

Разбор заданий школьного этапа ВсОШ по физике

для 11 класса

2024/25 учебный год

Максимальное количество баллов — 30

Задание № 1.1

Общее условие:

Легковой автомобиль массой $m = 1250$ кг разгоняется из состояния покоя с постоянным ускорением $a = 2.5$ м/с². КПД автомобильного двигателя (коэффициент преобразования тепловой энергии сгорания бензина в механическую) считать постоянным и равным $\eta = 38$ %. Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Удельная теплота сгорания бензина $q = 46$ МДж/кг.

Условие:

Как изменяется расход бензина в процессе разгона по мере увеличения скорости автомобиля?

Ответ:

- Уменьшается
- Постоянно увеличивается
- Остаётся постоянным
- Сначала увеличивается, затем остаётся постоянным
- Расход бензина максимален в начале разгона

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему будет равна механическая мощность двигателя через 5 секунд? Ответ выразите в киловаттах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [38.9; 39.2]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему будет равен расход бензина через 8 секунд разгона? Ответ выразите в г/с, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [3.4; 3.8]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Предположим, что максимальный расход бензина ограничен конструкцией двигателя и не превышает 5 г/с. Определите время, в течение которого автомобиль сможет разогнаться с ускорением $a = 2.5 \text{ м/с}^2$. Ответ выразите в секундах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [11.0; 11.4]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение.

1. Двигатель автомобиля совершает работу, преобразуя тепловую энергию сгорания бензина в механическую. При сгорании бензина массы Δm_6 в течение малого промежутка времени Δt выделяется количество теплоты,

равное $\Delta Q = q\Delta m_{\text{б}}$. Тогда механическую работу, совершаемую двигателем, можно определить так:

$$\Delta A = \eta \cdot \Delta Q = \eta \cdot q\Delta m_{\text{б}} \text{ (за промежуток } \Delta\tau\text{)}.$$

Пусть N — мгновенная механическая мощность, развиваемая двигателем автомобиля. По определению, $N = \frac{\Delta A}{\Delta\tau}$, следовательно, отсюда мы можем получить связь между расходом бензина в единицу времени и N :

$$N = \frac{\Delta A}{\Delta\tau} = \frac{\eta \cdot q\Delta m_{\text{б}}}{\Delta\tau} = \eta q\mu,$$

где $\mu = \frac{\Delta m_{\text{б}}}{\Delta\tau}$ — расход бензина в единицу времени.

С другой стороны, мгновенную механическую мощность двигателя N можно определить как $N = F \cdot v = ma \cdot v = ma^2t$ (т.к. $v = at$).

Используем полученные выражения для мощности и найдём связь между расходом бензина μ и изменением скорости автомобиля:

$$\begin{aligned} \eta q\mu &= ma^2t, \\ \mu &= \frac{ma^2t}{\eta q}. \quad (*) \end{aligned}$$

Поскольку μ и v связаны прямой пропорциональностью \Rightarrow расход бензина в процессе разгона по мере увеличения скорости автомобиля будет *постоянно увеличиваться*.

2. Зная, что $N = ma^2t$, найдём мощность через 5 секунд:

$$N = 1250 \text{ кг} \cdot \left(2.5 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}\right)^2 \cdot 5 \text{ с} = 39062.5 \text{ Вт} \approx 39.1 \text{ кВт}.$$

3. Используем формулу (*) для определения μ через $t = 8$ с разгона:

$$\mu = \frac{ma^2t}{\eta q} = \frac{1250 \text{ кг} \cdot \left(2.5 \frac{\text{М}}{\text{с}^2}\right)^2 \cdot 8 \text{ с}}{0.38 \cdot 46 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} \cdot 1000 \frac{\text{г}}{\text{кг}} \approx 3.6 \frac{\text{г}}{\text{с}}.$$

4. Выразим время t из формулы (*) и получим связь между временем разгона и заданным ускорением:

$$t = \frac{\mu \eta q}{m a^2}.$$

Поскольку μ не превышает 5 г/с, время разгона будет равно:

$$t = 5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{кг}}{\text{с}} \cdot \frac{0.38 \cdot 46 \cdot 10^6 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}{1250 \text{ кг} \cdot \left(2.5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}\right)^2} = 11.1872 \text{ с} \approx 11.2 \text{ с}.$$

Задание № 1.2

Общее условие:

Легковой автомобиль массой $m = 1750$ кг разгоняется из состояния покоя с постоянным ускорением $a = 3$ м/с². КПД автомобильного двигателя (коэффициент преобразования тепловой энергии сгорания бензина в механическую) считать постоянным и равным $\eta = 36$ %. Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Удельная теплота сгорания бензина $q = 46$ МДж/кг.

Условие:

Как изменяется расход бензина в процессе разгона по мере увеличения скорости автомобиля?

