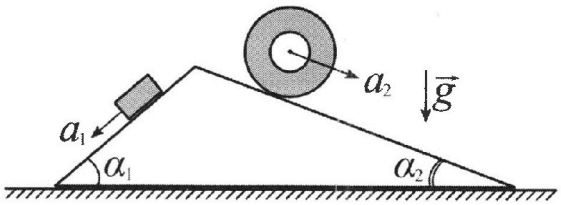
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

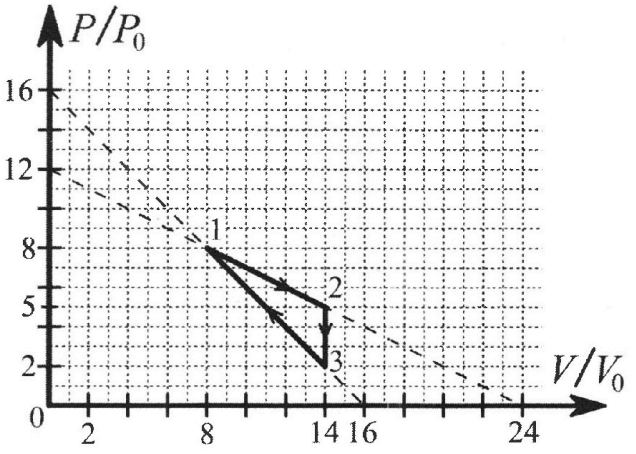
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 6g/13$ и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой $2m$ с ускорением $a_2 = g/4$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту $\alpha_1 (\sin\alpha_1 = 3/5, \cos\alpha_1 = 4/5)$ 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.

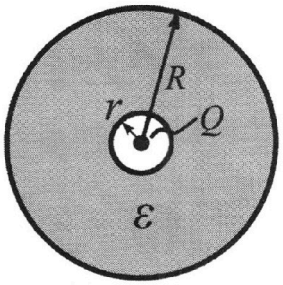


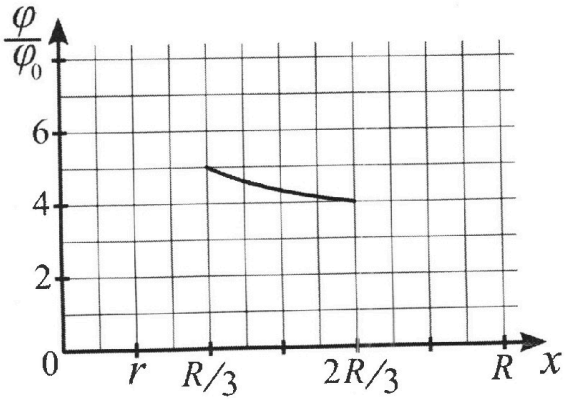
1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью ε и радиусами поверхностей r и R находится шарик с зарядом Q (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала φ электрического поля внутри диэлектрика от расстояния x от центра полого шара в интервале изменений x от $R/3$ до $2R/3$ (см. рис.). Здесь φ_0 — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

1) Считая известными r, R, Q, ε, найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при $x = 5R/6$.
2) Используя график, найти численное значение ε.



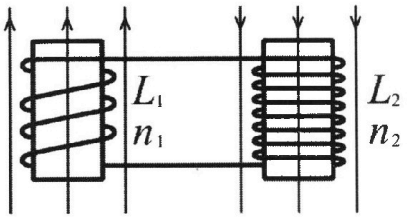


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-03

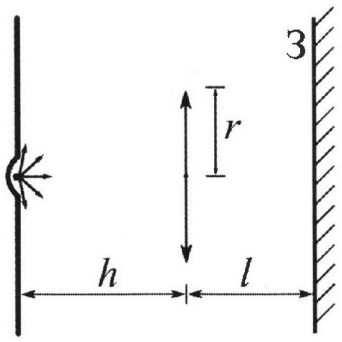
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 16L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 4n$ 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 и зменяться 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 $B_0/3$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $3B_0$ до $9B_0/4$, 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 $F = h/3$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 5$ 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 γ - целое число или простая обыкновенная дробь.

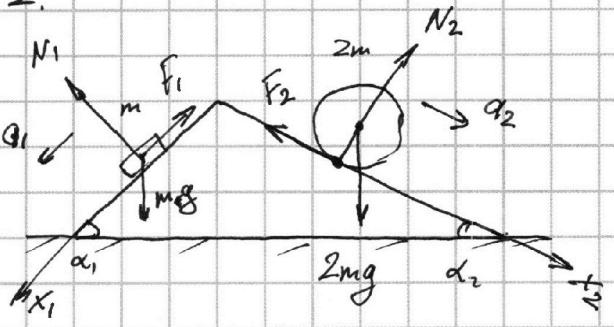
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

№1.

Дано:
m
$a_1 = \frac{6}{13}g$
2m
$a_2 = \frac{g}{4}$
α_1 α_2
F_1=?
F_2=?
F_3=?



① 2З: брусок: ox_1: $ma_1 = mg\sin\alpha_1 - F_1$

$F_1 = mg\sin\alpha - ma_1$

$F_1 = mg\left(\frac{3}{5} - \frac{6}{13}\right)$

$F_1 = mg\,\frac{39-30}{65}$

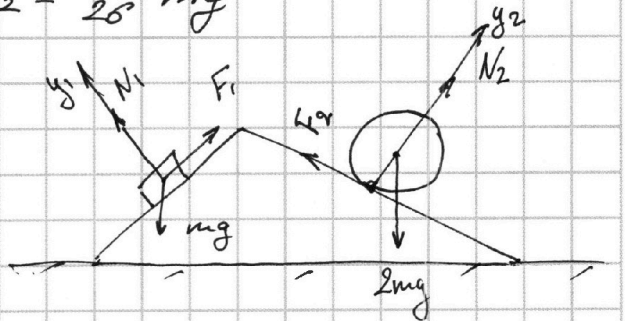
$F_1 = \frac{9}{65}mg$

② 2З: цилиндр: ox_2: $2ma_2 = 2mg\sin\alpha_2 - F_2$

$F_2 = 2mg\sin\alpha_2 - 2ma_2$; $F_2 = 2mg\left(\frac{5}{13} - \frac{1}{4}\right)$

$F_2 = 2m\,\frac{20-13}{52}$; $F_2 = \frac{7}{26}mg$

③ ~~2Н~~ 2З: брусок: oy_1:

