

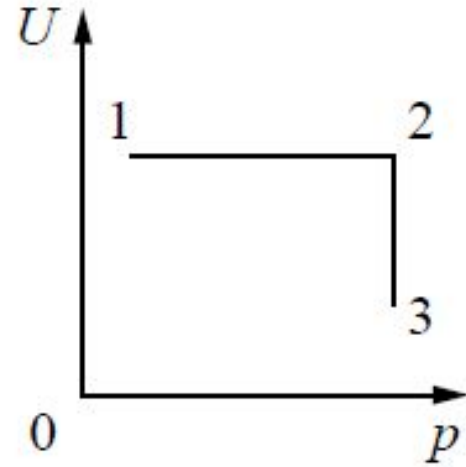
ЕГЭ

Задачи часть 2



Задание 28

Постоянное количество одноатомного идеального газа участвует в процессе, который изображён на рисунке в переменных $p - U$, где U – внутренняя энергия газа, p – его давление. Опираясь на законы молекулярной физики и термодинамики, определите, получает газ теплоту или отдаёт в процессах 1–2 и 2–3.



Возможное решение

1. Так как внутренняя энергия идеального одноатомного газа $U = \frac{3}{2} \nu RT$ (где ν – количество моль газа), то на участке 1–2, где внутренняя энергия газа не изменяется ($\Delta U = 0$), процесс изотермический: $\Delta T = 0$.

2. По первому закону термодинамики количество теплоты, которое одноатомный идеальный газ получает на изотерме, равно работе газа: $Q = \Delta U + A = A$. Так как давление газа растёт, то согласно закону Бойля – Мариотта, объём уменьшается, т.е. газ совершает отрицательную работу: $A < 0$. Значит, $Q_{12} < 0$, и газ отдаёт тепло.

3. На участке 2–3 давление газа не изменяется (изобарный процесс $p = \text{const}$), а внутренняя энергия уменьшается ($\Delta U < 0$), поэтому температура газа T уменьшается, согласно закону Гей-Люссака объём также уменьшается. В этом процессе работа отрицательна, так как газ сжимается: $A < 0$. По первому закону термодинамики $Q_{23} = \Delta U + A < 0$. В этом процессе газ также отдаёт тепло.

Ответ: $Q_{12} < 0$; $Q_{23} < 0$

2. 1-2 - изотермический процесс, т.к.

$$U = \text{const}, T = \text{const}.$$

$$\Delta U = 0 \Rightarrow Q = \Delta U + A' \text{ - I закон ТД}$$

$Q = A'$ где изотер. проц.
 A' - работа газа

$$A' = p \Delta V$$

$$pV = \text{const} \text{ (у-е}$$

Бойля-Мариот),
т.к. по графику
 p увелич. $\Rightarrow V$ уменьш. $\Rightarrow$
 $A' < 0 \Rightarrow Q < 0$

значит газ отдает тепло.

2-3 - адиабатический процесс $p = \text{const}$.

$$Q = \Delta U + A' \quad \frac{V}{T} = \text{const} \text{ (у-е адиаб. пр.)}$$

т.к. U уменьш. $\Rightarrow T \downarrow \Rightarrow V \downarrow \Rightarrow$

$$A' < 0 \text{ и } \Delta U < 0 \Rightarrow Q < 0.$$

газ отдает тепло.

Ответ: на участках 1-2 и 2-3
газ отдает тепло.

3

балла

1) Дано:

$$U_1 = U_2$$

$$P_2 = P_3$$

$$U_3 < U_2$$

$$P_1 < P_2$$

$$Q_{1-2} = ?$$

$$Q_{2-3} = ?$$

Решение

$$Q = \Delta U + A'$$

$$\Delta U_{1-2} = 0 \text{ по условию, т.к. } Q_{1-2} = A'_{1-2}$$

Т.к. газ совершает работу, т.е. над ним совершается работа, $Q_{1-2} > 0$, газ получает тепло.

$$\begin{aligned} Q_{2-3} &= \Delta U_{2-3} + A'_{2-3} = \frac{3}{2} \sqrt{R} \Delta T_{2-3} + \sqrt{R} \Delta T_{2-3} \\ &= \frac{5}{2} \sqrt{R} \Delta T_{2-3} \end{aligned}$$

$\Delta T_{2-3} < 0$, т.к. $U_3 < U_2$, газ расширяется, по условию

т.е. газ получает теплоту $Q_{2-3} < 0$

Ответ: $Q_{1-2} > 0$, $Q_{2-3} < 0$

1

балл

1). Процесс 1-2. $U = \text{const} \Rightarrow T = \text{const}$.

Изотермический $p \uparrow$, т.к. $T = \text{const}$ процесс
по закону Бойля - Мариотта, $pV = \text{const}$
если $p \uparrow$, то $V \downarrow$ - сжатие $A' < 0$, но

Σ 2-ую термодинамики $Q = A'$, т.к. $\Delta U = 0$.

