



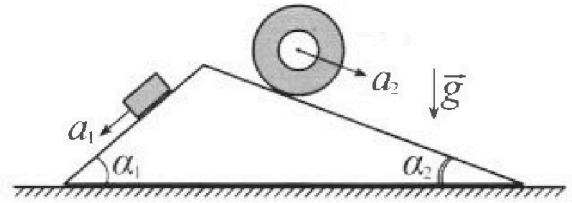
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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.

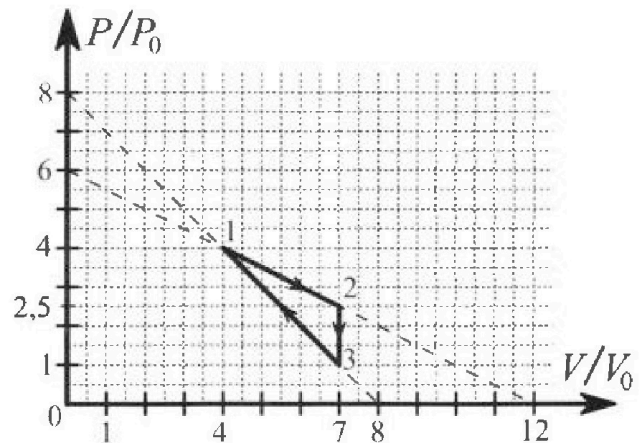


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

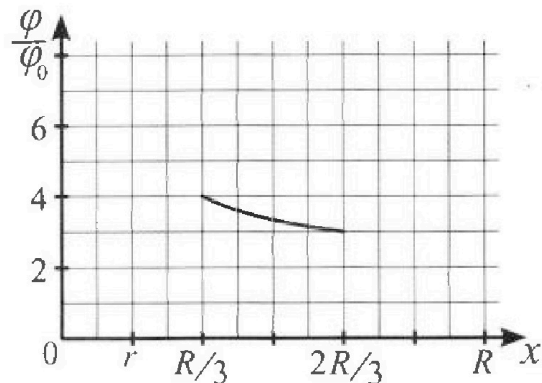
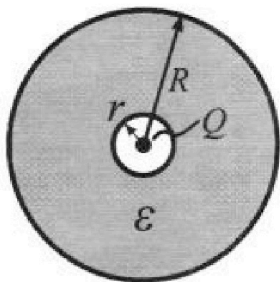
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $\epsilon$ .



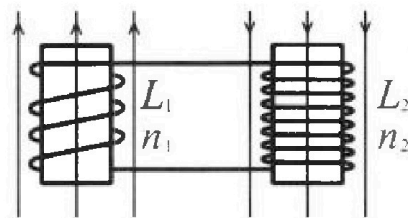
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

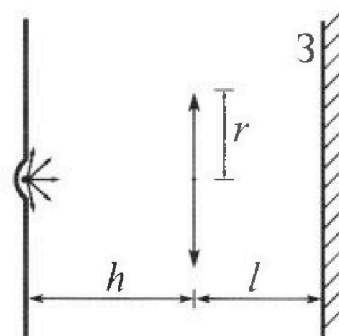


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков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



- 1) С какой скоростью (по модулю) начнет 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 неосвещенной части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещенной 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

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!

№1

Дано:

$$a_1 = 5g/13$$

$$a_2 = 5g/24$$

$$4m; m$$

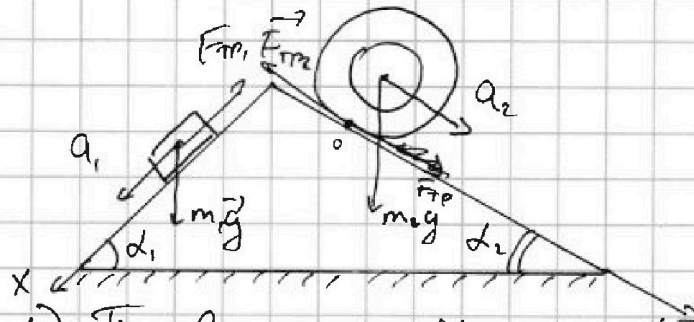
$$\alpha_1; \alpha_2$$

1)  $F_1 = ?$

2)  $F_2 = ?$

3)  $F_3 = ?$

Решение:



1) По второму з. Ньютона:

X:  ~~$m_1 g \sin \alpha_1 - m_1 g \cos \alpha_1 \mu = m_1 a_1$~~

~~$m_1 g \sin \alpha_1 - m_1 g \cos \alpha_1 \mu = m_1 a_1$~~

$$m_1 g \sin \alpha_1 - m_1 a_1 = F_{TP1} = F_1$$

$$m g \left( \frac{3}{5} - \frac{5}{13} \right) = m g \frac{39-25}{65} = \left( \frac{14}{65} m g \right)$$

2) y:  $m_2 g \sin \alpha_2 - m_2 a_2 = F_{TP2} = F_2 = 4m g \left( \frac{5}{13} - \frac{5}{24} \right) =$

$$= \frac{20m g \cdot 11}{6 \cdot 24 \cdot 13} = \left( \frac{55 m g}{78} \right)$$

3) Т.к. клин неподвижен  $\Rightarrow F_1 \cdot \cos \alpha_1 = F_2 \cdot \cos \alpha_2 = F_{TP3}$

$$\frac{14}{65} m g \cdot \frac{4}{5} - \frac{55 m g \cdot 12}{13 \cdot 78} = \left( \frac{14 \cdot 4}{65 \cdot 13} - \frac{55 \cdot 2}{13 \cdot 13} \right) m g = \frac{2 m g}{13} \left( \frac{28}{25} - \frac{55}{13} \right)$$

$$= \frac{2 m g \cdot 1011}{25 \cdot 13} = \left( \frac{2022 m g}{325} \right)$$

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.

