



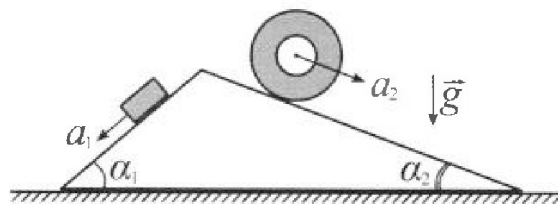
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



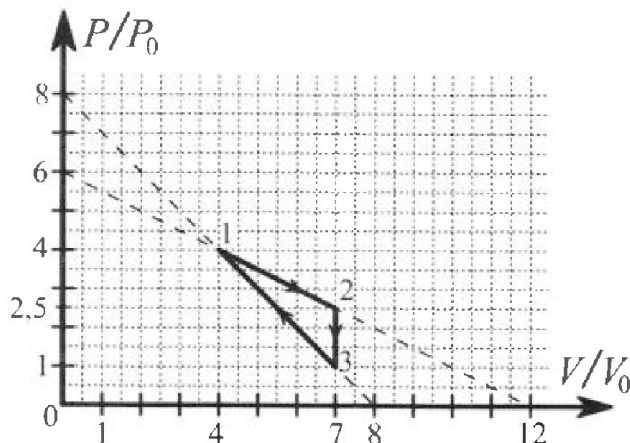
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/13$ и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой $4m$ с ускорением $a_2 = 5g/24$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_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.

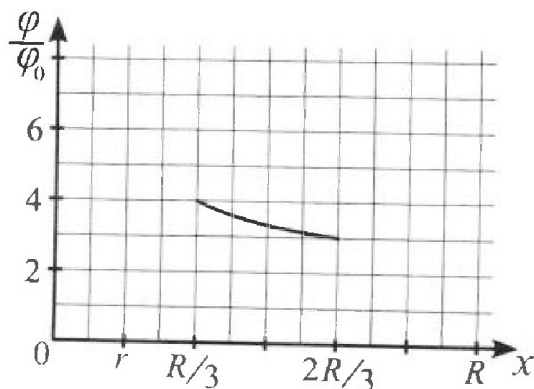
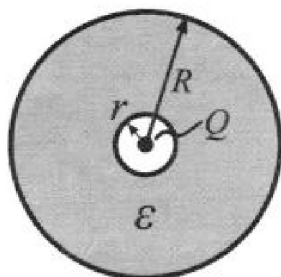


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью ϵ и радиусами поверхностей r и R находится шарик с зарядом Q (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала φ электрического поля внутри диэлектрика от расстояния x от центра полого шара в интервале изменений x от $R/3$ до $2R/3$ (см. рис.). Здесь φ_0 — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

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





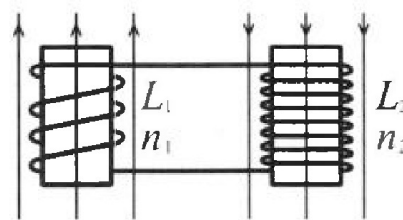
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

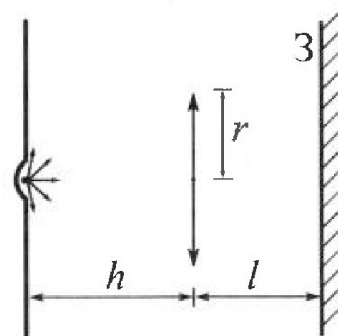


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 4L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 2n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки 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) и ачет 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 γ - целое число или простая обыкновенная дробь.

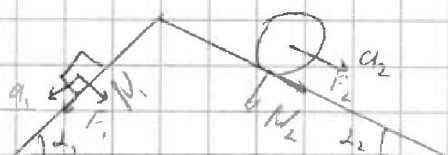


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА
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!



Затемним 2-й закон Ньютона для бруска:

$$ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_{\text{тр}}, \rightarrow F_{\text{тр}} = mg \sin \alpha_1 - ma_1 =$$

$$= \frac{3}{5} mg - \frac{5}{13} mg = \frac{14}{65} mg$$

Для цилиндра запишем у-е вращательного движения: $\sum M = J \beta$, где J - момент инерции цилиндра

$J = 4mr^2$, r - радиус цилиндра

β - угловое ускорение, $\beta = \frac{a_2}{r}$

$\sum M$ - сумма моментов действующих на цилиндр,

момент есть только у силы трения F_2

$$4mr^2 \cdot \frac{a_2}{r} = r F_2 \Leftrightarrow F_2 = 4ma_2 = \frac{5}{6} mg$$

На цилиндр действуют силы F_1, N_1, F_2, N_2 , N - сила нормальной реакции опоры

Сила трения между цилиндром и стержнем компенсирует горизонтальную составляющую суммы

всех сил, тогда $F_3 = F_1 \cos \alpha_1 - N_1 \sin \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 - F_2 \cos \alpha_2$



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!

