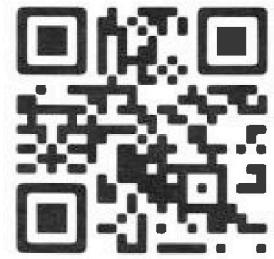




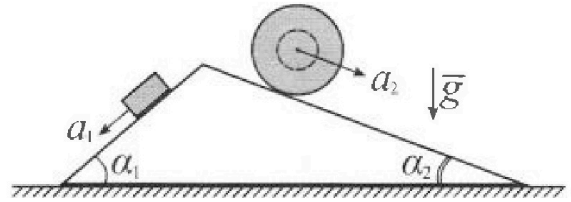
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-04



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

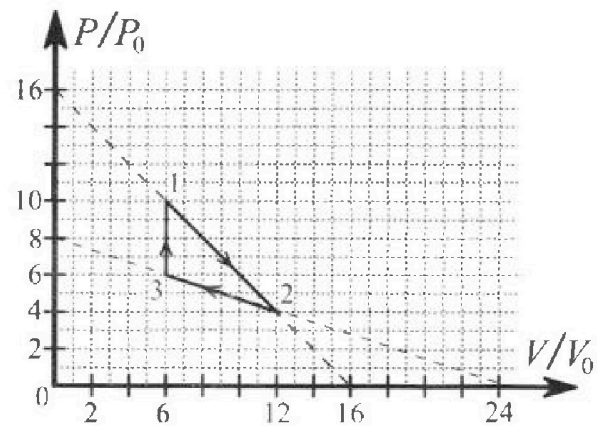
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/17$  и скатывается без проскальзывания полый шар массой  $9m/4$  с ускорением  $a_2 = 8g/27$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) и  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 8/17$ ,  $\cos \alpha_2 = 15/17$ ). 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 шаром 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.

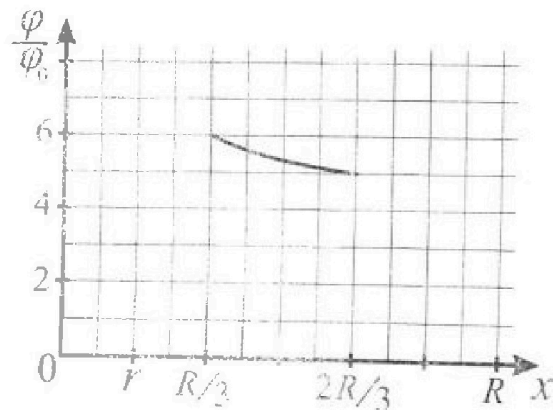
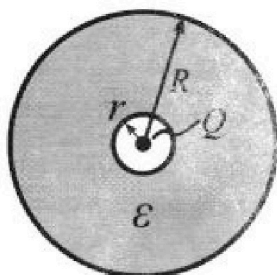


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

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  $x = 11R/12$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



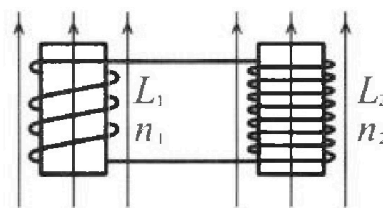
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

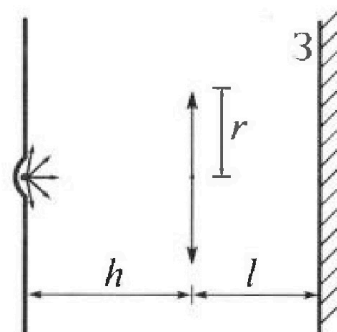


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 9L/4$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 3n/2$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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 уменьшаться 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  $3B_0/4$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $4B_0$  до  $8B_0/3$ , 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  $F = 2h/3$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 4$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = h/2$  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.



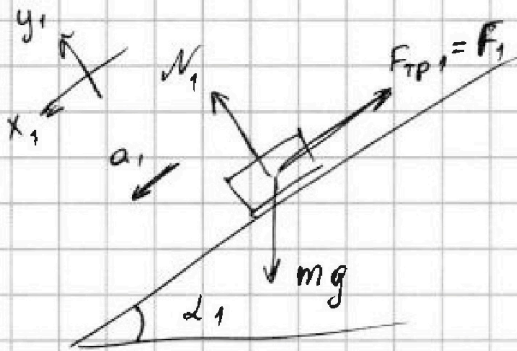
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
1 из 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) Отдельно брусок:



Брусок скользит, поэтому  $F_1$  направлена вверх  $\&$  ~~по направлению~~ вдоль клина.

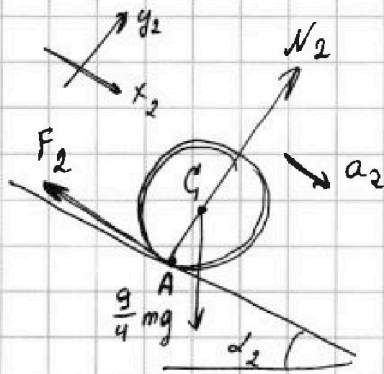
234:  $y_1: N_1 = mg \cdot \cos \alpha_1$

$x_1: mg \sin \alpha_1 - F_1 = ma_1$

Математика:  $N_1 = \frac{4}{5} mg$

$$F_1 = mg \sin \alpha_1 - ma_1 = \frac{2}{5} \cdot mg - m \cdot \frac{5}{17} g = \frac{51-25}{85} mg = \frac{26}{85} mg$$

2) Отдельно шар:



и скатывается в нижней плоскости шар ~~по направлению~~ <sup>и скатывается в нижней плоскости</sup> ~~по направлению~~ <sup>и скатывается в нижней плоскости</sup> его центр

масс находится в центре.

(Обозначим точкой C)

К точке соприкосновения шара и клина (точка A) к шару

приложены сила трения ( $F_2$ ) и сила реакции

опора ( $N_2$ )

центр масс шара движется с тем же ускорением,

что и шар  $a_C = a_2$ .

По Т. о. движению ц. м.:  $N_2 + F_2 + \frac{9}{4} mg = \frac{9}{4} m a_2$



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  
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!

$$= \frac{17 \cdot 4 \cdot 3 \cdot 25 + 5 \cdot 5 \cdot 5 \cdot (-34)}{5 \cdot 5 \cdot 17 \cdot 17} = \frac{4 - 10}{17} = -\frac{6}{17} \text{ мг}$$

$F_3 = \frac{6}{17} \text{ мг}$  и направлена вправо.

Ответ: 1)  $F_1 = \frac{26}{85} \text{ мг}$

2)  $F_2 = \frac{20}{51} \text{ мг}$

3)  $F_3 = \frac{6}{17} \text{ мг}$



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 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!