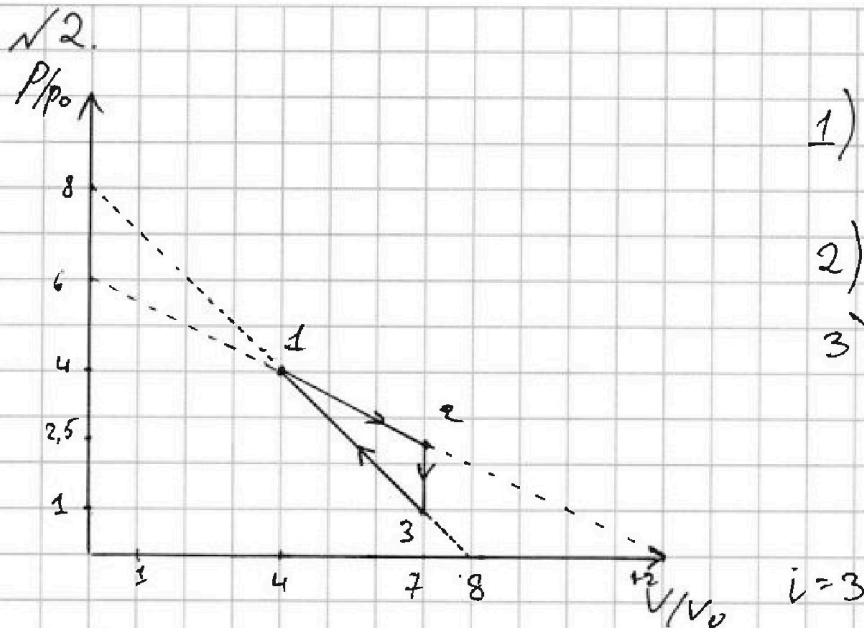


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА

1 ИЗ 3

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!



- 1)  $\frac{\Delta U_{23}}{A_2} = ?$
- 2)  $\frac{T_{max12}}{T_1} = ?$
- 3)  $\eta = ?$

1) Ур-ие Менделеева-Клапейрона для состояний 2 и 3:

$$p_0 \cdot 7V_0 = \sqrt{RT_3}, \quad 7V_0 \cdot \frac{5}{2} p_0 = \sqrt{RT_2} \Rightarrow \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \sqrt{RT_3 - T_2} =$$

$$\Rightarrow \Delta U_{23} = \frac{3}{2} \left( 7 \cdot \frac{1}{2} p_0 V_0 + \frac{35}{2} p_0 V_0 \right) = \frac{3}{2} \cdot \frac{23}{2} p_0 V_0 = \frac{63}{4} p_0 V_0$$

2)  $A_2$  равна площади под графиком в  $p$ - $V$  координатах  $\Rightarrow$

$$A_2 = \frac{1}{2} (p_0 + 2,5 p_0) \cdot (7V_0 - 4V_0) = \frac{1}{2} \cdot \left( \frac{3}{2} \right) p_0 \cdot 3V_0 = \frac{9}{4} p_0 V_0$$

$$3) \frac{\Delta U_{23}}{A_2} = \frac{\frac{63}{4} p_0 V_0}{\frac{9}{4} p_0 V_0} = \frac{63 p_0 V_0 \cdot 4}{4 \cdot 9 p_0 V_0} = \boxed{7}$$

4) Получим ур-ие прямой 1-2:  $p_{12}(V) = -\frac{p_0 V + 6 p_0}{2 V_0}$

Пусть точка Q - точка до которой мы смотрим, как изменится Q:

$$Q = A_2 + \Delta U = \frac{1}{2} (4 p_0 + p_Q) (V_Q - 4 V_0) + \frac{3}{2} (p_Q V_Q - 16 p_0 V_0) =$$

$$= \frac{1}{2} (4 p_0 V_Q - 16 p_0 V_0 + p_Q V_Q - 4 V_0 p_Q) + \frac{3}{2} p_Q V_Q - 24 p_0 V_0 =$$

$$= 2 p_0 V_Q - 8 p_0 V_0 + \frac{1}{2} p_Q V_Q - 2 p_Q V_0 + \frac{3}{2} p_Q V_Q - 24 p_0 V_0 =$$

$$= -32 p_0 V_0 + 2 p_Q V_Q - 2 p_Q V_0 + 2 p_0 V_Q = -32 p_0 V_0 + 2 \left( 6 p_0 - \frac{p_0}{2} \right) V_Q -$$



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 3

Если отмечено болсе 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!

$$2) (6p_0 - \frac{p_0}{2V_0} \cdot V_B) \cdot V_0 - 2p_0 V_B =$$

$$= -32p_0 V_0 + 12p_0 V_B - \frac{p_0}{V_0} V_B^2 - 12V_0 p_0 + p_0 V_B - 2p_0 V_B$$

$$= -44p_0 V_0 + 11p_0 V_B - \frac{p_0}{V_0} V_B^2 \Rightarrow Q(V_0) = -\frac{p_0}{V_0} V_B^2 + 11p_0 V_B - 44p_0 V_0$$

$$\Rightarrow Q'_{\max}(V_B) = -\frac{2p_0}{V_0} V_B + 11p_0 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 11p_0 = \frac{2p_0}{V_0} V_B \Rightarrow V_B = \frac{11}{2} V_0 = 5,5 V_0 \Rightarrow p(V_B) =$$

$$= 6p_0 - \frac{p_0}{2V_0} \cdot \frac{11}{2} V_0 = (6 - \frac{11}{4}) p_0 = \frac{13}{4} p_0 \Rightarrow T_{\max} = \frac{p_B \cdot V_B}{\nu R} = \frac{13 p_0 \cdot 11 V_0}{4 \cdot 2 \nu R}$$

