



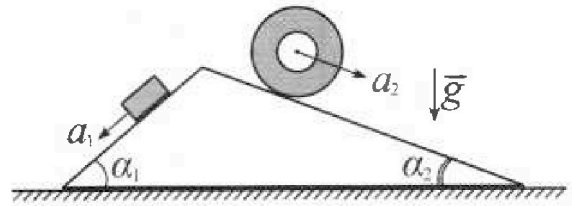
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-01



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/13$  и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой  $4m$  с ускорением  $a_2 = 5g/24$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) и  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 5/13$ ,  $\cos \alpha_2 = 12/13$ ). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

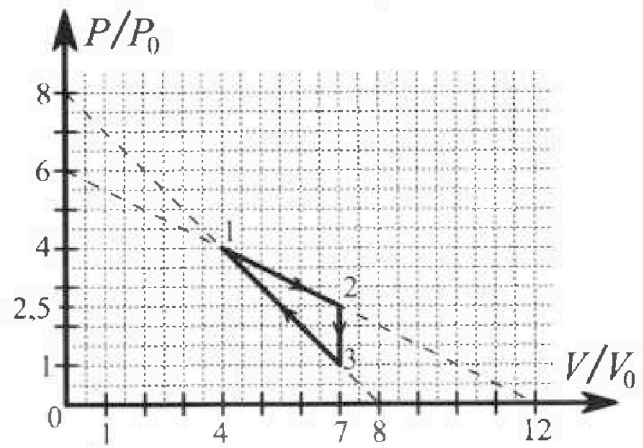


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

Каждый ответ выразить через  $m$  и  $g$  с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

2. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1-2-3-1. На рисунке представлена зависимость  $P/P_0$  от  $V/V_0$ . Здесь  $V$  и  $P$  - объем и давление газа,  $V_0$  и  $P_0$  - некоторые неизвестные объем и давление.

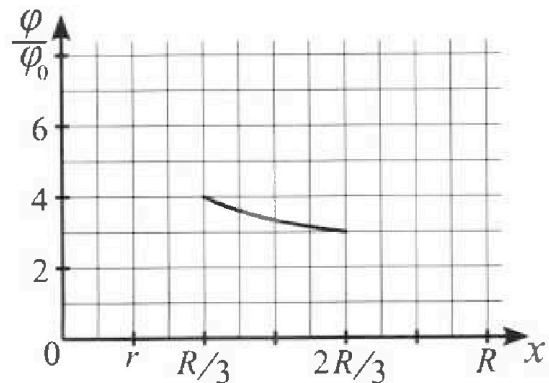
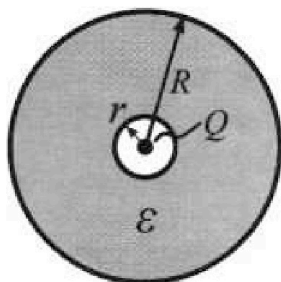
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и радиусами поверхностей  $r$  и  $R$  находится шарик с зарядом  $Q$  (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала  $\varphi$  электрического поля внутри диэлектрика от расстояния  $x$  от центра полого шара в интервале изменений  $x$  от  $R/3$  до  $2R/3$  (см. рис.). Здесь  $\varphi_0$  — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

- 1) Считая известными  $r$ ,  $R$ ,  $Q$ ,  $\epsilon$ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при  $x = R/4$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .





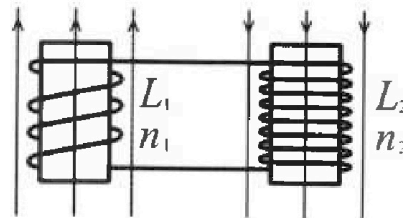
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01



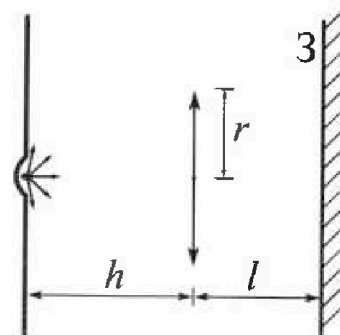
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Вначале тока в катушках нет.



- 1) С какой скоростью (по модулю) нач нет изменяться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью  $L_1$  индукция внешнего поля начнет возрастать со скоростью  $\Delta B / \Delta t = \alpha (\alpha > 0)$ , а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
- 2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью  $L_1$  уменьшилась от  $B_0$  до  $B_0/2$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $2B_0$  до  $2B_0/3$ , не изменив направления. Внешние поля в катушках изменялись неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. В стене сделана небольшая выемка, внутри которой находится маленькая лампочка так, что прямой свет от лампочки на стену не попадает (см. рис.). Справа от лампочки на некотором расстоянии  $h$  расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием  $F = h/2$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 3$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = 2h/3$  расположено параллельно стене плоское зеркало 3. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



- 1) Найдите площадь неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

Ответы дайте в  $[\text{см}^2]$  в виде  $\gamma\pi$ , где  $\gamma$  - целое число или простая обыкновенная дробь.