выражения N_1 и N_2 : $N_1 = mg \cos \alpha_1$; $N_2 = 4mg \cos \alpha_2$

$$F_3 = \frac{4}{5} \cdot \frac{14}{65} mg - \frac{12}{25} mg + 4 \cdot \frac{60}{169} mg - \frac{12}{13} \cdot \frac{5}{6} mg = \frac{11 \cdot 94}{169 \cdot 25} mg$$

$$F_3 = \frac{1034}{4225} mg$$

Ответ: 1) $\frac{14}{65} mg$; 2) $\frac{5}{6} mg$; 3) $\frac{1034}{4225} mg$



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.



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!

М.к. эта машина имеет две прохладки 1-2, то т.

переключатель нагревателя сат. состоянием 2

Аналогично образуем, перейдя вторую т. переключатель нагревателя в процесс 3-1

$$\begin{cases} p(V) = 8p_0 - \frac{p_0 V}{V_0} = \frac{c}{V^{\gamma}} \\ p'(V) = -\frac{p_0}{V_0} = -\frac{\gamma c}{V^{\gamma+1}} \end{cases} \Leftrightarrow \frac{V}{\gamma} = 8V_0 - V \Leftrightarrow V = \frac{8V_0 \gamma}{\gamma+1} = 5V_0$$

$$p(5V_0) = 3p_0$$

Q_{11} - 12 нагревателя, направленные в цикл

На участке 3-1 нагреватель совершает отрицательную работу $A_{11} = \frac{9}{2} p_0 V_0$

Работа нагрев. за процесс 1-2 $A_{12} = \frac{15}{2} p_0 V_0$

Тогда $A_{\text{пол}} = A_{11} + A_{12} = 4p_0 V_0$

$$\Delta U_{\text{пол}} = \frac{5}{2} \gamma R \Delta T = \frac{5}{2} \Delta(pV) = \frac{5}{2} (4V_0 \cdot 2.5p_0 - 5V_0 \cdot 3p_0) = \frac{15}{4} p_0 V_0$$

$$Q_{\text{пол}} = A_{\text{пол}} + \Delta U_{\text{пол}} = 15 \cdot \frac{3}{4} p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{Q_{\text{пол}}} = \frac{15 \cdot \frac{3}{4} p_0 V_0}{15 \cdot \frac{3}{4} p_0 V_0} = \frac{\frac{9}{4} p_0 V_0}{15 \cdot \frac{3}{4} p_0 V_0} = \frac{1}{5} = 20\%$$

Ответ: 1) 4 ; 2) $\frac{9}{8}$; 3) 20%



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!

Работа газа А равна сумме изменений циклов: $A = \frac{1}{2} \cdot 3V_0 \cdot 3p_0 - \frac{1}{2} \cdot 3V_0 \cdot \frac{3}{2}p_0 = \frac{9}{4} p_0 V_0$

Приращение энтропии за этот процесс $2-3: \Delta U_{23}$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \cdot \gamma R \Delta T = \frac{3}{2} \Delta(pV) = \frac{3}{2} (7V_0 \cdot 2,5p_0 - 7V_0 \cdot p_0) = \frac{9}{4} \cdot 7p_0 V_0$$

$$\frac{\Delta U_{23}}{A} = 9/4$$

Максимальная температура газа соответствует максимальной значению pV , т.к. $\frac{pV}{T} = \text{const}$

В процессе 1 выразим $p(V)$: $p(V) = 6p_0 + \frac{p_0 V}{2V_0}$

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

это параболы с максимумом в точке $V = 6V_0$ $p = 3p_0$

$$T_{\max} = \frac{pV}{\gamma R} = \frac{18p_0 V_0}{\gamma R}$$

$$\text{В состоянии 1: } T_1 = \frac{p_1 V_1}{\gamma R} = \frac{4V_0 \cdot 4p_0}{\gamma R} = \frac{16p_0 V_0}{\gamma R}$$

$$\frac{T_{\max}}{T_1} = \frac{18}{16} = \frac{9}{8}$$

Найдем т. переключения термостата с помощью полной адиабаты $\gamma = \frac{5}{3}$

$$\left\{ \begin{aligned} \frac{p}{V^\gamma} &= 6p_0 - \frac{p_0 V}{2V_0} \\ -\frac{p}{V^{\gamma+1}} &= -\frac{p_0}{2V_0} \end{aligned} \right.$$

$$\Rightarrow \frac{V}{\gamma} = 12V_0 - V \Rightarrow V = 12V_0 \cdot \frac{\gamma}{\gamma+1} = 4,5V_0$$



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
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!