$$5) T_1 = \frac{16 p_0 V_0}{\nu R} \Rightarrow \frac{T_{\max}}{T_1} = \frac{16 p_0 V_0 \cdot 8 \nu R}{\nu R \cdot 13 \cdot p_0 \cdot 11 V_0} = \frac{128}{143}$$

$$6) p_{s1} = \frac{p_0}{V_0} \cdot V + 8p_0 - \text{уравнение состояния 3-1}$$

$$7) Q = \frac{3}{2} (p_0 V_0 - 7p_0 V_0) + \frac{1}{2} (p_0 + p_0) (V_0 - 7V_0) =$$

$$= \frac{3}{2} (8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V_0) \cdot V_0 - \frac{21}{2} p_0 V_0 + \frac{1}{2} (p_0 V_0 - 7p_0 V_0 + 8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V_0) V_0 -$$

$$- (8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V_0) \cdot 7V_0 = 12p_0 V_0 - \frac{3p_0}{2} \frac{V_0^2}{V_0} - \frac{21}{2} p_0 V_0 + \frac{1}{2} p_0 V_0 -$$

$$- \frac{7}{2} p_0 V_0 + \frac{8p_0 V_0}{2} - \frac{1p_0 V_0}{2V_0} \cdot V_0 + \frac{8p_0 V_0}{2} + \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} \cdot V_0$$

$$= 12,5 p_0 V_0 - 2 \frac{p_0}{V_0} V_0^2 + \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V_0 - 14 p_0 V_0 \Rightarrow Q' =$$

$$= 12,5 p_0 - 2 p_0 \cdot 2 V_0 + \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} = 0$$

7)  $Q_{12}$  Первое  $V_0$  начало термодинамики в процессе 3-1:

$$\delta Q = \delta A + dU \Rightarrow \delta Q = \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp = \frac{5}{2} (-\frac{p_0}{V_0} V + 8p_0) dV +$$

$$+ \frac{3}{2} V \cdot (-\frac{p_0}{V_0^2} dV) = 0 \text{ (чтобы найти, где } Q_{11} \text{ и } Q_{12}) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{5}{4} V_0$$



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 3

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!

8) Определим, где точка смеси  $Q_1$  и  $Q_2$  в 1-2:

$$\delta Q = \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp \Rightarrow V = \frac{7.5}{2} V_0 \Rightarrow \text{весь процесс}$$

происходит получение теплоты  $\Rightarrow T_{\max} = T_2 = p \frac{2.5 p_0 \cdot 7 V_0}{\sqrt{R}} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{T_{\max}}{T_2} = \frac{7 \cdot 2.5 p_0 V_0}{16 p_0 V_0} = \frac{7 \cdot 5}{2 \cdot 16} = \frac{35}{32}$$

9)

$$Q_{11} = \frac{1}{2} (4 p_0 + 2.5 p_0) (7 V_0 - 4 V_0) + \frac{3}{2} \left( \frac{35}{2} p_0 V_0 - 16 p_0 V_0 \right) =$$
$$= \frac{1}{2} \cdot \frac{13}{2} \cdot 3 \cdot p_0 V_0 + \frac{3}{2} \cdot \frac{9}{2} p_0 V_0 = \frac{48}{4} p_0 V_0 = 12 p_0 V_0$$

10)

$$Q_{12} = \frac{1}{2} (4 V_0 - 5 V_0) (4 p_0 - 3 p_0) + \frac{3}{2} (16 p_0 V_0 - 15 p_0 V_0) =$$
$$= -\frac{1}{2} p_0 V_0 + \frac{3}{2} p_0 V_0 = 2 p_0 V_0$$

11)

$$\eta = \frac{A}{Q_{11} + Q_{12}} = \frac{9 p_0 V_0}{4 (p_0 V_0 + 12 p_0 V_0)} = \frac{9}{4 \cdot 13} = \frac{9}{52}$$

Ответ: 7;  $\frac{35}{32}$ ;  $\frac{9}{52}$



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!

№3.

Дано:

1) ~~заряд~~  $Q; R$

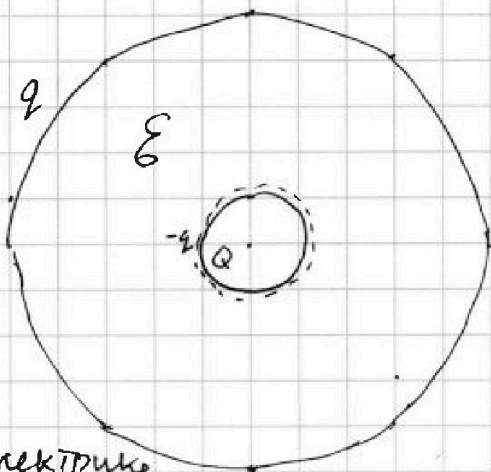
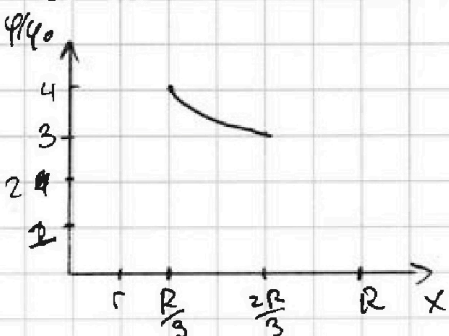
$Q; \epsilon$

2) График

1)  $\varphi(R/4) = ?$

2)  $\epsilon = ?$

Решение:



1) Пусть на  $R$  поляризуется в диэлектрике заряд  $q$ , а на  $r$   $-q$

2) Напишемему равно напряжённости в диэлектрике:

$$\frac{kQ}{x^2} - \frac{kq}{x^2} + 0 = \frac{kQ}{x^2 \cdot \epsilon} \quad | : \frac{k}{x^2} \Rightarrow Q - q = \frac{Q}{\epsilon} \Rightarrow q = Q \frac{\epsilon - 1}{\epsilon}$$

3) Потенциал от удалённости от центра  $x$  ( $r < x < R$ )

$$\frac{kQ}{x^2} + \frac{k(-q)}{x^2} + \frac{kq}{R} = \varphi(x) \Rightarrow \varphi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{4kQ}{R} + \frac{kq}{R} - \frac{4kq}{R}$$

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

$$4) \varphi\left(\frac{R}{3}\right) = 4\varphi_0 = \frac{3kQ}{R} + kq \left(\frac{1}{R} - \frac{3}{R}\right) = \frac{3kQ}{R} - \frac{2kq}{R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{4\varphi_0 \cdot R}{k} = 3Q - 2q = 3Q - 2Q + \frac{2Q}{\epsilon} = Q \left(\frac{\epsilon + 2}{\epsilon}\right)$$

$$5) \varphi\left(\frac{2R}{3}\right) = \frac{3kQ}{2R} + kq \left(\frac{2}{2R} - \frac{3}{2R}\right) = \frac{3kQ}{2R} - \frac{kq}{2R} \Rightarrow \frac{6\varphi_0 R}{k} = 3Q - q =$$

$$= 3Q - Q + \frac{Q}{\epsilon} = Q \left(\frac{2\epsilon + 1}{\epsilon}\right) \Rightarrow \frac{Q(\epsilon + 2) \cdot 3}{4 \cdot 2R} = \frac{Q(2\epsilon + 1)}{\epsilon} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4\epsilon + 2 = 3\epsilon + 6 \Rightarrow \underline{\epsilon = 4}$$

Ответ:  $\frac{kQ(\epsilon + 3)}{\epsilon}$ ;  $\epsilon = 4$

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!



√4.

Дано:

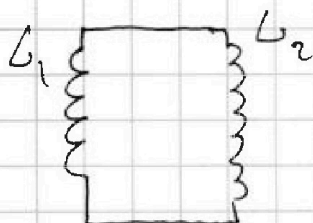
$$L_1 = L$$

$$L_2 = 4L$$

$$n_1 = n$$

$$n_2 = 2n$$

$$S, I(0) = 0$$



$$1) |U_L| = |\dot{\Phi}| = n_1 S \cdot \dot{B} = n_1 S \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = S \cdot 2n_1$$

$$U_L = L_1 \cdot \dot{I} \Rightarrow \dot{I} = \frac{n_1 S \Delta}{L_1}$$

$$1) \frac{\Delta B}{\Delta t} = \Delta$$

$$\dot{I} = ?$$

$$2) B_0 \rightarrow B_0/2$$

$$2B_0 \rightarrow \frac{2}{3}B_0$$

$$I = ?$$

2) В любой момент времени:

$$L \cdot \dot{I}_1 = 4L \cdot \dot{I}_2 \Rightarrow \dot{I}_1 = 4\dot{I}_2$$

$$3) U_L = n_1 \cdot S \dot{B}_1 ; U_{4L} = 2n_2 S \cdot \dot{B}_2 \Rightarrow \dot{B}_1 = 2\dot{B}_2$$

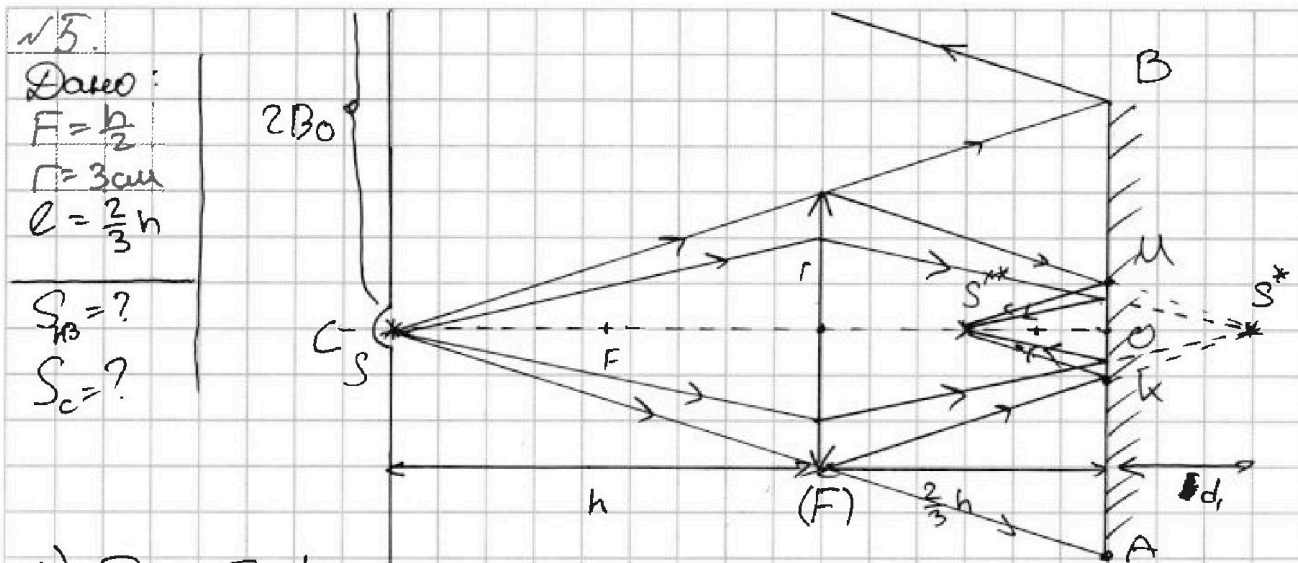




1  2  3  4  5  6  7

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!