$Q < 0$ газ отдает тепло.

Процесс 2-3 $p = \text{const}$ - изобарный. $\frac{V}{T} = \text{const}$.

$U \downarrow \Rightarrow T \downarrow$ $Q = A' + \Delta U$; $\Delta U < 0$;

В изобарном процессе по закону Гей-Люссака

$T \downarrow$, $V \downarrow$ - сжатие $A' < 0$; $Q < 0$ газ
отдает тепло.

1) При переходе $1 \rightarrow 2$ $U = \text{const}$;
т.к. для одноатомного идеального
газа $U = \frac{3}{2} \nu R P$, то при $U = \text{const}$,
 $P = \text{const}$ - изотермический процесс.
 $P \uparrow$, значит по закону Бойля-
Мариотта $V \downarrow$, т.е. $A > 0$

I закон термодинамики

$$\Delta U = Q + A$$

$$0 = Q + A; Q = -A, \text{ т.е. } Q < 0 -$$

~~отдает~~ система отдает ~~энергию~~
количество теплоты на $1 \rightarrow 2$.

2) $2 \rightarrow 3$; $P = \text{const}$, $U \downarrow$, $P \downarrow$ -

- изотермический процесс, между P и V -
~~от~~ прямая зависимость $V \downarrow$, $A > 0$

$$\Delta U = Q + A$$

$$Q = \Delta U - A$$

Q - отдает, т.к. $\Delta U < 0$.

Задание 29

Если во время полёта между двумя городами дует попутный ветер, то самолёт затрачивает на перелёт между ними 6 ч. Если дует такой же боковой ветер перпендикулярно линии полёта, то самолёт затрачивает на перелёт 7,5 ч. Найдите скорость ветра, если скорость самолёта относительно воздуха постоянна и равна 328 км/ч.

Возможное решение

Расстояние между городами, исходя из данных для перелёта в первом случае (см. рис. I): $s = (v_{\text{св}} + v_{\text{в}}) t_1$,

где $v_{\text{св}}$ – скорость самолёта относительно воздуха.

Закон сложения скоростей в векторном виде для перелёта во время бокового ветра:

$$\vec{v}_{\text{с}} = \vec{v}_{\text{св}} + \vec{v}_{\text{в}},$$

где $\vec{v}_{\text{с}}$ и $\vec{v}_{\text{в}}$ – соответственно скорость самолёта относительно Земли и скорость ветра. Выражение для скорости самолёта относительно Земли во втором случае имеет вид: $v_{\text{с}} = \sqrt{v_{\text{св}}^2 - v_{\text{в}}^2}$ (см. рис. II).

Расстояние между городами во втором случае

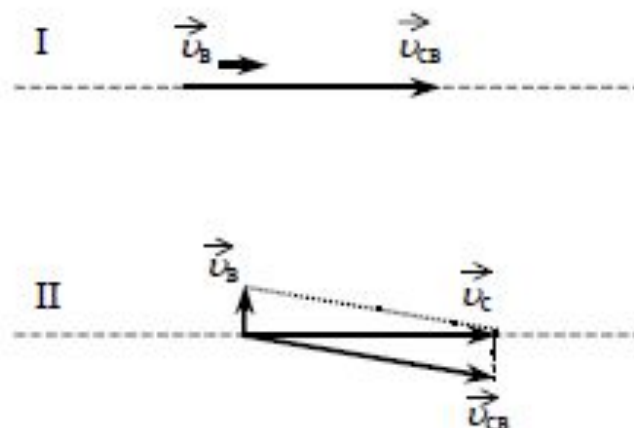
$$s = v_{\text{с}} t_2 = \sqrt{v_{\text{св}}^2 - v_{\text{в}}^2} \cdot t_2.$$

Следовательно, $\sqrt{v_{\text{св}}^2 - v_{\text{в}}^2} \cdot t_2 = (v_{\text{св}} + v_{\text{в}}) t_1$.

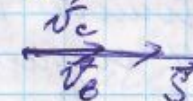
Возводя это уравнение в квадрат, получим квадратное уравнение относительно $v_{\text{в}}$: $v_{\text{св}}^2 (t_2^2 - t_1^2) - 2v_{\text{св}} \cdot v_{\text{в}} t_1^2 - v_{\text{в}}^2 (t_1^2 + t_2^2) = 0$. Выбираем его

положительный корень: $v_{\text{в}} = v_{\text{св}} \frac{t_2^2 - t_1^2}{t_2^2 + t_1^2} = 72 \text{ км/ч}$.