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

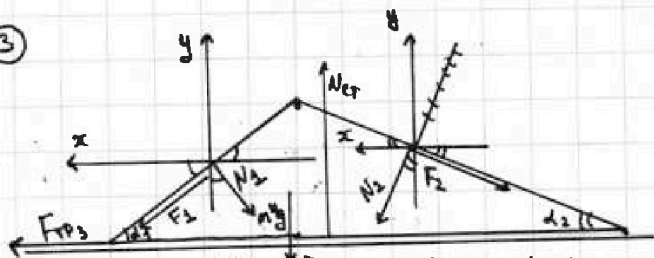


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

3



предположим,  $F_{TP3} = F_3$  направлена влево, если в противном случае она окажется направлена со знаком минус, т.е. она направлена вправо.

$$F_{TP3} = \frac{12}{13}F_2 + \frac{3}{5}N_1 - \frac{4}{5}F_1 - \frac{5}{13}N_2$$

$$F_{TP3} = \frac{12}{13} \cdot \frac{55}{78}mg + \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5}mg - \frac{4}{5} \cdot \frac{14}{65}mg - \frac{5}{13} \cdot \frac{48}{13}mg$$

$$F_{TP3} = mg \left( \frac{12}{13} \cdot \frac{11 \cdot 5}{13 \cdot 8} + \frac{3 \cdot 4}{5 \cdot 5} - \frac{4 \cdot 14}{5 \cdot 5 \cdot 13} - \frac{5 \cdot 48}{13 \cdot 13} \right)$$

$$F_{TP3} = mg \left( \frac{2 \cdot 11 \cdot 5}{13 \cdot 13} - \frac{5 \cdot 48}{13 \cdot 13} + \frac{3 \cdot 4}{5 \cdot 5} - \frac{4 \cdot 14}{5 \cdot 5 \cdot 13} \right)$$

$$F_{TP3} = mg \left( \frac{110 - 240}{13 \cdot 13} + \frac{12}{5 \cdot 5} - \frac{4 \cdot 14}{5 \cdot 5 \cdot 13} \right)$$

$$F_{TP3} = mg \left( \frac{-130}{13 \cdot 13} + \frac{100}{5 \cdot 5 \cdot 13} \right) = mg \left( \frac{-10}{13} + \frac{4}{13} \right) = -\frac{6}{13}mg, \text{ т.е. } F_{TP3} \text{ направлена вправо}$$

$$F_{TP3} = F_3 \quad \boxed{F_3 = \frac{6}{13}mg}$$

Ответ: 1)  $F_1 = \frac{14}{65}mg$     2)  $F_2 = \frac{55}{78}mg$     3)  $F_3 = \frac{6}{13}mg$

Второй закон Ньютона для массы:

$$0x: 0 = F_{TP3} + F_2 \cos \alpha_2 - N_1 \sin \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 - F_1 \cos \alpha_1$$

$$F_{TP3} = F_2 \cos \alpha_2 + N_1 \sin \alpha_1 - F_1 \cos \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2$$

$$F_1 = \frac{14}{65}mg \quad F_2 = \frac{55}{78}mg$$

$$N_1 = \frac{4}{5}mg \quad N_2 = \frac{48}{13}mg$$

$$\sin \alpha_1 = \frac{3}{5} \quad \sin \alpha_2 = \frac{5}{13}$$

$$\cos \alpha_1 = \frac{4}{5} \quad \cos \alpha_2 = \frac{12}{13}$$

$$\begin{array}{r} 480 \\ \times 13 \\ \hline 13 \cdot 12 = 156 \\ 13 \cdot 10 = 130 \\ \hline 156 + 130 = 286 \\ \hline 286 \\ \times 4 \\ \hline 1144 \\ \hline 1144 \\ \times 5 \\ \hline 5720 \end{array}$$



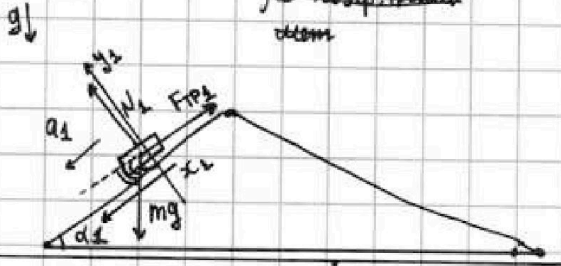
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача №1



① Второй закон Ньютона для бруска:

$$Oy_1: 0 = N_1 - mg \cos \alpha_1$$

$$N_1 = mg \cos \alpha_1$$

$$N_1 = \frac{4}{5} mg$$

$$Ox_1: ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_{тр1}$$

$$F_{тр1} = ma_1 + mg \sin \alpha_1 = mg \left( \frac{59}{13} + \frac{3}{5} \right) = mg \left( \frac{29}{65} + \frac{39}{65} \right) = \frac{64}{65} mg$$

$$F_{тр1} = mg \sin \alpha_1 - ma_1 = mg \cdot \frac{3}{5} - mg \cdot \frac{5}{13} = mg \left( \frac{39}{65} - \frac{25}{65} \right) =$$

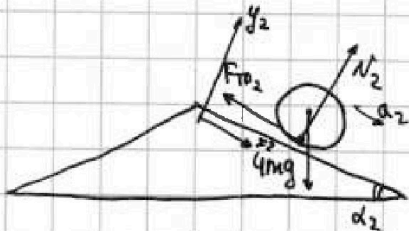
$$= mg \left( \frac{39 - 25}{65} \right) = \frac{14}{65} mg$$

$$F_{тр1} = \frac{14}{65} mg$$

$$F_{тр2} = F_1$$

$$F_1 = \frac{14}{65} mg$$

②



Второй закон Ньютона для цилиндра:

$$Oy_2: 0 = N_2 - 4mg \cos \alpha_2$$

$$Ox_2: 4ma_2 = 4mg \sin \alpha_2 - F_{тр2}$$

$$F_{тр2} = 4mg \sin \alpha_2 - 4ma_2$$

$$F_{тр2} = 4mg \cdot \frac{5}{13} - 4m \cdot g \cdot \frac{5}{24} = 4mg \left( \frac{5}{13} - \frac{5}{24} \right) = 4mg \left( \frac{120 - 65}{312} \right) = mg \cdot \frac{55}{78}$$