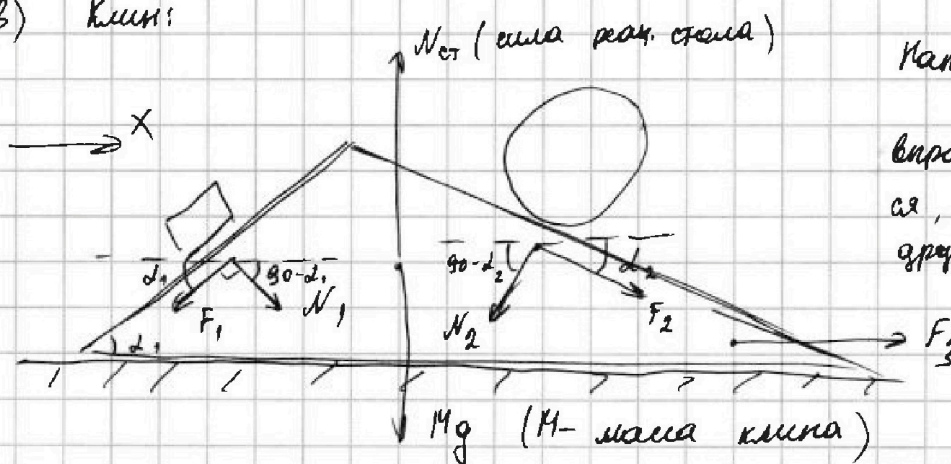
$$x_2: -F_2 + \frac{9}{4} m g \cdot \sin d_2 = \frac{9}{4} m a_2$$

$$y_2: N_2 = \frac{9}{4} m g \cdot \cos d_2$$

Математика: 
$$N_2 = \frac{9}{4} m g \cdot \frac{15}{17} = \frac{135}{68} m g$$

$$F_2 = \frac{9}{4} m \left( g \cdot \frac{8}{17} - \frac{8}{17} g \right) = \frac{31}{17} m g - \frac{17}{3} m g = \frac{54-34}{51} = \frac{20}{51} m g$$

3) Клин:



Направлен  $F_3$

вправо. Если получится, что  $F_3 < 0$ , то другое направление

$$23H: x: -F_1 \cos d_1 + N_1 \sin d_1 - N_2 \cdot \sin d_2 + F_2 \cos d_2 + F_3 = 0$$

Математика: 
$$-\frac{4}{5} \cdot \frac{26}{85} m g + \frac{3}{5} \cdot \frac{4}{5} m g - \frac{135}{68} \cdot \frac{8}{17} m g + \frac{20}{51} \cdot \frac{15}{17} m g = -F_3$$

$$-F_3 = \left( -\frac{4 \cdot 26}{5 \cdot 85} + \frac{3 \cdot 4}{5 \cdot 5} - \frac{135 \cdot 2}{17 \cdot 17} + \frac{20 \cdot 15}{17 \cdot 17 \cdot 3} \right) m g =$$

$$= \frac{-4 \cdot 26 \cdot 17 \cdot 3 + 3 \cdot 4 \cdot 17 \cdot 17 \cdot 3 - 135 \cdot 2 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 3 + 20 \cdot 15 \cdot 5 \cdot 5}{5 \cdot 5 \cdot 17 \cdot 17 \cdot 3} m g =$$

$$= \frac{17 \cdot 4 \cdot 3 (-26 + 51) + 3 \cdot 5 \cdot 5 \cdot 5 (-27 \cdot 2 + 20)}{5 \cdot 5 \cdot 17 \cdot 17 \cdot 3} m g =$$

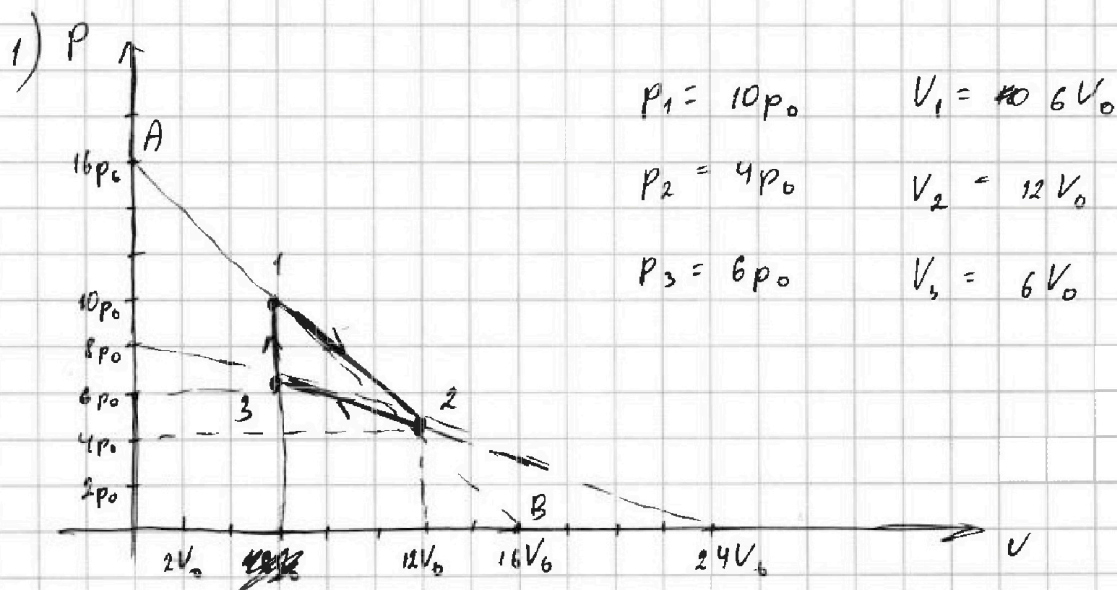
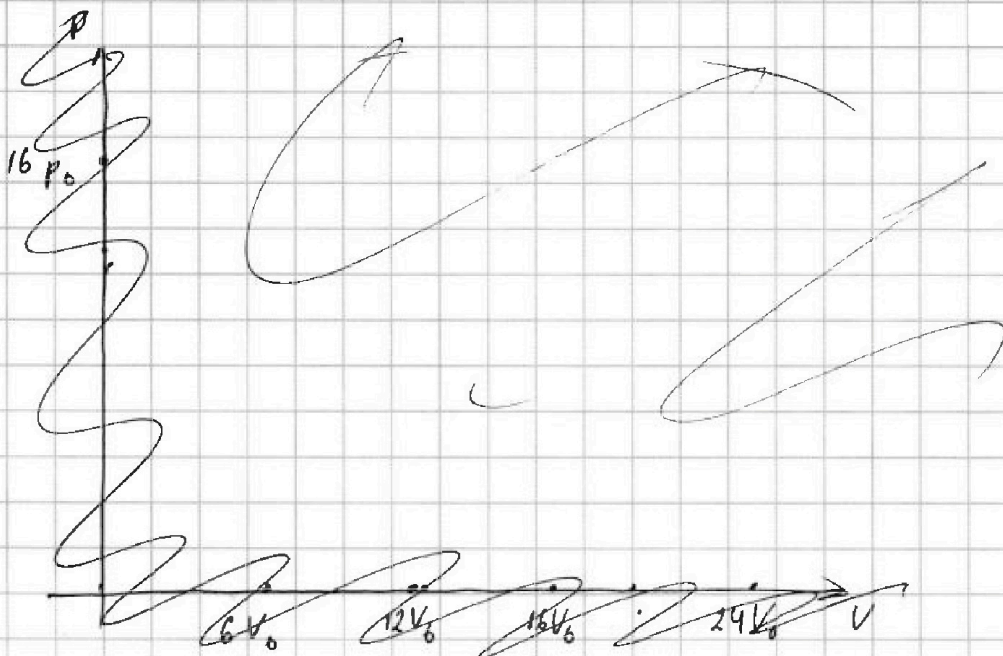
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА

1 ИЗ 7

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!



