



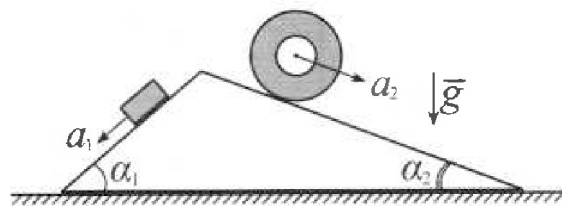
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



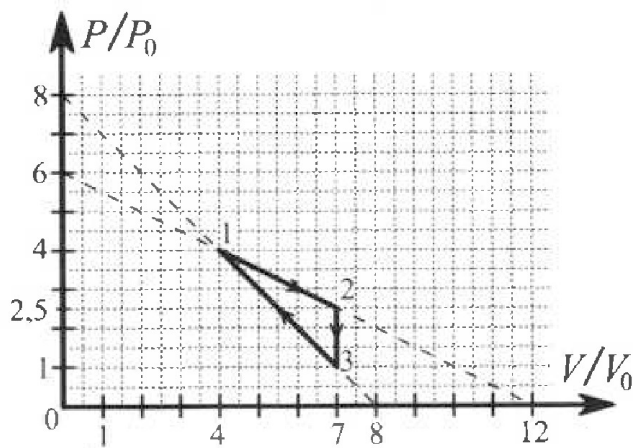
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/13$ и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой $4m$ с ускорением $a_2 = 5g/24$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1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

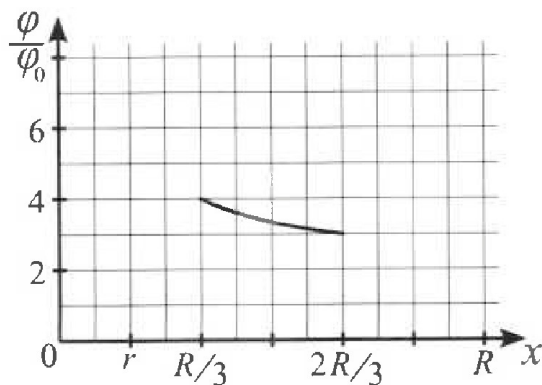
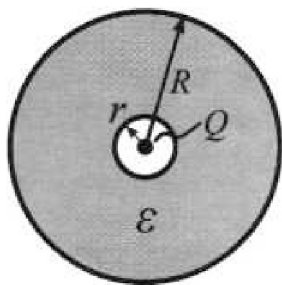


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.

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 .





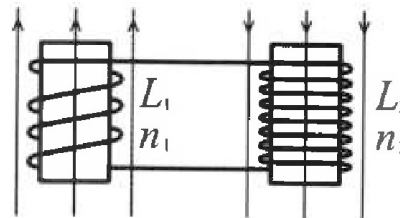
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

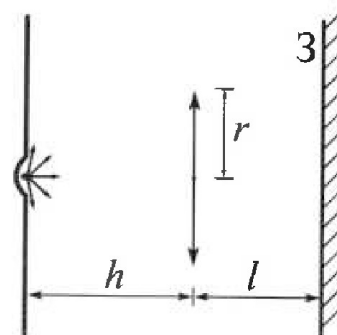


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 4L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 2n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки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

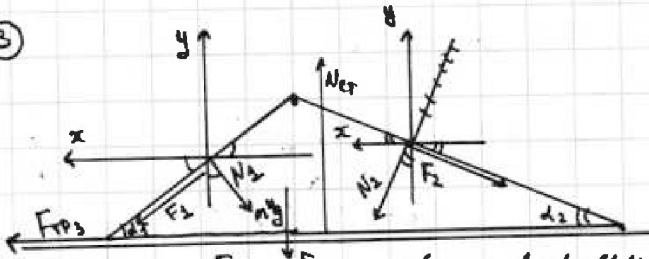


1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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

③



предположим, $F_{rp3} = F_3$ направлена влево, или вправо будет. она окажется направлена со знаком минус, и. она направлена вправо.

