



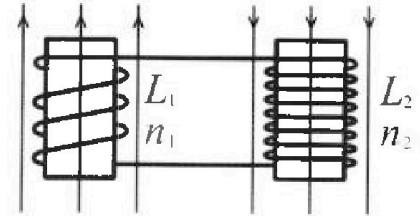
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

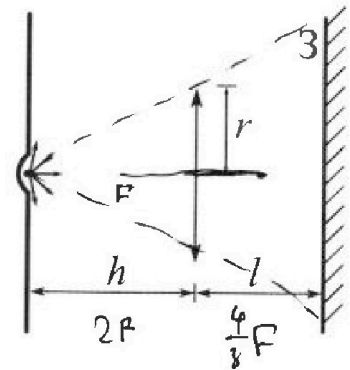


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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) 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 неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

Ответы дайте в  $[см^2]$  в виде  $\gamma\pi$ , где  $\gamma$  - целое число или простая обыкновенная дробь.



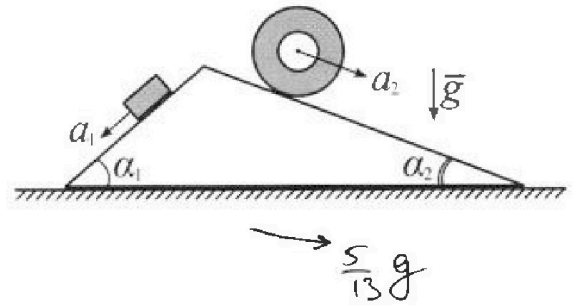
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## 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.

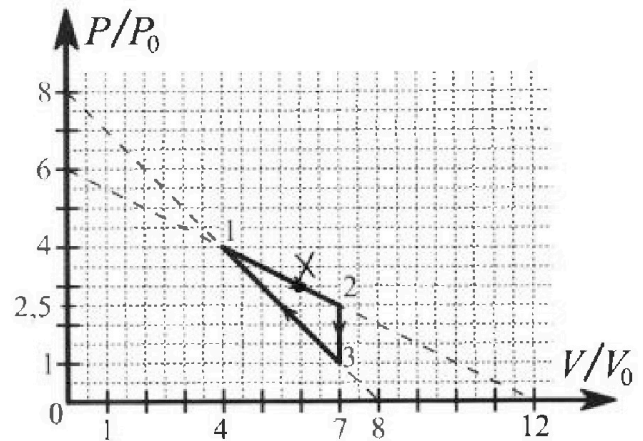


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

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.

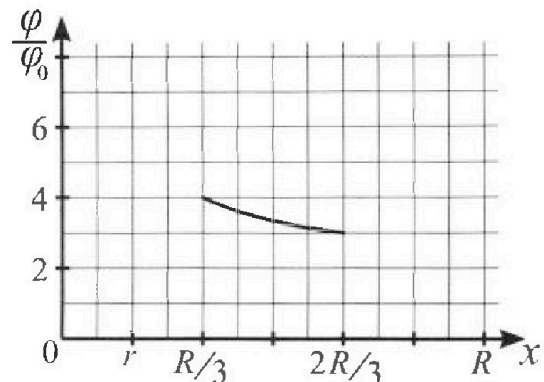
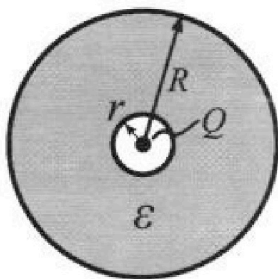
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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  $\epsilon$ .





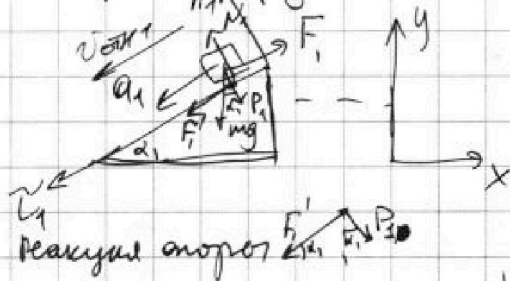
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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) Рассмотрим брусок:



$N$  - нормальная реакция опоры  $F_1'$   $P_1$

$P_1$  - вес со стороны бруска на клин  
 $F_1'$  - сила трения со стороны бруска на клин