1) Т.к.  $F = \frac{h}{2}$ , а  $d$ -расстояние от  $S$  до линзы равно  $h \Rightarrow$

$\Rightarrow$  изображение в линзе находится на расстоянии  $f = h = 2F$

2) Изображение в линзе является мнимым предметом для зеркала и  $d_1 = h - \frac{2}{3}h = \frac{1}{3}h \Rightarrow$  Изображением в зеркале будет действительным на расстоянии  $\frac{2}{3}h - d_1 = \frac{1}{3}h$

3) По формуле тонкой линзы изображение  $S^{xxx}$  от предмета  $S^{xx}$ :

~~$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{h} + \frac{1}{f_2} = \frac{1}{h} \Rightarrow f_2 = h$~~   $f_2 = h$ , и изображение будет мнимым

4)  $S_{\text{н3}} = S_{\text{BA}} - S_{\text{MK}} = \pi \cdot BO^2 - \pi \cdot MO^2$

5) По подобию:  $\frac{h \cdot BO}{5h} = \frac{r}{BO} \Rightarrow BO = \frac{5}{3}r$ , тогда же

~~$\frac{h}{3 \cdot h} = \frac{MO}{r} \Rightarrow MO = \frac{r}{3} \Rightarrow S_{\text{н3}} = \pi \left( \frac{25}{9}r^2 - \frac{r^2}{9} \right) = \frac{24}{9}\pi r^2 =$~~   
 $= \frac{24}{9}\pi \cdot 9 = 24\pi$

6) Видно, что весь свет который прошел через линзу попадает изображение мнимое будет создаваться круг радиусом  $2r$  ~~сформировать~~ (т.к. мы найдем, что  $r_2 = h \Rightarrow$   $S_{\text{н3}}$  это площадь окружности с радиусом  $2 \cdot BO \Rightarrow S_{\text{н3}} = \pi (2BO)^2$

~~$= \pi \cdot 4 \cdot 3^2 = 36\pi$~~   
 $= \pi (4r^2 - \frac{25}{9}r^2) = \pi \cdot 9 \left( \frac{11}{9} \right) = 11\pi$



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!

$\sqrt{2}$   $i=3$  Черновик  $\frac{p}{p_0} = 4$   $\frac{4 \times 2}{R}$   $\frac{13}{78}$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} V R \Delta T$$

1 (4; 4); 2 (7; 2,5); 3 (7; 1)

$$A_2 = p p_0 (2,5 p_0 - 1 p_0) \cdot (7 V_0 - 4 V_0) = 1,5 p_0 \cdot 3 V_0 = 4,5 p_0 V_0$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} (7 \cdot V_0 \cdot 2,5 p_0 - 7 V_0 \cdot 1 p_0) = \frac{3}{2} \cdot 2 V_0 \cdot 1,5 p_0 =$$

$$= \frac{9 \cdot 7}{4} p_0 V_0 = \frac{63}{4} p_0 V_0 \Rightarrow \frac{\Delta U_{23}}{A_2} = \frac{76 \cdot 3 p_0 V_0 \cdot 2}{24 \cdot 9 p_0 V_0} \text{ (1)}$$

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = \frac{\frac{5}{2} R}{\frac{3}{2} R} = \frac{5}{3} \text{ (2)}$$

$p V = \text{const} \Rightarrow p = \text{const} \cdot V^{-\frac{5}{3}}$   $p(V) = \text{const} \cdot V^{-\frac{5}{3}} \cdot V^{-1} = p \cdot V^{-1}$

$p(V) = (\text{const} \cdot V^{-\frac{5}{3}}) V^{-1} = p \cdot V^{-1}$   $p_0 \cdot V_0^{-1} = -\frac{p_0}{2 V_0}$

$$6 - \frac{7}{2} V_0 = \frac{5}{2} p_0$$

$$\begin{cases} 4 p_0 = k \cdot 4 V_0 + b \\ 2,5 p_0 = k \cdot 7 V_0 + b \end{cases} \quad \begin{aligned} & -1,5 p_0 = -k \cdot 3 V_0 \Rightarrow k = \\ & \frac{3}{2} p_0 = -k \cdot 1 V_0 \Rightarrow k = -\frac{p_0}{2 V_0} \end{aligned}$$

$$4 p_0 - k \cdot 4 V_0 = 4 p_0 + \frac{4 \cdot p_0 \cdot V_0}{2 V_0} = 6 \frac{p_0}{2} \Rightarrow p(V) = -\frac{p_0}{2 V_0} \cdot V + \frac{9}{2} V_0$$

$p(V) = -\frac{p_0}{2 V_0} \cdot V + 6 p_0$   $p_B \cdot V_B^{-1} = -\frac{p_0}{2 V_0}$   $p_B = -\frac{p_0}{2 V_0} \cdot V_B$

$$A = \frac{(4 p_0 + p_B)(V_B - 4 V_0)}{2}$$

$$A = \frac{(4 p_0 + p_B)(V_B - 4 V_0)}{2}$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (p_0 V_B - 16 p_0 V_0) \Rightarrow Q = \frac{3}{2} (p_0 V_B - 16 p_0 V_0) + \frac{1}{2} (4 p_0 + p_B)(V_B - 4 V_0)$$

$$= \frac{3}{2} \left( \frac{3}{2} V_B (6 p_0 - \frac{p_0}{2 V_0} V_0) - 24 p_0 V_0 + \frac{1}{2} (4 p_0 V_B - 16 p_0 V_0 + p_B V_B - 4 p_0 V_0) \right)$$

$$= \frac{3}{2} \left( 9 p_0 V_B - \frac{3}{4} \frac{p_0}{V_0} V_B^2 - 24 p_0 V_0 + 2 p_0 V_B - 8 p_0 V_0 + 6 p_0 V_B - \frac{3 p_0}{4 V_0} V_B^2 \right)$$

$$= -32 p_0 V_0 - \frac{5}{4} \frac{p_0}{V_0} V_B^2 + 17 p_0 V_B - \frac{5}{24} \frac{p_0}{V_0} \cdot 2 V_B + 17 p_0 = 0$$