$$F_{rp3} = \frac{12}{13}F_2 + \frac{3}{5}N_1 - \frac{4}{5}F_1 - \frac{5}{13}N_2$$

$$F_{rp3} = \frac{12}{13} \cdot \frac{55}{78}mg + \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5}mg - \frac{4}{5} \cdot \frac{14}{65}mg - \frac{5}{13} \cdot \frac{48}{13}mg$$

$$F_{rp3} = mg \left(\frac{12}{13} \cdot \frac{11.5}{13.8} + \frac{3.4}{5.5} - \frac{4.14}{5.5.13} - \frac{5.48}{13.13} \right)$$

$$F_{rp3} = mg \left(\frac{2.11.5}{13.13} - \frac{5.48}{13.13} + \frac{3.4}{5.5} - \frac{4.14}{5.5.13} \right)$$

$$F_{rp3} = mg \left(\frac{110 - 240}{13.13} + \frac{156}{5.5.13} - \frac{4.14}{5.5.13} \right)$$

$$F_{rp3} = mg \left(\frac{-130}{13.13} + \frac{100}{5.5.13} \right) = mg \left(\frac{-10}{13} + \frac{4}{13} \right) = -\frac{6}{13}mg, \text{ т.е. } F_{rp3} \text{ направлена вправо}$$

$$F_{rp3} = F_3 \quad \boxed{F_3 = \frac{6}{13}mg}$$

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:

$$0x: 0 = F_{rp3} + F_1 \cos \alpha_1 - N_1 \sin \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 - F_2 \cos \alpha_2$$

$$F_{rp3} = F_2 \cos \alpha_2 + N_1 \sin \alpha_1 - F_1 \cos \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2$$

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

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

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

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

$$\begin{array}{r} 480 \overline{) 13} \\ \underline{52} \\ 80 \\ \underline{78} \\ 20 \\ \underline{156} \\ 44 \\ \underline{36} \\ 8 \end{array} \quad \begin{array}{r} 480 \overline{) 13.12} \\ \underline{156} \\ 130 \\ \underline{132} \\ 20 \end{array}$$



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.

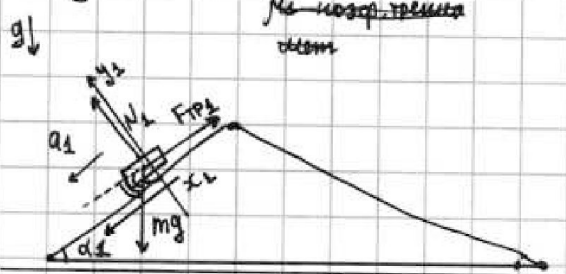
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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:

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

$$N_1 = mg \cos \alpha_1$$

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

$$Ox_1: ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_{tr1}$$

$$F_{tr1} = ma_1 + mg \sin \alpha_1 = mg \cdot \frac{5}{13} + mg \cdot \frac{3}{5} = mg \left(\frac{5}{13} + \frac{3}{5} \right) = mg \left(\frac{25 + 39}{65} \right) = \frac{64}{65} mg$$

$$F_{tr1} = \frac{64}{65} mg$$

$$F_{tr1} = mg \sin \alpha_1 - ma_1 = mg \cdot \frac{3}{5} - mg \cdot \frac{5}{13} = mg \left(\frac{3}{5} - \frac{5}{13} \right) =$$

