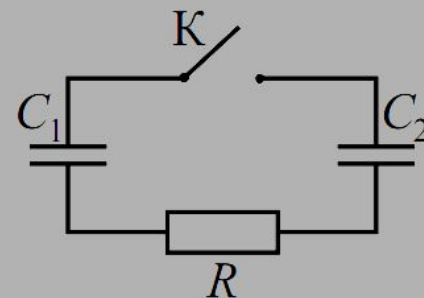
Исключая из двух записанных уравнений конечную температуру T , получаем искомое выражение для начальной температуры аргона:

$$T_2 = \frac{2Vp}{\nu_2 R} - \frac{\nu_1}{\nu_2} T_1 = \frac{2 \cdot 1 \cdot 5,4 \cdot 10^3}{3 \cdot 8,31} - \frac{1}{3} \cdot 400 \approx 300 \text{ К}.$$

Ответ: $T_2 \approx 300 \text{ К}$

30

Конденсатор $C_1 = 1$ мкФ заряжен до напряжения $U = 300$ В и включён в последовательную цепь из резистора $R = 300$ Ом, незаряженного конденсатора $C_2 = 2$ мкФ и разомкнутого ключа K (см. рисунок). Какое количество теплоты выделится в цепи после замыкания ключа, пока ток в цепи не прекратится?



1. Первоначальный заряд конденсатора C_1 равен $q = C_1 U$.
2. В результате перезарядки на конденсаторах устанавливаются одинаковые напряжения, так как ток в цепи прекращается и напряжение на резисторе R становится равным нулю. Поэтому конденсаторы можно считать соединёнными параллельно. Тогда их общая ёмкость $C_0 = C_1 + C_2$.
3. По закону сохранения заряда суммарный заряд конденсаторов будет равен $C_1 U$.
4. По закону сохранения энергии выделившееся в цепи количество теплоты равно разности значений энергии конденсаторов в начальном и конечном

состояниях:
$$Q = \frac{C_1 U^2}{2} - \frac{(C_1 U)^2}{2(C_1 + C_2)}.$$

Откуда получим:

$$Q = \frac{C_1 C_2 U^2}{2(C_1 + C_2)} = \frac{10^{-6} \cdot 2 \cdot 10^{-6} \cdot 300^2}{2(10^{-6} + 2 \cdot 10^{-6})} = 0,03 \text{ Дж.}$$

Ответ: $Q = 30$ мДж

