



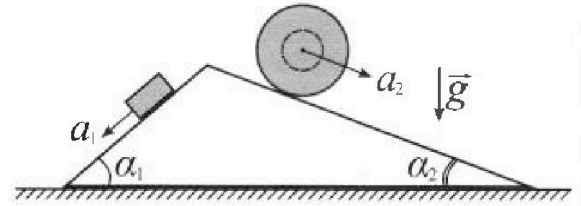
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-02



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 7g/17$  и скатывается без проскальзывания полый шар массой  $5m$  с ускорением  $a_2 = 8g/25$  (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  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 8/17$ ,  $\cos \alpha_2 = 15/17$ ).

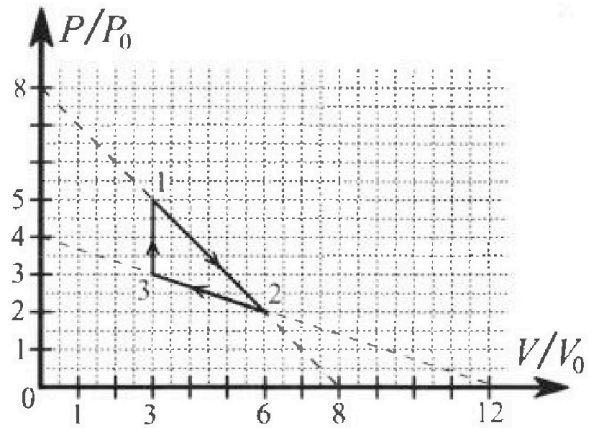


Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

- 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.



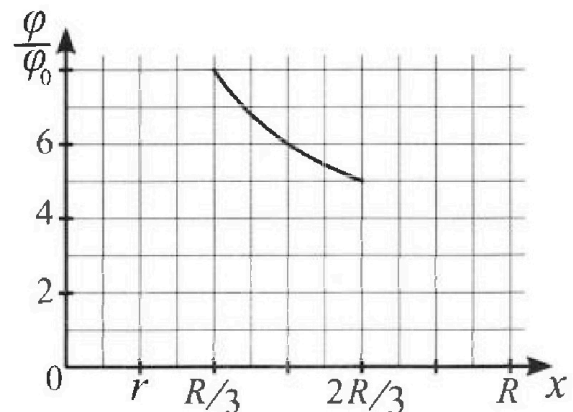
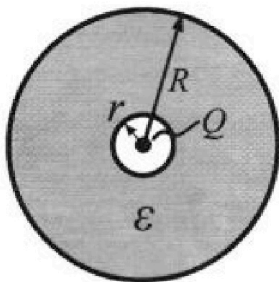
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.

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  $x = 3R/4$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



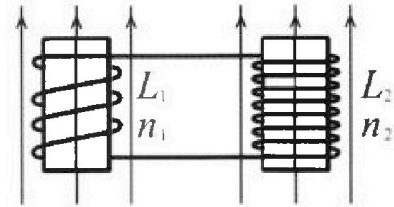
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

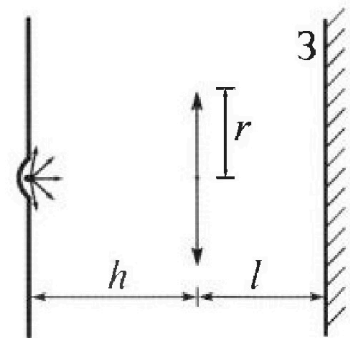


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 9L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 3n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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) 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  $2B_0/3$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $B_0/3$  до  $B_0/12$ , 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  $F = 2h$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 2$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = h$  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.



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!

N1

Дано:

$$\alpha_1 = \frac{4g}{17}$$

$$\alpha_2 = \frac{8g}{25}$$

$$\sin d_1 = \frac{3}{5}$$

$$\cos d_1 = \frac{4}{5}$$

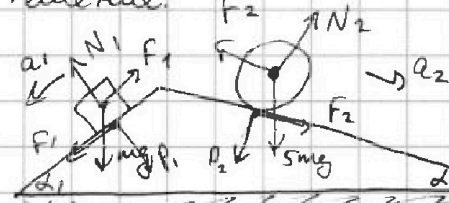
$$\sin d_2 = \frac{8}{17}$$

$$\cos d_2 = \frac{15}{17}$$

$$m_1 5m$$

$F_1 \rightarrow F_2 \rightarrow F_3$

Решение:



УСД - Земля, Брусок и шар  
можно считать материальными точками

$$\sum \vec{F} = m\vec{a}$$

$$a_1: m_1 g \sin d_1 - F_1 = m_1 a_1$$

$$1) F_1 = m_1 (g \sin d_1 - a_1) = m \left( g \cdot \frac{3}{5} - \frac{4g}{17} \right) = mg \cdot \frac{16}{85}$$

$$a_2: m_2 g \sin d_2 - F_2 = m_2 a_2 \Rightarrow$$

$$2) F_2 = m_2 (g \sin d_2 - a_2) = 5m \left( g \cdot \frac{8}{17} - \frac{8g}{25} \right) = mg \cdot \frac{64}{85}$$

3) Клин покоится  $\Rightarrow$  в н.и. на горизонт. ось сумма сил равна 0.