Процесс 1-2: линейная зависимость:  $p(V) = \alpha V + \beta$

$$A: 16P_0 = \alpha \cdot 0 + \beta \Rightarrow \beta = 16P_0$$

$$B: 0 = \alpha \cdot 16V_0 + \beta \Rightarrow \alpha = -\frac{\beta}{16V_0} = -\frac{16P_0}{16V_0} = -\frac{P_0}{V_0}$$

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  
2 ИЗ 7

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!

$$p(V) = -\frac{p_0}{V_0} \cdot V + 16p_0$$

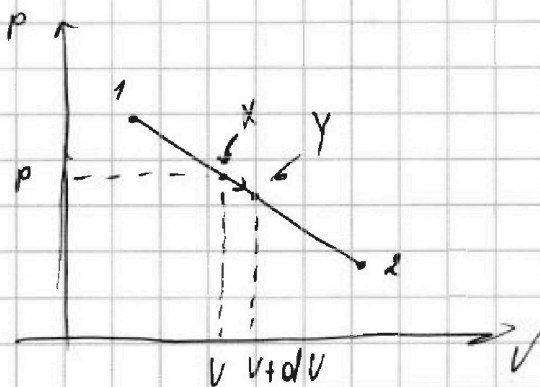
2) Рассмотрим малый процесс:

$$\delta Q = du + \delta A$$

$$\delta Q = \int c dT \quad \# c \neq \text{const}$$

$$du = \frac{3}{2} \int R dT$$

$$\delta A = p \cdot dV$$



Менделеев - Клапейрон для X и Y:

$$pV = \int R T \quad \text{и} \quad (p + dp)(V + dV) = \int R(T + dT)$$

~~или~~ выведем из этого уравнения:

$$dpV + p dV + \underbrace{dp \cdot dV}_{\text{можно пренебречь}} = \int R dT$$

$$dpV + p dV = \int R dT$$

3) Найдем зависимость  $T(V)$ .

$$pV = \int R T$$

$$\left( T = \frac{pV}{\int R} = \frac{-\left(\frac{p_0}{V_0} \cdot V + 16p_0\right) \cdot V}{\int R} = \frac{p_0 V_0}{\int R} \cdot \left( -\frac{V^2}{V_0^2} + 16 \frac{V}{V_0} \right) \right)$$

Построим этот график.

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 7

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!

$$5) \quad 3-76 \quad \Delta u(V): \quad T_1 = \frac{p_1 V_1}{p R} = 60 T_0$$

$$\Delta u = \frac{3}{2} p R (T - T_1) = \frac{3}{2} p R \left( T_0 \cdot \left( -\frac{V^2}{V_0^2} + 16 \frac{V}{V_0} \right) - 60 T_0 \right) =$$

$$= \frac{3}{2} p R T_0 \left( -\frac{V^2}{V_0^2} + 16 \frac{V}{V_0} - 60 \right)$$

~~6)  $\Delta u(V)$   
 $A(V)$~~

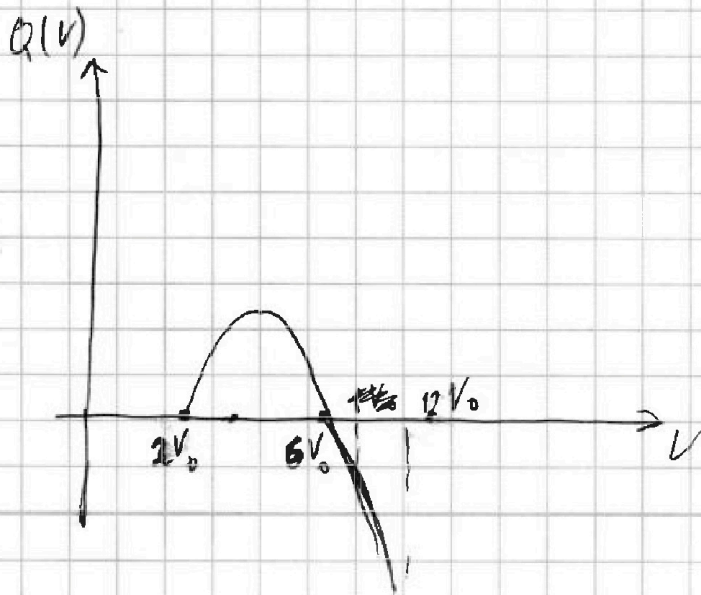
6) Первой закон термодинамики от нач. до конеч.:

$$Q = \Delta u(V) + A(V)$$

$$Q = \frac{3}{2} p R T_0 \left( -\frac{V^2}{V_0^2} + 16 \frac{V}{V_0} - 60 \right) + p_0 V_0 \left( \frac{V^2}{2V_0^2} - 16 \frac{V}{V_0} + 78 \right) =$$

$$= p_0 V_0 \left( \left( -\frac{3}{2} + \frac{1}{2} \right) \cdot \frac{V^2}{V_0^2} + \left( \frac{3}{2} \cdot 16 - 16 \right) \frac{V}{V_0} - 60 \cdot \frac{3}{2} + 78 \right) =$$

$$= p_0 V_0 \left( -\frac{V^2}{V_0^2} + 8 \frac{V}{V_0} - 12 \right) =$$



$$Q(V) = 0$$

$$-\frac{V^2}{V_0^2} + 8 \frac{V}{V_0} - 12 = 0$$

$$\frac{V^2}{V_0^2} - 8 \frac{V}{V_0} + 12 = 0$$

$$V \in [2V_0, 6V_0]$$

$$V = 2V_0 \quad V = 6V_0$$





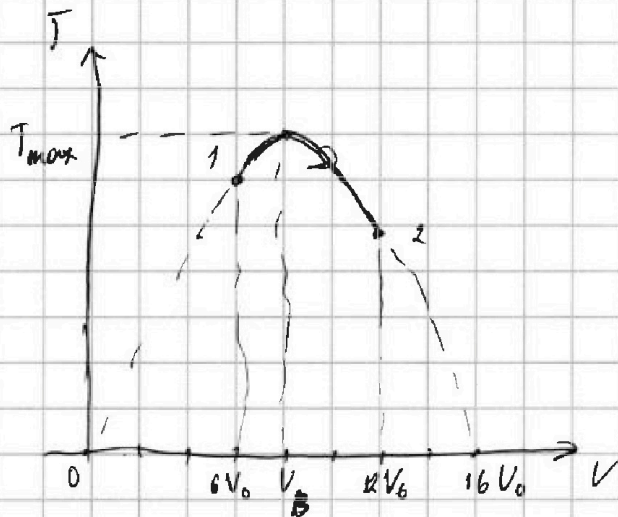
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
8 ИЗ 7

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!