Тк нет скорости в точке соприкосновения бруска с клином

↑ скорости  $\rightarrow F_1$  направлена

как на рисунке

По III-му закону Ньютона  $\vec{P}_1 = \vec{N}_1$

$$OYD: m\vec{a}_1 = m\vec{g} + \vec{F}_1 + \vec{N}_1$$

$$Ox_1: N_1 = mg \cos \alpha, \rightarrow P_1 = mg \sin \alpha = \frac{4}{5} mg$$

$$Oz_1: m a_1 = mg \sin \alpha - F_1$$

$$F_1 = mg \sin \alpha - m a_1 = mg \left( \frac{3}{5} - \frac{5}{13} \right) =$$

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

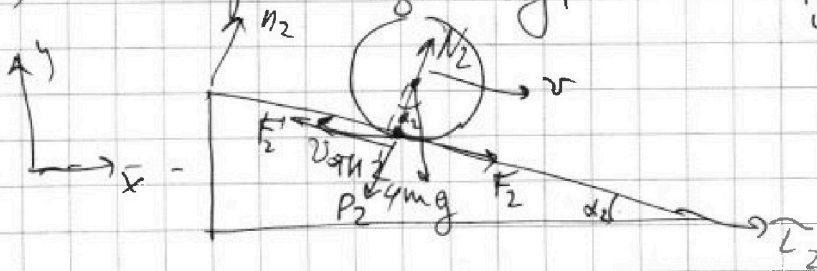
$$F_1 = \frac{14}{65} mg$$

сила которой брусок действует на клин по ось  $x$

$$Q_{yx} = F_{1x}' + P_{1x} = -F_1 \cdot \cos \alpha + P_1 \sin \alpha = mg \left( \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} - \frac{14}{65} \cdot \frac{4}{5} \right)$$

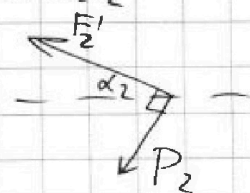
$$Q_{yx} = \frac{mg \cdot 4}{25 \cdot 13} (3 \cdot 13 - 14) = \frac{mg \cdot 4}{13} \cdot \frac{25}{25} = \frac{4}{13} mg$$

2) Рассмотрим цилиндр:



Тк скорость цилиндра в точке касания  $\downarrow$   $Oz_2$ , то  $F_2 \uparrow Oz_2$

$F_2 \uparrow Oz_2$





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 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!

$$\text{OYD: } m\vec{a}_2 = \vec{N}_2 + \vec{F}_2 + 4mg$$

$$\text{O}n_2: N_2 = 4mg \cos \alpha_2$$

$$\text{O}t_2: 4ma_2 = F_2 + 4mg \sin \alpha_2$$

$$F_2 = ma_2 - 4mg \sin \alpha_2 = mg \left( \frac{5}{21} - \frac{5}{13} \right) = \frac{5mg}{24 \cdot 13} (-11)$$
 т.е.  $F_2$  направлена в другую сторону

$P_2$  - вес гайки со стороны цилиндра на клин  
 $N_2$  - сила реакции клина от цилиндра  
 $F_2$  - сила трения

Пусть радиус цилиндра  $R$ , тогда

тк он катится по клину, момент инерции  $I = 4mR^2$  относительно оси цилиндра

В точке касания ненулевой момент сил имеет только сила трения  $F_2$  (оставшиеся радиальны ( $N_2$ ))

тогда по 3ЗММ:  $\dot{L} = M_2$

$$\dot{L} = (I\dot{\omega}) = I\varepsilon; \quad M_2 = F_2 \cdot R$$

тк гайка не скользит по клину, то  $\varepsilon = \frac{a_2}{R}$

$$\text{т.е. } F_2 R = 4mR^2 \cdot \frac{a_2}{R}$$

$$F_2 = 4ma_2 = \frac{5mg}{6}$$

в свою очередь  $N_2$  увеличивает силу трения, т.е.  $N_2 = mg \cos \alpha_2 = \frac{12mg}{13}$

$$\text{т.е. } N_2 = mg \cos \alpha_2 = \frac{12mg}{13}$$

$$Q_{2x} = -F_2' \sin \alpha_2 - P_2 \sin \alpha_2 = - \left( \frac{5mg}{6} \cdot \frac{12}{13} + \frac{12}{13} mg \cdot \frac{5}{13} \right) =$$

$$= - \frac{50}{13} mg \left( \frac{1}{13} + \frac{1}{6} \right) = - \frac{80}{13} \cdot \frac{19}{8 \cdot 13} mg = - \frac{190}{169} mg$$

$Q_{2x}$   
 Аналогично  $Q_{2y}$



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!