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

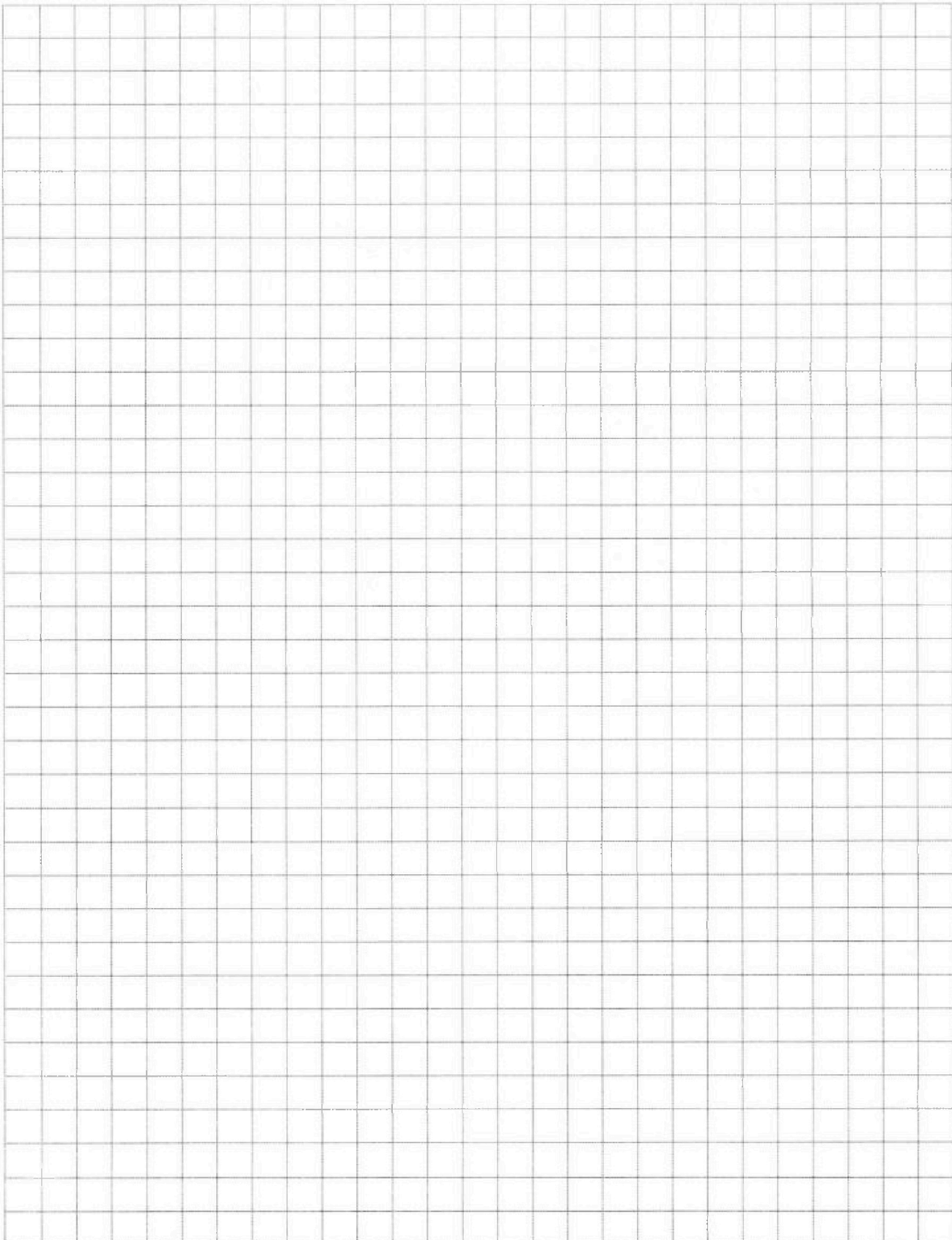
5

6

7

СТРАНИЦА  
\_\_ 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!





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!

$$\frac{4\varphi_0 R}{k} = Q \frac{(\epsilon + 2)}{\epsilon} \quad \text{Черновик}$$

$$\frac{3kQ}{2R} + kq \left( \frac{2}{2R} - \frac{3}{2R} \right) = \frac{3kQ}{2R} + kq \frac{(-1)}{2R} = 3\varphi_0$$