Решение  $T_0 = \frac{P_0 V_0}{JR}$



$$T(V) = 0$$

$$+\frac{V^2}{V_0^2} = 16 \frac{V}{V_0}$$

$$V = 0 \quad V \quad V = 16V_0$$

$$V_B = \frac{0 + 16V_0}{2} = 8V_0$$

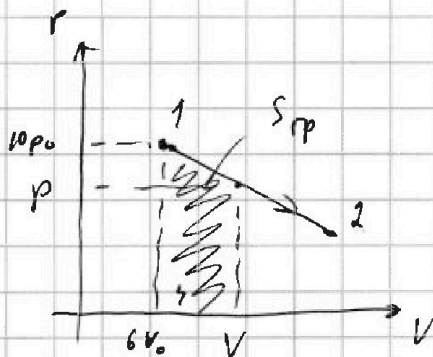
$$T_{\max} = T(V_B) = T_0 \cdot \left( -\frac{64V_0^2}{V_0^2} + 16 \cdot \frac{8V_0}{V_0} \right)$$

$$T_{\max} = 64T_0$$

$$T_3 = \frac{P_3 V_3}{JR} = \frac{6P_0 \cdot 6V_0}{JR} = 36T_0$$

$$\frac{T_{\max}}{T_3} = \frac{64}{36} = \frac{16}{9} \leftarrow \text{Ответ на 1 вопрос.}$$

4) Найдём  $\delta$ -то  $A(V)$ :



$$A(V) = S_{гр} = (6V_0 - V) \cdot \frac{1}{2} (10P_0 + P) =$$

$$= (6V_0 - V) \cdot \frac{1}{2} \left( 10P_0 - \frac{P_0}{V_0} \cdot V + 16P_0 \right) =$$

$$= P_0 \left( 5 - \frac{V}{2V_0} + 8 \right) (6V_0 - V) =$$

$$= P_0 \left( 13 - \frac{V}{2V_0} \right) (6V_0 - V) =$$

$$= P_0 \left( 78V_0 - 13V - 3V + \frac{V^2}{2V_0} \right) =$$

$$= P_0 V_0 \left( 78 - 16 \frac{V}{V_0} + \frac{V^2}{2V_0^2} \right)$$



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  
5 из 7

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!

Видно, что на участке от  $6V_0$  до  $12V_0$

имеют ответ в Вт.

7)  $A_{\Sigma} = S_{D123}$ ; где  $A_{\Sigma}$  - работа за цикл.

$$S_{D123} = \frac{1}{2} \cdot (10p_0 - 6p_0) \cdot (12V_0 - 6V_0) = 12 p_0 V_0$$

$$A_{\Sigma} = 12 p_0 V_0$$

$$\Delta u_{12} = u_2 - u_1 = \frac{3}{2} \mathcal{O}R (T_2 - T_1) = \frac{3}{2} \mathcal{O}R (48T_0 - 60T_0) = -18 \mathcal{O}RT_0 = -18 p_0 V_0$$

$$\frac{A_{\Sigma}}{|\Delta u_{12}|} = \left| \frac{-18 p_0 V_0}{12 p_0 V_0} \right| = \frac{3}{2} \quad \leftarrow \begin{array}{l} \text{ответ на первый} \\ \text{вопрос.} \end{array}$$

8)  $\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_H}$ , где  $Q_H$  - теплота, подведенная к газу.

процесс 1-2: он уже был исследован, поэтому

можно сказать, что  $\delta Q_{12} < 0 \forall t$ , т.е.

полностью входит в  $Q_H$ .

процесс 3-1:  $\delta Q_{31} = c_V \nu dT$ ,  $dT > 0$  и  $c_V = \frac{3}{2} R = \text{const}$ ,

т.е.  $\delta Q_{31} > 0 \forall t$ .

полностью в  $Q_H$ .



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 7

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!

про  $Q_{23}$  так можно ответить на вопрос. Исследовать <sup>2-3</sup> аналогично  $T_2$

$$p(V) = \alpha V + \beta$$

$$\begin{cases} 0 = \alpha \cdot 24V_0 + \beta \\ 8p_0 = \alpha \cdot 0 + \beta \end{cases} \begin{cases} \beta = 8p_0 \\ \alpha = -\frac{p_0}{3V_0} \end{cases}$$

$$p(V) = -\frac{p_0}{3V_0} \cdot V + 8p_0$$

$$T = \frac{PV}{OR} = \frac{1}{OR} \cdot \left(-\frac{p_0}{3V_0} \cdot V + 8p_0\right) \cdot V = \frac{p_0 V_0}{OR} \cdot \left(-\frac{V^2}{3V_0^2} + 8\frac{V}{V_0}\right)$$

$$\begin{aligned} A(V) &= -S_{pp} = -\frac{1}{2}(V_2 - V) \cdot (p + p_2) = -\frac{1}{2}(12V_0 - V) \cdot \left(-\frac{p_0}{3V_0} \cdot V + 8p_0 + p_0\right) \\ &= -\frac{1}{2}(12V_0 - V) \cdot p_0 \left(-\frac{V}{3V_0} + 12\right) = -p_0 V_0 \left(6 - \frac{V}{2V_0}\right) \left(-\frac{V}{3V_0} + 12\right) \\ &= -p_0 V_0 \left(-\frac{2V}{V_0} + 72 + \frac{V^2}{6V_0^2} - \frac{6V}{V_0}\right) = -p_0 V_0 \left(\frac{V^2}{6V_0^2} - 8\frac{V}{V_0} + 72\right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta U(V) &= \frac{S}{2} OR(T - T_2) = \frac{S}{2} OR T_0 \left(-\frac{V^2}{3V_0^2} + 8\frac{V}{V_0} - 48\right) = \\ &= \frac{S}{2} p_0 V_0 \left(-\frac{V^2}{3V_0^2} + 8\frac{V}{V_0} - 48\right) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Q(V) &= \Delta U(V) + A(V) = \frac{S}{2} p_0 V_0 \left(-\frac{V^2}{3V_0^2} + 8\frac{V}{V_0} - 48\right) + p_0 V_0 \left(-\frac{V^2}{2V_0^2} + 12\frac{V}{V_0} - 72 - \frac{V^2}{6V_0^2} + \right. \\ &\quad \left. + 8\frac{V}{V_0} - 72\right) = p_0 V_0 \left(-\frac{2V^2}{3V_0^2} + 20\frac{V}{V_0} - 144\right) \end{aligned}$$

$$Q(V) = 0 : -\frac{2V^2}{3V_0^2} + 20\frac{V}{V_0} - 144 = 0$$

$$\frac{V^2}{V_0^2} - 30\frac{V}{V_0} - 216 = 0$$

$$D = 900 + 4 \cdot 216 = 900 + 864 = 1764; \quad \frac{V}{V_0} = \frac{30 \pm \sqrt{1764}}{2} = \frac{30 \pm \sqrt{1764}}{2}$$



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.