3) тк КММ поочеред  $\Rightarrow$

Об:  
2)  $Q_{1x} + Q_{2x} + F_{3x} = 0.$

t.e.  $F_{3x} = -(Q_{1x} + Q_{2x}) = -\left(-\frac{190}{169} + \frac{4}{13}\right) mg$

$$F_{3x} = \frac{mg}{169} (190 - 4 \cdot 13) = \frac{2mg}{169} (95 - 26) = \frac{2 \cdot 69 mg}{169}$$

$$F_{3x} = \frac{138}{169} mg$$

Ответ: 1)  $\frac{4}{13} mg$

2)  $\frac{5}{6} mg$

3)  $\frac{138}{169} mg$

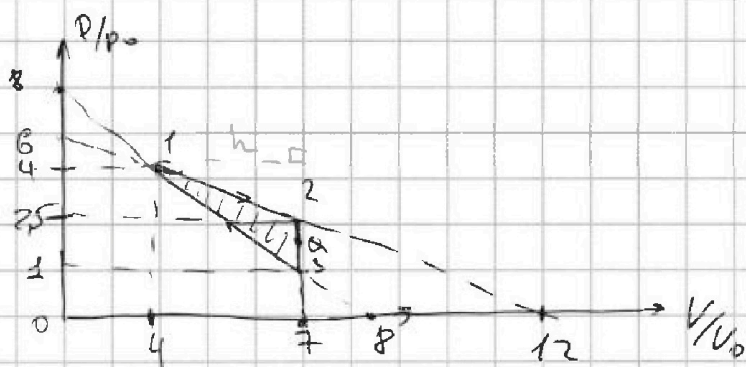


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



кон-во газа  
 $\nu = \text{const}$   
одноатомный  $\Rightarrow i = 3$   
кон-во степен. свободы

Процесс 12:  $\frac{P}{P_0} \cdot 12 + \frac{V}{V_0} \cdot 6 = 6 \cdot 12$

$2 \frac{P}{P_0} + \frac{V}{V_0} = 12$

Процесс 12:  $2 \frac{dP}{P_0} = - \frac{dV}{V_0}$

$dP = - \frac{P_0}{2V_0} dV; dV = - \frac{2V_0}{P_0} dP$

1) Процесс 23:  $V = \text{const};$

уравнение Менделеева-Клапейрона:

$PV = \nu RT$  — температура газа

↑  
число молей вещества

$\frac{P}{T} = \frac{\nu R}{V} = \text{const}; PV = \nu RT$

Процесс 23:  $V dp = \nu R dT; V = 7V_0$

По определению  $U = \frac{i}{2} \nu RT$ , тогда  $dU = \frac{i}{2} \nu R dT$

Тогда на участке 23:  $dU = 7 \cdot \frac{3}{2} V_0 dp = \frac{21}{2} V_0 dp$

Работа газа ~ площади  $\Delta 123$ , т.е.

$\frac{1}{P_0 V_0} A_{123} = \frac{1}{2} h \cdot a = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot (2.5 - 1)(7 - 4) = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 3 = \frac{9}{4}$

$A_{123} = \frac{9}{4} P_0 V_0$



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  
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!

ка у нас 23  $\Delta U_{23} = \int_{p_0}^{2.5p_0} dU_{23} = \int_{2.5p_0}^{p_0} \frac{21}{2} V_0 dp =$   
 $= \frac{21}{2} V_0 (p_0 - 2.5p_0) = \frac{21}{2} \cdot (-\frac{3}{2}) p_0 V_0$

$$\Delta U_{23} = -\frac{9}{4} \cdot 7 p_0 V_0 = -7 A_{123}$$

тогда  $\frac{|\Delta U_{23}|}{A_{123}} = 7$

2) Уравнение Менделеева - Клапейрона на 12:

$$pV = \nu RT$$

и процесс:  $2\frac{p}{p_0} + \frac{V}{V_0} = 12$ ;  $V = V_0 (12 - 2\frac{p}{p_0})$

$$T = \frac{pV}{\nu R} = \frac{1}{\nu R} \cdot 2p V_0 (6 - \frac{p}{p_0}) = \frac{2V_0}{\nu R p_0} (6p - p^2)$$

это парабола ветками вниз max в вершине

$$p_B = \frac{6p_0}{2} = 3p_0 \in 12 \Rightarrow \text{max достигнет.}$$

$$T_{\max} = \frac{2V_0}{\nu R p_0} \cdot (6p_0 - 3p_0) \cdot 3p_0 = \frac{18V_0 p_0}{\nu R}$$

$$T_1 = T(p=4p_0) = \frac{2V_0}{\nu R} \cdot (6 - \frac{4p_0}{p_0}) \cdot 4p_0 = 16 \frac{p_0 V_0}{\nu R}$$

$$\frac{T_{\max}}{T_1} = \frac{\frac{18p_0 V_0}{\nu R}}{\frac{16p_0 V_0}{\nu R}} = \frac{18}{16} = \frac{9}{8}$$



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  
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!