Ответ: $v_{\text{в}} = 72 \text{ км/ч} = 20 \text{ м/с}$



$$\begin{aligned} t_1 &= 6 \text{ с} \\ t_2 &= 7,5 \text{ с} \\ v_c &= 328 \frac{\text{км}}{\text{ч}} \\ v_e &= ? \end{aligned}$$

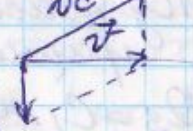
1)  S - расст. м/у
попарам

$$S = (v_c + v_e) t_1$$

$$S = v t_1$$

$$\vec{v} = \vec{v}_c + \vec{v}_e$$

$$v = v_c + v_e$$

2) 

$$\vec{S} = \vec{v} t_2$$

$$\vec{v} = \vec{v}_c + \vec{v}_e$$

$$S = \sqrt{v_c^2 - v_e^2} t_2$$

$$v = \sqrt{v_c^2 - v_e^2}$$

по т-ме Пифагора

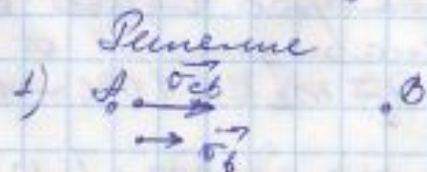
$$\begin{aligned} (v_c + v_e) t_1 &= \sqrt{v_c^2 - v_e^2} t_2 \\ (v_c + v_e)^2 t_1^2 &= (v_c^2 - v_e^2) t_2^2 \\ (v_c + v_e)^2 t_1^2 &= (v_c - v_e)(v_c + v_e) t_2^2 \\ (v_c + v_e) t_1^2 &= (v_c - v_e) t_2^2 \\ v_c t_1^2 + v_e t_1^2 &= v_c t_2^2 - v_e t_2^2 \\ v_e (t_1^2 + t_2^2) &= v_c (t_2^2 - t_1^2) \\ v_e &= v_c \frac{(t_2^2 - t_1^2)}{(t_1^2 + t_2^2)} \end{aligned}$$

$$v_e = 328 \frac{7,5^2 - 6^2}{7,5^2 + 6^2} = 72 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

Ответ: скорость ветра $72 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$

2
балла

Дано:
 $t_1 = 6 \text{ s}$
 $t_2 = 4,5 \text{ s}$
 $v_{cb} = 328 \text{ м/с}$
 $v_b = ?$

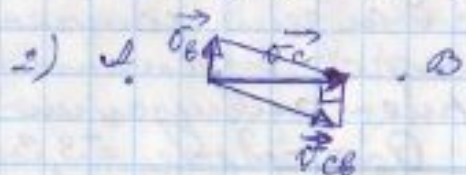


$$S = \text{const}$$

$$v_c = v_{cb} + v_b$$

$$S = (v_{cb} + v_b) t_1$$

где v_{cb} — скорость самолета относительно воздуха;
 v_b — скорость ветра;
 v_c — скорость самолета



$$S = \sqrt{v_{cb}^2 + v_b^2} t_2$$

$$3) (v_{cb} + v_b) t_1 = \sqrt{v_{cb}^2 + v_b^2} t_2$$

$$(v_{cb} + v_b)^2 t_1^2 = (v_{cb}^2 + v_b^2) t_2^2$$

$$v_{cb}^2 t_1^2 + 2 v_{cb} v_b t_1^2 + v_b^2 t_1^2 = v_{cb}^2 t_2^2 + v_b^2 t_2^2$$

$$v_b^2 (t_1^2 + t_2^2) + 2 v_{cb} t_1^2 - v_{cb}^2 t_2^2 = 0$$

$$v_b^2 (36 + 20,25) + 2 \cdot 328 \cdot 36 - 328^2 \cdot 20,25 = 0$$

$$56,25 v_b^2 + 23808 v_b - 2380800 = 0$$

$$D = 65536 + 94464 = 160.000$$

$$v_b = \frac{-256 \pm \sqrt{160.000}}{2}$$

$$v_b = \frac{-256 + 400}{2} = 72 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right) = 20 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}} \right)$$

$$\text{Ответ: } v_b = 20 \text{ м/с} = 72 \frac{\text{км}}{\text{ч}}$$

3
балла

Задание 30

В теплоизолированный сосуд, в котором находится 1 кг льда при температуре $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$, налили 0,2 кг воды при температуре $10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Определите массу льда в сосуде после установления теплового равновесия. Теплоёмкостью сосуда и потерями тепла пренебречь.

Возможное решение

Определим конечное состояние смеси лёд – вода, для чего сравним количество теплоты Q_1 , необходимое для нагревания льда до температуры плавления, и количество теплоты Q_2 , которое может отдать вода при остывании до начала процесса кристаллизации:

$$Q_1 = c_1 m_1 (0 - t_1) = 2100 \cdot 1 \cdot (0 - (-20)) = 42\,000 \text{ Дж};$$

$$Q_2 = c_2 m_2 t_2 = 4200 \cdot 0,2 \cdot 10 = 8400 \text{ Дж}.$$

$Q_1 > Q_2$, следовательно, вода остынет до 0°C и начнёт кристаллизоваться.