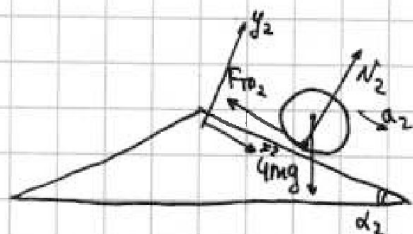
$$= mg \left(\frac{39 - 25}{65} \right) = \frac{14}{65} mg$$

$$F_{tr1} = \frac{14}{65} mg$$

$$F_{tr2} = F_1$$

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

②



Второй закон Ньютона для цилиндра:

$$\cos \alpha_2 = \frac{12}{13}$$

$$N_2 = \frac{48}{13} mg$$

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

$$Ox_2: 4ma_2 = 4mg \sin \alpha_2 - F_{tr2}$$

$$F_{tr2} = 4mg \sin \alpha_2 - 4ma_2$$

$$F_{tr2} = 4mg \cdot \frac{5}{13} - 4m \cdot g \cdot \frac{5}{24} = 4mg \left(\frac{5}{13} - \frac{5}{24} \right) = 4mg \left(\frac{120 - 65}{312} \right) = mg \cdot \frac{4 \cdot 55}{312} =$$

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

$$F_{tr2} = F_2$$

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

③

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



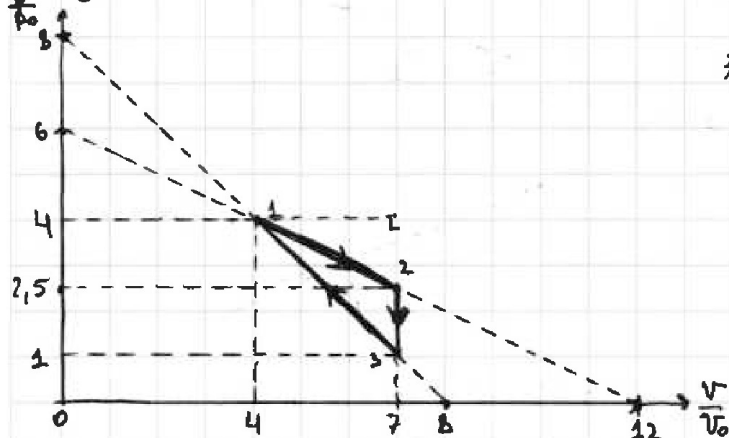
1 2 3 4 5 6 7

☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

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:

$$4P_0 \cdot 4V_0 = \nu RT_1$$

$$2.5P_0 \cdot 7V_0 = \nu RT_2$$

$$P_0 \cdot 7V_0 = \nu RT_3$$

$$1.5 \cdot 2 =$$

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

$$= 17.5 \cdot 2 = 35$$

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

$$\Delta U_{23} = (2P_0 V_0 - 17.5 P_0 V_0) \cdot \frac{3}{2} \nu$$

$$\Delta U_{23} = P_0 V_0 \cdot \frac{3}{2} (2 - 17.5) = \frac{3}{2} \left(\frac{14 - 35}{2} \right) P_0 V_0 = \frac{-3 \cdot 21}{4} P_0 V_0 = -\frac{63 P_0 V_0}{4}$$

$$|\Delta U_{23}| = \frac{63}{4} P_0 V_0$$

$A_2 = P_0 V_0 \cdot S_{\text{шп}}$, где $S_{\text{шп}}$ - площадь внутри трапеции процесса

$$A_2 = P_0 V_0 \cdot S_{\text{шп}} = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 1.5 = \frac{4.5}{2} = \frac{9}{4}$$

$$A_2 = \frac{9}{4} P_0 V_0$$

$$\eta = \frac{|\Delta U_{23}|}{A_2} = \frac{\frac{63}{4} P_0 V_0}{\frac{9}{4} P_0 V_0} = \frac{63}{9}$$

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

② $T_1 = \frac{16 P_0 V_0}{\nu R}$

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

$$\begin{cases} p(4V_0) = 4P_0 \\ p(7V_0) = P_0 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 4P_0 = 4aV_0 + b \\ P_0 = 7aV_0 + b \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 4P_0 = 4aV_0 + b \\ 3P_0 = -3aV_0, [a = -\frac{P_0}{V_0}] \end{cases}$$

$$\begin{cases} 4P_0 = 4aV_0 + b \\ P_0 = 7aV_0 + b \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 4P_0 = 4aV_0 + b \\ b = P_0 - 7aV_0 = 8V_0 \end{cases}$$

$$b = P_0 \quad \text{Уравнение процесса 1-2: } p = p(V) = -\frac{P_0}{V_0} \cdot V + 8P_0$$