отметим  $T_{max}$  как точку X (6; 3) на графике  
~~на графике~~ в процессе 12 X-макс температура  $\Rightarrow$

$\Rightarrow$  на отрезке 1X  $\delta Q > 0$ , а на X2  $\delta Q < 0$

тогда в  $Q_+$  надо учитывать только отрезок 1X

Аналогично у нас получится 13:

$$8 \frac{V}{V_0} + 8 \frac{P}{P_0} = 8 \cdot 8.$$

$$\frac{V}{V_0} + \frac{P}{P_0} = 8; \quad V = \left(8 - \frac{P}{P_0}\right) V_0; \quad dV = -\frac{V_0}{P_0} dP$$

$$pV = \nu RT; \quad T = \frac{pV}{\nu R} = \frac{V_0}{\nu R P_0} \left(8P_0P - P^2\right)$$

$\Rightarrow$  D B B K u z.  
на отрезке  
13  
макс в точке 1

$$pV = \frac{8}{2} P_0 = 4 P_0 \leftarrow \text{точка 1}$$

t.e макс температура на 13 - в точке 1

тогда на участке 31  $\delta Q > 0$ ,

на участке 23  $T \downarrow$  т.к  $p \downarrow$ , а  $p = \frac{\nu R T}{V}$   $\Rightarrow \delta Q < 0$

$$Q_+ = Q_{1X} + Q_{31}$$

согласно I началу Термодинамики:

$$\delta Q_{1X} = dU + \delta A = \frac{i}{2} \nu R dT + p dV = \frac{i}{2} (\nu R dT + \nu R dT) + p dV =$$

$$= \frac{3}{2} dp V + \frac{5}{2} dV \cdot p = \frac{3}{2} dp V_0 \left(8 - \frac{P}{P_0}\right) + \frac{5}{2} p \cdot 2 \frac{V_0}{P_0} dp =$$

$$= dp V_0 \left(3 \cdot 8 - 3 \frac{P}{P_0} - 5 \frac{P}{P_0}\right) = 2 dp V_0 \left(9 - 4 \frac{P}{P_0}\right)$$

$$\delta Q_{1X} = \int_{4P_0}^{3P_0} 2V_0 \left(9 - 4 \frac{P}{P_0}\right) dp = 2V_0 \left(9(3P_0 - 4P_0) - \frac{4}{P_0} (9P_0^2 - 16P_0^2)\right)$$





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  
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!

$$Q_{1x} = 2V_0(-9p_0 + 2.7p_0) = 2V_0p_0(14-9) = 10p_0V_0$$

~~$$\delta Q_{31} = dU_{31} +$$~~

Аналогично:  $\delta Q_{31} = \frac{5}{2}pdV + \frac{3}{2}Vdp =$

$$= \frac{5}{2}p\left(-\frac{V_0}{p_0}dp\right) + \frac{3}{2}dp \cdot V_0\left(8 - \frac{p}{p_0}\right) = \frac{4V_0}{2}\left(-5\frac{p}{p_0} + 24 - \frac{3p}{p_0}\right) =$$

$$= V_0dp\left(12 - 4\frac{p}{p_0}\right) = 4V_0dp\left(3 - \frac{p}{p_0}\right)$$

$$Q_{31} = \int \delta Q_{31} = 4V_0\left(\int_{p_0}^{4p_0} 3dp - \int_{p_0}^{4p_0} \frac{p}{p_0}dp\right) = 4V_0\left(3(4p_0 - p_0) - \left(\frac{16p_0^2}{2p_0} - \frac{p_0^2}{2p_0}\right)\right) =$$

$$= 4V_0\left(9p_0 - \frac{15}{2}p_0\right) = 2V_0p_0(18 - 15) = 6p_0V_0$$

$$Q_+ = Q_{31} + Q_{1x} = (6 + 10)p_0V_0 = 16p_0V_0$$

$$A_{123} = \frac{9}{4}p_0V_0$$

$$\eta = \frac{A_{123}}{Q_+} = \frac{\frac{9}{4}p_0V_0}{16p_0V_0} = \frac{9}{64}$$

↑ КПД цикла

Ответ: 1) 7

2) 9/8

3) 9/64

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.