$$\text{По III ЗК: } |N_1| = |P_1|$$

$$\vec{N}_1: N_1 = m_1 g \cos d_1 = mg \cdot \frac{4}{5} = P_1$$

$$\vec{N}_2: N_2 = m_2 g \cos d_2 = 5mg \cdot \frac{15}{17} = \frac{75}{17} mg = P_2$$

в н.и. на горизонт. ось:

$$F_3 + F_1 \cos d_1 - P_1 \sin d_1 + P_2 \sin d_2 - F_2 \cos d_2 = 0$$

$$F_3 + \frac{16}{85} mg \cdot \frac{4}{5} - \frac{4}{5} mg \cdot \frac{3}{5} + \frac{75}{17} mg \cdot \frac{8}{17} - mg \cdot \frac{64}{85} \cdot \frac{15}{17} = 0$$

$$F_3 - mg \cdot \frac{4 \cdot 35}{17 \cdot 25} + mg \cdot \frac{3 \cdot 136}{17 \cdot 17} = 0$$

$$F_3 + \frac{15}{17} mg - \frac{28}{17 \cdot 5} mg = 0 \quad F_3 = -\frac{42}{85} mg \Rightarrow \text{направлена влево}$$

Ответ: 1) вверх по склону  $F_1 = \frac{16}{85} mg$

2) вверх по склону  $F_2 = \frac{64}{85} mg$

3) горизонтально влево  $F_3 = \frac{42}{85} mg$



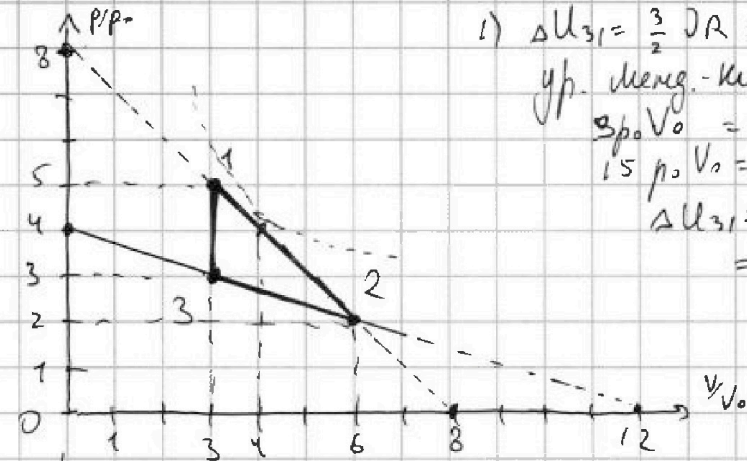
1  2  3  4  5  6  7

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!

N 2  
Dano:  
 $i = 3$   
 $p_0, V_0$   
 $\frac{\Delta U_{31}}{A}$   
 $\frac{T_{12 \max}}{T_2}$   
 $\eta$

Решение:



1)  $\Delta U_{31} = \frac{3}{2} J R (T_1 - T_3)$   
 ур. Менг.-Кван.:  $pV = JRT$   
 $3p_0 V_0 = JRT_3$   
 $15 p_0 V_0 = JRT_1$   
 $\Delta U_{31} = \frac{3}{2} (15 p_0 V_0 - 3 p_0 V_0) = 6 \cdot \frac{3}{2} p_0 V_0 = 9 p_0 V_0$   
 $A = \frac{2 p_0 \cdot 3 V_0}{2} = 3 p_0 V_0$   
 $\frac{\Delta U_{31}}{A} = \frac{9 p_0 V_0}{3 p_0 V_0} = 3$

2)  $T_2 = \frac{12 p_0 V_0}{J R}$ .  $T_{\max}$  в точке макс. температуры.  $pV = \max$

~~$p/p_0 = 8 - \frac{1}{3} \frac{V}{V_0} \Rightarrow p = 8 p_0 - \frac{1}{3} V \frac{p_0}{V_0}$~~   
 ~~$pV = (8 p_0 - \frac{1}{3} V \frac{p_0}{V_0}) V = 8 p_0 V - \frac{1}{3} \frac{p_0}{V_0} V^2$~~   
 ~~$\Rightarrow \max$  достигается в точке  $V = \frac{2 p_0}{\frac{2}{3} \frac{p_0}{V_0}} = 3 V_0$~~   
 ~~$\Rightarrow T_{\max}$  в точке 2  $\Rightarrow \frac{T_{12 \max}}{T_2} = 1$~~

$p/p_0 = 8 - \frac{V}{V_0} \Rightarrow p = 8 p_0 - V \frac{p_0}{V_0} \Rightarrow pV = (8 p_0 - V \frac{p_0}{V_0}) V = 8 p_0 V - V^2 \frac{p_0}{V_0}$   
 - парабола ветвями вниз  $\Rightarrow \max$  достигается в точке  
 $V = \frac{-6 p_0}{-2 \frac{p_0}{V_0}} = 3 V_0$ .  $T_{\max} = \frac{8 p_0 \cdot 3 V_0}{J R} = \frac{24 p_0 V_0}{J R} \Rightarrow \frac{T_{12 \max}}{T_2} = \frac{16}{12} = \frac{4}{3}$

3)  $\eta = \frac{A}{Q_1}$ .  $A = 3 p_0 V_0$  из п.1.  $Q = Q_{31} + Q_{12}$ , где  $Q$  - кол-во теплоты, полученное газом в процессе 1-2.  
 Чтобы найти это кол-во теплоты, нужно найти точку макс. энтропии