$$q = Q - \frac{Q}{\epsilon}$$

$$3Q - q = \frac{6R\varphi_0}{k}$$

$$3Q - Q + \frac{Q}{\epsilon} = \frac{6R\varphi_0}{k}$$

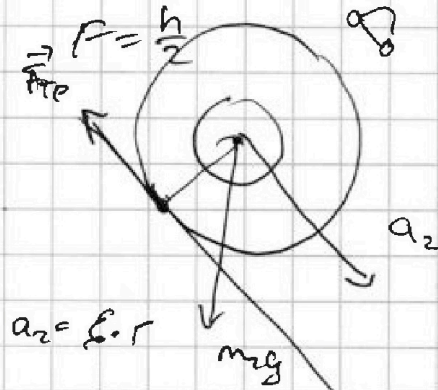
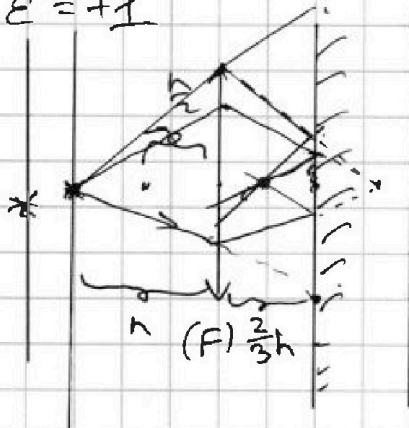
$$Q \frac{(2\epsilon + 1)}{\epsilon} = \frac{3}{4} \cdot \frac{Q(\epsilon + 2)}{\epsilon} \cdot 2Q + \frac{Q}{\epsilon} \Rightarrow \frac{Q(2\epsilon + 1)}{\epsilon} = \frac{6R\varphi_0}{k}$$

$$2\epsilon^2 + 2\epsilon + 1 = \epsilon + 2$$

$$\epsilon = +1$$

$$\frac{-p_0 \cdot 5V_0}{V_0}$$

$$-\frac{p_0}{V_0} + 8p_0$$



$$dp = d\left(-\frac{p_0}{V_0} V + 8p_0\right)$$

$$\delta Q = \delta Q_1 + dA = C$$

$$\delta Q = \nu R dT \quad \frac{3}{2} p_0 dV + \frac{3}{2} V dp + p_0 dV = 0 \quad -\frac{p_0}{V_0} dV$$

$$\frac{3}{2} \nu R dT + p_0 dV \quad \frac{5}{2} p_0 dV + \frac{3}{2} V dp$$

$$\frac{3}{2} dT p_0 dV + \frac{3}{2} V dp + p_0 dV \quad \frac{5}{2} p_0 \frac{5}{2} \left(-\frac{p_0}{V_0} V + 8p_0\right) dV + \frac{3}{2} V \cdot \frac{p_0}{V_0} dV$$

$$\frac{3}{2} p_0 dV + \frac{3}{2} V dp \quad 0 = -\frac{5 p_0}{2 V_0} dV + \frac{5 \cdot 8 p_0}{2} dV - \frac{3 p_0 \cdot V}{2 V_0} dV$$

$$\frac{3}{2} \left(-\frac{p_0}{V_0} V + 8p_0\right) dV + \frac{3}{2} V \cdot \frac{p_0}{V_0} dV = 0 \quad \frac{5}{2} V^2 dV = \frac{5}{2} V_0^2 - \frac{3V}{2 V_0}$$

$$-\frac{5}{2} \frac{p_0}{V_0} V - \frac{3V}{2 V_0} + \frac{5}{2} - \frac{3}{2} \frac{V}{V_0} = 0 \quad \frac{3}{2} V = 20V_0 - \frac{3}{2}$$

$$+20p_0 - \frac{3}{2} \frac{5}{2} = \frac{3V}{2} + \frac{4V}{V_0} \quad V_0 = \frac{5}{8} \quad V = 20$$

$$20 = \frac{3V}{2} + \frac{4V}{V_0} = 0 \quad \frac{5}{2} \cdot 8 = \frac{3V}{4V_0} + \frac{5V}{4V_0}$$

$$\frac{5}{2} \left(-\frac{p_0}{2V_0} + 6p_0\right) + \frac{3V}{2} \cdot \frac{p_0}{2V_0} = 0 \quad 15 = 2V_0 \Rightarrow V_0 = \frac{7}{2} V_0$$

$$15 = \frac{3V}{4V_0} + \frac{5V}{4V_0}$$

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  
— 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!

$$Q_{31} = \frac{(\rho_0 + 4\rho_0)(4V_0 - 7V_0)}{2} t$$

$$8\rho_0 = k \rho_0 \quad k = \frac{-8\rho_0}{8V_0} = -\frac{\rho_0}{V_0} \quad p(V) = -\frac{\rho_0}{V_0} + 8\rho_0 \frac{p_0}{V_0} \sqrt{V} = -\frac{\rho_0}{V_0}$$

$$p(V) = p_0 \cdot V^{-\frac{5}{3}} = \text{const} \Rightarrow p = \text{const} \cdot V^{-\frac{5}{3}}$$

$$p = \text{const} \cdot V_0^{-\frac{5}{3}} \cdot V_0^{-1} = p_0 \cdot V_0^{-\frac{8}{3}} = -\frac{\rho_0}{V_0} \cdot V_0$$

$$p_B = -\frac{\rho_0}{V_0} \cdot V_B$$

$$p_1 = \frac{\rho_0}{V_1} \cdot V_1^{-\frac{5}{3}} = \text{const}$$

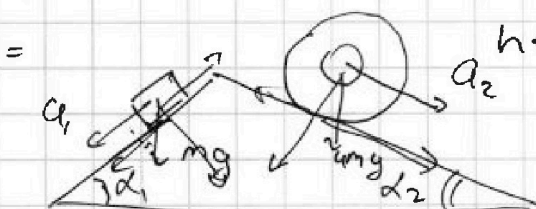
$$p \cdot V^{\frac{5}{3}} = \text{const}$$

$$Q_{31} \quad \rho_0 \quad 7V_0$$

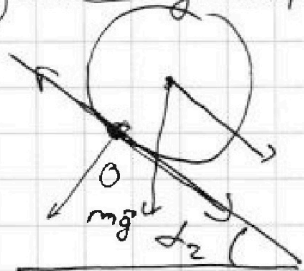
$$p_B = -\frac{\rho_0}{V_0} \cdot V_B + 6\rho_0$$