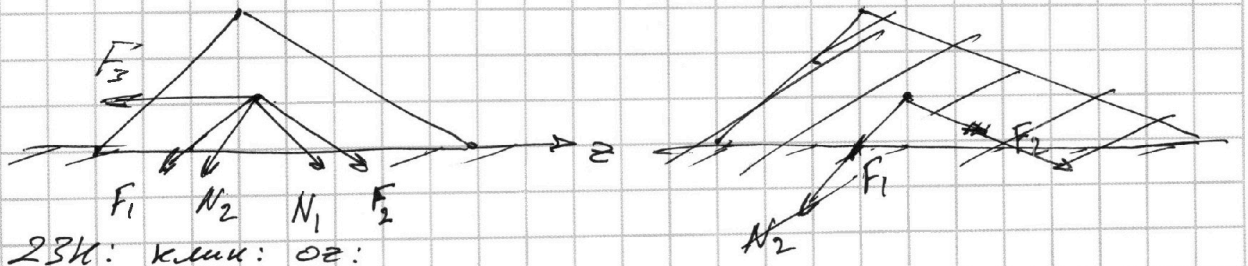


$N_1 = mg\cos\alpha_1 = \frac{4}{5}mg$

2З: цилиндр: oy_2:

$N_2 = 2mg\cos\alpha_2 = \frac{24}{13}mg$.

По 3му з-ну Ньютона на блок действуют силы N_1; F_1; N_2; F_2, равные по модулю, но противоположные направлением тем, что приложены к бруску и цилиндру:



2З: блок: oz:

$0 = F_2\cos\alpha_2 + N_1\cos\left(\frac{\pi}{2}-\alpha_1\right) - F_1\cos\alpha_1 - N_2\cos\left(\frac{\pi}{2}-\alpha_2\right) - F_3$

$F_3 = F_2\cos\alpha_2 + N_1\sin\alpha_1 - F_1\cos\alpha_1 - N_2\sin\alpha_2$

$F_3 = \frac{7}{26}mg\cdot\frac{12}{13} + \frac{4}{5}mg\cdot\frac{3}{5} - \frac{9}{65}mg\,\frac{4}{5} - \frac{24}{13}mg\,\frac{5}{13}$

$F_3 = \left(\frac{7\cdot12}{2\cdot13\cdot13} - \frac{24\cdot5\cdot2}{13\cdot13\cdot2}\right)mg + \left(\frac{4\cdot3\cdot13}{5\cdot5\cdot13} - \frac{4\cdot9\cdot5}{5\cdot13\cdot5}\right)mg$

$F_3 = \left(\frac{4\cdot12 - 20\cdot12}{13\cdot13\cdot2} + \frac{12\cdot13 - 9\cdot5\cdot4}{25\cdot13}\right)mg$

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
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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!

$F_3 = \left(-\frac{6}{13} + \frac{111}{13 \cdot 25}\right) mg = \frac{-150+111}{13 \cdot 25} mg = -\frac{3}{25} mg.$

Знак минус означает, что сила направлена не в ту сторону.

Ответ: 1) $F_1 = \frac{9}{65} mg$

2) $F_2 = \frac{7}{26} mg$

3) $F_3 = \frac{3}{25} mg.$

$F_3 = \left(\frac{7 \cdot 12}{26 \cdot 13} + \frac{4 \cdot 3}{5 \cdot 5} - \frac{9 \cdot 4}{65 \cdot 5} - \frac{24 \cdot 5}{13 \cdot 13}\right) mg$

$F_3 = \left(\frac{7 \cdot 12}{13 \cdot 13 \cdot 2} - \frac{2 \cdot 5 \cdot 12}{13 \cdot 13} + \frac{4 \cdot 3}{5 \cdot 5} - \frac{9 \cdot 4}{5 \cdot 5 \cdot 13}\right) mg$

$F_3 = \left(\frac{7 \cdot 12 - 20 \cdot 12}{13 \cdot 13 \cdot 2} + \frac{12 \cdot 13}{5 \cdot 5 \cdot 13} - \frac{9 \cdot 4}{5 \cdot 5 \cdot 13}\right) mg$

$F_3 = \left(-\frac{6}{13} + \frac{156 - 36}{5 \cdot 5 \cdot 13}\right) mg$

$F_3 = mg\left(\frac{120}{25 \cdot 13} - \frac{150}{25 \cdot 13}\right) = -\frac{6}{65} mg$

знак минус означает, что сила направлена F_3 не в ту сторону:

Ответ: 1) $F_1 = \frac{9}{65} mg$

2) $F_2 = \frac{7}{26} mg$

3) $F_3 = \frac{6}{65} mg$

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
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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!

Дано:

1) $\frac{\Delta U_{12}}{A_g} = ?$

2) $\frac{T_{max}}{T_3} = ?$

3) $\eta = ?$

1) Уравнение Менделеева – Клапейрона для сост. 1 и 2:

$p_1V_1 = \nu RT_1$; $p_2V_2 = \nu RT_2$

$p_2V_2 - p_1V_1 = \nu R(T_2 - T_1) \quad | \cdot \frac{3}{2p_0V_0}$

$\frac{3}{2}\left(\frac{p_2V_2}{p_0V_0} - \frac{p_1V_1}{p_0V_0}\right) = \frac{\Delta U_{12}}{p_0V_0}$

$A_g = S_{\triangle}$ ~~(косяк)~~ $S = \frac{1}{2}(p_2 - p_3)(V_2 - V_1)$

$S = \frac{1}{2}(p_2V_2 - p_2V_1 - p_3V_2 + p_3V_1)$

$\frac{A_g}{p_0V_0} = \frac{S}{p_0V_0}$; $\frac{A_g}{p_0V_0} = \frac{1}{2}\left(\frac{p_2V_2}{p_0V_0} - \frac{p_2V_1}{p_0V_0} - \frac{p_3V_2}{p_0V_0} + \frac{p_3V_1}{p_0V_0}\right)$

$\frac{p_2V_2}{p_0V_0} = 14 - 5 = 70$; $\frac{p_1V_1}{p_0V_0} = 64$; $\frac{p_2V_1}{p_0V_0} = 40$; $p_3V_2 = 28$

$\frac{p_3V_1}{p_0V_0} = 16$

$\frac{\Delta U_{12}}{p_0V_0} \cdot \frac{p_0V_0}{A_g} = \frac{3}{2}(70 - 64) \cdot \frac{2}{70 - 40 - 28 + 16}$

$\frac{\Delta U_{12}}{A_g} = \frac{3 \cdot 6}{30 - 28 + 16} = \frac{18}{2 + 16} = 1.$

2) Рассмотрим прямую, на кот. лежат точки 1 и 2:

Ур. прямой по двум точкам:

$\frac{\frac{p}{p_0} - \frac{p_2}{p_0}}{\frac{p_1}{p_0} - \frac{p_2}{p_0}} = \frac{\frac{V}{V_0} - \frac{V_2}{V_0}}{\frac{V_1}{V_0} - \frac{V_2}{V_0}}$; $\frac{\frac{p}{p_0} - 8}{8 - 5} = \frac{\frac{V}{V_0} - 8}{8 - 14} \Rightarrow 24 - 2\frac{p}{p_0} = \frac{V}{V_0}$

Ур-ие Менделеева – Клапейрона для сжатой точки на отрезке 1 → 2:

$pV = \nu RT \quad | : p_0V_0$; $\frac{p}{p_0}\frac{V}{V_0} = \frac{\nu R}{p_0V_0} \cdot T$

$T = \frac{p_0V_0}{\nu R}\frac{p}{p_0}\left(24 - 2\frac{p}{p_0}\right)$, возьмём производную

$T' = \frac{p_0V_0}{\nu R}\left(24\frac{p}{p_0} - 2\frac{p^2}{p_0^2}\right)' = \frac{p_0V_0}{\nu R}\left(\frac{24}{p_0} - \frac{4}{p_0^2}p\right)$

Найдём максимум: $T' = 0 \Rightarrow$

$\frac{p_0V_0}{\nu R}\left(\frac{24}{p_0} - \frac{4}{p_0^2}p\right) = 0$; $p\frac{4}{p_0^2} = \frac{24}{p_0} \Rightarrow \frac{p}{p_0} = 6$

$\frac{V}{V_0} = 24 - 12 = 12$

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
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

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!

Ур-ие Менделеева – Клапейрона для точки с T_{12max}:

$\frac{P}{P_0} = 6$, $\frac{V}{V_0} = 12$; $pV = \nu R T_{12M}$ | $: p_0V_0$

$\frac{pV}{p_0V_0} = \nu R T_{12M} \cdot \frac{1}{p_0V_0}$; $\frac{\nu R T_{12M}}{p_0V_0} = 72$

Ур-ие Менделеева – Клапейрона для точки 3:

$p_3V_3 = \nu R T_3$ | $: p_0V_0$ ⇨ $\frac{p_3V_3}{p_0V_0} = \frac{\nu R}{p_0V_0} T_3$

Отметим, что $\frac{p_3V_3}{p_0V_0} = 28$ ⇨ $T_3 \cdot \frac{\nu R}{p_0V_0} = 28$.

$\frac{\frac{\nu R}{p_0V_0} \cdot T_{12M}}{\frac{\nu R}{p_0V_0} \cdot T_3} = \frac{72}{28}$; $\frac{T_{12M}}{T_3} = \frac{18}{7}$.

Ответ: 1) $\frac{\Delta U_{12}}{A_3} = 1$

2) $\frac{T_{12M}}{T_3} = \frac{18}{7}$

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
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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!

Дано:
r R
Q ε
1) $\varphi\left(\frac{5}{6}R\right)$ = ?
2) ε_r ?

1) Разобьём подсчёт потенциала $\varphi\left(\frac{5}{6}R\right)$ на 3 этапа:

$$\varphi\left(\frac{5}{6}R\right) = \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2,$$

~~где $\Delta\varphi_1$ — разность~~ по

$\Delta\varphi_1 = \varphi_r - 0 = \frac{kQ}{r}$ (подсчёт в области, где $\varepsilon = 0$)

$\Delta\varphi_2 = \varphi(\ell) - \varphi(r)$ (подсчёт, как-будто всё пространство вокруг заряда заполнено диэлектриком с ε)

$$\varphi(\ell) = \frac{kQ}{\varepsilon\ell},$$

$$\varphi(r) = \frac{kQ}{\varepsilon r}$$

$$\Delta\varphi_2 = \frac{kQ}{\varepsilon\ell} - \frac{kQ}{\varepsilon r}, \quad \Delta\varphi_2 = \frac{kQ}{\varepsilon}\left(\frac{1}{\ell} - \frac{1}{r}\right), \text{ где } \ell = \frac{5}{6}R$$

$$\varphi\left(\frac{5}{6}R\right) = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\varepsilon}\left(\frac{1}{\ell} - \frac{1}{r}\right)$$

$$\varphi\left(\frac{5}{6}R\right) = kQ\left(\frac{1}{r} + \frac{1}{\ell\varepsilon} - \frac{1}{r\varepsilon}\right);$$

$$\varphi\left(\frac{5}{6}R\right) = kQ\left(\frac{\varepsilon - 1}{r\varepsilon} + \frac{6}{5R}\cdot\frac{1}{\varepsilon}\right)$$

2) $\frac{\varphi\left(\frac{R}{3}\right)}{\varphi_0} = \frac{1}{\varphi_0}\left(\frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\varepsilon}\left(\frac{3}{R} - \frac{1}{r}\right)\right)$; $\frac{\varphi\left(\frac{R}{3}\right)}{\varphi_0} = 5$

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

$$\frac{\varphi\left(\frac{R}{3}\right)}{\varphi_0}\cdot\frac{\varphi_0}{\varphi\left(\frac{2R}{3}\right)} = \frac{\frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\varepsilon}\left(\frac{3}{R} - \frac{1}{r}\right)}{\frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\varepsilon}\left(\frac{3}{2R} - \frac{1}{r}\right)}$$

$$\frac{5}{4} = \frac{\frac{1}{r} + \frac{1}{\varepsilon}\left(\frac{3}{R} - \frac{1}{r}\right)}{\frac{1}{r} + \frac{1}{\varepsilon}\left(\frac{3}{2R} - \frac{1}{r}\right)}; \quad \frac{5}{r} + \frac{5}{\varepsilon}\left(\frac{3}{2R} - \frac{1}{r}\right) = \frac{4}{r} + \frac{4}{\varepsilon}\left(\frac{3}{R} - \frac{1}{r}\right)$$

$$\frac{1}{r} = \frac{9}{2\varepsilon R} + \frac{1}{\varepsilon r}; \quad \frac{1}{r} = \frac{1}{\varepsilon}\left(\frac{9}{2R} + \frac{1}{r}\right)$$

$$\varepsilon = \frac{9r}{2R} + 1.$$

Ответ: 1) ~~$\frac{5}{6}$~~ $\varphi\left(\frac{5}{6}R\right) = kQ\left(\frac{\varepsilon - 1}{r\varepsilon} + \frac{6}{5R}\cdot\frac{1}{\varepsilon}\right)$

2) $\varepsilon = \frac{9r}{2R} + 1.$

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
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