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

$$T = \frac{1}{\nu R} \left(-\frac{P_0}{V_0} \cdot V^2 + 8P_0 V \right) \quad \text{зависимость } T(V) \text{ для процесса 1-2}$$

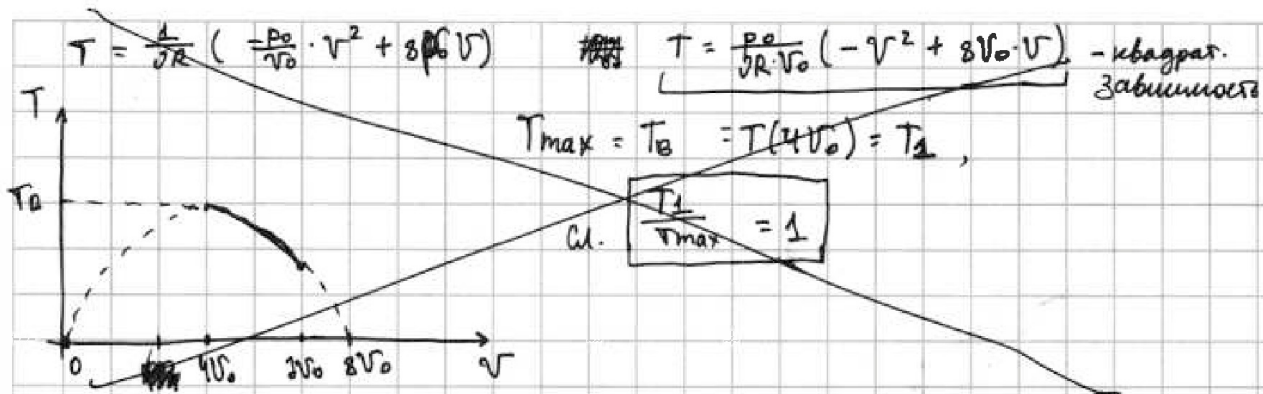


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

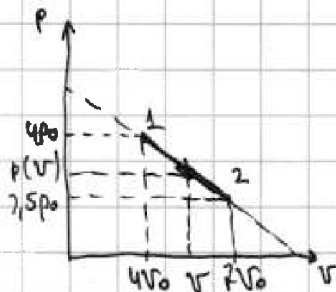


СТРАНИЦА
2 ИЗ 6

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



$$Q = \Delta U + A$$

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

$$= \frac{3}{2} R \left(\frac{p_0}{V_0} (-V^2 + 8V_0 V) \right) - \frac{3}{2} 16p_0 V_0$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \left(-\frac{p_0 V^2}{V_0} + 8p_0 V - 16p_0 V_0 \right)$$

$$A = \frac{1}{2} (V - 4V_0) \cdot (p(V) + 4p_0)$$

$$\frac{+38}{+48} \\ 148$$

$$A = \frac{1}{2} (V - 4V_0) \left(-\frac{p_0}{V_0} V + 8p_0 \right) + 4p_0 =$$

$$= \frac{1}{2} (V - 4V_0) \left(-\frac{p_0}{V_0} V + 12p_0 \right)$$

$$A = \frac{1}{2} \left(-\frac{p_0}{V_0} V^2 + 12p_0 V - 48p_0 V_0 \right)$$

$$Q = \frac{1}{2} \left(-\frac{3p_0 V^2}{V_0} + 24p_0 V - 48p_0 V_0 - \frac{p_0}{V_0} V^2 + 12p_0 V - 48p_0 V_0 \right)$$

$$Q = \frac{1}{2} \left(-\frac{4p_0 V^2}{V_0} + 40p_0 V - 96p_0 V_0 \right) = -\frac{2p_0 V^2}{V_0} + 20p_0 V - 48p_0 V_0 =$$