$p = 8 p_0 - V \frac{p_0}{V_0}$ .  $pV^\gamma = \text{const}$ .  $\gamma = \frac{5}{3}$  для одноатомного газа ( $i = \frac{5}{2}$ )  
 вблизи т. макс.  $Q = 0$ .  $A + \Delta U = 0 \Rightarrow (\frac{p}{2} + \frac{\Delta p}{2}) \Delta V + \frac{3}{2} J R (T_1 - T_2) = 0$

~~$(p + \frac{\Delta p}{2}) \Delta V = \frac{3}{2} V (p + \Delta p) - \frac{3}{2} (V + \Delta V) p$~~   
 ~~$\frac{p \Delta V + \frac{\Delta p \Delta V}{2}}{\frac{5}{2} p \Delta V} = \frac{3}{2} (V p + V \Delta p - V p - p \Delta V) = \frac{3}{2} V \Delta p - \frac{3}{2} p \Delta V$~~   
 ~~$\frac{\Delta p}{2} - \frac{3}{2} p = 0$~~   
 ~~$5 p - 3 V \frac{\Delta p}{2} = 0$~~   
 ~~$5 p + 3 V \frac{p_0}{V_0} = 0$~~



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  
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!

Найдем такую точку в процессе 1-2, что  $Q_{max}$   
 Далее после этой точки  $Q \downarrow \Rightarrow$  кас. изобаты уже  
 произошло.

$$Q = \frac{(5p_0 + p)(V - 3V_0)}{2} + \frac{3}{2}(pV - 15p_0V_0) =$$

$$= \frac{1}{2} [(15p_0 - V \frac{p_0}{V_0})(V - 3V_0) + 3(8p_0 - V \frac{p_0}{V_0})(V - 15p_0V_0)] =$$

$$= \frac{1}{2} (13p_0V - 33p_0V_0 - V^2 \frac{p_0}{V_0} + 5Vp_0 + 24p_0V - 3V^2 \frac{p_0}{V_0} - 45p_0V_0) =$$

$$= \frac{1}{2} p_0 (32p_0V - 84p_0V_0 - 4V^2 \frac{p_0}{V_0}) = \frac{1}{2} p_0 (-\frac{4V^2}{V_0} + 32V - 84p_0V_0)$$

(по старшим  $p = 8p_0 - V \frac{p_0}{V_0}$ )

$$Q_{max} \text{ в точке } V = \frac{-32}{-\frac{8}{V_0}} = \frac{32}{8} V_0 \quad p = 8p_0 - \frac{32}{8} p_0 = \frac{22}{8} p_0$$

$$\text{Тогда } Q_n = A + \Delta U = \frac{5p_0 + \frac{22}{8} p_0}{2} \left( \frac{32}{8} V_0 - 3V_0 \right) + \frac{3}{2} \left( \frac{32}{8} V_0 \cdot \frac{22}{8} p_0 - 15p_0V_0 \right)$$

$$= \frac{\frac{67}{8} p_0 - \frac{13}{8} V_0}{2} + \frac{3}{2} \frac{22 \cdot 32}{8 \cdot 8} p_0 V_0 - \frac{3}{2} \cdot 15 p_0 V_0 = \frac{871 p_0 V_0}{64 \cdot 2} + 39 \cdot \frac{3}{2} p_0 V_0 =$$

$$= \left( \frac{871}{64 \cdot 2} + 58,5 \right) p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A}{Q} = \frac{3 p_0 V_0}{\left( \frac{871}{64 \cdot 2} + 58,5 \right) p_0 V_0} = \frac{3 \cdot 64 \cdot 2}{8359} = \frac{384}{8359}$$

Ответ: 1) 3 2)  $\frac{4}{3}$  3)  $\frac{384}{8359}$

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

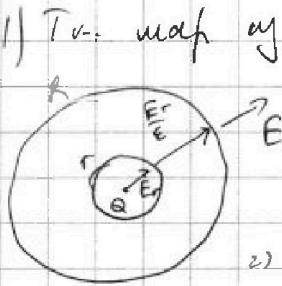
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№3

Дано:

Решение:

$r, R, Q, \epsilon$   
 $\varphi(x)$   
 $\epsilon \rightarrow 0$



1) Т.к. шаг  $\epsilon$  диаметра = радиуса, то  
при  $x \leq r$ :  $\varphi = \frac{kQ}{\epsilon x}$   
при  $x \in (r; R)$ :  $\varphi = \frac{kQ}{\epsilon x}$

при  $x \geq R$ :  $\varphi = \frac{kQ}{\epsilon x}$   
2) при  $x = \frac{3R}{4}$   $\varphi = \frac{4kQ}{\epsilon \cdot 3R}$  ← Ответ  
Т.к.  $r < \frac{3}{4}R$  поул.