Ответ:

- Остаётся постоянным
- Уменьшается
- Постоянно увеличивается
- Сначала увеличивается, затем остаётся постоянным
- Расход бензина максимален в начале разгона

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему будет равна механическая мощность двигателя через 10 секунд? Ответ выразите в киловаттах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [157.4; 157.6]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему будет равен расход бензина через 10 секунд разгона? Ответ выразите в г/с, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [9.4; 9.6]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Предположим, что максимальный расход бензина ограничен конструкцией двигателя и не превышает 8 г/с. Определите время, в течение которого автомобиль сможет разгоняться с ускорением $a = 3 \text{ м/с}^2$. Ответ выразите в секундах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [8.3; 8.5]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение по аналогии с заданием № 1.1

Задание № 1.3

Общее условие:

Легковой автомобиль массой $m = 1500$ кг разгоняется из состояния покоя с постоянным ускорением $a = 2$ м/с². КПД автомобильного двигателя (коэффициент преобразования тепловой энергии сгорания бензина в механическую) считать постоянным и равным $\eta = 30$ %. Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Удельная теплота сгорания бензина $q = 46$ МДж/кг.

Условие:

Как изменяется расход бензина в процессе разгона по мере увеличения скорости автомобиля?

Ответ:

- Остаётся постоянным
- Уменьшается
- Постоянно увеличивается
- Сначала увеличивается, затем остаётся постоянным
- Расход бензина максимален в начале разгона

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему будет равна механическая мощность двигателя через 10 секунд? Ответ выразите в киловаттах, округлите до целых.

Ответ: 60

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему будет равен расход бензина через 5 секунд разгона? Ответ выразите в г/с, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [2.0; 2.3]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Предположим, что максимальный расход бензина ограничен конструкцией двигателя и не превышает 6 г/с. Определите время, в течение которого автомобиль сможет разгоняться с ускорением $a = 2 \text{ м/с}^2$. Ответ выразите в секундах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [13.7; 13.9]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение по аналогии с заданием № 1.1

Задание № 1.4

Общее условие:

Легковой автомобиль массой $m = 1200$ кг разгоняется из состояния покоя с постоянным ускорением $a = 2.5$ м/с². КПД автомобильного двигателя (коэффициент преобразования тепловой энергии сгорания бензина в механическую) считать постоянным и равным $\eta = 35$ %. Сопротивлением воздуха можно пренебречь. Удельная теплота сгорания бензина $q = 46$ МДж/кг.

Условие:

Как изменяется расход бензина в процессе разгона по мере увеличения скорости автомобиля?

Ответ:

- Уменьшается
- Постоянно увеличивается
- Остаётся постоянным
- Сначала увеличивается, затем остаётся постоянным
- Расход бензина максимален в начале разгона

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему будет равна механическая мощность двигателя через 9 секунд? Ответ выразите в киловаттах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [67.4; 67.6]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Чему будет равен расход бензина через 8 секунд разгона? Ответ выразите в г/с, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [3.6; 3.8]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Предположим, что максимальный расход бензина ограничен конструкцией двигателя и не превышает 5 г/с. Определите время, в течение которого автомобиль сможет разогнаться с ускорением $a = 2.5 \text{ м/с}^2$. Ответ выразите в секундах, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [10.6; 10.8]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение по аналогии с заданием № 1.1

Задание № 2.1

Общее условие:

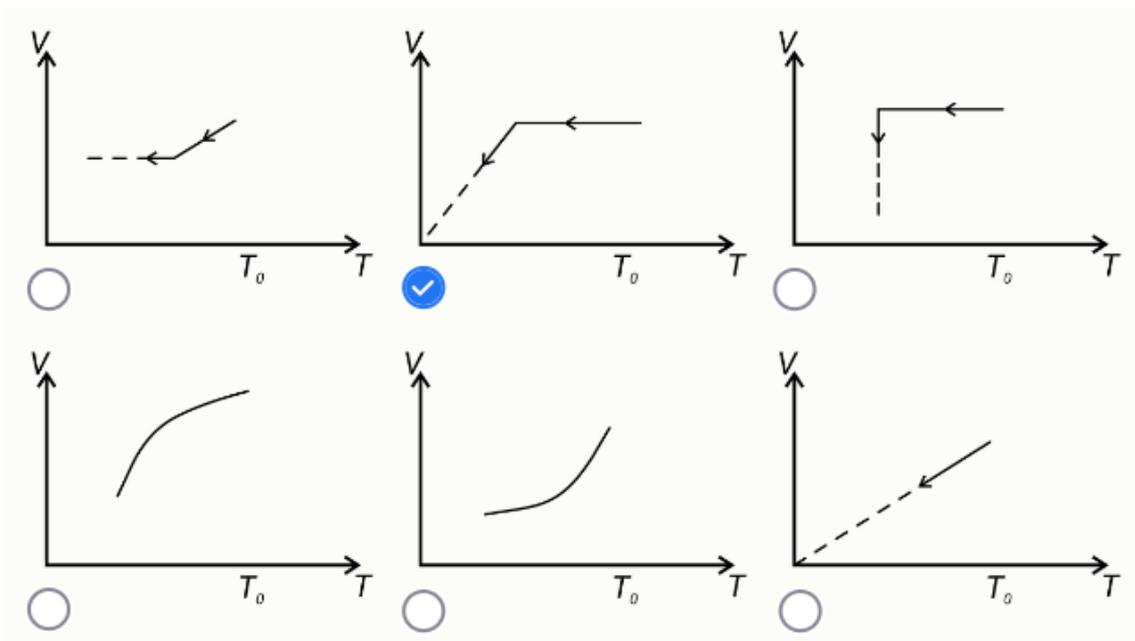
В горизонтально расположенном цилиндрическом сосуде с площадью поперечного сечения $S = 12 \text{ см}^2$ находится водород, отделённый от атмосферы подвижным поршнем (см. рисунок). При движении поршня на него действует постоянная сила трения $F = 24 \text{ Н}$. Первоначально давление внутри сосуда равно атмосферному давлению $P_0 = 10^5 \text{ Па}$, температура водорода $T_0 = 330 \text{ К}$. Температуру водорода начинают медленно уменьшать.