$$p(V) = V^{-\frac{5}{3}} \cdot \text{const}$$

$$Q_{30}$$



$$mg \sin \alpha_1 - mg \sin \alpha_1 =$$



$$= \frac{4}{3} - \frac{m \cdot 5g \cdot 5}{13 \cdot 10 \cdot 4}$$

$$0 = L \cdot \dot{I} = -\dot{\Phi} + (B \cdot S) = -S(\dot{B}) = \frac{I}{L}$$

$$L \cdot \dot{I}$$

$$L \cdot \dot{I}_1 = nS \cdot \dot{B}_1$$

$$4L \cdot \dot{I}_2 = 2nS \cdot \dot{B}_2$$

$$\dot{I}_1 =$$



$$n_1 S_1 \frac{B_0}{2\Delta t} \cdot 2r_1 =$$

$$nS \cdot \dot{B}_1 = 2nS = \dot{B}_2$$

$$\frac{\Delta B_1}{\Delta t} = 2 \frac{\Delta B_2}{\Delta t}$$

$$\dot{B}_1 = 2 \dot{B}_2$$

$$ma_2 = mg \sin \alpha_2 + F_x$$

$$F_x = ma_2 - mg \sin \alpha_2 = \frac{364}{1011}$$

$$mg \left( \frac{5}{24} - \frac{5}{13} \right)$$

$$\begin{array}{r} 1011 \\ -1011 \cdot \frac{17}{17} \\ \hline 81 \cdot 17 \\ 20 \cdot 25 \\ \hline 175 \\ \hline 325 \end{array}$$



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  
— 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!

$$kV_B = 17p_0 = \frac{5}{2} p_0 \frac{V_B}{V_0} \Rightarrow V_B = \frac{34}{5} V_0 \quad 60 - 17 = 43 \quad \frac{p_0}{p_0} = \frac{13}{5}$$

$$p_B = -\frac{p_0 \cdot 34}{200} V_0 + 6p_0 = 6p_0 - \frac{17}{10} p_0 = \frac{43}{10} p_0 = 4,3p_0$$

$$6p_0 - \frac{34}{10} p_0 = \frac{26}{10} p_0 = 2,6p_0 \quad 2,6 \cdot p_0 \cdot \frac{34}{5} V_0 = 2RT_{\max}$$

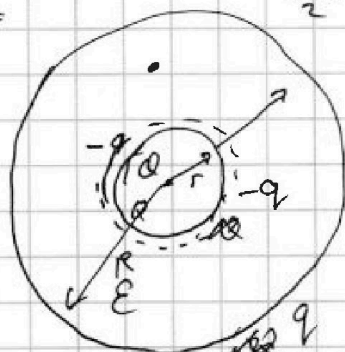
$$\frac{13 \cdot 34 \cdot 17}{100} \alpha 2 \quad \frac{13 \cdot 17}{200} \quad T_{\max} = \frac{2 \cdot 17}{13} \quad 4p_0 \cdot 4V_0 = 2RT$$

$$pV = \text{const}$$

$$p = \text{const} \cdot V^{-\frac{5}{3}}$$

$$kq \quad p' = \text{const} \cdot V^{-\frac{5}{3}} \cdot V^{-1} = p \cdot V^{-1} = -\frac{p_0}{2V_0}$$

$$A Q_H \quad Q_{10} =$$



$$p_A = \frac{31}{2} p_0 \cdot \frac{3}{2} \quad p_B = -\frac{p_0}{2V_0} + \frac{63}{2} p_0 V_0$$

$$\frac{kQ}{2R^2} - \frac{kq}{R^2} = \frac{kQ}{R^2 \epsilon} \quad Q(1 - \frac{1}{\epsilon}) = Q \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \quad Q - \frac{Q}{\epsilon} = Q \Rightarrow$$

$$\varphi = \frac{kQ}{x} + \frac{k(-Qq)}{x \cdot \epsilon} = \frac{kQ}{x} \left( 1 - \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \right) = \frac{kQ}{x} \left( \frac{\epsilon - \epsilon + 1}{\epsilon} \right)$$

$$\frac{kQ}{x} - \frac{kq}{x} = 3\varphi_0 \quad \frac{R}{3} - \frac{4\varphi_0}{2R} = 3\varphi_0 \quad \frac{3kQ}{R} - \frac{3kq}{R} = \varphi_0 \cdot 4$$

$$\frac{3kQ}{2R} - \frac{3kq}{2R} = \frac{3}{2} 3\varphi_0 \quad 3Q - q = \frac{4\varphi_0 \cdot R}{3k}$$

$$Q - q = \frac{4\varphi_0 \cdot 2R}{3k} \quad q = Q - \frac{4\varphi_0 R}{3k}$$

$$\frac{kQ}{x^2} - \frac{kq}{x^2} = \frac{kQ}{\epsilon k x^2} \quad Q = Q - \frac{Q}{\epsilon} \quad \frac{k(Q + \frac{3Q}{\epsilon})}{R} = \frac{4kQ - 3kq}{R}$$

$$\varphi\left(\frac{R}{2}\right) = \varphi(x) = \frac{kQ}{x} - \frac{kq}{x} + \frac{kq}{R} = \frac{4kQ}{R} - \frac{4kq}{R} + \frac{kq}{R}$$

$$\frac{3kQ}{R} + Qk\left(\frac{1}{R} - \frac{q}{R}\right) = \frac{3kQ}{R} - \frac{2qk}{R} = 4\varphi_0 \quad \frac{kQ(\epsilon + 3)}{R\epsilon}$$

$$3Q - 2Q + \frac{2Q}{\epsilon} = Q + \frac{2Q}{\epsilon} \quad 3Q - 2q = \frac{4\varphi_0 \cdot R}{k} = \frac{Q(\epsilon + 2)}{4}$$