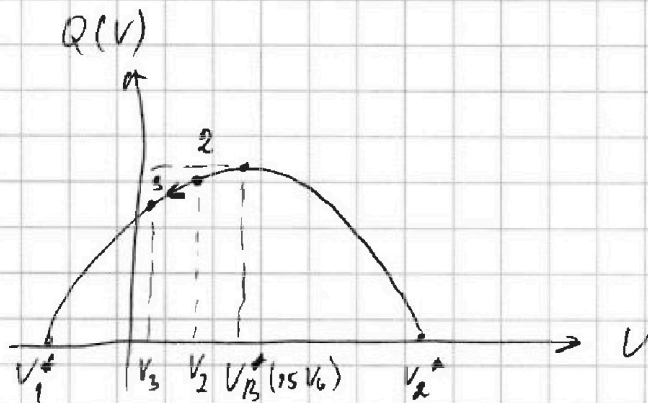
1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 7

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!

Выход, что

$$= \frac{40 \pm 2 \cdot \sqrt{641}}{2} = 15 \pm \sqrt{641}$$



$$V_B^* = \frac{V_1^* + V_2^*}{2} = 15V_0$$

Выход, что в процессе 1-3 теплота постоянно отводится.  $Q_{23}$  - количество в калориях.

$$\eta = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{21}} = \frac{A_{\Sigma}}{Q_{31}} = \frac{12 p_0 V_0}{c_v \mathcal{D}(\frac{1}{3} - T_0)} = \frac{12 p_0 V_0}{\frac{3}{2} \mathcal{D}R(60T_0 - 36T_0)} =$$

$$= \frac{12 p_0 V_0 \cdot 2}{3 \cdot 24 \mathcal{D}RT_0} = \frac{1}{3}$$

Ответ: 1)  $\frac{3}{2}$

2)  $\frac{16}{9}$

3)  $\frac{1}{3}$



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  
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!

Тогда из графика следует, что:

$$5\varphi_2 = 6\varphi_3$$

$$\varphi\left(\frac{R}{3}\right) = \frac{3kQ}{R} - \frac{3kq}{R} + \frac{kq}{R} = \frac{3kQ - 2kq}{R} = \varphi_2$$

$$\varphi\left(\frac{2R}{3}\right) = \frac{3kQ}{2R} - \frac{3kq}{2R} + \frac{kq}{R} = \frac{3kQ - kq}{2R} = \varphi_3$$

Подставим в соотношение для  $\varphi_2$  и  $\varphi_3$ :

$$\frac{15kQ - 10kq}{R} = \frac{12kQ - 6kq}{2R} = \frac{9kQ - 3kq}{R}$$

$$6kQ = 7kq$$

$$6Q = 7q$$

Подставим  $q$ :

$$6Q = 7Q\left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)$$

$$6 = 7 - \frac{7}{\epsilon}$$

$$\frac{7}{\epsilon} = 1 \rightarrow \epsilon = 7$$

Ответ: 1)  $\varphi_1 = \frac{kQ\left(1 + \frac{1}{\epsilon}\right)}{11R}$

2)  $\epsilon = 7$



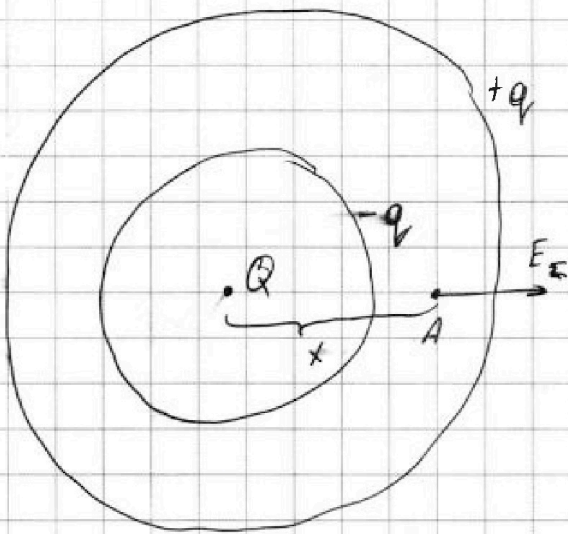
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

На поверхности шара появится равномерный заряд, таким образом, что внутри диэлектрика нам будет в  $\epsilon$  раз меньше.



Суммарный заряд диэлектрика равен 0, поэтому если шарик  $+q$ , то внутри  $-q$ .

Заряд  $Q$  создает поле напряженности

$$E(x) = \frac{k|Q|}{x^2} = \frac{kQ}{x^2},$$

будем считать, что  $Q > 0$  и  $q > 0$  (для определенности).

где  $x$  - расстояние от  $Q$  до точки ~~результат~~  $A$ .

по определению:  $E_{\Sigma} = \frac{E}{\epsilon}$ , где  $E_{\Sigma}$  - результирующая напряженность (если  $r < x < R$ )

•  $x < r$ :  $E_{\Sigma} = \frac{kQ}{x^2}$

•  $r < x < R$ :  $E_{\Sigma} = \frac{kQ}{x^2} - \frac{kq}{x^2} = \frac{E}{\epsilon} = \frac{kQ}{x^2 \epsilon}$

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

$q = Q \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)$  ← индуц. заряд.



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 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!

$$\bullet \quad x > R: \quad E_{\Sigma} = \frac{kQ}{x^2} - \frac{kq}{x^2} + \frac{kq}{x^2} = \frac{kQ}{x^2}$$

Потенциалы:

$$\bullet \quad x \leq r: \quad \varphi(x) = \frac{kQ}{x} - \frac{kq}{r} + \frac{kq}{R}$$

$$\bullet \quad r < x \leq R: \quad \varphi(x) = \frac{kQ}{x} - \frac{kq}{x} + \frac{kq}{R}$$

$$\bullet \quad x > R: \quad \varphi(x) = \frac{k(Q - q + q)}{x} = \frac{kQ}{x}$$

Пусть  $\varphi_0 = \varphi(x_0) = \frac{kQ}{x_0}$

На первый вопрос:

$$\bullet \quad r < x = \frac{11R}{12} \leq R:$$

$$\varphi_1 = \varphi\left(\frac{11R}{12}\right) = \frac{12kQ}{11R} - \frac{12k \cdot Q \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)}{11R} + \frac{11kQ \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)}{11R} =$$

$$= \frac{12kQ - kQ \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)}{11R} = \frac{12kQ - kQ + \frac{1}{\epsilon}kQ}{11R}$$

$$\varphi_1 = \frac{kQ \left(11 + \frac{1}{\epsilon}\right)}{11R}$$

На второй вопрос:

Пусть  $\varphi_2\left(\frac{R}{3}\right) = \varphi_2$  и  $\varphi\left(\frac{2R}{3}\right) = \varphi_3$