Условие:

Какой из графиков верно описывает зависимость объёма водорода от его температуры в этой системе?

Ответ:



Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

При какой температуре поршень придёт в движение? Ответ выразите в градусах Кельвина, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [263; 265]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

При какой температуре объём водорода уменьшится на 15 % по сравнению с первоначальным? Ответ выразите в градусах Кельвина, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [222; 226]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

После охлаждения водорода до температуры, при которой его объём уменьшился на 20 % по сравнению с первоначальным, водород начинают нагревать. При какой температуре объём водорода сравняется с первоначальным? Ответ выразите в градусах Кельвина, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [395; 397]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение.

1. Изначально давления внутри и снаружи сосуда были равны. Поскольку температуру водорода в системе начали медленно уменьшать, начало падать и давление внутри сосуда, следовательно, сила, действующая

на подвижный поршень слева F_{Γ} , стала меньше силы, давящей справа $F_{\text{атм}}$ (со стороны атмосферы):

$$F_{\Gamma} < F_{\text{атм}} \quad (P_{\Gamma} < P_0),$$

где $F_{\Gamma} = P_{\Gamma}S$ и $F_{\text{атм}} = P_0S$.

Поршень начнёт двигаться влево *не сразу*, а в момент, когда сила трения покоя достигнет максимально возможного значения, равного силе трения скольжения. Тогда сумма силы давления газа слева и максимальной силы трения покоя будет скомпенсирована силой атмосферного давления справа:

$$P_0S = P_{\Gamma}S + F.$$

Поэтому *в начале процесса* часть графика — изохора (*объём на этом участке меняться не будет*).

Далее выразим давление внутри сосуда:

$$P_{\Gamma} = P_0 - \frac{F}{S}, \quad P = \text{const.} \quad (**)$$

Выразим из уравнения состояния для водорода $\frac{P_{\Gamma}V_{\Gamma}}{T} = \frac{P_0V_0}{T_0}$ отношение объёмов $\frac{V_{\Gamma}}{V_0}$, учитывая (**):

$$\frac{V_{\Gamma}}{V_0} = \frac{P_0}{P_{\Gamma}} \cdot \frac{T}{T_0} = \frac{P_0}{P_0 - \frac{F}{S}} \cdot \frac{T}{T_0}.$$

Из полученного условия следует, что зависимость между объёмом под поршнем V_{Γ} и температурой T — прямая пропорциональность, поэтому *объём водорода будет уменьшаться*, а давление — оставаться постоянным. Т.е. наблюдается изобарный процесс.

Среди представленных графиков под описанные закономерности подходит график, состоящий из изохоры и изобары.

2. Как было отмечено ранее, поршень начинает приходить в движение, когда справедливо условие (**). Пока поршень не начал двигаться $V_{\Gamma} = V_0$, поэтому уравнение состояния для водорода в этот момент примет вид:

$$P_r = P_0 \cdot \frac{T}{T_0},$$

а температура T , при которой поршень придёт в движение, будет равна:

$$T = \frac{P_0 - \frac{F}{S}}{P_0} \cdot T_0 = \frac{10^5 \text{ Па} - \frac{24 \text{ Н}}{12 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2}}{10^5 \text{ Па}} \cdot 330 \text{ К} = 264 \text{ К}.$$

3. Используем отношение объёмов (которое было найдено в первом пункте решения), выразив из него температуру, при которой уменьшится объём водорода:

$$\frac{T}{T_0} = \frac{P_0 - \frac{F}{S}}{P_0} \cdot \frac{V_r}{V_0} \Rightarrow T = \frac{P_0 - \frac{F}{S}}{P_0} \cdot \frac{V_r}{V_0} \cdot T_0.$$