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

№4

Дано:
$L_1 = L$
$L_2 = 16L$
$n_1 = n$
$n_2 = 4n$
S к $\to 0$
$I_0 = 0$
$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \alpha$
1) $\dot{I}_1 = ??$
2) $I = ?$

1) т.к. ч $\to 0$ то магнитный поток в контуре сохраняется:

$$\Phi_1 + \Phi_2 = \Phi_{1к} + \Phi_{2к} - L_1 \Delta I_1 - L_2 \Delta I_1$$

$$\Phi_2 = \Phi_{2к}; \quad \Delta\Phi_1 = (L_1 + L_2)\Delta I_1 \;|:\Delta t$$

$$\frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} = (L_1 + L_2)\frac{\Delta I_1}{\Delta t}; \quad \frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} = \dot{\Phi}_1; \quad \dot{\Phi}_1 = \dot{B}_1 S n_1$$

$$\frac{\Delta I_1}{\Delta t} = \dot{I}_1; \quad \dot{B}_1 S n_1 = (L_1 + L_2)\dot{I}_1; \quad \dot{B}_1 = \frac{\Delta B}{\Delta t} = \alpha$$

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{B}_1 S n_1}{L_1 + L_2}; \quad \dot{I}_1 = \frac{\alpha S n}{17L}$$

2) Принцип сохранения магнитного потока:

$$\Phi_1 + \Phi_2 = \Phi_к + \Phi_{2к} + L_1 I + L_2 I$$

$$\Phi_1 = B_0 S n_1; \quad \Phi_{1к} = \frac{1}{3} B_0 S n_1$$

$$\Phi_2 = 3 B_0 S n_2; \quad \Phi_{2к} = \frac{9}{4} B_0 S n_2$$

$$B_0 S n_1 + 3 B_0 S n_2 = \frac{1}{3} B_0 S n_1 + \frac{9}{4} B_0 S n_2 + (L_1 + L_2) I$$

$$\frac{2}{3} B_0 S n_1 + \frac{3}{4} B_0 S n_2 = (L_1 + L_2) I$$

$$B_0 S\left(\frac{2}{3} n + \frac{3}{4} \cdot 4n\right) = 17LI; \quad I = \frac{B_0 S\left(\frac{2}{3} n + 3n\right)}{17L}$$

$$I = \frac{11 B_0 S n}{51}$$

Ответ: 1) $\dot{I}_1 = \frac{\alpha S n}{17L}$

2) $I = \frac{11}{51} B_0 S n$

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
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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!

$\frac{1}{f_1} = \frac{15}{5h} - \frac{6}{5h}$; $f_1 = \frac{5}{9}h$

$X_1G = h - \frac{5}{9}h = \frac{4}{9}h$; $\triangle X_1GH \sim \triangle GAO$ (по 2м углам)

$k_3 = \frac{AO}{X_1H} = \frac{GO}{GX_1}$; $X_1H = \frac{GX_1 \cdot AO}{GO}$; $X_1H = \frac{\frac{4}{9}h \cdot r}{\frac{5}{9}h} = \frac{4}{5}r$.

$S_3 = \pi X_1H^2$; $S_3 = \frac{16}{25}\pi r^2$

$\triangle X_2OA \sim \triangle X_2X_1I$; $k_4 = \frac{IX_1}{OA} = \frac{X_2X_1}{X_2O}$

$IX_1 = \frac{AO \cdot X_2X_1}{X_2O}$; $IX_1 = \frac{r \cdot \frac{5}{3}h}{\frac{2}{3}h} = \frac{5}{2}r$.

$S^{**} = \pi \cdot \frac{25}{4}r^2$

$S_2 = S^{**} - S_3 = \frac{25}{4}\pi r^2 - \frac{16}{25}\pi r^2$

$S_2 = \frac{625-16}{100}\pi r^2 = \frac{609}{100}r^2\pi$; $S_2 = \frac{609}{4}\pi$ см^2

Ответ: 1) $S_1 = \frac{200}{3}\pi$ см^2

$S_2 = \frac{609}{4}\pi$ 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
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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

Дано:
h
$F = \frac{h}{3}$
$r = 5\,см$
$l = \frac{2}{3}h$
$S_1' = ?$
$S_2 = ?$

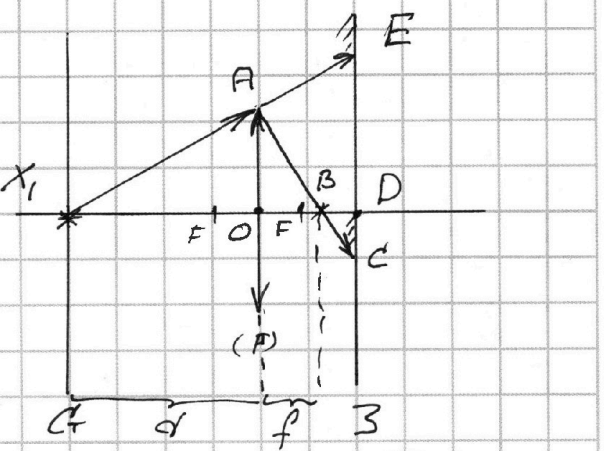
1) Т.к. $d > F$ ⇒ изображение действительное.

Формула тонкой линзы:

$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$; $d = h$

$\frac{1}{h} + \frac{1}{f} = \frac{3}{h}$

$\frac{1}{f} = \frac{2}{h}$, $f = \frac{h}{2}$.



$BD = \frac{2}{3}h - \frac{h}{2} = \frac{h}{6}$

Все лучи, прошедшие через линзу, попадут в изображение, прошедшие через изобр. попадут на зеркало.

$\triangle AOB \sim \triangle BDC$ (по двум углам)

$k_1 = \frac{AO}{DC} = \frac{OB}{BD}$; $DC = \frac{AO \cdot BD}{OB} = \frac{h \cdot 2h}{6h} = \frac{h}{3}$

$S_0 = \pi DC^2$, $S_0 = \frac{1}{9}\pi h^2$ (часть зеркала, освещ. лучами, прошед. через линзу),

$\triangle X_1ED \sim \triangle X_1OA$ (по двум углам)

$k_2 = \frac{X_1D}{X_1O} = \frac{ED}{AO}$; $ED = \frac{AO \cdot X_1D}{X_1O}$; $ED = \frac{h \cdot \frac{5}{3}h}{h} = \frac{5}{3}h$.

$S^{**} = \pi ED^2$; $S^{**} = \frac{25}{9}\pi h^2$ (часть зеркала, освещ. лучами, не попавшими в линзу).