$$= \frac{p_0}{V_0} (-2V^2 + 20V_0 V - 48V_0^2)$$

$$V_0 = \frac{-b}{2a} = \frac{-20V_0}{-2} = 10V_0 \quad \text{— во всем процессе 1-2 температура постоянна}$$

$$Q = Q(2V_0) = \frac{p_0}{V_0} (-98V_0^2 + 140V_0^2 - 48V_0^2) = -6p_0 V_0$$



1
☐

2
☒

3
☐

4
☐

5
☐

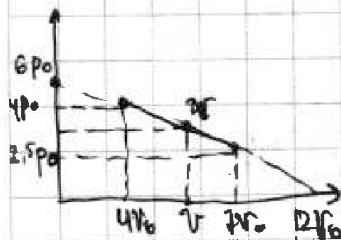
6
☐

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

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

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

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

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

2)

$$Q = \Delta U + A \quad \Delta U = \frac{3}{2} \nu RT - \frac{3}{2} \nu RT_0$$

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

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

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

$$|A| = \frac{1}{2} (12V_0 - V) \left(p(V) + 2.5p_0 \right)$$

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

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

$$|A| = \frac{1}{2} \left(\frac{p_0}{2V_0} V^2 - 6p_0 V + \frac{35}{2} p_0 V_0 \right), \quad A < 0, \text{ м. } A \approx -|A|$$

Q.7



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. Порча QR-кода недопустима!

$$Q = \Delta U - (A) \quad \frac{135}{708}$$

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

$$Q = \frac{1}{2} \left(-\frac{3p_0}{2V_0} V^2 + 18p_0 V - \frac{105}{2} p_0 V_0 - \frac{p_0}{2V_0} V^2 + 6p_0 V - \frac{35}{2} p_0 V_0 \right)$$

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

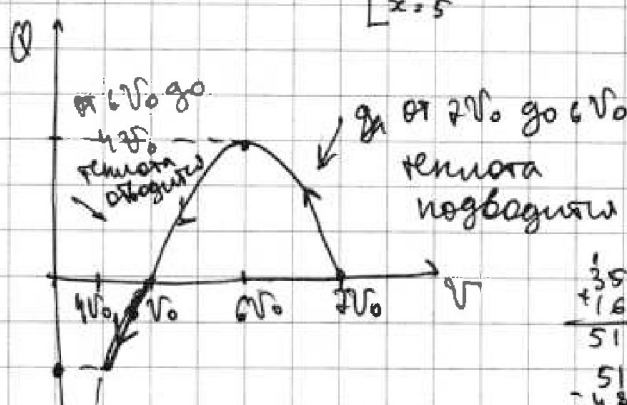
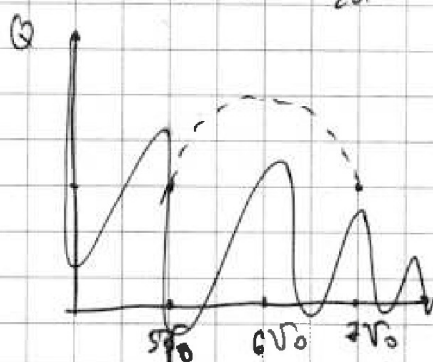
$$Q = -\frac{p_0}{V_0} V^2 + 12p_0 V - 35p_0 V_0$$

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

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

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

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



$$\frac{35}{51}$$

$$\frac{51}{43}$$

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

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

$$Q_{\text{наиб}} = p_0 V_0$$

$$Q_{\text{наиб}} = 3p_0 V_0 + p_0 V_0 = 4p_0 V_0$$

$$Q_{\text{наиб}} = 6p_0 V_0$$

$$Q_{\text{наиб}}$$

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

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



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!

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

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

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

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

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!

$$Q_{in} = Q_{21} + Q_{in} = p_0 V_0$$

$$Q_x = Q_{21} + Q_{23} + Q_{24} = 4p_0 V_0 + 6p_0 V_0 + \frac{1}{4} \cdot \frac{63}{4} p_0 V_0 = \frac{1103}{4} p_0 V_0$$

$$\eta = 1 - \frac{Q_{out}}{Q_{in}} = 1 - \frac{4}{1103} = \frac{99}{1103}$$

Найдем ур-ие $p(V)$ для процесса 1-2.