$$= \frac{mg \cdot 55}{78}$$

$$F_{тр2} = F_2$$

$$F_2 = \frac{55}{78} mg$$

③

$$\frac{20}{13} - \frac{5}{6} = \frac{120 - 65}{78} = \frac{55}{78}$$

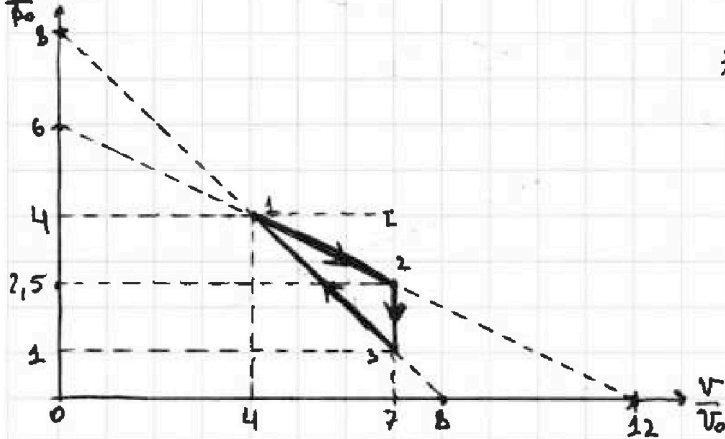


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 6

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача №2



① Процесс 2-3 - изохорный, т.к.

или  $\frac{V}{V_0} = \text{const}$ , тогда  $V = \text{const}$

Закон Менделеева-Клапейрона: для точек

1; 2; 3:

$$4p_0 \cdot 4V_0 = \nu RT_1$$

$$2,5p_0 \cdot 7V_0 = \nu RT_2$$

$$p_0 \cdot 7V_0 = \nu RT_3$$

$$7,5 \cdot 2 =$$

$$= \frac{5 \cdot 7}{2} = \frac{35}{2}$$

$$\Rightarrow 2 \cdot 7,5 = 15$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \nu R (T_3 - T_2)$$

$$\Delta U_{23} = (7p_0V_0 - 17,5p_0V_0) \cdot \frac{3}{2} \nu$$

$$\Delta U_{23} = p_0V_0 \cdot \frac{3}{2} (7 - \frac{7 \cdot 5}{2}) = \frac{3}{2} \left( \frac{14 - 35}{2} \right) p_0V_0 = \frac{-3 \cdot 21}{4} p_0V_0 = -\frac{63 p_0V_0}{4}$$

$$|\Delta U_{23}| = \frac{63}{4} p_0V_0$$

$A_{23} = p_0V_0 \cdot S_{23}$ , где  $S_{23}$  - площадь внутри трапеции процесса

$$A_{23} = p_0V_0 \cdot S_{23} = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 1,5 = \frac{3 \cdot 3}{4} = \frac{9}{4}$$

$$A_{23} = \frac{9}{4} p_0V_0$$

$$\kappa = \frac{|\Delta U_{23}|}{A_{23}} = \frac{\frac{63}{4} p_0V_0}{\frac{9}{4} p_0V_0} = \frac{63}{9}$$

$$\boxed{\kappa = \frac{63}{9}}$$

②  $T_1 = \frac{16 p_0V_0}{\nu R}$

Найти уравнение  $p(V)$  для процесса 1-2 в виде  $p = aV + b$

$$p(4V_0) = 4p_0 \quad \begin{cases} 4p_0 = 4aV_0 + b \\ p_0 = 7aV_0 + b \\ b = p(0) = 8p_0 \end{cases} \quad 3p_0 = -3aV_0, \quad \left[ a = -\frac{p_0}{V_0} \right]$$

Уравнение процесса 1-2:  $p = p(V) = -\frac{p_0}{V_0} \cdot V + 8p_0$

$$pV = \nu RT \quad T = \frac{1}{\nu R} \cdot pV$$

$$T = \frac{1}{\nu R} \left( -\frac{p_0}{V_0} \cdot V^2 + 8p_0V \right) \quad - \text{зависимость } T(V) \text{ для процесса 1-2}$$