~~$\varphi = \frac{4kQ}{3R}$  если  $x \leq r$~~

2) По геометрии  $\varphi = \frac{4kQ}{3R\epsilon} \Rightarrow \frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{4kQ}{3R\epsilon\varphi_0}$  у графика  $r = \frac{R}{2}$

При  $x = \frac{R}{3}$ :  $b = \frac{kQ}{\frac{R}{3}\epsilon\varphi_0} \Rightarrow b = \frac{3kQ}{\epsilon R\varphi_0} \Rightarrow \frac{kQ}{R} = \frac{3\epsilon\varphi_0}{3}$

При  $x = \frac{R}{2}$ :  $b = \frac{kQ}{\frac{R}{2}\epsilon\varphi_0} \Rightarrow b = \frac{2kQ}{\epsilon R\varphi_0} \Rightarrow \frac{kQ}{R} = 3\epsilon\varphi_0$

При  $x = \frac{2R}{3}$ :  $b = \frac{kQ}{\frac{2R}{3}\epsilon\varphi_0} \Rightarrow b = \frac{3kQ}{2R\epsilon\varphi_0} \Rightarrow \frac{kQ}{R} = \frac{10\epsilon\varphi_0}{3} \cdot \frac{5R-R}{4}$

2) Проанализируем график  $\varphi - \varphi_0 = E \cdot \Delta$  для  $\frac{3R}{4}$ :  
 $\varphi = \frac{kQ}{\epsilon x} + \frac{E}{\epsilon} \cdot (\frac{3R}{4} - \frac{R}{2})$

$\begin{cases} a = \frac{a}{R/2} + b \Rightarrow a = 2R \Rightarrow b = 6 - 4R \\ 2b = \frac{a}{R/3} + b \end{cases}$  Проверим при  $S = \frac{2R}{2R/3} + 6 - 4R = 3 + 6 - 4R = 9 - 4R$

$\varphi = \frac{2R}{x} + 6 - 4R$   $\varphi = \frac{kQ}{\epsilon x}$   $\frac{kQ}{\epsilon x \varphi_0} = \frac{2R}{x} + 6 - 4R$   $R=1$

Ответ: 1)  $\frac{4kQ}{3\epsilon R}$

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  
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:

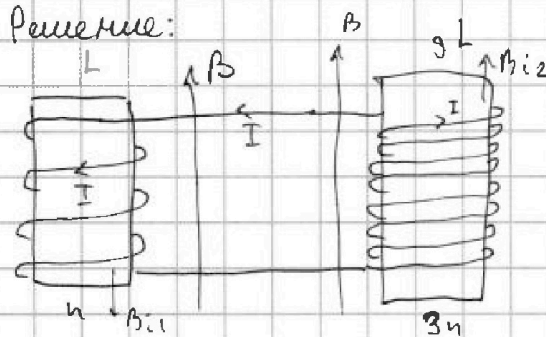
$L; gL$

$n; 3n$

$\left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = ?$

$I = ?$

Решение:



1)  $\frac{\Delta B}{\Delta t} = -\alpha \quad (\alpha > 0)$

Тогда  $\mathcal{E}_i = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B}{\Delta t} S = \alpha S$

$\mathcal{E}_i = -L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = \frac{\alpha S}{L}$

2)  $B_0 \rightarrow \frac{2B_0}{3} \quad \frac{B_0}{3} \rightarrow \frac{B_0}{12}$

$B_{i1} = \frac{\mu_0 I n}{2R} \quad \rightarrow \quad B_{i2} = \frac{\mu_0 I n}{2\sqrt{\frac{S}{\pi}}}$

$S = \pi R^2$   
 $B_{i2} = \frac{3\mu_0 I n}{2\sqrt{\frac{S}{\pi}}}$   $\mu_0$  - постоянная

$B_i$  направлено вверх для поддержания внешнего убывающего поля

Закон сохранения потока:  $\Phi_1 + \Phi_2 = \Phi_1 + \Phi_2$

$\Phi_{10} = \Phi_{20} = 0$

т.к. контур состоит только из катушек, т.е. сверхпроводящий, вып. закон сохранения потока.

$L \frac{\Delta I}{\Delta t} + 3L \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{2B_0 n S}{3} + \frac{B_0 n S}{12} + \frac{\mu_0 I n S}{2R} + \frac{\mu_0 I 3n S}{2R}$

$\frac{1}{12} B_0 n S = \frac{\mu_0 I n S}{2R} \Rightarrow I = \frac{B_0 R}{6\mu_0} = \frac{B_0 S \sqrt{\frac{S}{\pi}}}{6\mu_0 R}$

Ответ: 1)  $\frac{\alpha S}{L}$  2)  $\frac{B_0 R \sqrt{\frac{S}{\pi}}}{6\mu_0}$

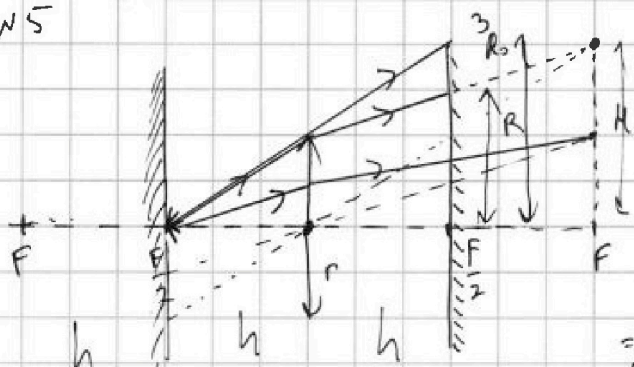


1  2  3  4  5  6  7

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!