Для начала рассмотрим электрическое $E(x)$ в диэлектрическом шаре и вне его

$$\begin{cases} E(x) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^2}, & \text{т.к. } x \leq R \\ E(x) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 x^2}, & \text{т.к. } x \geq R \end{cases}$$

Известно, что $\varphi(x) = \int_k^x E(x) dx$, где k - точка нулевого потенциала, в нашем случае.

$$\varphi(x) = \int_{\infty}^x E(r) dr, \text{ т.к. } x \text{ лежит в шаре, то}$$

$$\varphi(x) = \int_{\infty}^R \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} dr + \int_R^x \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon r^2} dr$$

$$\varphi(x) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{r} \Big|_{\infty}^R + \frac{1}{\epsilon r} \Big|_R^x \right) = \frac{-Q}{4\pi\epsilon_0} \left(\frac{1}{\epsilon x} + \frac{1}{R} - \frac{1}{\epsilon R} \right)$$

$$\varphi(x) = \frac{-Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon x} + \frac{-Q}{4\pi\epsilon_0 R} \cdot \frac{\epsilon - 1}{\epsilon}$$

$$\varphi\left(\frac{R}{\epsilon}\right) = \frac{-Q}{4\pi\epsilon_0 \epsilon R} (3\epsilon + \epsilon)$$

Пусть k - точка нулевого потенциала φ_0

$$\varphi_0 = \varphi(k) = \frac{-Q}{4\pi\epsilon_0 k}, \text{ тогда:}$$

$$\varphi(x) = \frac{\varphi_0 k}{\epsilon x} + \frac{\varphi_0 k}{\epsilon R} (\epsilon - 1)$$

$$\frac{\varphi(x)}{\varphi_0} = \frac{k}{\epsilon x} + \frac{k}{\epsilon R} (\epsilon - 1)$$



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!

Представим значение $x = \frac{R}{\varepsilon}$ и $x = \frac{2R}{3}$ в ранее
полученную формулу:

$$\begin{cases} 4 = \frac{2k}{\varepsilon R} + \frac{k}{R} \\ 3 = \frac{k}{2\varepsilon R} + \frac{k}{3} \end{cases} \Leftrightarrow \frac{4}{3} = \frac{(2+\varepsilon)}{\frac{1+2\varepsilon}{2}} \Leftrightarrow \frac{2+\varepsilon}{1+2\varepsilon} = \frac{2}{3}$$

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

Ответ: 1) $\frac{-Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R} (3+\varepsilon)$; 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!

Вектор магнитного поля через катушку

$$\text{ку } 1: \Phi = nSB$$

$$\mathcal{E} = \frac{d\Phi}{dt} = nS \frac{dB}{dt} = nSL$$

$$y = \frac{nSL}{L} = \text{const}, \text{ значит скорости изменения равно } 0$$

При изменении полей в разных катушках, так будет идти в разных направлениях.

Так через катушку 1 представляем как суперпозицию токов y_1 и y_2 , создаваемую катушками 1 и 2 соответственно.

$$y_1 = \frac{nS}{L} \frac{dB_1}{dt}, \quad y_2 = \frac{2nS}{2L} \frac{dB_2}{dt}$$

Вдоль q - заряд, прошедший через катушки.