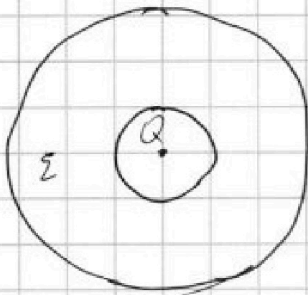
1  2  3  4  5  6  7

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!

1) Заметим, что ~~у нас~~ ~~на~~ ~~бесконечности~~  $\frac{R}{4}$   
 по теореме Гаусса  $\Phi = \frac{Q}{\epsilon_0} = \Phi$ . В некоторой  
 области вокруг точки на расстоянии  $x$ , тогда  
 напряженность поле в точке

1)  $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \frac{\text{м}^2}{\text{Кл}^2}$



Заметим, что все  
 картинка симметрична  
 относительно любого  
 поворота от центра  
 шара, тогда

выражается  $\vec{E} \parallel \vec{r}$

Может быть только радиальной составляющей и  
 $E = E(x)$  т.е. только от расстояния от центра

Используем Теорему Гаусса для точки на  
 расстоянии  $x$

~~так~~  $R > x > r$ :  $\Phi = \frac{Q}{\epsilon_0 \epsilon} = \oint (\vec{E}, d\vec{s}) = \vec{E} \cdot \vec{S}_{\text{сфера}}(x) =$   
 так  $E(x) = \text{const}$   
 $= E(x) \cdot 4\pi x^2$

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

$\varphi(x) = \int E(x) dx = \frac{kQ}{\epsilon} \int \frac{1}{x^2} dx = \frac{kQ}{\epsilon} \left( -\frac{1}{x} \right) = \frac{kQ}{\epsilon x}$

~~2)  $\varphi(x) = \frac{kQ}{\epsilon x}$~~   $\varphi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{kQ}{\epsilon \cdot \frac{R}{4}} = \frac{4kQ}{\epsilon R}$

или  $d\varphi(x) = E(x) dx = \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx$

тогда  $\Delta\varphi(x) = \varphi(x) - \varphi(R) = \int_x^R \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx = \frac{kQ}{\epsilon} \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{R} \right)$

или при  $x > R$ :  $\varphi(x) = \frac{kQ}{\epsilon x^2}$  так нет симметрии



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!

тогда  $\Delta\varphi(R) = \varphi(R) - \varphi(+\infty) = \int_R^{+\infty} \frac{kQ}{x^2} dx = \frac{kQ}{R}$   
0 по оси

тогда  $\varphi(x) = \varphi(R) + \Delta\varphi(x) = \varphi(R) - \varphi(+\infty) =$   
 $= \Delta\varphi(R) + \Delta\varphi(x) = \frac{kQ}{\varepsilon} \left( \frac{1}{x} - \frac{1}{R} + \frac{\varepsilon}{R} \right)$

2) Заметим, что

$$\frac{\varphi(x_1)}{\varphi(x_2)} = \frac{\varphi(x_1)/\varphi_0}{\varphi(x_2)/\varphi_0} = \frac{\frac{kQ}{\varepsilon} \left( \frac{1}{x_1} + \frac{\varepsilon-1}{R} \right)}{\frac{kQ}{\varepsilon} \left( \frac{1}{x_2} + \frac{\varepsilon-1}{R} \right)}$$

у графика  $\nearrow$

тогда  $\frac{4}{3} = \frac{\varphi(\frac{R}{3})}{\varphi(\frac{2R}{3})} = \frac{\frac{3}{R} + \frac{\varepsilon-1}{R}}{\frac{1.5}{2R} + \frac{\varepsilon-1}{R}} = \frac{\varepsilon+2}{\varepsilon+\frac{1}{2}}$

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

$$\varepsilon = 4.$$

Ответ: 1)  $\varphi(x) = \frac{kQ}{\varepsilon} \left( \frac{1}{x} + \frac{\varepsilon-1}{R} \right)$   
 $r < x < R$