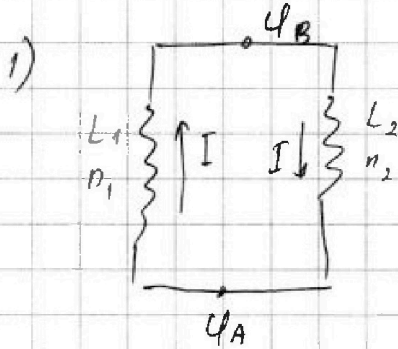
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
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!

$$u_L = L \cdot \dot{I}' + nS \cdot B'$$



$$u_{L1} = -u_{L2}$$

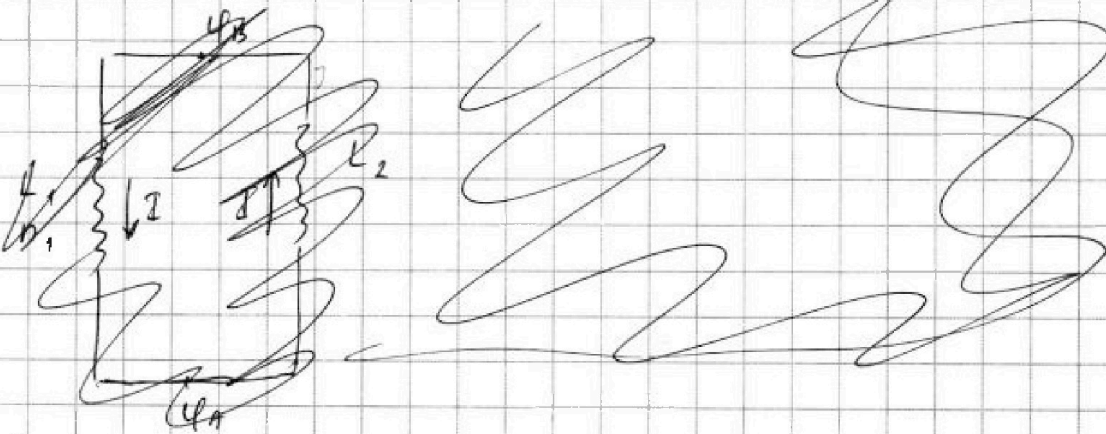
$$L_1 I' + n_1 S B' = -L_2 I'$$

$$I' = -\frac{n_1 S B'}{L_1 + L_2} = -\frac{n S \cdot (-\alpha)}{L + \frac{9}{4}L} = +\frac{n S \alpha}{\frac{13}{4}L}$$

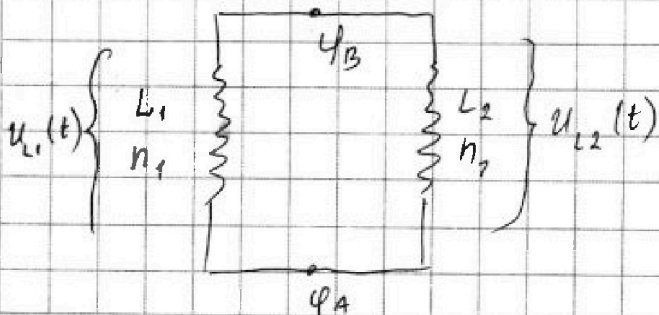
по модулю:

$$|I'| = \frac{4n S \alpha}{13L}$$

~~Напряжение по модулю нет, поэтому вычисление -~~  
~~по модулю:~~



2) Рассмотрим поперечный момент:



$$u_{L1}(t) = -u_{L2}(t)$$

$$L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} + n_1 S \frac{\Delta B}{\Delta t} =$$





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

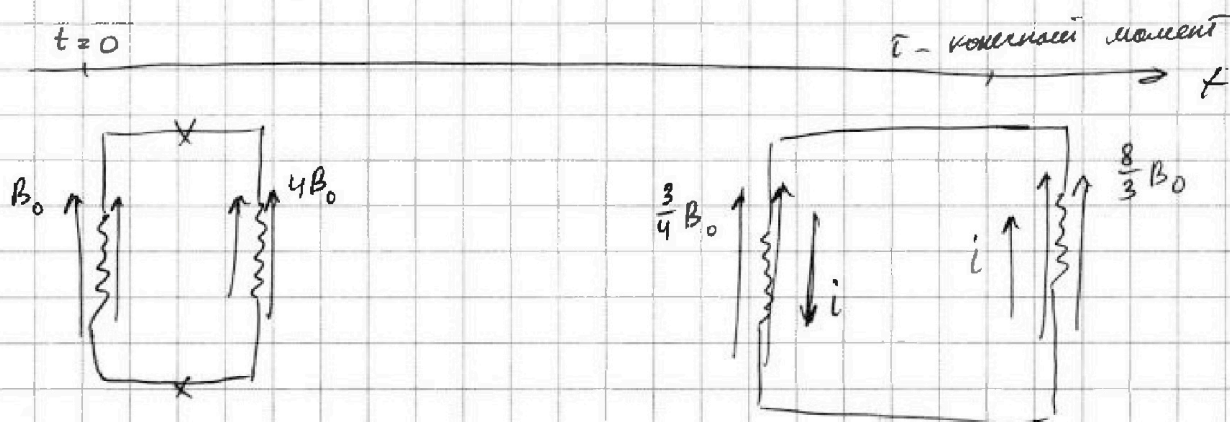
СТРАНИЦА  
2 ИЗ 2

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!

$$L_1 \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} + n_1 S \cdot \frac{\Delta B_1}{\Delta t} = -L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} - n_2 S \cdot \frac{\Delta B_2}{\Delta t} \quad | \cdot \Delta t$$

$$\Delta I (L_1 + L_2) = -S (n_1 \Delta B_1 - n_2 \Delta B_2)$$

$$\Delta I (L + \frac{9}{4}L) = -S n (\Delta B_1 - \frac{3}{2} \Delta B_2) \quad (*)$$



Продифференцируем (\*) от  $t=0$  до  $t=\tau$ :

~~$$L \cdot \frac{\Delta I}{\Delta t} = -S n \frac{\Delta B}{\Delta t}$$~~

$$\frac{13}{4} L \cdot \Delta I = -S n \Delta B_1 - \frac{3}{2} S n \Delta B_2$$

$$\frac{13}{4} L \cdot (i - 0) = -S n (\frac{3}{4} B_0 - B_0) - \frac{3}{2} S n (\frac{8}{3} B_0 - 4B_0)$$

$$\frac{13}{4} L i = \frac{1}{4} S n B_0 + \frac{4}{3} S n B_0 = \frac{19}{12} S n B_0$$

$$i = \frac{19 S n B_0 \cdot 4}{12 \cdot 13 L} = \frac{19 S n B_0}{39 L}$$

Ответ: 1)  $I' = \frac{4 n S d}{13 L}$  2)  $i = \frac{19 S n B_0}{39 L}$



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  
1 ИЗ 4

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!