$$q = \int_0^{\tau} y(t) dt = -\frac{nS}{L} \int_0^{\tau} dB_1 + \frac{2nS}{2L} \int_0^{\tau} dB_2 = -\frac{nS}{L} \Delta B_1 + \frac{2nS}{2L} \Delta B_2$$

$$q = -\frac{nS}{L} \cdot \frac{B_0}{2} + \frac{nS}{L} \cdot \frac{2B_0}{2} = \frac{nS}{6L} B_0$$

$$\tau - \text{время изменения индукции} \quad \tau = \frac{q}{I} = \frac{nSB_0}{6LI}$$

$$\text{Ответ: 1) } 0; \quad 2) \frac{nSB_0}{6LI}$$

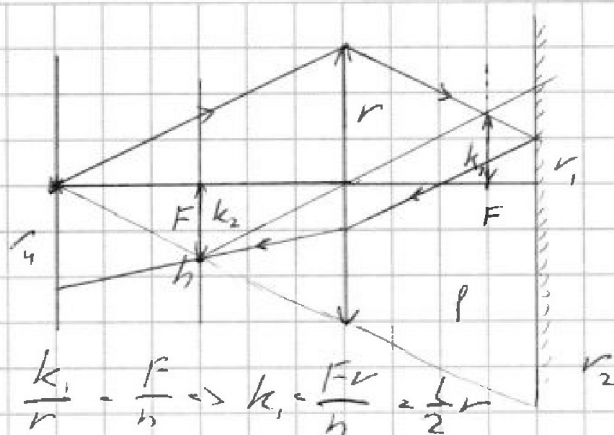


1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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!



Для начала найдем r_1 - радиус темной части, которая сфокусирует свет

$$\frac{k_1}{r} = \frac{F}{h} \Rightarrow k_1 = \frac{F \cdot r}{h} = \frac{1}{2} r$$

$$\frac{r - k_1}{r - r_1} = \frac{F}{l} \Rightarrow \frac{0.5r}{r - r_1} = \frac{3}{4} \Rightarrow r = 3r_1 \Rightarrow r_1 = \frac{r}{3} = 1 \text{ см}$$

Теперь найдем r_2 - внешний радиус темной части

$$\frac{r_2}{r} = \frac{h + l}{h} \Rightarrow r_2 = \frac{5}{3} r = 5 \text{ см}$$

$$\text{Площадь увеличенной части } S_1 = \pi(r_2^2 - r_1^2) = \pi \cdot 24 \text{ см}^2$$

Внешний радиус темной части на том же равен:

$$r_3 = 2r_2 = 10 \text{ см}$$

$$k_1 = k_2 = \frac{r}{2} \text{ из подобия } \Delta \quad \frac{r_4 - k_2}{r_4 - r_1} = \frac{F}{h} = \frac{1}{2}$$

$$2r_4 - 2k_2 = r_4 - r_1 \Rightarrow r_4 = 2k_2 - r_1 = r - r_1 = 2 \text{ см}$$

$$\text{Площадь уменьшенной части: } \pi(r_3^2 - r_4^2) = \pi \cdot 96 \text{ см}^2$$

Ответ: 1) 24π ; 2) 96π



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
__ 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!

$$q_1 = \frac{1}{2} \frac{n S B_0}{L}$$
$$q_2 = \frac{1}{2} \frac{n S B_0}{L} \cdot \frac{2}{3} = \frac{1}{3} \frac{n S B_0}{L}$$
$$\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} = \frac{1}{6} \frac{n S B_0}{L} = \frac{1}{2} q$$
$$q = \frac{\frac{1}{2} q}{\frac{1}{2}} = \frac{n S B_0}{6 L}$$



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
__ 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!

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

$$\frac{-Q}{4\sqrt{\varepsilon}\varepsilon R} = \frac{-Q}{4\sqrt{\varepsilon}\varepsilon R} - \frac{-Q\varepsilon}{4\sqrt{\varepsilon}\varepsilon R}$$

$$\varphi(x) = \frac{-Q}{4\sqrt{\varepsilon}\varepsilon} \left(\frac{1}{x} + \frac{\varepsilon}{R} - 1 \right)$$

$$\frac{3k}{\varepsilon R} + \frac{k}{\varepsilon R} - \frac{k}{\varepsilon R} = 4$$

$$\frac{k}{R} \left(\frac{2}{\varepsilon} + 1 \right) = 4 \quad \frac{2k}{\varepsilon R} + \frac{k}{R} = 4$$

$$\frac{3k}{2\varepsilon R} + \frac{k}{R} - \frac{k}{\varepsilon R} = 3$$

$$\frac{k}{R} \left(\frac{1}{2\varepsilon} + 1 \right) = 3$$

$$\frac{2 + \varepsilon}{\varepsilon} = \frac{1 + 2\varepsilon}{2\varepsilon} = 4:3$$