С учётом $\frac{V_r}{V_0} = 1 - 0.15 = 0.85$, получим:

$$T = \frac{10^5 \text{ Па} - \frac{24 \text{ Н}}{12 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2}}{10^5 \text{ Па}} \cdot 0.85 \cdot 330 \text{ К} = 224.4 \text{ К} \approx 224 \text{ К}.$$

4. Поскольку водород под поршнем начали нагревать, следовательно, в какой-то момент поршень начнёт двигаться в обратную сторону (вправо). Это произойдёт, когда сумма сил атмосферного давления и трения будет скомпенсирована силой давления водорода:

$$P_r S = P_0 S + F.$$

Давление под поршнем будет равно $P_r = P_0 + \frac{F}{S}$. Если $V_r = V_0$, то действуя по аналогии с предыдущим пунктом, искомая температура равна:

$$T = \frac{P_0 + \frac{F}{S}}{P_0} \cdot T_0 = \frac{10^5 \text{ Па} + \frac{24 \text{ Н}}{12 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2}}{10^5 \text{ Па}} \cdot 330 \text{ К} = 396 \text{ К}.$$

Задание № 2.2

Общее условие:

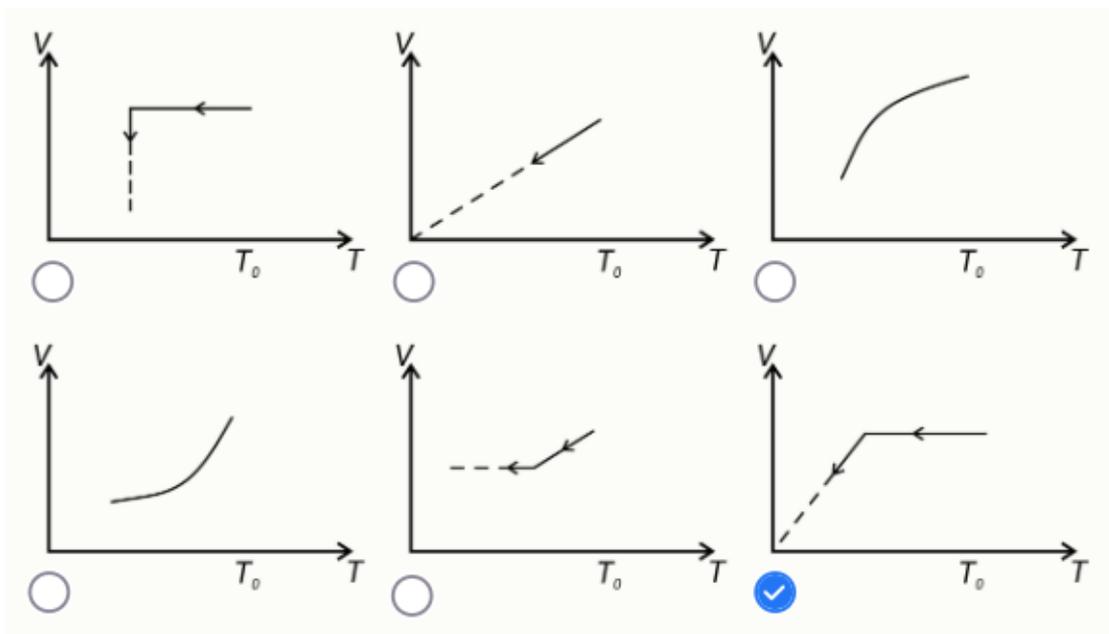
В горизонтально расположенном цилиндрическом сосуде с площадью поперечного сечения $S = 20 \text{ см}^2$ находится водород, отделённый от атмосферы подвижным поршнем (см. рисунок). При движении поршня на него действует постоянная сила трения $F = 50 \text{ Н}$. Первоначально давление внутри сосуда равно атмосферному давлению $P_0 = 10^5 \text{ Па}$, температура водорода $T_0 = 320 \text{ К}$. Температуру водорода начинают медленно уменьшать.



Условие:

Какой из графиков верно описывает зависимость объёма водорода от его температуры в этой системе?

Ответ:



Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

При какой температуре поршень придёт в движение? Ответ выразите в градусах Кельвина, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [239; 241]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

При какой температуре объём водорода уменьшится на 5 % по сравнению с первоначальным? Ответ выразите в градусах Кельвина, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [227; 229]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

После охлаждения водорода до температуры, при которой его объём уменьшился на 20 % по сравнению с первоначальным, водород начинают нагревать. При какой температуре объём водорода сравняется с первоначальным? Ответ выразите в градусах Кельвина, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [398; 402]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение по аналогии с заданием № 2.1

Задание № 2.3

Общее условие:

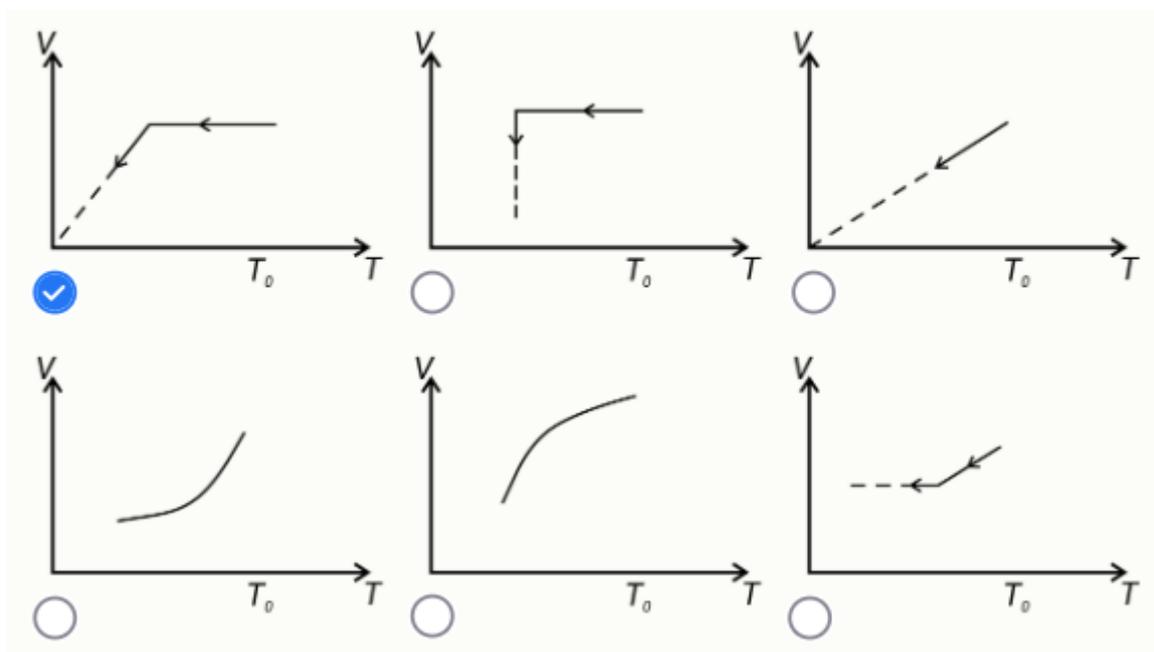
В горизонтально расположенном цилиндрическом сосуде с площадью поперечного сечения $S = 20 \text{ см}^2$ находится водород, отделённый от атмосферы подвижным поршнем (см. рисунок). При движении поршня на него действует постоянная сила трения $F = 30 \text{ Н}$. Первоначально давление внутри сосуда равно атмосферному давлению $P_0 = 10^5 \text{ Па}$, температура водорода $T_0 = 280 \text{ К}$. Температуру водорода начинают медленно уменьшать.



Условие:

Какой из графиков верно описывает зависимость объёма водорода от его температуры в этой системе?

Ответ:



Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

При какой температуре поршень придёт в движение? Ответ выразите в градусах Кельвина, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [236; 240]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

При какой температуре объём водорода уменьшится на 10 % по сравнению с первоначальным? Ответ выразите в градусах Кельвина, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [213; 215]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

После охлаждения водорода до температуры, при которой его объём уменьшился на 20 % по сравнению с первоначальным, водород начинают нагревать. При какой температуре объём водорода сравняется с первоначальным? Ответ выразите в градусах Кельвина, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [320; 324]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение по аналогии с заданием № 2.1

Задание № 2.4

Общее условие:

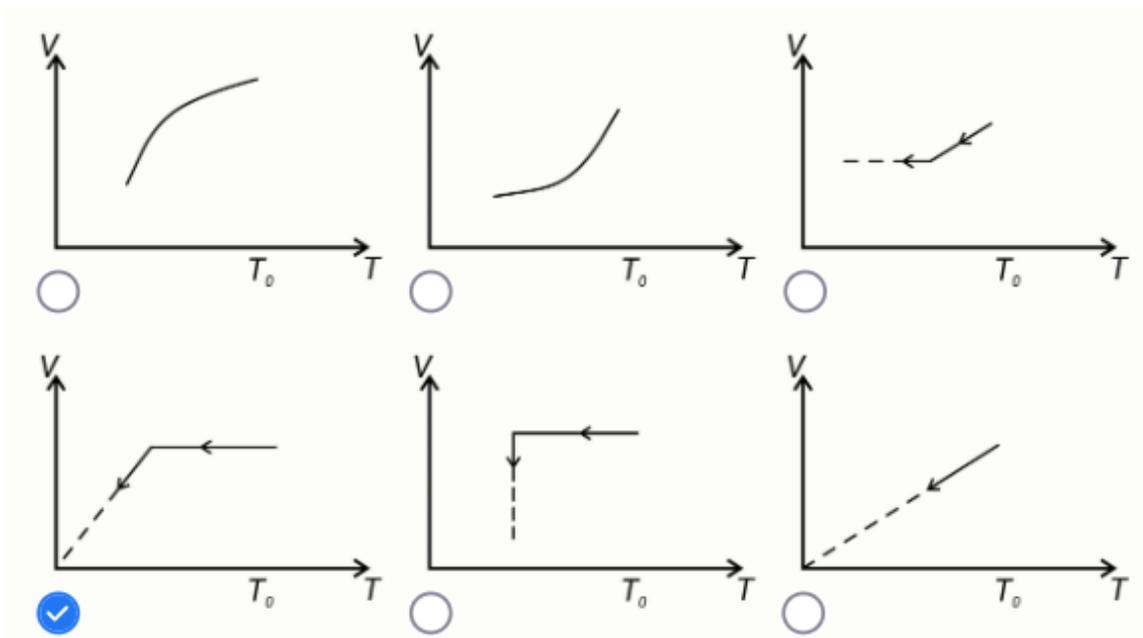
В горизонтально расположенном цилиндрическом сосуде с площадью поперечного сечения $S = 10 \text{ см}^2$ находится водород, отделённый от атмосферы подвижным поршнем (см. рисунок). При движении поршня на него действует постоянная сила трения $F = 10 \text{ Н}$. Первоначально давление внутри сосуда равно атмосферному давлению $P_0 = 10^5 \text{ Па}$, температура водорода $T_0 = 300 \text{ К}$. Температуру водорода начинают медленно уменьшать.