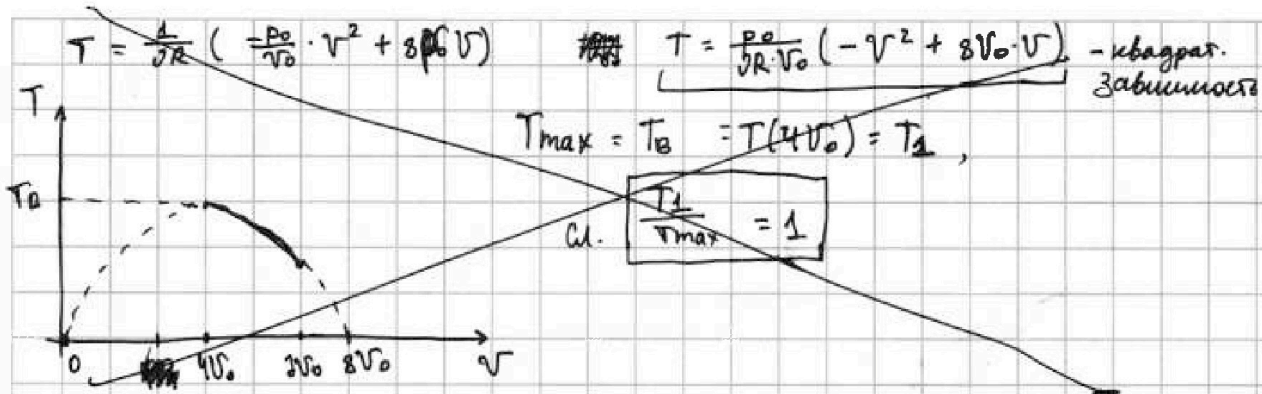


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

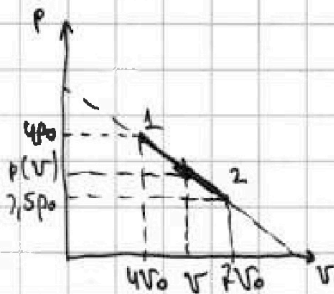
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 6

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



③ Найдём зависимость  $Q(v)$  для процесса 1-2 и процесса 3-1



$$Q = \Delta U + A$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \Delta p R T = \frac{3}{2} R T_1 =$$

$$= \frac{3}{2} R \left( \frac{p_0}{v_0} (-v^2 + 8v_0 v) - \frac{3}{2} 16p_0 v_0 \right)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \left( -\frac{p_0 v^2}{v_0} + 8 p_0 v - 16 p_0 v_0 \right)$$

$$A = \frac{1}{2} (v - 4v_0) \cdot (p(v) + 4p_0)$$

$$\frac{38}{48}$$

$$A = \frac{1}{2} (v - 4v_0) \left( \frac{p_0}{v_0} v + 8p_0 \right) + 4p_0 =$$

$$= \frac{1}{2} (v - 4v_0) \left( \frac{p_0}{v_0} v + 12p_0 \right)$$

$$A = \frac{1}{2} \left( -\frac{p_0}{v_0} v^2 + 12p_0 v + 4p_0 v v - 48p_0 v_0 \right)$$

$$Q = \frac{1}{2} \left( \frac{-3p_0 v^2}{v_0} + 24p_0 v - 48p_0 v_0 - \frac{p_0}{v_0} v^2 + 12p_0 v - 48p_0 v_0 \right)$$

$$Q = \frac{1}{2} \left( -\frac{4p_0 v^2}{v_0} + 40p_0 v - 96p_0 v_0 \right) = -\frac{2p_0 v^2}{v_0} + 20p_0 v - 48p_0 v_0 =$$

$$= \frac{p_0}{v_0} (-2v^2 + 20v_0 v - 48v_0^2)$$

$$v_B = \frac{-b}{2a} = \frac{-20v_0}{-2} = 10v_0 \quad \text{во всем процессе 1-2 кинетика изобразилась отобразил}$$

$$Q = Q(2v_0) = \frac{p_0}{v_0} (-98v_0^2 + 140v_0^2 - 48v_0^2) = -6 p_0 v_0$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

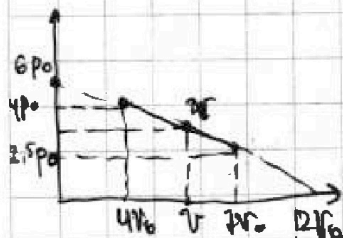


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
3 ИЗ 6

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Найти зависимость  $Q(V)$  для процесса 3-1



1) зависимость  $p(V)$  для процесса 1-3

$$p(V) = cV + d \quad p = cV_0 + d$$

$$\begin{cases} p(0) = 6p_0 \\ p(12V_0) = 0 \end{cases} \quad \begin{cases} d = 6p_0 \\ 0 = 12cV_0 + d \end{cases}$$

$$0 = 12cV_0 + 6p_0 \quad \text{или} \quad -2cV_0 = p_0, \quad c = \frac{-p_0}{2V_0}$$

$$p(V) = -\frac{p_0}{2V_0}V + 6p_0$$

2)

$$Q = \Delta U + A \quad \Delta U = \nu \frac{3}{2} \nu RT - \frac{3}{2} \nu RT_2$$

$$\text{Зависимость } T(V): pV = \nu RT, \quad T = \frac{1}{\nu R} pV = \frac{1}{\nu R} \left( -\frac{p_0}{2V_0} V^2 + 6p_0 V \right)$$

$$= \frac{p_0}{\nu R} \left( -\frac{1}{2} V^2 + 6V_0 V \right)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \left( -\frac{p_0}{2V_0} V^2 + 6p_0 V - \frac{35}{2} p_0 V_0 \right)$$

$$|A| = \frac{1}{2} (12V_0 - V) \left( p(V) + 7p_0 \right)$$

$$|A| = \frac{1}{2} (12V_0 - V) \left( -\frac{p_0}{2V_0} V + \frac{5}{2} p_0 \right)$$

$$|A| = \frac{1}{2} \left( -\frac{p_0}{2} V + \frac{p_0}{2V_0} V^2 + \frac{35}{2} p_0 V_0 - \frac{5}{2} p_0 V \right)$$

$$|A| = \frac{1}{2} \left( \frac{p_0}{2V_0} V^2 - 6p_0 V + \frac{35}{2} p_0 V_0 \right), \quad \begin{matrix} A < 0, \text{ т.к. } V > 12V_0 \\ \downarrow \end{matrix}$$

Q = A



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
4 ИЗ 6

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Печать QR-кода недоступна!