$$\frac{2 + \varepsilon}{1 + 2\varepsilon} = \frac{2}{3}$$

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

$$\varepsilon = 4$$

$$\frac{3k}{R} + \frac{k}{R} - \frac{k}{4R} = 4$$

$$\frac{3k}{R} + \frac{k}{R} - \frac{k}{4R} = 4$$

$$\frac{3k}{R} + \frac{k}{R} - \frac{k}{4R} = 4$$

$$\frac{3k}{R} + \frac{k}{R} - \frac{k}{4R} = 4$$

$$\frac{3k}{R} + \frac{k}{R} - \frac{k}{4R} = 4$$

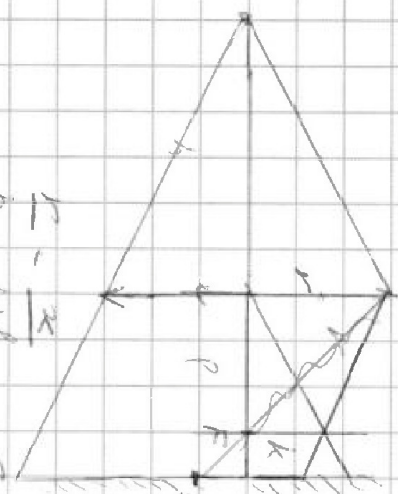
$$\frac{3k}{R} + \frac{k}{R} - \frac{k}{4R} = 4$$

$$\frac{3k}{R} + \frac{k}{R} - \frac{k}{4R} = 4$$

$$\frac{3k}{R} + \frac{k}{R} - \frac{k}{4R} = 4$$

$$\frac{3k}{R} + \frac{k}{R} - \frac{k}{4R} = 4$$

$$\frac{3k}{R} + \frac{k}{R} - \frac{k}{4R} = 4$$





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
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!

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^2}$$

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^2} \quad \forall x \leq R$$

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon} \int_{x_0}^x \frac{1}{x^2} dx = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon x}$$

$$E = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^2} \quad \begin{matrix} x > R \\ x < R \end{matrix}$$

$$\varphi < \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon x} \rightarrow \varphi \cdot x = \text{const}$$

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0} \int_{-\infty}^x E(r) dr$$

$$\varphi\left(\frac{R}{\epsilon}\right) = \frac{4Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon x R} = \frac{Q}{\pi\epsilon_0\epsilon R}$$

$$\varphi = \int_{R/x}^R E(r) dr = \int_{R/x}^R \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon r^2} dr$$

$$\frac{-Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} + \frac{-Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R}$$

$$\varphi(x) = \frac{Q_0 r}{2x}$$

$$\gamma \beta < m v^2$$

$$a_2 = \beta r$$

$$m a_1 = m g \sin \alpha - F_{\text{fr}} \mu$$

$$a_1 = g \sin \alpha - F_{\text{fr}} \mu$$

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon x^2} + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R^2} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)$$

$$\beta = \frac{F_{\text{fr}}}{4m r}$$

$$a_2 = \frac{F_{\text{fr}}}{4m r}$$

$$\varphi\left(\frac{R}{\epsilon}\right) = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} + \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) F_{\text{fr}} \mu = g \sin \alpha - m a_1 \cdot \left(\frac{2}{5} g - \frac{5g}{R}\right) m$$

$$\varphi_0 = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\epsilon R}$$

$$F_{\text{fr}} \mu = \frac{24}{65} g m$$

$$\varphi = \frac{Q_0 r}{\epsilon x} + \frac{Q_0 r}{R} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) F_{\text{fr}} \mu = 4 m a_2 = \frac{20}{24} m g$$

$$\frac{\varphi_0}{\varphi_0} = \frac{r_0}{\epsilon x} + \frac{r_0}{R} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)$$

$$1 = \frac{r_0}{\epsilon R} - \frac{3r_0}{2\epsilon R} = \frac{3r_0}{2\epsilon R}$$

$$\frac{r_0}{\epsilon} = \frac{2R}{3}$$



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.

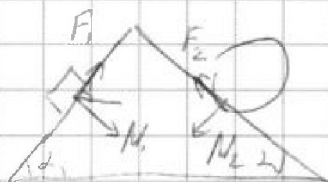
1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!