$S_1' = S^{**} - S_0$; $S_1' = \frac{25}{9}\pi h^2 - \frac{1}{9}\pi h^2 = \frac{24}{9}\pi h^2$

$S_1' = \frac{24}{9} \cdot \pi \cdot 25 = \frac{600}{9}\pi = \frac{200}{3}\pi\ см^2$

2) Изобр. в B – предмет для зеркала,
X_2 – изобр. предмета в B.
X_2 – предмет для линзы.

Отметим, что $BD = DX_2$

$OX_2 = \frac{h}{6} + \frac{2}{3}h = \frac{5}{6}h$

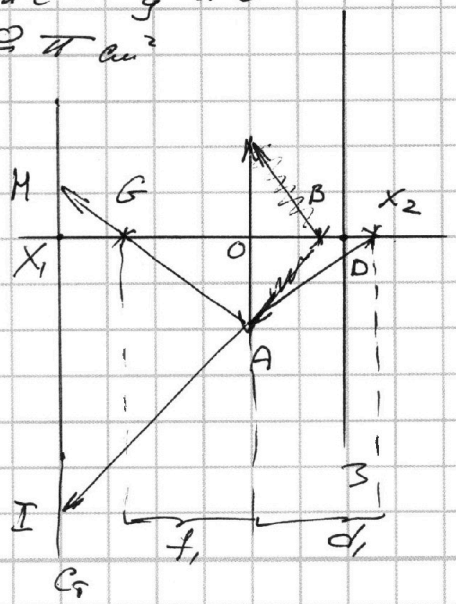
$OX_2 > F$ ⇒ изобр. действительное.

Формула тонкой линзы:

$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}$

$d_1 = OX_2 = \frac{5}{6}h$.

$\frac{6}{5h} + \frac{1}{f_1} = \frac{3}{h}$



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
X	X	X	X	X	X	X

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!

$$\frac{7\cdot 12}{2\cdot 13\cdot 13}+\frac{4}{5}\cdot\frac{3}{5}-\frac{9}{65}\cdot\frac{4}{5}-\frac{24\cdot 5}{13\cdot 13}$$

$$\frac{7\cdot 12}{2\cdot 13\cdot 13}+\frac{4\cdot 3}{5\cdot 5}-\frac{9\cdot 4}{13\cdot 5\cdot 5}-\frac{24\cdot 5\cdot 2}{13\cdot 13\cdot 2}$$

$$\frac{7\cdot 12-4\cdot 5\cdot 12}{13\cdot 13\cdot 2}-\frac{9\cdot 4}{13\cdot 5\cdot 5}+\frac{13\cdot 4\cdot 3}{13\cdot 5\cdot 5}$$

$$\frac{13\cdot 12}{13\cdot 13\cdot 2}$$

$$\frac{6}{13}+\frac{9\cdot 4-13\cdot 4\cdot 3}{13\cdot 5\cdot 5}$$

$$\frac{6\cdot 5\cdot 5-9\cdot 4-13\cdot 4\cdot 3}{13\cdot 25}$$

$$\frac{6\cdot 25-36-13\cdot 12}{13\cdot 25}$$

$$\frac{6\cdot 25-13\cdot 12}{13\cdot 25}$$

$$\frac{30-36}{13\cdot 5}$$

$$\frac{6}{13\cdot 5}$$

$$\frac{6}{65}$$

$$\frac{6\cdot 25}{13\cdot 25}-\frac{36}{13\cdot 25}-\frac{13\cdot 12}{25}$$

$$-\frac{6}{13}-\frac{9\cdot 4}{13\cdot 5\cdot 5}+\frac{156}{13\cdot 5\cdot 5}$$

$$\times\begin{array}{r}13\\12\end{array}$$
$$\begin{array}{r}26\\13\\\hline 156\end{array}$$

$$\times\begin{array}{r}13\\12\end{array}$$
$$\begin{array}{r}26\\13\\\hline 156\\-36\\\hline 120\end{array}$$

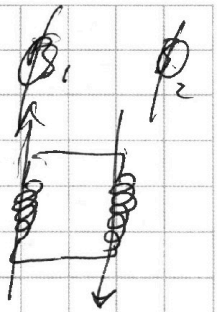
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

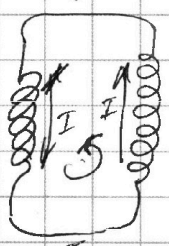
1	2	3	4	5	6	7
X	X	X	X	X	X	X

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!

Ур-не МК 3: $pV = \nu R T_{абс}$





$\Phi_1 + \Phi_2 = \Phi_{1_0} + L_1 I + L_2 I$

$\frac{\varphi(R/2)}{\varphi_0} = \frac{1}{\varphi_0}\left(\frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\varepsilon}\left(\frac{2}{R} - \frac{1}{r}\right)\right)$

$\frac{\varphi(2R/3)}{\varphi_0} = \frac{1}{\varphi_0}\left(\frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\varepsilon}\left(\frac{3}{2R} - \frac{1}{r}\right)\right)$

$\frac{1}{r} + \frac{5}{\varepsilon}\left(\frac{3}{2R} - \frac{1}{r}\right) = \frac{4}{r} + \frac{4}{\varepsilon}\left(\frac{3}{R} - \frac{1}{r}\right)$

$\frac{1}{r} + \frac{15}{2R\varepsilon} = \frac{9}{2\varepsilon R} + \frac{4}{\varepsilon r}$

$\frac{1}{r} = \frac{9}{2\varepsilon R} + \frac{1}{\varepsilon r}$

$\frac{1}{r} = \frac{1}{\varepsilon}\left(\frac{9}{2R} + \frac{1}{r}\right)$

$\varepsilon = \frac{9r}{2R} + 1$

$\frac{5}{4} = \frac{\frac{\varepsilon - 1}{r\varepsilon} + \frac{3}{\varepsilon R}}{\frac{\varepsilon - 1}{r\varepsilon} + \frac{3}{2\varepsilon R}}$

$\frac{\varepsilon - 1}{r\varepsilon} + \frac{15}{2\varepsilon R} = \frac{24}{2\varepsilon R}\frac{9}{2\varepsilon R}$

$\frac{\varepsilon - 1}{r} = \frac{9}{2R}$

$\varepsilon = 1 + \frac{9r}{2R}$.

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
X	X	X	X	X	X	X

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!