2)  $\varepsilon = 4$

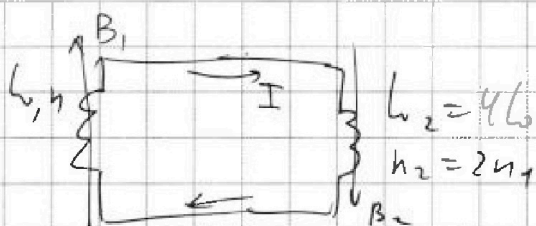


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



~~ЭМЗ~~ Закон индукции  
Финдусил  $\mathcal{E}_{\text{инд1}} = -L_1 \dot{I}$   
 $\mathcal{E}_{\text{инд2}} = -L_2 \dot{I}$

Заметим, что  ~~$I$  направлено по часовой стрелке~~  $\Phi = BnS$   
 ~~$\mathcal{E}_{\text{инд1}} + \mathcal{E}_{\text{инд2}} + \Phi_1 + \Phi_2 = 0$~~   $\Phi = BS$   
так как катушки i-ом

Заметим, что эти катушки соединены  
друг с другом и не с землей друг им  $\Rightarrow$

$\Rightarrow \Phi_2$  через них не будет изменяться:

тогда  ~~$\Phi_1 + \Phi_2 = 0$~~

$$\Phi_{10} + \Phi_{20} + (l_1 + l_2)I_0 = \Phi_{1k} + \Phi_{2k} + (l_1 + l_2)I_k$$

$$1) \quad I_0 = 0; \quad \Phi_{20} = \Phi_{2k}; \quad \Phi_{1k} - \Phi_{10} = S n \Delta B = S n \Delta I$$

$$5l_1 \cdot 0 = S n \Delta I + 5l_2 \Delta I$$

$$\left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = \frac{S n \Delta}{5l_2}$$

$$2) \quad I_0 = 0 \quad \Phi_{20} = 2B_0 S n \cdot 2 \quad \Phi_{2k} = \frac{4}{3} B_0 S n$$

$$I_k = ? \quad \Phi_{10} = B_0 S n \quad \Phi_{1k} = \frac{1}{2} B_0 S n$$

$$5B_0 n S + 0 = B_0 S n \cdot \left( \frac{4}{3} + \frac{1}{2} \right) + 5l_2 I_k$$

$$I_k = \frac{B_0 n S}{5l_2} \left( \frac{20}{3} - \frac{11}{6} \right) = \frac{19 B_0 n S}{30 l_2}$$

Ответ: 1)  $\frac{19 B_0 n S}{30 l_2}$

$$2) \quad \frac{19}{30} \frac{B_0 n S}{l_2}$$



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  
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!

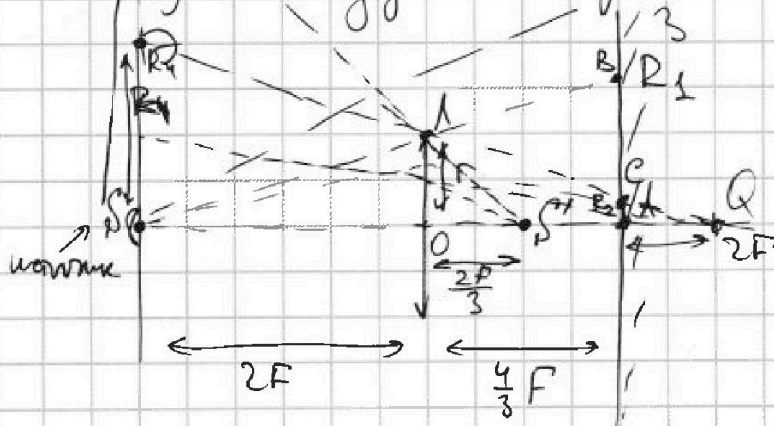
Угловая точка, то  $h = 2F$ ;  $l = \frac{4}{3}F$   $r = 3$  см

Заметим, что  $\Gamma$  (жирная точка) лежит в  $2F$  (как и источник)  $\Rightarrow$  все лучи, выходящие из источника и проходящие через точку угловой ~~точки~~

притягиваются к точке  $2F > \frac{4}{3}F$ , где находится зеркало

т.е. лучи идут симметрично

1)



Если луч не проходит через точку, то он находится в области на расстоянии  $\Rightarrow R_1$

луч подобен в  $SA$  и  $SOA$  ( $AO \parallel AB$  и  $S$ -одна)  $\Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{r}{2F} = \frac{R_1}{2F + \frac{4}{3}F} \Rightarrow R_1 = \left(1 + \frac{2}{3}\right)r = \frac{5}{3}r = 5 \text{ см}$$