N5



$$F = 2h, \quad R = 2a.$$

1) Построим ход лучей в линзе, спомощью побочной оптической оси. Лучи пройдут через побочные фокусы. По подобия треугольников

$$\frac{F}{F/2} = \frac{H}{r} \Rightarrow H = 2r \Rightarrow R = \frac{H/2}{\frac{H}{2}} = \frac{H}{2} + \frac{H}{2} = \frac{3}{2}H = \frac{3}{2}r = 3a.$$

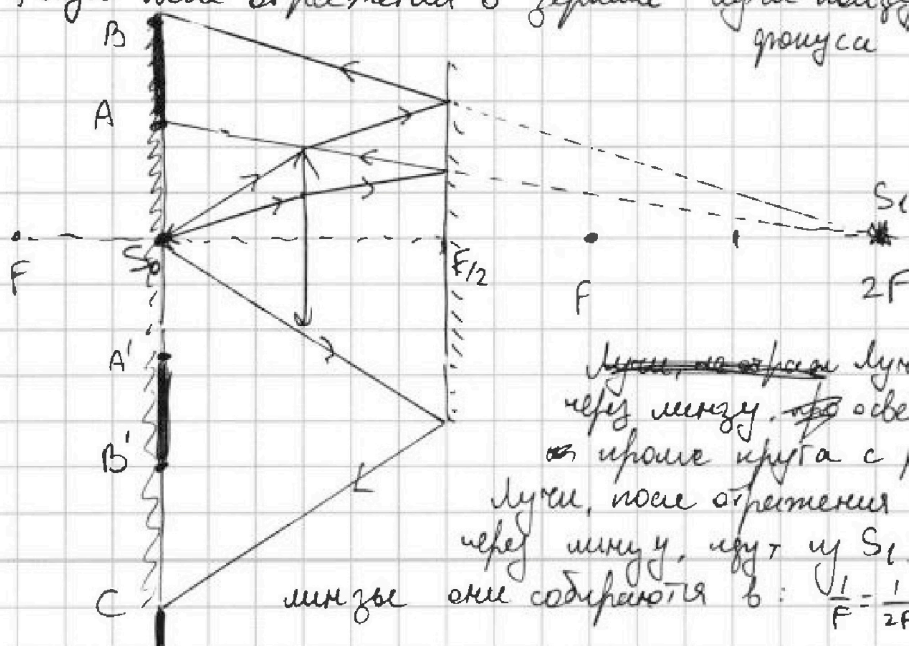
Круг такого радиуса образуют прошедшие через линзу лучи. Лучи, прошедшие мимо линзы, будут не преломляясь, и покрывают всю площадь, кроме окр.  $R_0 = 2r = 4a$  (т.к. у подобия  $\frac{R_0}{r} = \frac{2h}{h} \Rightarrow R_0 = 2r$ ). Тогда освещ. площадь будет

$$S = \pi R_0^2 - \pi R^2 = \pi (R_0^2 - R^2) = \pi (16 - 9) a^2 = 7\pi a^2$$

2) После отражения от зеркала часть лучей повторно пройдет через линзу, ~~часть~~ часть — нет. Лучи, попавшие на зеркало после прохождения через линзу, будут из "источника", расположенного в ~~задней фокусной линзы~~ переднем фокусе линзы. Это можно доказать по формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{F/2} - \frac{1}{f} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{2}{F} - \frac{1}{F} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = F.$$

Тогда после отражения в зеркале лучи пойдут из "двойного фокуса" за зеркалом.



Участок  $AB$  и ~~образует~~ ~~решетчатый~~ ~~ему~~ освещены лучами, прошедшими через линзу, зеркало и мимо линзы

лучи, ~~не~~ ~~отражен~~ лучи, не прошедшие через линзу, освещают всю площадь, кроме круга с радиусом  $S_0$ .

лучи, после отражения в зеркале прошедшие через линзу, будут из  $S_1$ . По формуле тонкой линзы они собираются в:  $\frac{1}{F} = \frac{1}{2F} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = 2F$





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!

итт - штриховкой  
показаны освещенные  
части  
стены.

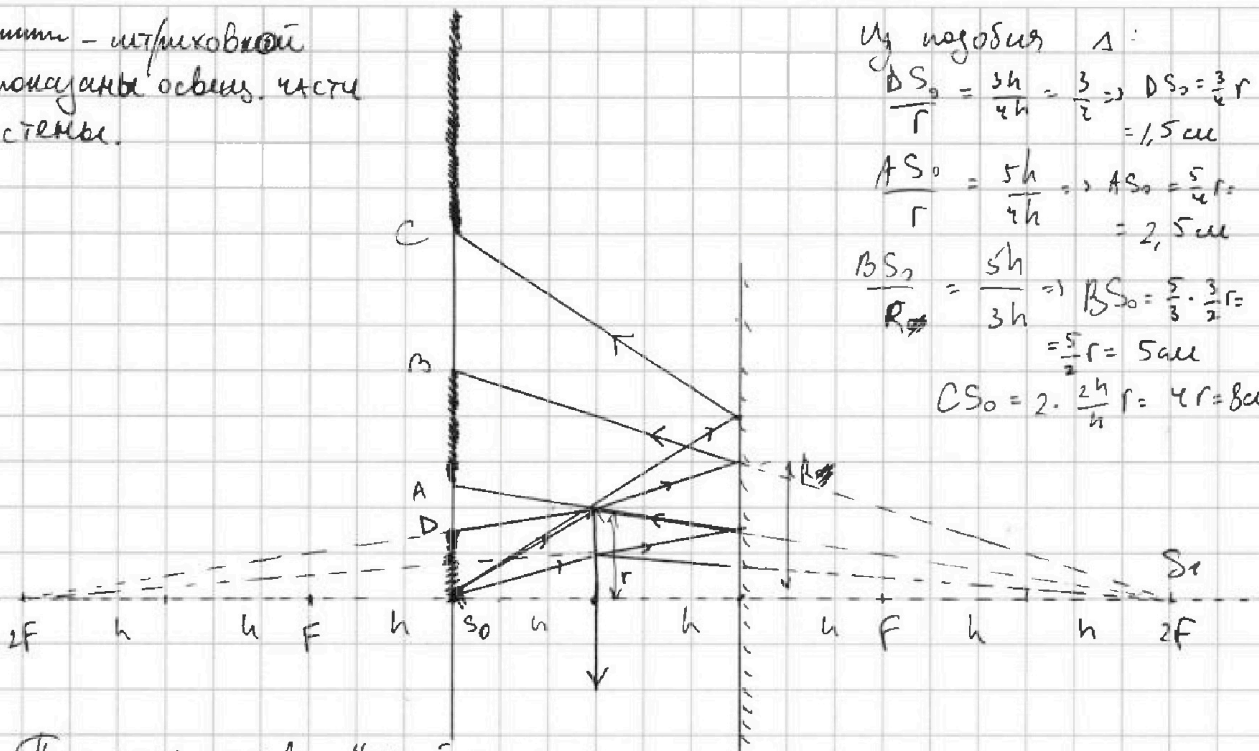
Углы падения  $\Delta$ :