$$1) h = \frac{3}{2} F \quad \text{и} \quad e = \frac{3}{4} F$$

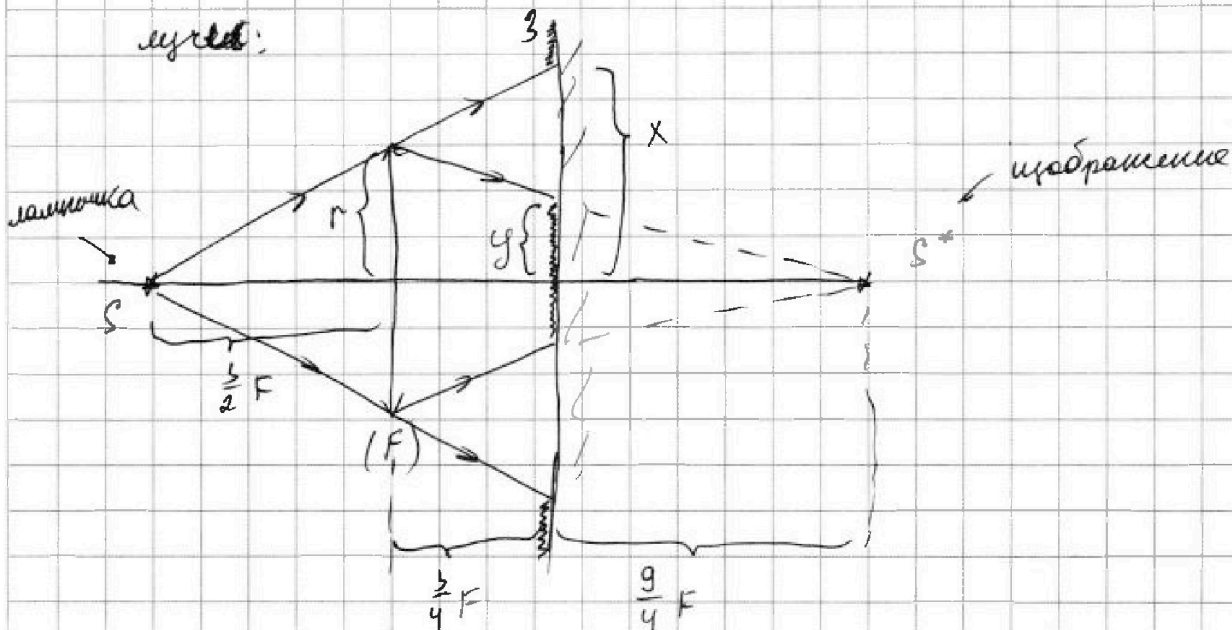
$h > F$ ; лампочка - действительный предмет для  
линзы;

изображение будет действительным

Формула тонкой линзы:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}$   $d = h = \frac{3}{2} F$

Отсюда следует, что  $f = 3F$

$f > e$ . Рассмотрим действительное изображение "крайней"  
луча;



Освещенные участки отмечены на рисунке |

из подобия следует, что  $\frac{\frac{9}{4} F + \frac{3}{2} F}{\frac{3}{2} F} = \frac{x}{r} \Rightarrow \frac{3+6}{6} = \frac{x}{r} \Rightarrow$

$x = \frac{3}{2} r$



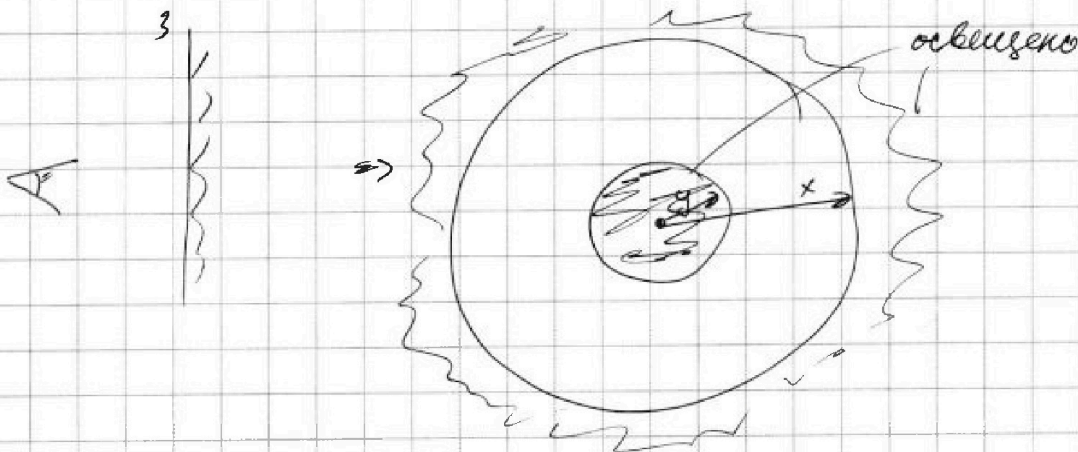
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 4

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!

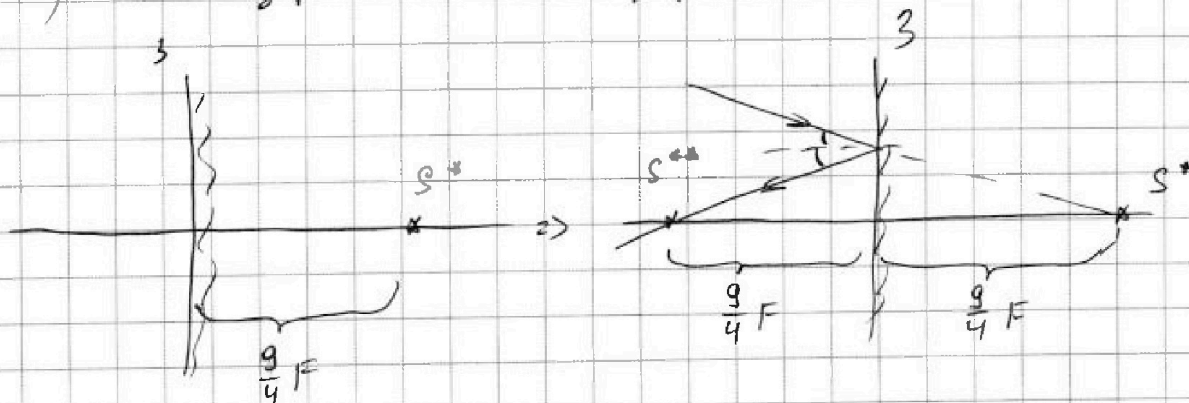
$$u \quad \frac{y}{r} = \frac{\frac{g}{4} F}{\frac{g}{4} F + \frac{3}{4} F} = \frac{g}{g+3} = \frac{3}{4} \rightarrow y = \frac{3}{4} r$$



$$S_1 = \pi x^2 - \pi y^2 = \pi(x-y)(x+y) = \pi\left(\frac{3}{2}r - \frac{3}{4}r\right)\left(\frac{3}{2}r + \frac{3}{4}r\right) =$$

$$= \pi \cdot \frac{3}{4}r \cdot \frac{9}{4}r = \pi \cdot \frac{3}{4}r \cdot \frac{9}{4}r$$

2) Для зеркала  $S^*$  предмет:



$\frac{g}{4} F > f$ , поэтому  $S^*$  будет мнимым пред-  
метом до для линзы.