Для того чтобы полностью превратиться в лёд, воде при 0°C необходимо отдать количество теплоты $Q_3 = \lambda m_2 = 330\,000 \cdot 0,2 = 66\,000 \text{ Дж}$.

Так как $Q_1 < Q_2 + Q_3$, $42\,000 < 8400 + 66\,000 = 74\,400$, можно сделать вывод, что только часть воды массой m_3 превратится в лёд и в сосуде установится конечная температура $t_k = 0^\circ\text{C}$.

Запишем уравнение теплового баланса: $c_1 m_1 (0 - t_1) + c_2 m_2 (0 - t_2) - \lambda m_3 = 0$.

$$\begin{aligned} \text{Таким образом, масса кристаллизовавшейся воды: } m_3 &= -\frac{c_1 m_1 t_1 + c_2 m_2 t_2}{\lambda} = \\ &= -\frac{2100 \cdot 1 \cdot (-20) + 4200 \cdot 0,2 \cdot 10}{330\,000} \approx 0,1 \text{ кг}. \end{aligned}$$

В итоге получаем, что после установления теплового равновесия в сосуде будет находиться $M = m_1 + m_3 \approx 1 + 0,1 = 1,1 \text{ кг}$ льда.

Ответ: $M \approx 1,1 \text{ кг}$

Дано:

$$m_1 = 1 \text{ кг}$$

$$t_1 = -20^\circ\text{C}$$

$$m_2 = 0,2 \text{ кг}$$

$$t_2 = 40^\circ\text{C}$$

$$t_3 = 0$$

$$m_1' = ?$$

$$Q_{\text{погр}} = Q_{\text{отг}}$$

$$Q_{\text{погр}} = c_1 m_1 (t_3 - t_1)$$

$$Q_{\text{отг}} = c_2 m_2 (t_2 - t_3) + \lambda m_1'$$

$$c_1 m_1 (t_3 - t_1) = c_2 m_2 (t_2 - t_3) + \lambda m_1'$$

$$m_1' = \frac{c_1 m_1 (t_3 - t_1) - c_2 m_2 (t_2 - t_3)}{\lambda}$$

$$m_1' = \frac{2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}} \cdot 1 \text{ кг} (20^\circ\text{C}) - 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}} \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 50^\circ\text{C}}{3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}}$$

$$\approx 0,1 \text{ кг} \quad (m_1' \text{ — масса льда у воды})$$

$$m_1' = m_1 + m_1' = 1 \text{ кг} + 0,1 \text{ кг} = 1,1 \text{ кг} -$$

— будет льда

Ответ: $m_1' = 1,1 \text{ кг}$.

1

балл

N3

Дано:

$$m_1 = 1 \text{ кг}$$

$$t_1 = -20^\circ\text{C}$$

$$m_2 = 0,2 \text{ кг}$$

$$t_2 = 10^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{м.}} = 0^\circ\text{C}$$

$$m_{\text{л}} = ?$$

$Q_2 = c_в \cdot m_2 (t_2 - t_{\text{м.}})$ - кол-во теплоты, кот. выделяется при охлаждении воды до 0°C .

$$Q_2 = 4200 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}} \cdot 0,2 \text{ кг} \cdot 10^\circ\text{C} = 8400 \text{ Дж}$$

$Q_1 = c_л m_1 (t_{\text{м.}} - t_1)$ - кол-во теплоты, кот. может получить лед, нагреваясь до 0°C

$$Q_1 = 2100 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}^\circ\text{C}} \cdot 1 \text{ кг} \cdot 20^\circ\text{C} = 42000 \text{ Дж}$$

Сравнивая результаты видно, что кол-во теплоты, кот. отдает вода при охлаждении, не хватает для нагревания льда до 0°C . Поэтому может замерзнуть вода, отдавая тепло льду.

$$Q = \lambda \cdot m_{\text{лв}} \quad Q = Q_1 - Q_2 \quad m_{\text{лв}} = \frac{Q}{\lambda} = \frac{Q_1 - Q_2}{\lambda}$$

$$m_{\text{лв}} = \frac{42000 \text{ Дж} - 8400 \text{ Дж}}{3,3 \cdot 10^5 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}} = 0,1 \text{ кг}$$

$$m_{\text{л}} = m_1 + m_{\text{лв}} = 1 \text{ кг} + 0,1 \text{ кг} = 1,1 \text{ кг} \quad \text{Ответ: } 1,1 \text{ кг}$$

2 балла

$$m_A = 1 \text{ кг}$$

$$\alpha_{\text{пол}} = 100\%$$

$$t_{1A} = -20^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{отр}} = c_b m_b (t - t_{1B}) -$$

охлаждается до 0°

$$m_b = 0,2 \text{ кг}$$

$$t = 0$$

$$t_{1B} = 10^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{отр}} = 4200 \cdot 0,2 \cdot 10 = 8400 \text{ Дж}$$

$$m'_A = ?$$

Чтобы нагреть лед до 0° необходимо

$$Q_{\text{пол}} = c_A m_A (t - t_{1A}) = 2100 \cdot 1 \cdot 20 = 42000 \text{ Дж}$$

Т.к. $Q_{\text{пол}} > Q_{\text{отр}}$, значит Q не хватает чтобы лед нагрелся до $t_{\text{пл}}$.