$$\frac{DS_0}{r} = \frac{sh}{4h} = \frac{3}{2} \Rightarrow DS_0 = \frac{3}{2}r = 1,5 \text{ см}$$

$$\frac{AS_0}{r} = \frac{5h}{4h} \Rightarrow AS_0 = \frac{5}{4}r = 2,5 \text{ см}$$

$$\frac{BS_2}{R_{\#}} = \frac{sh}{3h} \Rightarrow BS_2 = \frac{5}{3} \cdot \frac{3}{2}r = \frac{5}{2}r = 5 \text{ см}$$

$$CS_0 = 2 \cdot \frac{2h}{h}r = 4r = 8 \text{ см}$$



Площадь освещенной части:

$$S = \pi(AS_0^2 - DS_0^2) + \pi(\cancel{CS_0^2} - S_0R^2) = \pi(2,5^2 - 1,5^2) + \pi(8^2 - 5^2) = \pi(6,25 - 2,25) + \pi(64 - 25) = 43\pi \text{ (см}^2\text{)}$$

Ответ: 1)  $4\pi \text{ см}^2$  2)  $43\pi \text{ см}^2$



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!

$$5(8p_0 - V \frac{p_0}{V_0}) + 3V \frac{p_0}{V_0} = 0$$

$$40p_0 - 5V \frac{p_0}{V_0} + 3V \frac{p_0}{V_0} = 0 \rightarrow 40 = 2 \frac{V}{V_0} \Rightarrow V = 20V_0$$

$$\frac{5}{2} p \Delta V - \frac{3}{2} V \Delta p + \frac{4p \Delta V}{2} = 0$$

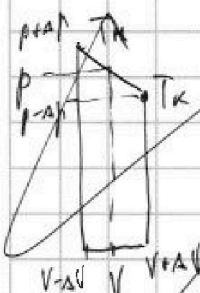
$$5p \Delta V - 3V \Delta p + 4p \Delta V = 0 \quad | : \Delta V$$

$$5p - 3V \frac{\Delta p}{\Delta V} + 4p = 0$$

$$5p + 3V \frac{p_0}{V_0} + 4p = 0$$

$$40p_0 - 5V \frac{p_0}{V_0} + 3V \frac{p_0}{V_0} + 4p = 0$$

$$40p_0 - 2V \frac{p_0}{V_0} + 4p = 0$$



$$Q = 0 = A + \Delta U \quad A = \frac{(p_A + p - p_A) \cdot 2 \Delta V}{2} = 2p \Delta V$$

$$\Delta U = \frac{5}{2} (3RT_B - 3RT_A) = \frac{3}{2} ((V + \Delta V)(p - p_0) - (p_0 + p)(V - V_0)) =$$

$$= \frac{3}{2} (pV - V \Delta p + p \Delta V - p_0 \Delta V - p_0 V + p_0 V_0 - p_0 V + p_0 V_0) =$$

$$= \frac{3}{2} (-V \Delta p + p \Delta V + p \Delta V - V \Delta p) = \frac{3}{2} (2p \Delta V - 2V \Delta p)$$

$$= 3(p \Delta V - V \Delta p)$$

$$A + Q = 0 \quad A + \Delta U = 0 \quad 2p \Delta V + 3p \Delta V - 3V \Delta p = 0$$

$$5p \Delta V - 3V \Delta p = 0 \quad | : \Delta V$$

$$5p - 3V \frac{\Delta p}{\Delta V} = 0$$

$$\frac{\Delta p}{\Delta V} = -\frac{p_0}{V_0} \Rightarrow 5(8p_0 - p_0 \frac{V}{V_0}) + 3V \frac{p_0}{V_0} = 0$$

$$40p_0 - 5p_0 \frac{V}{V_0} + 3V \frac{p_0}{V_0} = 0 \quad 40p_0 = 2V \frac{p_0}{V_0}$$