$$Q = \Delta u - (A) \quad \frac{135}{108}$$

$$Q = \frac{3}{2} \left( -\frac{p_0}{2V_0} V^2 + 6p_0 V - \frac{35}{2} p_0 V_0 \right) - \frac{1}{2} \left( \frac{p_0}{2V_0} V^2 - 6p_0 V + \frac{35}{2} p_0 V_0 \right)$$

$$Q = \frac{1}{2} \left( \underbrace{-\frac{3p_0}{2V_0} V^2 + 12p_0 V - \frac{105}{2} p_0 V_0}_{\text{от работы}} - \underbrace{\frac{p_0}{2V_0} V^2 + 6p_0 V - \frac{35}{2} p_0 V_0}_{\text{от изменения кинетической энергии}} \right)$$

$$Q = \frac{1}{2} \left( -\frac{2p_0}{V_0} V^2 + 24p_0 V - 70p_0 V_0 \right)$$

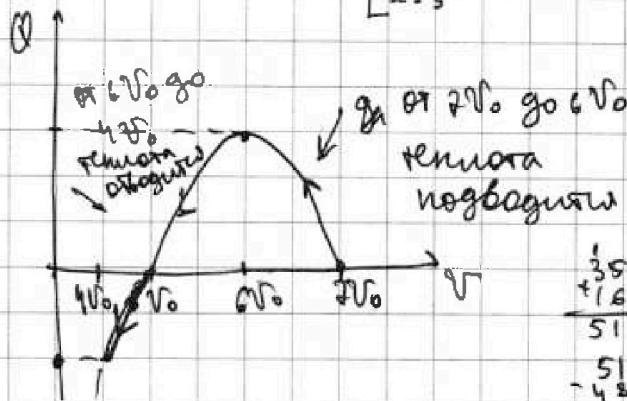
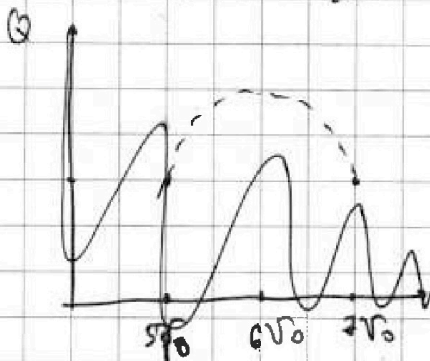
$$Q = -\frac{p_0}{V_0} V^2 + 12p_0 V - 35p_0 V_0$$

$$Q = \frac{p_0}{V_0} (-V^2 + 12V_0 V - 35V_0^2)$$

$$Q = \frac{p_0}{V_0} V_0 = \frac{-b}{2a} = \frac{-12V_0}{-2} = 6V_0$$

$$x^2 - 12x + 35 = 0$$

$$\begin{cases} x=7 \\ x=5 \end{cases}$$



$$Q_{\text{от работы}} = Q(6V_0) = \frac{p_0}{V_0} (-36V_0^2 + 72V_0^2 - 35V_0^2) = p_0 V_0$$

$$Q_{\text{от кинетической энергии}} = Q(4V_0) = \frac{p_0}{V_0} (-16V_0^2 + 48V_0^2 - 35V_0^2) = -3p_0 V_0$$

$$Q_{\text{от работы}} = p_0 V_0$$

$$Q_{\text{от кинетической энергии}} = 3p_0 V_0 + p_0 V_0 = 4p_0 V_0$$

$$Q_{\text{от работы}} = 6p_0 V_0$$

$$Q_{\text{от кинетической энергии}}$$

$$Q_{23} = \Delta u_{23} + A_{23} = \frac{3}{2} (RT_3 - RT_2) = \frac{3}{2} (7p_0 V_0 - \frac{35}{2} p_0 V_0) = \frac{3}{2} \left( \frac{14}{2} p_0 V_0 - \frac{35}{2} p_0 V_0 \right)$$

$$Q_{23} = -\frac{3}{2} \cdot \frac{21}{2} p_0 V_0 = -\frac{63}{4} p_0 V_0$$





На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
6 ИЗ 6

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$Q_{\text{поств}} = 4\rho_0 V_0 + 6\rho_0 V_0 = 10\rho_0 V_0 = Q_H$$

$$Q_{\text{отв}} = \frac{63}{4} \rho_0 V_0 + \rho_0 V_0 = \frac{67}{4} \rho_0 V_0 = Q_x$$

$$\eta = 1 - \frac{\frac{67}{4} \rho_0 V_0}{10 \rho_0 V_0} \cdot \left[ \eta = \frac{23}{40} \right]$$

$$\eta = 1 - \frac{67}{40}$$

Ответ: 1)  $K = \frac{63}{9}$       3)  $\eta = \frac{23}{40}$

2)  $\frac{T_{\text{max}}}{T_1} = \frac{9}{8}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
5 ИЗ 6

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

~~$$Q_{in} = Q_{21}^{out} + Q_{in} = p_0 V_0$$~~

~~$$Q_x = Q_{21}^{out} + Q_{23}^{out} + Q_{23}^{in} = 4p_0 V_0 + 6p_0 V_0 + \frac{Q_{in}}{4} = \frac{103}{4} p_0 V_0$$~~

~~$$J = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{103}{4} = \frac{99}{104}$$~~

Найдем ур-ие  $p(V)$  для процесса 1-2.