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

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

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

$$T(V) = \frac{p_0}{2R \cdot V_0} \left(-\frac{1}{2} V^2 + 6V_0 V \right) \quad \text{— квадрат. ф-ция без макс. и мин., см. } T_{max} = T_0$$

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

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

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

$$\left[\frac{T_{max}}{T_1} = \frac{2RT_{max}}{2RT_1} = \frac{18p_0 V_0}{16p_0 V_0} = \frac{9}{8} \right]$$

③ Много бреш на экзамене переупражня процесс 1-2 и 3-1

в процессе решения. Потеряны как те данные и перемешаны ответ.

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

$$Q_{out} = Q_{23} + Q_{24} + Q_{12}$$

иногда из того что
 $Q_{AB} = -Q_{BA}$, а обратная
температура замещается на
назадбегущую при обратном ходе
процесса.

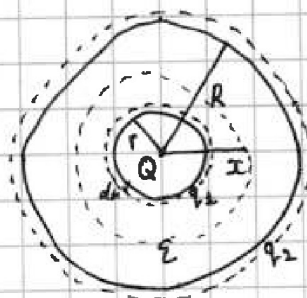


1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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

где q_1 - заряд индуц. заряд на внутр. поверхности диэлектрика, а q_2 - на внешней.

Выведем теперь q_1, q_2 ; $Q > 0$:

$dr \rightarrow \infty$

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

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

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

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

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

~~т.е. q_1 - заряд на внешней поверхности диэлектрика~~

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

$$kQ + q_1 + q_2 = \frac{Q}{\epsilon} \quad | \cdot \epsilon$$

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

~~$\epsilon Q +$~~

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

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

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

$$Q + q_1 + q_2 = Q$$

$$q_2 = -q_1$$

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

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

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

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

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



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. Порча QR-кода недопустима!

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

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

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

, но $q_1 + q_2 = 0$, т.

② Пусть $\varphi_0 = \varphi(p)$ • $\varphi(p) = \frac{kQ}{p} + \frac{kq_1}{p} + \frac{kq_2}{p}$

$$\varphi(p) = \frac{kQ}{p} \quad \varphi_0 = \frac{kQ}{p}$$

т.к. отрезок графика $\frac{1}{\varphi_0}(x)$ малый, то можно утверждать, что весь кусок от $R/3$ до $2R/3$ находится внутри этой дуги

$$\varphi(R/3) = \frac{k(\varepsilon-1)Q}{\varepsilon R} + \frac{3kQ}{\varepsilon R} = \left[\frac{k(\varepsilon+2)Q}{\varepsilon R} \right] = 4\varphi_0$$

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

$$= \frac{k(\varepsilon+1/2)Q}{\varepsilon R} = 3\varphi_0$$

$$\left\{ \begin{array}{l} 3\varphi_0 = \frac{k(\varepsilon+1/2)Q}{\varepsilon R} \\ 4\varphi_0 = \frac{k(\varepsilon+2)Q}{\varepsilon R} \end{array} \right. \quad \frac{4}{3} = \frac{\varepsilon+2}{\varepsilon+1/2}$$

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

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

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

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
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

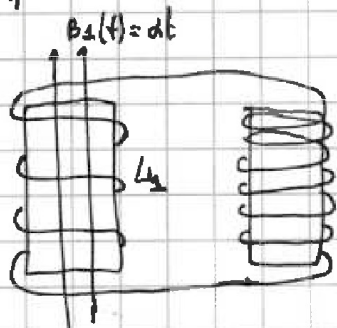
СТРАНИЦА

1 ИЗ 1

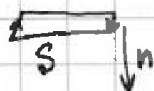
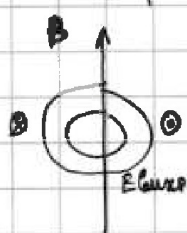
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача №4