$$V = 20V_0$$

точка АС.  $b$   $5, 75V_0$ ;  $p = 2, 25p_0$

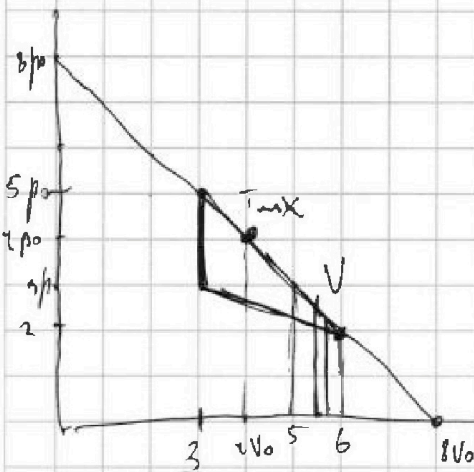


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- 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!



$$pV = \text{const}$$

$$pV^{\frac{5}{3}} = \text{const}$$

$$p = 8p_0 - V \frac{p_0}{V_0}$$

$$\frac{4+3}{2} = 3,5 \quad -1,5 = 2$$

$$15 - 16 = -1$$

$$A = 3 \frac{2,5}{2} = 2,25$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot 18,75 = 1,23$$

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

$$\frac{2+2,5}{2} = 2,25$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} (12 - 2,5 \cdot 5,5) = -\frac{3}{2} \cdot 1,75$$

$$V = 5,75 \quad p = 2,25$$

$$5,75 V_0 + \Delta V$$

$$5,75 V_0 + \Delta V$$

$$Q = A + \Delta U = \text{max}$$

$$Q = \left( \frac{5p_0 + p}{2} \right) (V - 3V_0) + \frac{3}{2} (pV - 15p_0 V_0) = 5,75 V_0$$

$$8p_0 V - V^2 \frac{p_0}{V_0} - 15p_0 V_0$$

max Q ищем.

$$= \frac{1}{2} \left( (5p_0 + 8p_0 - V \frac{p_0}{V_0}) (V - 3V_0) + 3 (8p_0 V - V^2 \frac{p_0}{V_0} - 15p_0 V_0) \right) =$$

$$= \frac{1}{2} \left( (13p_0 - V \frac{p_0}{V_0}) (V - 3V_0) + 3 (8p_0 V - V^2 \frac{p_0}{V_0} - 15p_0 V_0) \right) =$$

$$= \frac{1}{2} (13p_0 V - 39p_0 V_0 - V^2 \frac{p_0}{V_0} + 3V p_0 + 24p_0 V - 3V^2 \frac{p_0}{V_0} - 45p_0 V_0) =$$

$$= \frac{1}{2} (37p_0 V - 84p_0 V_0 - 4V^2 \frac{p_0}{V_0}) = \frac{1}{2} p_0 \left( -\frac{4V^2}{V_0} + 37V - 84V_0 \right)$$

$$= \frac{1}{2} p_0 \left( -\frac{4V}{V_0} + 37V - 84V_0 \right)$$

max B

$$-32V_0$$

$$-8$$

$$\times \frac{33}{3} +$$

$$\frac{7488}{8359}$$

$$\begin{array}{r} \times 67 \\ 13 \\ \hline 201 \\ 67 \\ \hline 671 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 32 \\ 22 \\ \hline 259 \\ 74 \\ \hline 599 - 360 \\ \hline 39 \cdot 3 \\ 2 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 33 \\ 1,5 \\ \hline 135 \\ 33 \\ \hline 58,5 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 117 \\ 64 \\ \hline 468 \\ 702 \\ \hline 2488 \end{array}$$

$$\frac{871}{64 \cdot 2}$$

$$\begin{array}{r} \times 128 \\ 3 \\ \hline 364 \end{array}$$

$$= 39 \cdot 3$$

$$\begin{array}{r} + 45 \\ 39 \\ \hline 84 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 1,23 \\ 1,5 \\ \hline 615 \\ 123 \\ \hline 1845 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} \times 5,5 \\ 2,5 \\ \hline 275 \\ 110 \\ \hline 1375 \end{array}$$

$$15 - 13,77 = 1,23$$

$$\begin{array}{r} \times 1,77 \\ 1,5 \\ \hline 885 \\ 157 \\ \hline 2655 \end{array}$$



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!

$$\frac{R}{3} + \frac{R}{6} = \frac{R}{2}$$

$$1 + 1 = 2$$

$$\frac{2^{14}}{3} + \frac{1^{13}}{4} =$$

$$\frac{8+3}{12} = \frac{1}{12}$$

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

~~ЛИКОВЫЕ~~

$$\frac{U_A}{\left(\frac{R}{3} + \frac{R}{6}\right) \varepsilon \varphi_0} = 8$$

$$\frac{6 U_A}{R \varepsilon \varphi_0} = 8$$

$$\frac{U_A}{R} = \frac{4 \varepsilon \varphi_0}{3}$$

$$\frac{U_A}{\left(\frac{R}{2} + \frac{R}{6}\right) \varepsilon \varphi_0} = 5$$

$$\frac{U_A}{\left(\frac{2R - R}{3} + \frac{R}{6}\right) \varepsilon \varphi_0} = 5$$

$$\frac{4}{6} - \frac{1}{6} = \frac{1}{2}$$

$$\frac{5}{2}$$

$$\begin{cases} 6 = \frac{a}{R/2} + b \\ 8 = \frac{a}{R/3} + b \end{cases}$$

$$2 = \frac{3a}{R} - \frac{2a}{R} = 1 \quad 2 = \frac{a}{R} \quad \rightarrow a = 2R$$

$$6 = \frac{2R}{R/2} + b$$

$$6 = 4R + b$$



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!