$$\begin{cases} p_0 = 6p_0 & p = aV + b & b = 6p_0 \\ p(12V_0) = 0 & 0 = 12aV_0 + 6p_0, & [a = -\frac{p_0}{2V_0}] \end{cases}$$

$$p(V) = \frac{p_0}{2V_0} \cdot V + 6p_0$$

$$pV = \nu RT \quad T = \frac{1}{\nu R} pV = \frac{1}{\nu R} \left( -\frac{p_0}{2V_0} V^2 + 6p_0 V \right)$$

$$T(V) = \frac{p_0}{\nu R \cdot V_0} \left( -\frac{1}{2} V^2 + 6V_0 V \right) \quad \text{квадр. ф-ция безвысш. макс. при } T_{max} = T_0$$

$$T_{max} [V_0] = \frac{b}{2a} = \frac{-6V_0}{-2 \cdot \frac{1}{2}} = 6V_0 \quad V_0 \in [4V_0; 7V_0]$$

$$T_{max} = T(V_0) = \frac{p_0}{\nu R V_0} \left( -\frac{1}{2} \cdot 36V_0^2 + 36V_0^2 \right)$$

$$T_{max} = \frac{p_0}{\nu R V_0} \cdot (36V_0^2 - 18V_0^2) = \frac{18p_0 V_0}{\nu R}$$

$$\frac{T_{max}}{T_1} = \frac{\nu R T_{max}}{\nu R T_1} = \frac{18p_0 V_0}{16p_0 V_0} = \frac{9}{8}$$

3) Много других вариантов переупорядочивания процессов 1-2 и 3-1

в процессе решения. Потеряем на те детали и переменные, которые

$$Q_{in} = Q_{21}^{out} + Q_{in} + Q_{12}$$

$$Q_{out} = Q_{23}^{out} + Q_{21}^{in} + Q_{12}$$

используем из того что  $Q_{AB} = -Q_{BA}$ , а абсолютная величина тепла замкнута на коэффициент при обратном ходе процесса.

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

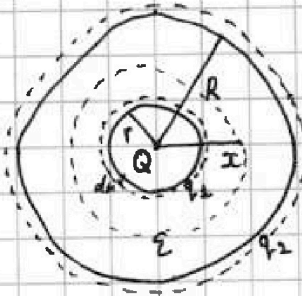


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача №3



Итого  $q_1$  и  $q_2$  - заряды

и  $q_1$  - заряд индуцир. заряд на внутр. поверхности диэлектрика, а  $q_2$  - на внешней.

Выведем  $q_1, q_2; Q > 0; dr \rightarrow \infty$

$$1) E(r+dr) = \frac{kQ}{r^2} + \frac{kq_1}{r^2} \quad E(r+dr) = \frac{kQ}{\epsilon r^2}$$

$$\frac{kQ}{r^2} + \frac{kq_1}{r^2} = \frac{kQ}{\epsilon r^2} \quad | \cdot \frac{\epsilon r^2}{k}$$

$$\epsilon Q = q_1 + \epsilon Q + \epsilon q_1 = Q$$

$$\epsilon q_1 = Q(1 - \epsilon)$$

$$q_1 = -\frac{(\epsilon - 1)Q}{\epsilon}$$

~~и т.д. по формулам~~

$$2) E(R+dr) = \frac{kQ}{R^2} + \frac{kq_1}{R^2} + \frac{kq_2}{R^2} \quad E(R+dr) = \frac{kQ}{\epsilon R^2}$$

$$k(Q + q_1 + q_2) = \frac{Q}{\epsilon} \quad | \cdot \epsilon$$

$$\epsilon Q + \epsilon q_1 + \epsilon q_2 = Q$$

$$\epsilon Q +$$

$$\epsilon Q + -(\epsilon - 1)Q + \epsilon q_2 = Q$$

$$\epsilon q_2 = Q - \epsilon Q + (\epsilon - 1)Q$$

$$\epsilon q_2 = Q - \epsilon Q + \epsilon Q - Q$$

$$q_2 = \frac{(\epsilon - 1)Q}{\epsilon}$$

$$\frac{kQ}{R^2} + \frac{kq_1}{R^2} + \frac{kq_2}{R^2} = \frac{kQ}{R^2} \quad | \cdot \frac{R^2}{k}$$

$$Q + q_1 + q_2 = Q$$

$$q_2 = -q_1$$

$$\varphi(x) = \varphi_Q(x) + \varphi_{q_1}(x) + \varphi_{q_2}(x) = \frac{kQ}{x} + \frac{kq_1}{x} + \frac{kq_2}{R}$$

$$k\epsilon Q - k\epsilon Q + kQ$$

$$\varphi(x) = \frac{kQ}{x} + \frac{k(-(\epsilon - 1)Q)}{\epsilon x} + \frac{k(\epsilon - 1)Q}{\epsilon R}$$

$$\varphi(x) = \frac{k(\epsilon - 1)Q}{\epsilon R} + \frac{k\epsilon Q - k(\epsilon - 1)Q}{\epsilon x}$$

$$\varphi(x) = \frac{k(\epsilon - 1)Q}{\epsilon R} + \frac{kQ}{\epsilon x}$$



На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Лорча QR-кода недопустима!

$$\varphi(x) = \frac{k(\varepsilon-1)Q}{\varepsilon R} + \frac{kQ}{\varepsilon x}$$

$$\varphi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{k(\varepsilon-1)Q}{\varepsilon R} + \frac{4kQ}{\varepsilon R} = \frac{k\varepsilon Q - kQ + 4kQ}{\varepsilon R} = \frac{k\varepsilon Q + 3kQ}{\varepsilon R}$$

$$\boxed{\varphi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{k(\varepsilon+3)Q}{\varepsilon R}}$$

, но  $q_1 + q_2 = 0$ , т.к.