А так лучи идут симметрично от  $\Gamma$ , если они проходят через  $\Gamma$ , то отклонение  $\Leftarrow$  равные ~~то  $R_2$  то  $\Rightarrow$  подобен~~  $R_2$  при крайнем луче



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 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) Из условия~~  $\triangle QCA \sim \triangle QAO$  (по II CA)

$$\frac{r}{R_2} = \frac{2F}{2F - \frac{4}{3}F} = \frac{1}{1 - \frac{2}{3}} = 3.$$

$$R_2 = \frac{r}{3} = 1 \text{ см}$$

Т.е.  $S_{\text{поверх}} = S_{R_1} - S_{R_2} = \pi R_1^2 - \pi R_2^2 = \pi(5^2 - 1^2) = 24\pi \text{ см}^2$

$$S_{\text{поверх}} = \pi \left( \left( \frac{5}{3}r \right)^2 - \left( \frac{r}{3} \right)^2 \right) = \frac{\pi r^2}{9} \cdot 24 = \frac{8}{3} \pi r^2$$

2) покажем, что композицию мифы и зеркала можно представить как последовательное их использование, т.е. можно считать, что центр в  $L+3$  находится в точке, зеркало  $Q$  тогда расстояние от  $L$  до  $S'$   $S' = 2F - 2 \cdot \frac{2F}{3} = 2F/3$

Если миф не проходит через миф, то они падют на расстоянии  $(r, R_3)$  от оси  $GO$

из условия  $\triangle S'LO \sim \triangle SR_3S$  (по II  $R_3S$ )

$$\frac{r}{\frac{2F}{3}} = \frac{R_3}{\frac{2F}{3} + 2F} ; R_3 = r(1+3) = 4r = 12 \text{ см}$$

А если миф проходит через  $L$ , то макс отклонение обеспечит крайний миф и все мифы проходят через точку фокусировки тогда ее формулы



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!

Точкой мизры:

$$\frac{1}{2F/3} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F}$$

тк собира

$$\frac{1}{b} = \frac{2}{2F} - \frac{3}{2F} = \frac{-1}{2F} \quad \text{т.е. } b = -2F$$

т.е. все <sup>прямые</sup> лучи проходят через точку Q

тогда макс отклонение при  $R_4$  - крайней  
луча расст  $r$  в мизре (высот осв)

из подобия  $\Delta QSR_4 \sim \Delta QOL$  ( $OL \parallel SR_4$ )

$$\frac{R_4}{r} = \frac{2F + 2F}{2F} = 2.$$

$$R_4 = 2r = 6 \text{ см}$$

$$\begin{aligned} \text{тогда } S_{\text{осв}} &= \pi R_3^2 - \pi R_4^2 = \pi(46r^2 - 4r^2) = 12\pi r^2 = \\ &= 12 \cdot 9 \cdot \pi = 108\pi \text{ см}^2 \end{aligned}$$

Ответ: 1)  $24\pi \text{ см}^2$

2)  $108\pi \text{ см}^2$

Круги тк они расст  $\perp$  плоскости  $\rightarrow$   $\perp$  прямую, в  
каждой точке можно крутить вокруг  $PO$  на все  $360^\circ$   
состав попутности круговые области с радиусами,  
это мы ищем



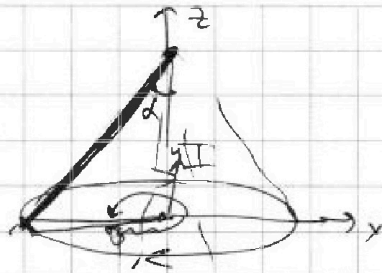
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

$$c_{ind} = \frac{h}{\sqrt{h^2 + R^2}}$$



$$\vec{dl} = \begin{pmatrix} R \sin \varphi \\ R \cos \varphi \\ 0 \end{pmatrix} dl$$

$$\varphi \in [0; 2\pi]$$

$$\vec{r} = \begin{pmatrix} R \cos \varphi \\ R \sin \varphi \\ h \end{pmatrix}$$

$$d\vec{B} = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \frac{[\vec{dl}, \vec{r}]}{r^3} =$$

$$\begin{vmatrix} i & j & k \\ R \sin \varphi & R \cos \varphi & 0 \\ -R \cos \varphi & R \sin \varphi & h \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} i & j & k \\ h \cos \varphi & -h \sin \varphi & R \end{vmatrix}$$