Вода частично замерзнет, оставшаяся текучею

$$m_{\text{замерз. воды}} = \frac{Q_{\text{пол}} - Q_{\text{отр}}}{\lambda}$$

$$m_{\text{зам.}} = \frac{42000 - 8400}{3,3 \cdot 10^5} = 0,102 \text{ (кг)}$$

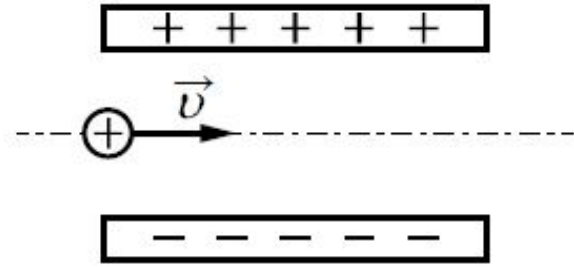
$$m'_A = m_A + m_{\text{зам. в}} = 1 + 0,102 = 1,1 \text{ кг}$$

2

балла

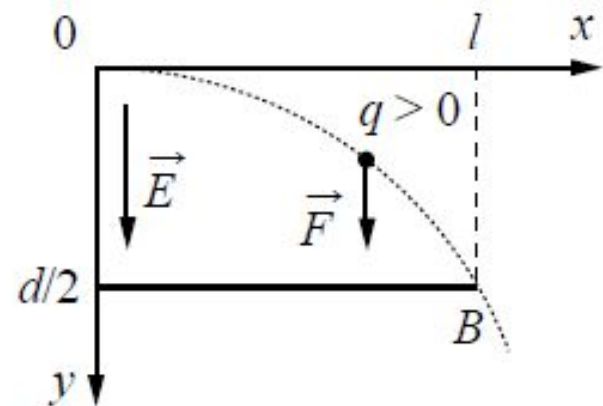
Задание 31

Пылинка, имеющая массу $m = 10^{-10}$ кг и заряд $q = 5 \cdot 10^{-9}$ Кл, влетает в электрическое поле конденсатора параллельно его пластинам в точке, находящейся посередине между пластинами (см. рисунок). Минимальная скорость, с которой пылинка должна влететь в конденсатор, чтобы затем вылететь из него, $v = 250$ м/с. Расстояние между пластинами конденсатора $d = 1$ см; напряжённость электрического поля конденсатора $E = 5000$ В/м. Чему равна длина l пластин конденсатора? Поле внутри конденсатора считать однородным, силой тяжести пренебречь. Считать, что конденсатор находится в вакууме.



Возможное решение

1. На заряженную частицу в однородном поле конденсатора действует сила $\vec{F} = q\vec{E}$, пропорциональная напряжённости поля $\vec{E}$ и заряду частицы q .



2. В инерциальной системе отсчёта Oxy , связанной с Землёй, ось которой Ox направлена по начальной скорости частицы (см. рисунок), под действием поля частица приобретает постоянное ускорение, определяемое вторым законом Ньютона: $m\vec{a} = \vec{F} = q\vec{E}$. Отсюда: ускорение частицы вдоль оси Oy $a = \frac{q}{m}E_y$ получается постоянным, а движение – равноускоренным.

3. Закон движения частицы в поле конденсатора: $x = vt$, $y = \frac{at^2}{2}$. При минимальной скорости траектория проходит через точку B с координатами $(l, d/2)$, удовлетворяющими уравнениям $l = vt$, $d = at^2$. Эти условия определяют длину пластин конденсатора:

$$l = \sqrt{\frac{mdv^2}{E_y q}} = \sqrt{\frac{10^{-10} \cdot 10^{-2} \cdot 25^2 \cdot 10^2}{5 \cdot 10^3 \cdot 5 \cdot 10^{-9}}} = 0,05 \text{ м.}$$

Ответ: $l = 0,05 \text{ м}$

N 4.