Условие:

Какой из графиков верно описывает зависимость объёма водорода от его температуры в этой системе?

Ответ:



Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

При какой температуре поршень придёт в движение? Ответ выразите в градусах Кельвина, округлите до целых.

Ответ: 270

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

При какой температуре объём водорода уменьшится на 20 % по сравнению с первоначальным? Ответ выразите в градусах Кельвина, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [215; 217]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

После охлаждения водорода до температуры, при которой его объём уменьшился на 20 % по сравнению с первоначальным, водород начинают нагревать. При какой температуре объём водорода сравняется с первоначальным? Ответ выразите в градусах Кельвина, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [329; 331]

Точное совпадение ответа — 3 балла

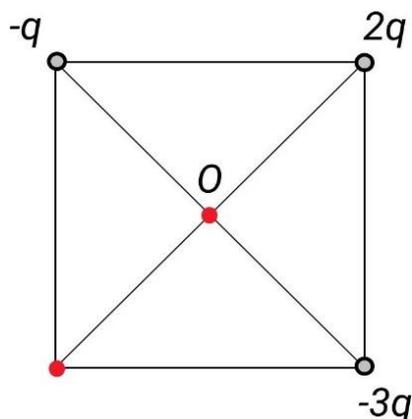
Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение по аналогии с заданием № 2.1

Задание № 3.1

Общее условие:

Три неподвижных точечных заряда находятся в трёх вершинах квадрата со стороной $a = 2$ м. Величины зарядов показаны на рисунке ($q = 2 \cdot 10^{-9}$ Кл). Постоянная закона Кулона $k = 9 \cdot 10^9$ Н·м²/Кл².



Условие:

Как направлен вектор напряжённости электростатического поля \vec{E} в точке пересечения диагоналей квадрата (в точке O)?

Ответ:

- Вправо
- Влево
- Вверх
- Вниз
- $E = 0$

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите величину модуля напряжённости электростатического поля в точке O . Ответ выразите в В/м, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [25.2; 25.6]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите величину потенциала ϕ в четвёртой вершине квадрата. Ответ выразите в вольтах с учётом знака, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [−23.4; −23.2]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Какой по величине точечный заряд Q надо разместить в четвёртой вершине квадрата, чтобы сила, действующая на заряд $2q$, стала минимальной? Ответ выразите в нанокюлонах с учётом знака, округлите до десятых (приставка «нано» означает 10^{-9}).

Ответ: засчитывается в диапазоне [11.2; 11.4]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение.

1. Поскольку точка O равноудалена от вершин квадрата, величины векторов напряжённости электростатического поля каждого из зарядов в вершинах будут прямо пропорциональны их модулям:

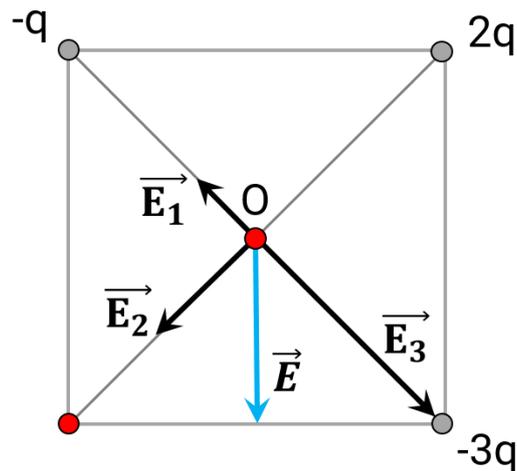
$$E_1 = \frac{k|q|}{r^2}, E_2 = \frac{2k|q|}{r^2}, E_3 = \frac{3k|q|}{r^2},$$

где r — половина диагонали квадрата.