Дано: $L_1 = L$

$L_2 = 16L$

$n_1 = n$

$n_2 = 4n$

S

$\vec{B} \uparrow\uparrow \vec{n}$

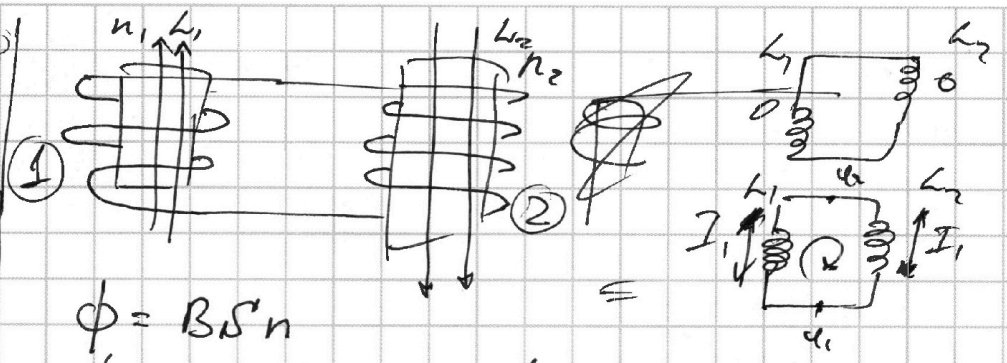
$n \to 0$

$I_0 = 0$.

1) $\dot{B}_1 = \alpha - L_1$

$B_2 = \text{const} \; L_1 d$

2)



$\Phi = BSn$

$\Phi_1 = B_1 S n_1 \qquad \Phi_2 = B_2 S n_2$

~~$\mathcal{E}_i =$~~ Закон Электро-Магнитной индукции:

$\dot{\Phi} = \mathcal{E}_{i1}$ (всё без учёта знака, только по модулю)

$\mathcal{E}_{i1} = L_0 \dot{I}_1$

$\dot{B} S n_1 = L_0 \dot{I}_1$

Где пр. Кирхгофа:

~~$\Phi_1 - \Phi_2 = -L_1 \dot{I}_1$~~

~~$\Phi_1 - \Phi_2 = L_2 \dot{I}_2$~~

~~$L_1 \dot{I}_1 = L_2 \dot{I}_2$~~

~~$L_1 I_1 + L_2 I_2$~~

~~$L_1 I_1 = L_2 I_2$~~

Э

~~$\Phi_1 + \Phi_2 = \Phi_1 + \Phi_2 + L_1 I_1 + L_2 I_2$~~

$\Delta \Phi = L_1 I_1 + L_2 I_1$

$\Delta \Phi = (L_1 + L_2) I_1$

$\dot{\Phi} = (L_1 + L_2) \dot{I}_1$

$$\dot{I}_1 = \frac{\dot{B} S n_1}{L_1 + L_2}$$

(2) Принцип сохранения магнитного потока:

$\Phi_1 + \Phi_2 = \Phi_{1к} + \Phi_{2к} + L_1 I_1 + L_2 I_2$

$\Phi_1 = B_0 S n_1 \; ; \quad \Phi_{1к} = \frac{B_0}{3} S n_1$

$\Phi_2 = 3 B_0 S n_2 \; ; \quad \Phi_{2к} = \frac{9}{4} B_0 S n_2$

$B_0 S n_1 + 3 B_0 S n_2 = \frac{1}{3} B_0 S n_1 + \frac{9}{4} B_0 S n_2 + (L_1 + L_2) I$

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
X	X	X	X	X	X	X

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!

$\triangle FED \sim \triangle FOA$ (по $\angle F$; и $FOA = \angle FDE$);

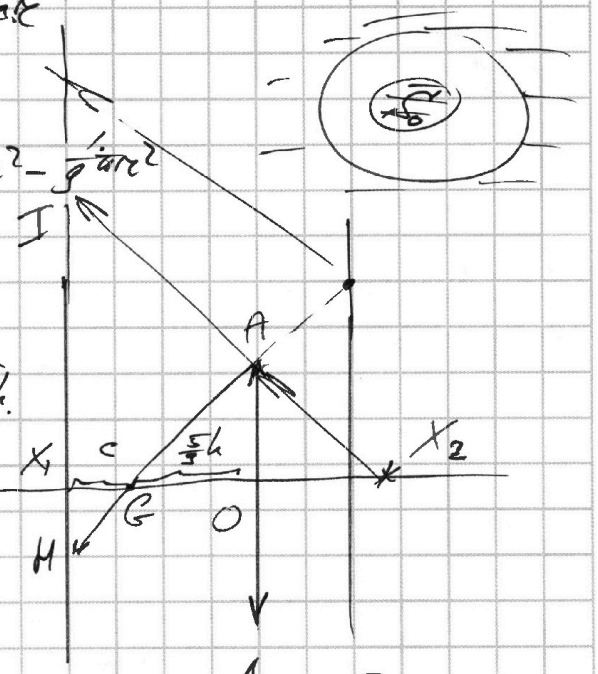
$k = \frac{FD}{FO} = \frac{ED}{AO}$; $ED = \frac{AO \cdot FD}{FO}$

$ED = \frac{r \cdot \frac{5}{3}h}{h} = \frac{5}{3}r$

$S^{**} = \pi \frac{25}{9} r^2$

$S_1 = S^{**} - S^{*}$; $S_1 = \frac{25}{9}\pi r^2 - \frac{1}{9}\pi r^2$

$S_1 = \frac{24}{9}\pi r^2$



№ ②

$OX_2 = \frac{h}{6} + \frac{2}{3}h = \frac{h}{6} + \frac{4}{6}h = \frac{5}{6}h$.

$OX_2 > F$ ⇒ изобр. далеко;

Формула тонкой линзы:

$\frac{1}{d_1} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{F}$

$d_1 = OX_2 = \frac{5}{6}h$;

$\frac{6}{5h} + \frac{1}{f_1} = \frac{3}{h}$; $-\frac{6}{5h} + \frac{15}{5h} = \frac{1}{f_1}$; $\frac{1}{f_1} = \frac{9}{5h}$

$f_1 = \frac{5}{9}h$.

$C = h - \frac{5}{3}h = \frac{4}{3}h$; $\triangle X_1GH \sim \triangle GAO$;

$k = \frac{AO}{X_1H} = \frac{GO}{GX_1}$; $X_1H = \frac{GX_1 \cdot AO}{GO}$

$X_1H = \frac{\frac{4}{3}h \cdot r}{\frac{5}{3}h} = \frac{4 \cdot 4k}{3 \cdot 5k} r = \frac{4}{5}r$.