Дано:

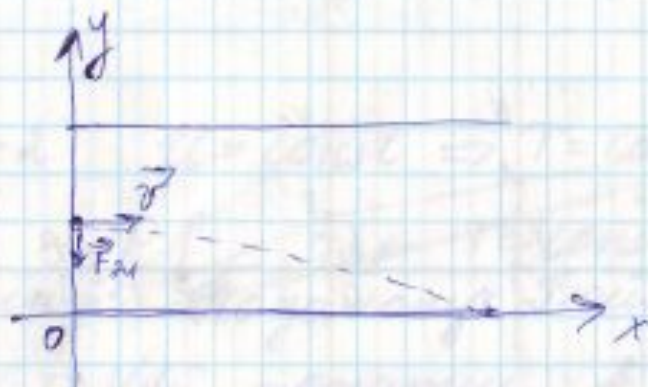
$$m = 10^{-10} \text{ кг}$$

$$q = 5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл}$$

$$v = 250 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

$$d = 1 \text{ см} = 10^{-2} \text{ м}$$

$$E = 5000 \frac{\text{В}}{\text{м}}$$



По ОХ: движение равномерное
прямойное

$$x = x_0 + v_x t$$

$$l = v \cdot t$$

По ОУ: — равноускоренное, под
действием $F_{эл}$

$$y = y_0 + v_{y0} t + \frac{a_y t^2}{2}; \quad 0 = \frac{d}{2} - \frac{a t^2}{2}$$

$$\frac{d}{2} = \frac{a t^2}{2}; \quad d = a t^2; \quad t^2 = \frac{d}{a}; \quad t = \sqrt{\frac{d}{a}}$$

$$F_{эл} = q \cdot E \quad F_{эл} = m a \quad q E = m a; \quad a = \frac{q E}{m};$$

$$t = \sqrt{\frac{d \cdot m}{q \cdot E}}; \quad l = v \cdot \sqrt{\frac{d \cdot m}{q \cdot E}}$$

$$l = 250 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot \sqrt{\frac{10^{-2} \cdot 10^{-10} \text{ кг}}{5 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} \cdot 5000 \frac{\text{В}}{\text{м}}}} = \sqrt{\frac{10^{-3}}{25 \cdot 10^3}} \cdot 250 = \frac{10^{-3}}{5} \cdot 250 = 50 \cdot 10^{-3}$$

Ответ: $50 \cdot 10^{-3} \text{ м}$.

4) Dato:

$$m = 10^{-10} \text{ kg}$$

$$q = 5 \cdot 10^{-9} \text{ C}$$

$$v_0 = 250 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

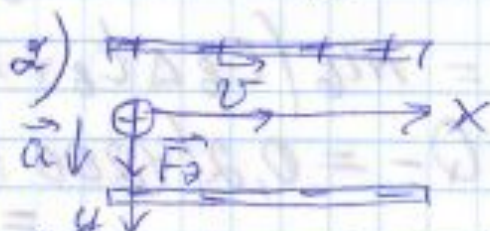
$$d = 0,01 \text{ m}$$

$$E = 5000 \frac{\text{V}}{\text{m}}$$

$$l = ?$$

$$\left. \begin{aligned} 1) F &= ma \\ F &= qE \end{aligned} \right\} \Rightarrow a = \frac{qE}{m}$$

$$a = \frac{5 \cdot 10^{-9} \cdot 5 \cdot 10^3}{10^{-10}} = 25 \cdot 10^4 \left(\frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$$



$$\begin{cases} x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2} \\ y = y_0 + v_{0y}t + \frac{a_y t^2}{2} \end{cases}$$

$$\text{on } x: \begin{cases} l = v_0 t \end{cases}$$

$$\text{on } y: \begin{cases} d = \frac{a t^2}{2} \cdot 2 \end{cases}$$

$$t = \sqrt{\frac{d}{a}}$$

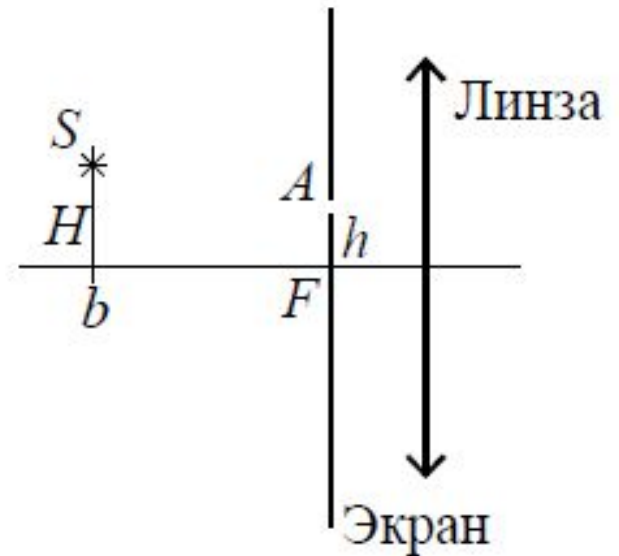
$$l = v_0 \sqrt{\frac{d}{a}}$$

$$l = 250 \sqrt{\frac{10^{-2}}{25 \cdot 10^4}} = \frac{250 \cdot 10^{-3}}{5} = \underline{\underline{0,05 \text{ m}}}$$