①



$$\Phi = \frac{L I}{\mu_0 \mu_r} = \mu_0 \mu_r \frac{N^2 I S}{L}$$

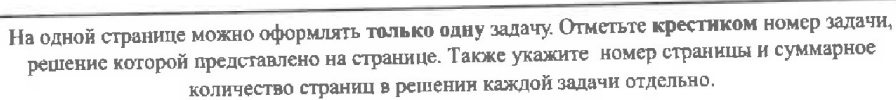


$$[\mathcal{E}_i = \frac{N B_z S}{\Delta t} = \mu_0 \mu_r \frac{N^2 S}{L} \frac{dI}{dt}]$$

$$\mathcal{E}_i = L I' \quad [I' = \frac{\mathcal{E}_i}{L} = \frac{\mu_0 \mu_r N^2 S}{L} \frac{dI}{dt}]$$

Ответ: 1) $\frac{dI}{dt} = I' = \frac{\mu_0 \mu_r N^2 S}{L} \frac{dI}{dt}$

②



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!

② Куст S_2^1 - глос. изображение действ. предмета S в языке

Р.к. $d = h$, а $F = h/2$, то S находится в двойном фокусе, см. 43, находится в дб. фокусе по другую сторону линзы.

Из подобия $\triangle ABE \sim \triangle DCE$

$$\frac{CD}{AB} = \frac{ED}{EA} = \frac{1}{3}, \text{ i.e. } \underline{CD = \frac{1}{3}}$$

Is negative $\Delta KFD \approx \Delta KPA$

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

$$\underbrace{FA = \frac{5h}{3}}_{\text{T.L.}} \cdot \frac{LF}{2} = \frac{2h}{3}$$

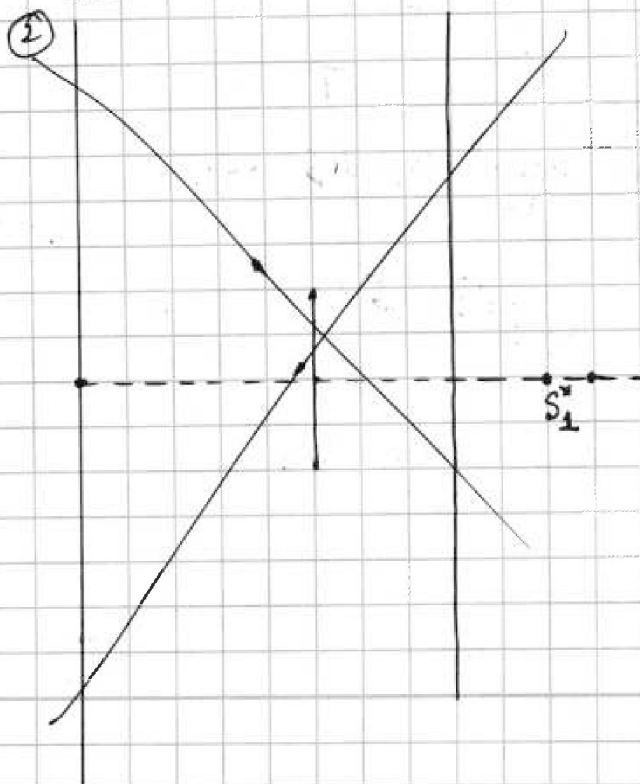
$$[CF = FD - CD = \frac{50r}{3} - \frac{40r}{3} = \frac{10r}{3}]$$

~~$$[S_{\text{необ. для}} = 2 \cdot \pi \left(\frac{4 \text{ м}}{3} \right)^2 = 2 \cdot \pi \left(\frac{4 \cdot 3 \text{ см}}{2} \right)^2 = 2 \cdot \pi \cdot 16 \text{ см}^2 = 32 \pi \text{ см}^2]$$~~

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

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

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





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
__ 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!