② Пусть  $\psi_0 = \varphi(p) = \frac{kQ}{p} + \frac{kq_1}{p} + \frac{kq_2}{p}$

$$\varphi(p) = \frac{kQ}{p} \quad \psi_0 = \frac{kQ}{p}$$

т.к. отрезок графика  $\frac{1}{\psi_0}(x)$  между  $R/3$  до  $2R/3$  находится внутри сил гравитации

$$\varphi(R/3) = \frac{k(\varepsilon-1)Q}{\varepsilon R} + \frac{3kQ}{\varepsilon R} = \left[ \frac{k(\varepsilon+2)Q}{\varepsilon R} = 4\psi_0 \right]$$

$$\left[ \varphi(2R/3) = \frac{k(\varepsilon-1)Q}{\varepsilon R} + \frac{3kQ}{2\varepsilon R} = \frac{2k\varepsilon Q + 2kQ + 3kQ}{2\varepsilon R} = \frac{k(\varepsilon + 1/2)Q}{\varepsilon R} = 3\psi_0 \right]$$

$$\left\{ \begin{aligned} 3\psi_0 &= \frac{k(\varepsilon + 1/2)Q}{\varepsilon R} \\ 4\psi_0 &= \frac{k(\varepsilon + 2)Q}{\varepsilon R} \end{aligned} \right. \quad \frac{4}{3} = \frac{\varepsilon + 2}{\varepsilon + 1/2}$$

$$4\varepsilon + 2 = 3\varepsilon + 6$$

$$\boxed{\varepsilon = 4}$$

Ответ: 1)  $\varphi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{k(\varepsilon+3)Q}{\varepsilon R}$  2)  $\varepsilon = 4$

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



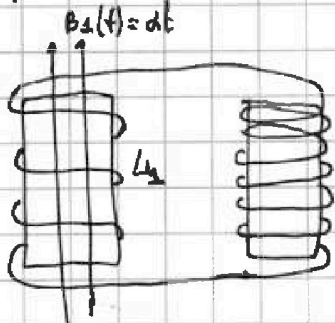
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 1

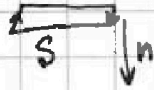
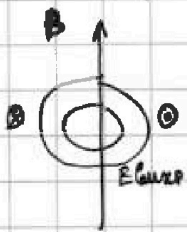
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача №4

①



~~$\Phi_1 = LI$~~   
 $\Phi_2 = nB_1 S_1$



$$[\mathcal{E}_i = nB_1 S = n\alpha S]$$

$$\mathcal{E}_i = LI' \quad [I' = \frac{\mathcal{E}_i}{L} = \frac{\alpha S n}{L}]$$

Ответ: 1)  $\frac{\Delta I}{\Delta t} = I' = \frac{\alpha S n}{L}$

②

На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

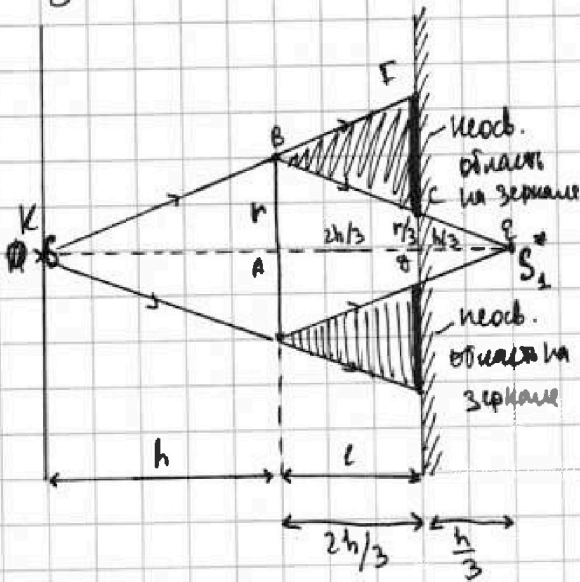


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача №5



② Луч  $S_2^*$  - глосв. изображение точки предмета  $S$  в линзе  
т.к.  $d = h$ , а  $F = h/2$ , то  $S$  находится в двойном фокусе, т.е.  $S_2^*$  находится в дв. фокусе по другую сторону линзы.

Из подобия  $\triangle ABE \sim \triangle ACE$

$$\frac{CE}{AB} = \frac{AE}{EA} = \frac{1}{3}, \text{ т.е. } CE = \frac{r}{3}$$

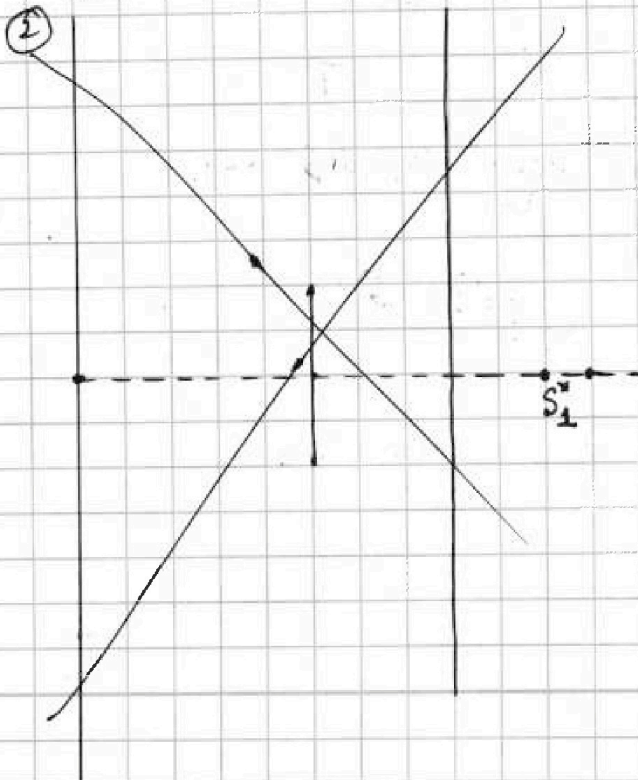
Из подобия  $\triangle KFD \sim \triangle KBA$