$$a_1 m = mg \sin \alpha_1 = F_{\text{тр}1}$$

$$\frac{d\Phi}{dt} = L \dot{y}$$



$$N_1 = mg \cos \alpha_1$$

$$N_2 = mg \cos \alpha_2$$

$$N_1 = mg$$

$$L \dot{y} = \Phi$$

$$F_1 \cos \alpha_1 + N_1 \sin \alpha_1 = F_2 \cos \alpha_2 + N_2 \sin \alpha_2$$

$$y = \frac{\Phi}{L} = \frac{F_1 \cos \alpha_1 + mg \cos \alpha_1 \sin \alpha_1}{L} = \frac{F_2 \cos \alpha_2 + mg \cos \alpha_2 \sin \alpha_2}{L}$$

$$L \dot{y} = \frac{d\Phi}{dt} = S \dot{y} = S \dot{y}$$

$$F_1 = \frac{48 \cdot 13}{25 \cdot 13^2} = 12 \cdot 13^2 + 25 \cdot 4 \cdot 60 = 10 \cdot 25 \cdot 13$$

$$y = \frac{m \Delta S}{L}$$

$$12 \cdot 13 (4 - 13)$$

$$25 (240 - 130)$$

$$25 \cdot 110$$

$$12 \cdot 13 \cdot (-11)$$

$$y(11) = 0$$

$$11 (250 - 12 \cdot 13) = \frac{11 \cdot 94}{13^2 \cdot 25}$$

$$F_{\text{тр}1}$$

$$\frac{144 + 12}{156} = 55$$

$$13^2 \cdot 25$$

$$4225$$

$$\frac{p}{p_0} = \frac{4k}{4R} + \frac{k(8-1)}{2R}$$

$$= \frac{7k}{4R}$$

$$940 \cdot 94$$

$$\frac{140}{4} = 10$$

$$y = \frac{2k}{4R} + \frac{k}{R}$$

$$= \frac{1036}{4225}$$

$$4000 + 225$$

$$y = \frac{6k}{4R}$$



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
__ 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!

$$A_{\text{изг}} = 9p_0V_0 - \frac{1}{2} \cdot 3V_0 \cdot 3p_0 - \frac{1}{2} \cdot 2V_0 \cdot 1.5p_0$$

$$\frac{9}{2}p_0V_0 - \frac{9}{2}p_0V_0 = \frac{9}{2}p_0V_0 = (A)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \nu R \Delta T = \frac{3}{2} (4 \cdot 2.5p_0V_0 - 4 \cdot 1p_0V_0) = \frac{9}{2} \cdot 2p_0V_0$$

$$\nu R \Delta T = p_0 V_0 - p_0 V_2$$

$$A_{12} = 5V_0 \cdot \frac{5}{2}p_0$$

$$\frac{\Delta U}{A} = 4$$

$$T_1 = \frac{16p_0V_0}{\nu R}$$

$$= \frac{15}{2}p_0V_0$$

$$p(V_0) = 3p_0$$

$$A_n = \frac{4+3}{2}p_0 \cdot V_0 = \frac{7}{2}p_0V_0$$

$$T_{\text{max}} = \frac{18p_0V_0}{\nu R}$$

$$A_{\text{max}} = 4p_0V_0$$

$$\frac{18}{16} = \frac{9}{8}$$

$$T_{\text{max}} = (pV)_{\text{max}}$$

$$p(V) = 6p_0 - \frac{1}{2}(V - 12V_0)$$

$$\frac{dp}{dV} = -\frac{1}{2}$$

$$p(V) = -\frac{1}{2}V + 6p_0$$

$$p(V) \cdot V = -\frac{p_0V^2}{2} + 6p_0V_0$$

$$q = \int_0^{V_{\text{max}}} p(V) dV = \left[-\frac{p_0V^2}{4} + 6p_0V_0V \right]_0^{12V_0} = 6p_0V_0 \Delta B$$

$$\frac{d(pS)}{dt} = S \frac{dp}{dt} = \xi = \gamma_2 \cdot \nu \cdot 3n$$

$$14 + 5.5 = 19.5$$

$$\gamma = \frac{5}{3}$$

$$V = \frac{12V_0}{\gamma+1} \cdot \gamma$$

$$\frac{\gamma}{\gamma+1} = \frac{5}{8}$$

$$p = \frac{C}{V^\gamma}$$

$$13.5 - 15$$

$$p = 6p_0 - \frac{p_0V}{2V_0} \quad 2.5$$

$$p(V) = \frac{\gamma C}{V^{\gamma+1}} = -\frac{p_0}{2V_0}$$

$$\frac{C}{V^\gamma} = 6p_0 - \frac{p_0V}{2V_0}$$

$$\frac{\gamma C}{V^{\gamma+1}} = -\frac{p_0}{2V_0}$$

$$V = 14.5V_0$$

$$\frac{V}{\gamma} = 12V_0 - V$$



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
__ 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!