Известно, что длина стороны квадрата равна a , тогда $r = a/\sqrt{2}$ и уравнения выше приобретут следующий вид:

$$E_1 = \frac{2k|q|}{a^2}, \quad E_2 = \frac{4k|q|}{a^2} = 2E_1, \quad E_3 = \frac{6k|q|}{a^2} = 3E_1.$$

Отразим на схеме направления векторов напряжённости, учитывая знаки зарядов и соотношения выше.



Вектор напряжённости электростатического поля \vec{E} в точке пересечения диагоналей квадрата будет направлен *вниз*, исходя из принципа суперпозиции: $\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$.

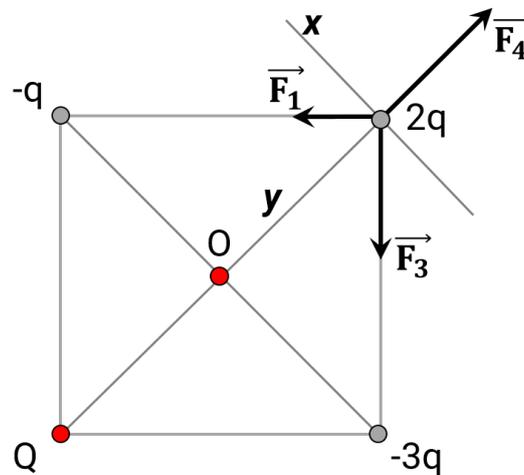
2. Определим величину модуля напряжённости электростатического поля в точке O:

$$E = \sqrt{2}E_2 = 2\sqrt{2}E_1 = \frac{4\sqrt{2}kq}{a^2} = \frac{4\sqrt{2} \cdot 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}}{(2 \text{ м})^2} = 18\sqrt{2} \frac{\text{В}}{\text{м}} \approx 25.5 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$

3. Используя принцип суперпозиции, найдём потенциал в четвёртой вершине квадрата:

$$\begin{aligned} \phi &= \phi_1 + \phi_2 + \phi_3 = -\frac{kq}{a} + \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{2kq}{a} - \frac{3kq}{a} = -\frac{kq}{a} \cdot (4 - \sqrt{2}) = \\ &= -\frac{9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2} \cdot 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \cdot (4 - \sqrt{2})}{2 \text{ м}} \approx -23.3 \text{ В}. \end{aligned}$$

4. Через вершину $2q$ проведём две оси: одну параллельно диагонали (ось x), вторую — вдоль диагонали, соединяющей вершины Q и $2q$ (ось y).



После того, как в четвёртую вершину был помещён заряд Q (предположим, что $Q > 0$), на заряд $2q$ стали действовать силы \vec{F}_1 , \vec{F}_3 , \vec{F}_4 .

Поскольку $\vec{F}_4 \perp x$, значит, проекция F_x от силы, создаваемой зарядом Q , не зависит, следовательно, величина силы, действующей на $2q$, будет минимальной в случае, если вклад проекции F_y будет нулевым. Согласно этому условию, найдём величину заряда Q :

$$F_y = 0,$$

$$-F_1 \cdot \cos(45^\circ) - F_3 \cdot \cos(45^\circ) + F_4 = 0,$$

$$-\frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{k|q|}{a^2} - \frac{\sqrt{2}}{2} \cdot \frac{3k|q|}{a^2} + \frac{k|Q|}{2a^2} = 0,$$

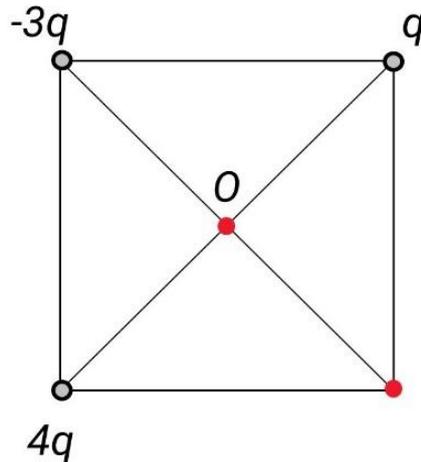
$$Q = 4\sqrt{2} \cdot q,$$

$$Q = 4\sqrt{2} \cdot 2 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} = 8\sqrt{2} \text{ нКл} \approx 11.3 \text{ нКл}.$$

Задание № 3.2

Общее условие:

Три неподвижных точечных заряда находятся в трёх вершинах квадрата со стороной $a = 3$ м. Величины зарядов показаны на рисунке ($q = 2 \cdot 10^{-9}$ Кл). Постоянная закона Кулона $k = 9 \cdot 10^9$ Н·м²/Кл².



Условие:

Как направлен вектор напряжённости электростатического поля \vec{E} в точке пересечения диагоналей квадрата (в точке O)?