$$\frac{FD}{AB} = \frac{KD}{KA} = \frac{h + 2h/3}{h} = \frac{5h/3}{h} = \frac{5}{3}, \text{ т.е.}$$

$$FD = \frac{5r}{3}$$

$$CF = FD - CE = \frac{5r}{3} - \frac{r}{3} = \frac{4r}{3}$$

$$S_{\text{неосв. зерн}} = 2 \cdot \pi \left( \frac{4r}{3} \right)^2 = 2 \cdot \pi \left( \frac{4 \cdot 3 \text{ см}}{3} \right)^2 = 2 \cdot \pi \cdot 16 \text{ см}^2 = 32 \pi \text{ см}^2$$



$$S_{\text{неосв. зерн}} = 2 \cdot \pi \cdot \left( \frac{2r}{3} \right)^2 =$$

$$= 2 \cdot \pi \cdot \left( \frac{2 \cdot 3}{3} \right)^2 = 2 \cdot \pi \cdot 4 \text{ см}^2$$

$$S_{\text{неосв. зерн}} = 8 \pi \text{ см}^2$$

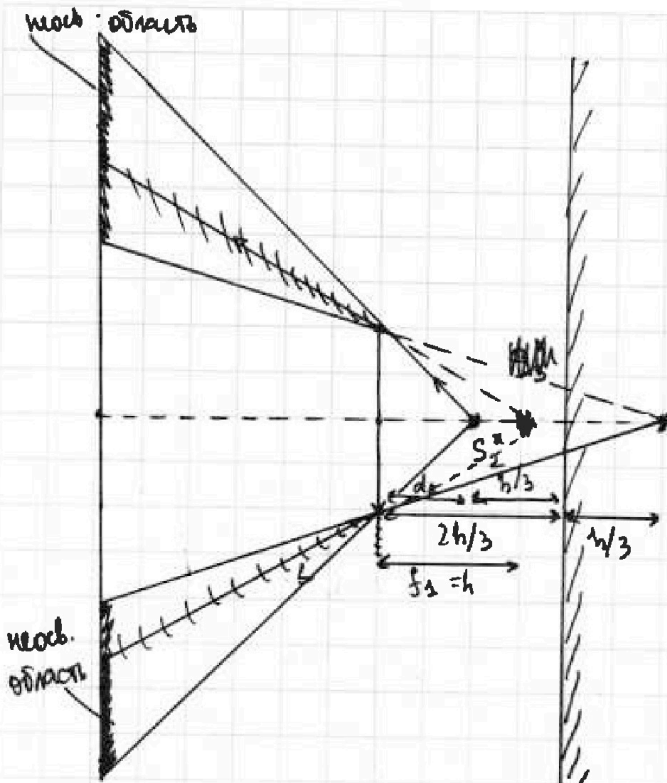


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$S_1^*$  - действ. изображение  
мнимого предмета  $S_2^*$  в  
зернале.

$$[d_1 = l - h/3 = 2h/3 - h/3 = h/3]$$

$$d_1 < F \quad (h/3 < h/2), \text{ м.}$$

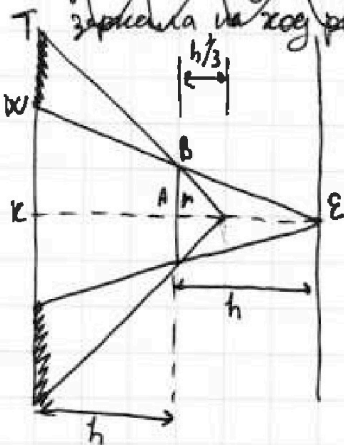
изображение  $S_2^*$  предмета  
действ.  $S_2^*$  в мниме будет мнимым  
и справа от мнимы.

$$\frac{1}{f_2} - \frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} - \frac{1}{f_1}$$

$$\frac{1}{f_2} - \frac{1}{h} = \frac{3}{h} - \frac{1}{f_1}$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{3}{h} - \frac{2}{h} = \frac{1}{h}, \text{ т.е.}$$

некоторые рисунки:  $S_3^*$  находим по формуле  $f_2 = h$ , т.е.  $S_3^*$  находим там же, где и  $S_1^*$



$$\frac{TK}{r} = \frac{h/3}{h/3} = \frac{4h/3}{h/3}, \text{ т.е. } TK = 4r$$

$$\frac{WK}{r} = \frac{h}{2h} = \frac{2h}{h} = 2, \text{ т.е. } WK = 2r, \text{ м.}$$

$$TW = 4r - 2r = 2r, \quad \frac{TW}{2} = r$$

$$[S_{\text{необ. стенок}} = 2 \cdot \pi \cdot r^2 = 2 \cdot \pi \cdot 9 \text{ см}^2 = 18 \text{ см}^2]$$

Ответ: 1)  $S_{\text{необ. зерн}} = 8 \pi \text{ см}^2$

2)  $S_{\text{необ. стенок}} = 18 \text{ см}^2$



На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