1
балл

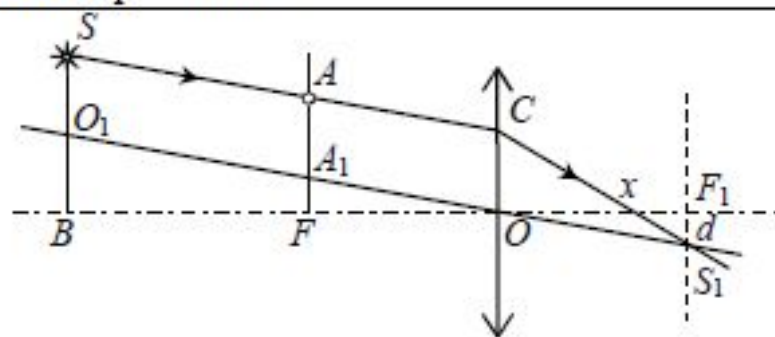
Задание 32

Главная оптическая ось тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием $F = 20$ см и точечный источник света S находятся в плоскости рисунка. Точка S находится на расстоянии $b = 60$ см от плоскости линзы и на расстоянии H от её главной оптической оси. В левой фокальной плоскости линзы лежит тонкий непрозрачный экран с маленьким отверстием A , находящимся в плоскости рисунка на расстоянии $h = 4$ см от главной оптической оси линзы. Пройдя через отверстие в экране и линзу, луч SA от точечного источника пересекает её главную оптическую ось на расстоянии $x = 16$ см от плоскости линзы. Найдите величину H . Дифракцией света пренебечь. Постройте рисунок, показывающий ход луча через линзу.



Возможное решение

1. Построим ход луча $SACS_1$, прошедшего через экран и собирающую линзу, используя основные свойства тонкой линзы: параллельный пучок лучей, падающих на линзу, собирается в её фокальной плоскости; луч O_1OS_1 , прошедший через оптический центр линзы (точку O), не преломляется.



2. Луч SAC , принадлежащий параллельному пучку лучей SA и O_1A_1 , после преломления пересечёт луч O_1OS_1 в фокальной плоскости линзы в точке S_1 на расстоянии d от главной оптической оси BO . Так как расстояние от фокальных плоскостей AF и S_1F_1 до плоскости линзы одинаково, то $A_1F = F_1S_1 = d$, $OC = AA_1 = O_1S = h - d$, $O_1B = H - (h - d)$.

3. Луч CS_1 пересечёт главную оптическую ось на расстоянии x от линзы, которое определяется из подобия треугольников $\triangle OCx$ и $\triangle xF_1S_1$. Из пропорции $\frac{x}{h-d} = \frac{F-x}{d}$ получаем: $x = F \left(1 - \frac{d}{h}\right)$.

Для определения d воспользуемся подобием треугольников $\triangle O_1BO$ и $\triangle A_1FO$

и составим пропорцию $\frac{H - (h - d)}{b} = \frac{d}{F}$, откуда: $d = \frac{H - h}{b - F} F$. После подстановки получаем:

$$H = \frac{h}{F^2} [Fb - x(b - F)] = \frac{4}{400} \cdot [20 \cdot 60 - 16 \cdot 40] = 5,6 \text{ см.}$$

Ответ: $H = 5,6 \text{ см}$

5) Дано:

$$F = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м.}$$

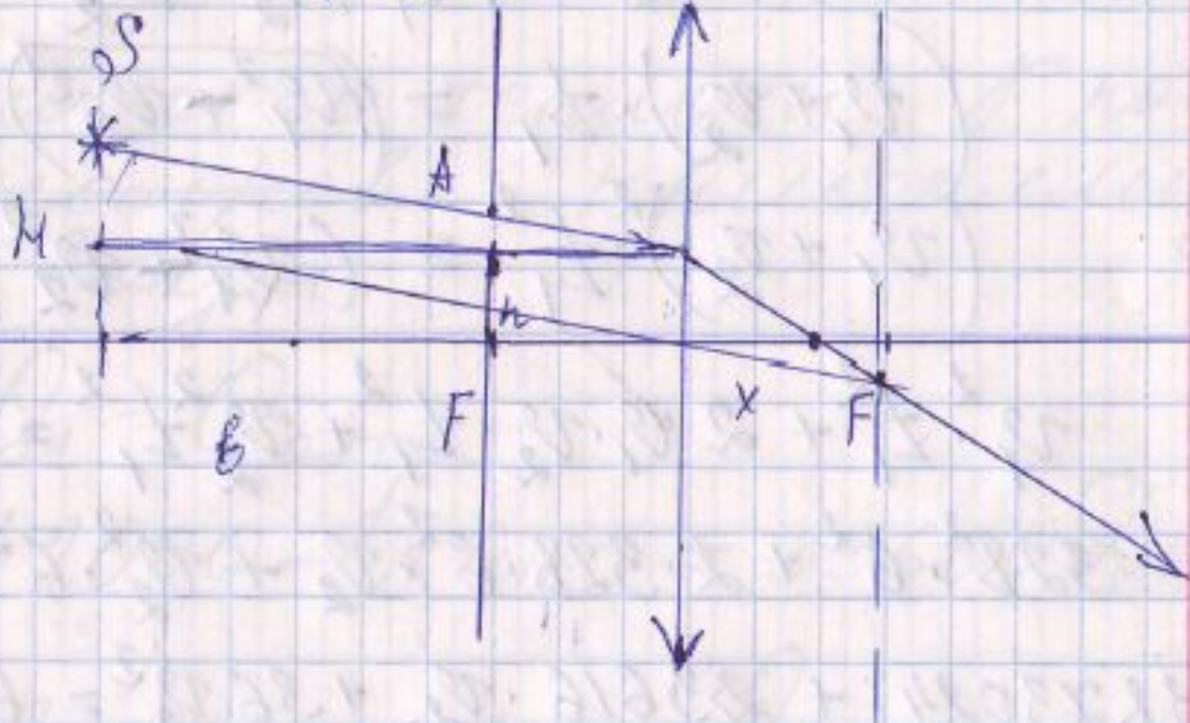
$$b = 60 \text{ см} = 0,6 \text{ м.}$$

$$h = 4 \text{ см} = 0,04 \text{ м}$$

$$x = 16 \text{ см} = 0,16 \text{ м.}$$

$H = ?$

Решение



1
балл

N5

Дано:

$$F = 20 \text{ см}$$

$$b = 60 \text{ см}$$

$$h = 4 \text{ см}$$

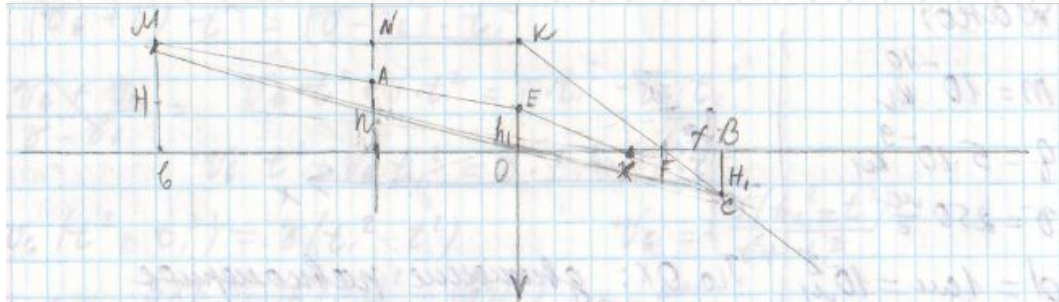
$$x = 16 \text{ см}$$

$$H = ?$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}; \quad d = b$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d}; \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{F} - \frac{1}{b} = \frac{1}{20} - \frac{1}{60} =$$

$$= \frac{3-1}{60} = \frac{1}{30}; \quad f = 30 \text{ см.}$$



$$\frac{f}{d} = \frac{H_1}{H} \quad \text{из подобия } \Delta MKO \text{ и } OBC$$

$$\frac{d}{f} = \frac{H}{H_1} = \frac{60 \text{ см}}{30 \text{ см}} = 2, \quad \frac{H}{H_1} = 2, \quad H_1 = \frac{H}{2}$$

$$\text{из подобия } \Delta OFX \text{ и } XBC: \quad \frac{f-x}{x} = \frac{H_1}{h_1};$$

$$\frac{30-16}{16} = \frac{H_1}{h_1}, \quad \frac{h_1}{H_1} = \frac{8}{7}, \quad \frac{h_1}{\frac{H}{2}} = \frac{8}{7}, \quad \frac{2h_1}{H} = \frac{8}{7}, \quad h_1 = \frac{4H}{7}$$

$$\text{из подобия } \Delta MEK \text{ и } MNA: \quad \frac{MK}{MN} = \frac{KE}{AN}, \quad \frac{b}{b-f} = \frac{H-h_1}{H-h}$$

$$\frac{60}{40} = \frac{H-h_1}{H-h}, \quad \frac{H-h_1}{H-h} = 1.5$$

$$H-h_1 = (H-h) \cdot 1.5, \quad H - \frac{4H}{7} = 1.5H - 1.5h$$

$$\frac{3H}{7} = 1.5H - 1.5h, \quad 1.5h = \frac{3}{2}H - \frac{3}{7}H$$

3
балла

ЕГЭ?
СПАСИБО,
НЕТ!