Ответ:

- Вправо
- Влево
- Вверх
- Вниз
- $E = 0$

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите величину модуля напряжённости электростатического поля в точке O . Ответ выразите в В/м, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [16.8; 17.1]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите величину потенциала ϕ в четвёртой вершине квадрата. Ответ выразите в вольтах с учётом знака, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [17.2; 17.4]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Какой по величине точечный заряд Q надо разместить в четвёртой вершине квадрата, чтобы сила, действующая на заряд $-3q$, стала минимальной? Ответ выразите в нанокулонах с учётом знака, округлите до десятых (приставка «нано» означает 10^{-9}).

Ответ: засчитывается в диапазоне [-14.2; -14]

Точное совпадение ответа — 3 балла

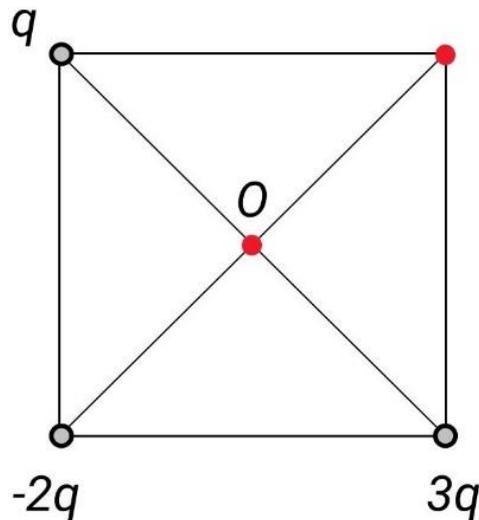
Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение по аналогии с заданием № 3.1

Задание № 3.3

Общее условие:

Три неподвижных точечных заряда находятся в трёх вершинах квадрата со стороной $a = 1.5$ м. Величины зарядов показаны на рисунке ($q = 1 \cdot 10^{-9}$ Кл). Постоянная закона Кулона $k = 9 \cdot 10^9$ Н·м²/Кл².



Условие:

Как направлен вектор напряжённости электростатического поля \vec{E} в точке пересечения диагоналей квадрата (в точке O)?

Ответ:

- Вправо
- Влево
- Вверх
- Вниз
- $E = 0$

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите величину модуля напряжённости электростатического поля в точке O . Ответ выразите в В/м, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [22.4; 22.7]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите величину потенциала ϕ в четвёртой вершине квадрата. Ответ выразите в вольтах с учётом знака, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [15.4; 15.6]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Какой по величине точечный заряд Q надо разместить в четвёртой вершине квадрата, чтобы сила, действующая на заряд $-2q$, стала минимальной? Ответ выразите в нанокуллонах с учётом знака, округлите до десятых (приставка «нано» означает 10^{-9}).

Ответ: засчитывается в диапазоне [-5.7; -5.6]

Точное совпадение ответа — 3 балла

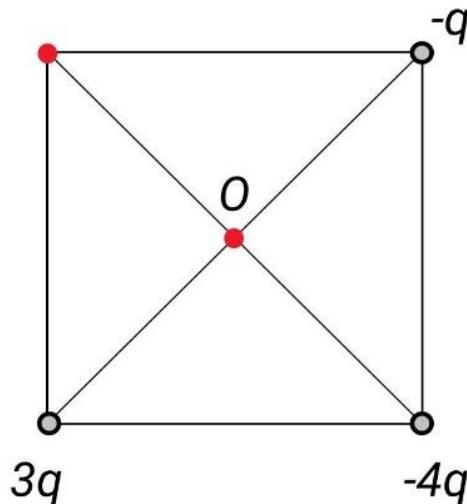
Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение по аналогии с заданием № 3.1

Задание № 3.4

Общее условие:

Три неподвижных точечных заряда находятся в трёх вершинах квадрата со стороной $a = 2$ м. Величины зарядов показаны на рисунке ($q = 2 \cdot 10^{-9}$ Кл). Постоянная закона Кулона $k = 9 \cdot 10^9$ Н·м²/Кл².



Условие:

Как направлен вектор напряжённости электростатического поля \vec{E} в точке пересечения диагоналей квадрата (в точке O)?

Ответ:

- Вправо
- Влево
- Вверх
- Вниз
- $E = 0$

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите величину модуля напряжённости электростатического поля в точке O . Ответ выразите в В/м, округлите до целых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [50; 51]

Точное совпадение ответа — 2 балла

Условие:

Определите величину потенциала ϕ в четвёртой вершине квадрата. Ответ выразите в вольтах с учётом знака, округлите до десятых.

Ответ: засчитывается в диапазоне [-7.5; -7.2]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Условие:

Какой по величине точечный заряд Q надо разместить в четвёртой вершине квадрата, чтобы сила, действующая на заряд $-4q$, стала минимальной? Ответ выразите в нанокюлонах с учётом знака, округлите до десятых (приставка «нано» означает 10^{-9}).

Ответ: засчитывается в диапазоне [-5.7; -5.6]

Точное совпадение ответа — 3 балла

Максимальный балл за задание — 10 баллов

Решение по аналогии с заданием № 3.1