1

$T_k - T_n = p(V + \Delta V) - (p + \Delta p)V = pV + p\Delta V - pV - V\Delta p$   
 $Q = c\Delta T$   
 $Q = \frac{3}{2} p_0 V_0 = \frac{3}{2} p_0 V_0 - 4 p_0 \Delta V$   
 $2,5 \times 2,5 = 6,25$   
 $1,5 \cdot 1,5 = 2,25$   
 $\frac{6,25 - 2,25}{3,5}$

$3R\Delta T = p\Delta V + V\Delta p$   
 $c = 0 = \frac{Q}{\Delta T} = \frac{A + \Delta A}{\Delta T} = \frac{p + p + \Delta p}{2} \Delta V + \frac{3}{2} p \Delta V - \frac{3}{2} V \Delta p$   
 $(p + \frac{\Delta p}{2}) \Delta V + \frac{3}{2} p \Delta V - \frac{3}{2} V \Delta p = 0$   
 $p \Delta V + \frac{3}{2} p \Delta V - \frac{3}{2} V \Delta p + \frac{\Delta p \Delta V}{2} = 0$   
 $\frac{5}{2} p \Delta V - \frac{3}{2} V \Delta p = 0 \quad | : \Delta V$   
 $\frac{5}{2} p - \frac{3}{2} V \frac{\Delta p}{\Delta V} = 0$   
 $\frac{5}{2} p + \frac{3}{2} V = 0$

$\frac{\Delta p}{\Delta V} = -1$

2

$\varphi = \frac{kQ}{r}$   
 $E = \frac{kQ}{x^2}$   
 $\varphi = \frac{kQ}{\epsilon x}$   
 $\varphi = \frac{kQ}{\epsilon x} = \frac{kQ}{\frac{3}{4}R \epsilon 3R} = \frac{4kQ}{9\epsilon R}$

$5p + 3 \frac{V \Delta p}{V_0} = 0$   
 $40p_0 - 5 \frac{V \Delta p}{V_0} + 3 \frac{V \Delta p}{V_0} = 0$   
 $40p_0 + V(3 - 5 \frac{V_0}{V}) = 0$   
 $V(5 \frac{V_0}{V} - 3) = 40p_0$   
 $V = \frac{40p_0}{5}$   
 $2V \frac{V_0}{V} = 40p_0$   
 $V = 20V_0$

$\mathcal{E}_1 = -\frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = -S \frac{\Delta A}{\Delta t} = \alpha S = L \frac{dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{\alpha S}{L}$



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!

$$\frac{3}{5} - \frac{2}{17} = \frac{51 - 35}{5 \cdot 17} = \frac{16}{5 \cdot 17}$$

$$\frac{4}{5} \left( \frac{16}{85} - \frac{3}{5} \right) = \frac{4}{25} \left( \frac{16}{17} - \frac{3}{5} \right)$$

$$15.5 \cdot \frac{8}{17} - \frac{64 \cdot 15}{17 \cdot 17 \cdot 5} = \frac{15}{17 \cdot 17} \left( 5 \cdot 8 - \frac{64}{5} \right) = \frac{15}{17 \cdot 17} \left( 40 - \frac{64}{5} \right) = \frac{3 \cdot 136}{17 \cdot 17}$$

$$200 - 64 = 136$$

$$-\frac{4 \cdot 2}{17 \cdot 5} + \frac{3 \cdot 5}{17} = -\frac{28}{17 \cdot 5} + \frac{15}{17}$$

$$-\frac{28 + 75}{17 \cdot 5} = \frac{47}{17 \cdot 5} = \frac{47}{85}$$

$Q = \frac{(p_1 + p_2) \Delta V}{2} + \frac{3}{2} J R (T_u - T_n) = \frac{3}{2} (p_1 \Delta V + p_2 \Delta V - p_1 \Delta V - p_2 \Delta V) = \frac{3}{2} (p_1 \Delta V - p_2 \Delta V)$

$T_u = \frac{p_1 V_1 + \Delta V}{J R}$   
 $T_n = \frac{p_2 V_2}{J R}$

$Q = \frac{(2.5 p_0 + 2.5 p_0 - p_0) \Delta V}{2} + \frac{3}{2} J R (T_u - T_n) = 0$

$(5 p_0 - p_0) \Delta V + \frac{3}{2} (2.5 p_0 V_0 - 5.5 V_0 p_0 - p_0 \Delta V - 2.5 p_0 V_0) = 0$

$4 p_0 \Delta V - 16.5 V_0 p_0 = 0$

$25 p_0 \Delta V - 8 p_0 \Delta V - 33 V_0 p_0 = 0 \quad | : \Delta V$

$25 p_0 + 33 V_0 \frac{p_0}{V_0} = 0$

$32 p_0 - 4 V_0 \frac{p_0}{V_0} + 3 V_0 \frac{p_0}{V_0} = 0$   
 $32 p_0 - V_0 \frac{p_0}{V_0} = 0 \quad \frac{V}{V_0} = 32$