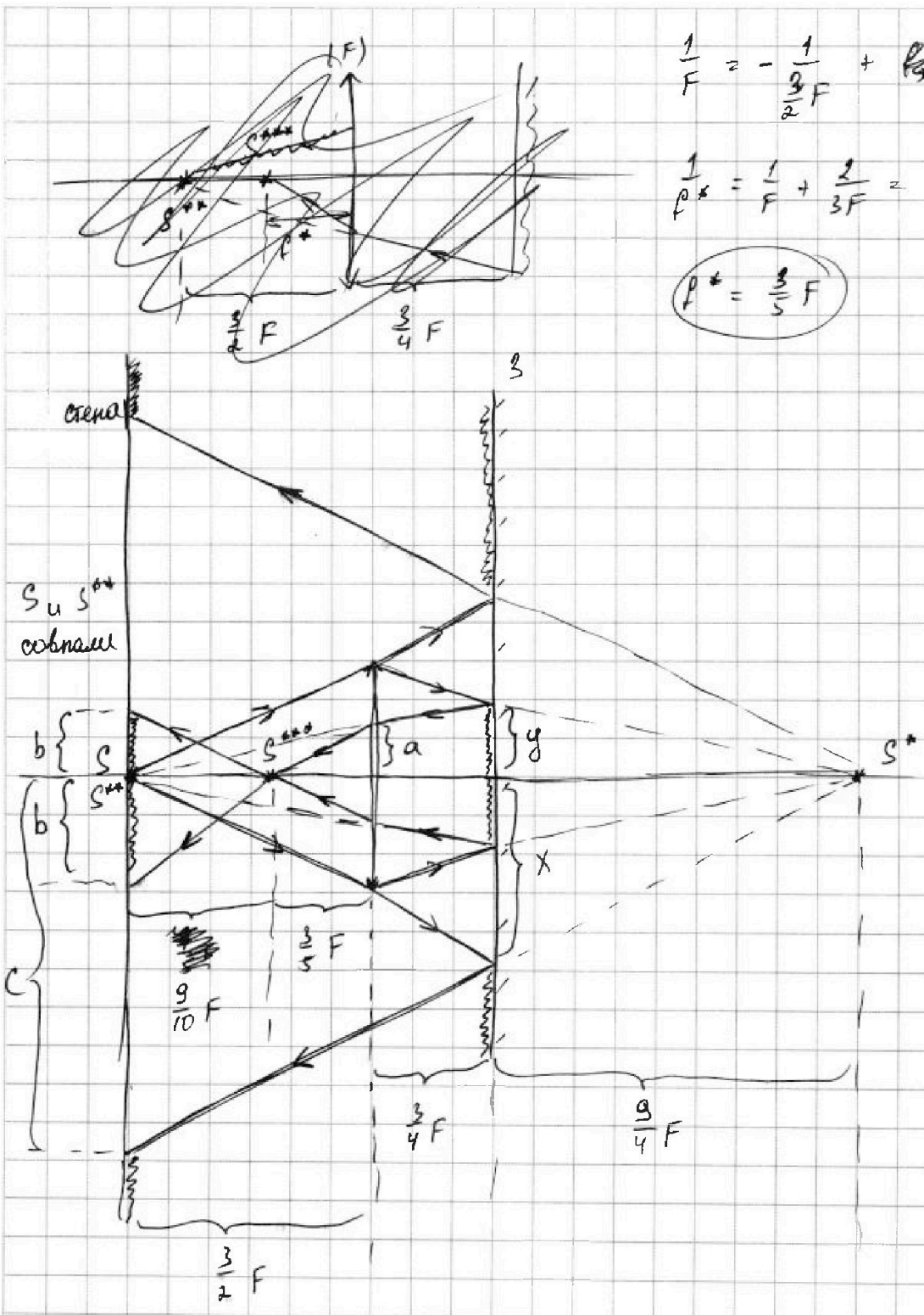


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
3 ИЗ 4

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!



$$\frac{1}{F} = -\frac{1}{\frac{3}{2}F} + \rho_g \frac{1}{F^*}$$

$$\frac{1}{F^*} = \frac{1}{F} + \frac{2}{3F} = \frac{5}{3F}$$

$$F^* = \frac{3}{5} F$$



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 4

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!

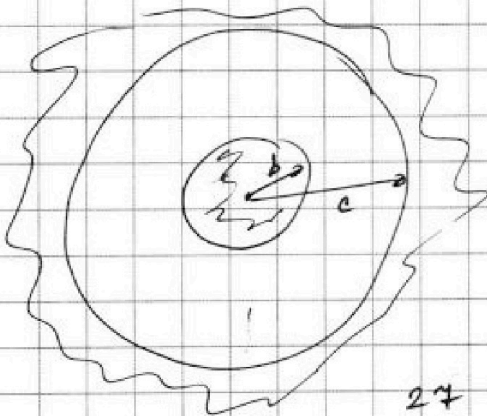
Из подобий следует, что:

$$\frac{y}{a} = \frac{\frac{3}{2}F + \frac{3}{4}F}{\frac{3}{2}F} = \frac{6+3}{6} = \frac{9}{6} = \frac{3}{2} \quad \left( a = \frac{2}{3}y = \frac{2}{3} \cdot \frac{3}{4}r = \frac{1}{2}r \right)$$

$$\frac{a}{b} = \frac{\frac{3}{5}F}{\frac{9}{10}F} = \frac{3 \cdot 10}{5 \cdot 9} = \frac{2}{3} \rightarrow \left( b = \frac{3}{2}a = \frac{3}{2} \cdot \frac{1}{2}r = \frac{3}{4}r \right)$$

$$\frac{x}{c} = \frac{\frac{9}{4}F}{\frac{9}{4}F + \frac{3}{4}F + \frac{3}{2}F} = \frac{9}{9+3+6} = \frac{1}{2} \quad \left( c = 2x = 2 \cdot \frac{3}{2}r = 3r \right)$$

Стена:



$$\begin{aligned} S_2 &= \pi c^2 - \pi b^2 = \pi(c-b)(c+b) = \\ &= \pi \left( 3r - \frac{3}{4}r \right) \left( 3r + \frac{3}{4}r \right) = \\ &= \pi \cdot \frac{9}{4}r \cdot \frac{15}{4}r = \frac{9 \cdot 15}{4 \cdot 4} r^2 \pi = \\ &= \frac{27 + 54}{16} r^2 \pi = \frac{81}{16} r^2 \pi \end{aligned}$$

Ответ: 1)  $S_1 = \frac{135}{16} r^2 \pi = 135 \pi \text{ см}^2 = 27 \pi \text{ см}^2$

2)  $S_2 = \frac{81}{16} r^2 \pi = 507 \pi \text{ см}^2$

$$S_2 = \frac{9 \cdot 15}{4 \cdot 4} r^2 \pi = 9 \cdot 15 \pi \text{ см}^2 = 135 \pi \text{ см}^2$$



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
<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!