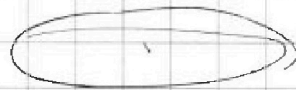
$$dB_z = \frac{\mu_0 I}{4\pi} \cdot \frac{R^2 d\varphi}{(h^2 + R^2)^{3/2}} =$$

$$B_z = \frac{\mu_0 I}{2} \cdot \frac{R^2}{(h^2 + R^2)^{3/2}} = \frac{\mu_0 I}{2} \frac{R^2}{(N^2 l^2 + R^2)^{3/2}}$$

$$B_\Sigma = \sum_{k=0}^{\infty} B_k$$

$$l = \frac{h}{N}$$

$$B_\Sigma = \int_{-\frac{\pi}{2}}^{\frac{\pi}{2}}$$



$$h_1 I + h_2 I + \Phi_1 + \Phi_2$$





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!

$\Phi = BS$   
 $\mathcal{E} = \dot{\Phi} = \dot{B}S = \dot{\omega}I$   
 $d\omega = ?$   
 $\mu g \sin \alpha = \frac{5}{13}$   
 $\alpha = ?$   
 $U = FR$   
 $v = \omega R$

$U = PR$   
 $L = I\dot{\omega}$   
 $\mathcal{E}R = \mathcal{E}_2$   
 $\mu R^2 \mathcal{E} = F_2 R$   
 $m a_2 = F_2$

$\int \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx + \int \frac{kQ}{R x^2} dx =$   
 $\frac{3}{2} \cdot \frac{kQ}{\epsilon \varphi_0} = 3$   
 $\frac{10}{6} R = 10 \text{ cm}$   
 $\frac{1}{2} = 3 \frac{8}{6} + \frac{3}{6} = \frac{11}{6}$   
 $1:6$

$a_1 = \frac{F_1}{m}$   
 $d \left( \frac{I\omega^2}{2} + \frac{m\omega^2 R^2}{2} \right) = F_2$   
 $\alpha F =$   
 $m a_1 = mg \sin \alpha - F_1$   
 $F_1 = mg \sin \alpha - m a_1 =$   
 $= mg \left( \frac{39}{65} - \frac{25}{65} \right) = \frac{14}{65} mg$

$L = \frac{\mu_0 I^2}{4\pi} \frac{V}{r} =$   
 $B = \frac{\mu_0 I}{r}$   
 $\mu_0 \cdot \frac{n}{l} \cdot S l = \mu_0 n S$   
 $\omega = \frac{B \rho l}{t I} = \frac{\mu_0 n S}{l I}$

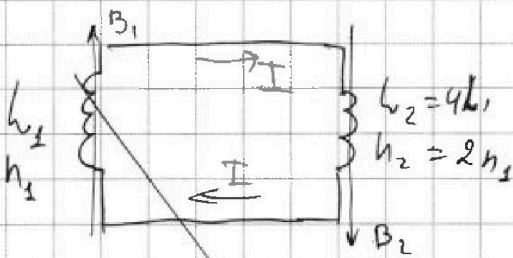
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



$$I_1(0) = \Phi_2(0) = 0.$$

$$I_1 = I_2 = I$$

1)  $I$  - ?  $\dot{B}_1 = \alpha > 0$

$$\Phi_1 = B_1 S; \quad \Phi_2 = B_1 S \cdot n_1 \text{ тк } n_1 \text{ витков}$$

суммируются в контуре, тогда по 2-му ЗМФ

$$E_{\text{инд}} = - \frac{d\Phi_2}{dt} = - S n_1 \cdot \dot{B}_1 = - \alpha S n_1 \quad (\text{ЗМФ})$$

с правой стороны  $E_{\text{инд}} = - l_1 \dot{I}$

тогда  $\alpha S n_1 = l_1 \dot{I}$

$$\dot{I} = \frac{\alpha S n_1}{l_1} \Rightarrow |\dot{I}| = \frac{\alpha S n_1}{l_1}$$

2)  $\Phi_{10} = B_0 S \cdot n$ ;  $\Phi_{1к} = \frac{1}{2} B_0 S n$

$\Phi_{20} = 2 B_0 S 2n$ ;  $\Phi_{2к} = \frac{4}{3} B_0 S n$

*иногда потоки в  $h_1$  и  $h_2$*  *крупные потоки в  $h_1$  и  $h_2$*

~~ЗМФ~~ по определению:  $l_1 I = \Phi_1$  ЗМФ:  $\dot{\Phi}_1 + \dot{\Phi}_2 = 0$   
 $l_2 I = \Phi_2$   $\Phi_1 + \Phi_2 = \text{const}$

Заметим, что  $l_1 \Delta I$