$S_{\text{кр}3} = \pi X_1H^2 = \frac{16}{25}\pi r^2$

$\triangle X_2OA \sim \triangle X_2X_1I$; $k = \frac{IX_1}{AO} = \frac{X_2X_1}{X_2O}$; $IX_1 = \frac{AO \cdot X_1X_1}{X_2O}$

$IX_1 = \frac{r \cdot \frac{5}{3}h}{\frac{2}{3}h} = \frac{r \cdot 5h}{2h} = \frac{5}{2}r$; $S^{***} = \pi \frac{25}{4} r^2$

$S_2 = S^{***} - S_1 = \frac{25}{4}\pi r^2 - \frac{16}{25}\pi r^2 = \frac{625 - 16}{100} r^2\pi = \frac{609}{100} r^2\pi$.

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

$\frac{\frac{5}{3}}{\frac{2}{3}}$

12
×25
125
50
625

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
X	X	X	X	X	X	X

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!

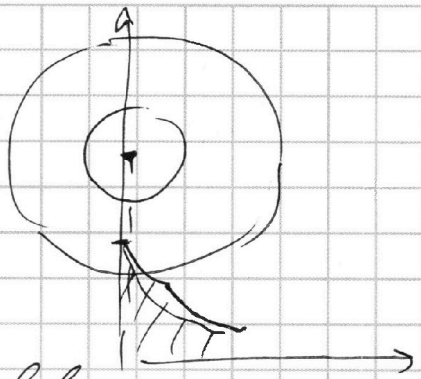
№3.

Дано: r, R, Q, ε

φ_2? $\left(x = \frac{\varepsilon R}{6}\right)$

ε — ?

гр.



$\varphi = \frac{kQ}{\varepsilon R}$

$-\varphi' = E$

от 0 до r:

$E = \frac{kq}{\ell^2}$

$-(\varphi_к - \varphi_н) = kq \int_r^{\ell} \frac{dl}{l^2} = kq \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{\ell}\right)$

№5

Дано: h, $F = \frac{h}{3}$, $r = 5$ см., $\ell = \frac{2}{3}h$

$S_1' = ?$

$S_2' = ?$

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

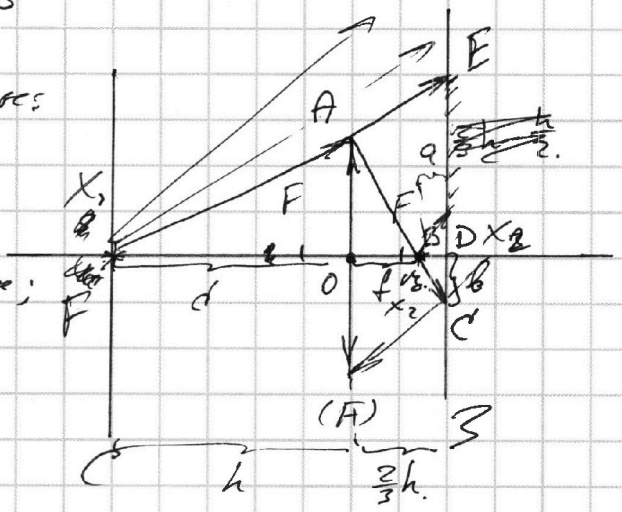
$d = h$, $d > F$

изображение действительное;

$\frac{1}{h} + \frac{1}{f} = \frac{3}{h}$

$\frac{1}{f} = \frac{2}{h}$

$f = \frac{h}{2}$



$a = \frac{2}{3}h - \frac{h}{2} = \frac{4-3}{6}h = \frac{h}{6} = BD$

Все лучи, прошедшие через линзу, попадут в изображение; прошедшие перед изобр. попадут на зеркало.

$\triangle AOB \sim \triangle BDC$ (по двум $\angle OBA$ и $\angle CBD$, $\angle AOB$ и $\angle BDC$)

$k = \frac{AO}{DC} = \frac{OB}{BD}$; $DC = \frac{AO \cdot BD}{OB} = \frac{r \cdot h/2}{6 \cdot h} = \frac{r}{3}$.

$S_0 = \pi \cdot DC^2$ — ; $S_1' = \pi \frac{r^2}{9} = \frac{1}{9}\pi r^2$ см².

Изобр. X_1 — предмет для зеркала; X_2 — Изобр. X_1 в зеркале; $BD = DX_2$

X_2 — предмет 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 __ 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!

Дано:

(m)

$a_1 = \frac{6}{13}g$

2m

$a_2 = \frac{9}{4}$

клин 6 покоя.

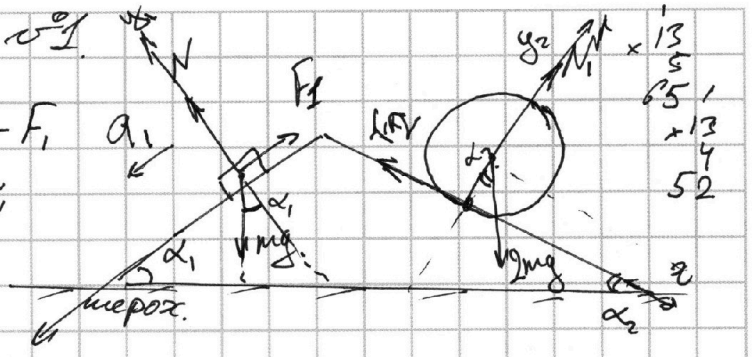
α_1

α_2

$F_1 = ?$

$F_2 = ?$

$F_3 = ?$



① 2ЗН: брусок:

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

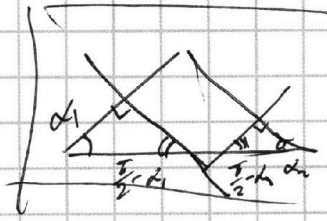
oy: ~~$N = mg\cos\alpha_1$~~

~~$F_1 = ma_1$~~

$F_1 = m(g\sin\alpha_1 - a_1)$

$F_1 = mg\left(\frac{3}{5} - \frac{6}{13}\right) = mg\left(\frac{13\cdot 3 - 30}{13\cdot 5}\right) = \frac{39-30}{65}mg =$

$= \frac{9}{65}mg$



② ~~2ЗН~~ 2ЗН: цилиндр:

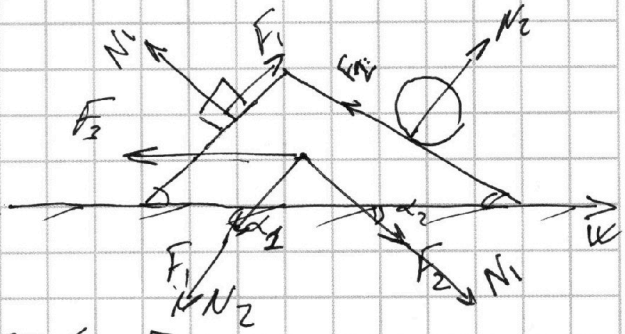
oz: $2mg\sin\alpha_2 - F_2 = 2ma_2$

$2mg\sin\alpha_2 - 2ma_2 = F_2$

$2mg\left(\frac{5}{13} - \frac{1}{4}\right) = F_2;\ F_2 = 2mg\ \frac{20-13}{52}$

$F_2 = mg\ \frac{7}{26}$

③ 2ЗН: брусок:



oy: $N_1 = mg\cos\alpha_1 = \frac{4}{5}mg$

2ЗН: цилиндр

oy: $N_2 = 2mg\cos\alpha_2 = \frac{24}{13}mg$

2ЗН: клин: ox:

$0 = (F_2 + N_1)\cos\alpha_2 - (F_1 + N_2)\cos\alpha_1 - F_3$

$F_3 = \left(\frac{7}{26}mg + \frac{4}{5}mg\right)\frac{12}{13} - \left(\frac{9}{65}mg + \frac{24}{13}mg\right)\frac{4}{5}$

$F_3 = \left(\frac{7\cdot 12}{13\cdot 13\cdot 2}mg + \frac{4\cdot 12}{5\cdot 13} - \frac{9\cdot 4}{13\cdot 5\cdot 5} - \frac{24\cdot 4}{13\cdot 5}\right)mg.$

$F_3 = \frac{7\cdot 12}{13\cdot 13\cdot 10}\left(\frac{4\cdot 12 - 12\cdot 2\cdot 4}{13\cdot 5} - \frac{36}{13\cdot 5\cdot 5} + \frac{7\cdot 12}{13\cdot 13\cdot 2}\right)mg.$

$F_3 = \left(\frac{12\cdot 4\cdot 5 - 36}{13\cdot 5\cdot 5} + \frac{7\cdot 12}{13\cdot 13\cdot 2}\right)mg =$

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
X	X	X	X	X	X	X

СТРАНИЦА __ ИЗ __

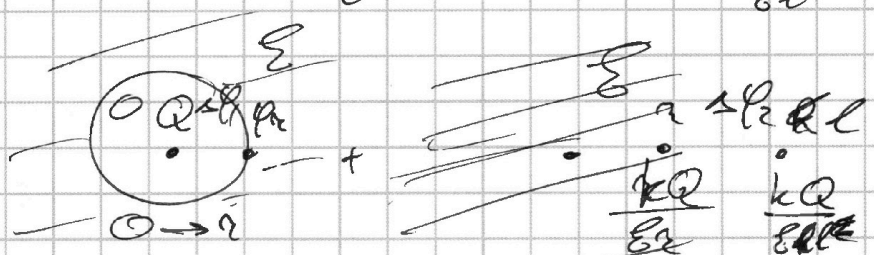
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

$\frac{2}{3}B_0 S n_1 + \left(\frac{12}{4} - \frac{9}{4}\right) B_0 S n_2 = (L_1 + L_2) I$

$B_0 S \left(\frac{2}{3} n_1 + \frac{3}{4} n_2\right) = (L_1 + L_2) I$

$I = \frac{B_0 S (8 n_1 + 9 n_2)}{12 (L_1 + L_2)}$

① $\varphi(R) = \frac{kq}{R}$ $E(0-r) = \frac{kq}{\varepsilon r^2}$ $E(r-R) = \frac{kq}{\varepsilon r^2}$



$\Delta\varphi_1 = \varphi_R - 0 = \frac{kQ}{r}$ $r \to R$

$\Delta\varphi_2 = \varphi_\varepsilon - \varphi_\varepsilon = \frac{kQ}{\varepsilon R} - \frac{kQ}{\varepsilon r} = \frac{kQ}{\varepsilon}\left(\frac{6}{5R} - \frac{1}{r}\right)$

$\varphi\left(\frac{5}{6}R\right) = \varphi_\varepsilon = \varphi_1 + \Delta\varphi_2 = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\varepsilon}\left(\frac{6}{5R} - \frac{1}{r}\right)$

$\varphi\left(\frac{5}{6}R\right) = kQ\left(\frac{\varepsilon}{\varepsilon r} + \frac{6}{5\varepsilon}\cdot\frac{1}{R} - \frac{1}{\varepsilon}\cdot\frac{1}{r}\right)$

$\varphi\left(\frac{5}{6}R\right) = kQ\left(\frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon r} + \frac{6}{5\varepsilon}\cdot\frac{1}{R}\right)$

② $\frac{\varphi\left(\frac{R}{2}\right)}{\varphi_0} = \frac{5}{4}$ $\frac{\varphi\left(\frac{R}{3}\right)}{\varphi_0} = 4$ $\frac{\varphi\left(\frac{R}{3}\right)}{\varphi\left(\frac{2R}{3}\right)} = \frac{5}{4}$

$\varphi\left(\frac{R}{3}\right) = \frac{5}{4}\varphi\left(\frac{2R}{3}\right)$

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

$\frac{2}{3} + 3$

$\frac{2+9}{3}$ $\frac{11}{3}$

2
× 17
3
51

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.

$\frac{-13\cdot 126}{13\cdot 13\cdot 2} = -\frac{6}{13}$

$\frac{20-13}{26}\cdot\frac{2}{7}$ 45

$\frac{7}{26}$

$\times\frac{13}{12}$ 26 13 156 − 45 111

$\times\frac{13}{4}$ 52

$-\frac{25\cdot 6}{13} + \frac{111}{25\cdot 13}$

$\times\frac{3}{25}$ 6 150

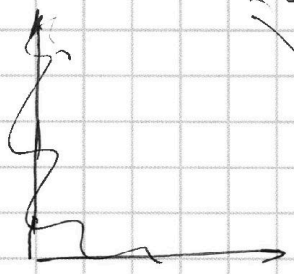
$-150+111$ $\quad 25\cdot 13$

-111 39

$\frac{39}{25\cdot 13}$ $\quad \frac{13\cdot 3}{25\cdot 13}$

$\times\frac{13}{5}$ 65

$\times\frac{13}{3}$



Ур-ие М.К. 1:

$p_1V_2 = \nu RT_1$

2: $p_2V_2 = \nu RT_2$

$\frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)$

$\frac{3}{2}(p_2V_2 - p_1V_1) = \Delta U_{12}$; $\frac{3}{2}\left(\frac{p_2}{p_0}\cdot\frac{V_2}{V_0} - \frac{p_1}{p_0}\frac{V_1}{V_0}\right) = \frac{\Delta U_{12}}{p_0V_0}$

$\frac{3}{25}$

$A = S_{1234} = \frac{1}{2}(p_2 - p_3)(V_2 - V_1) = \frac{1}{2}(p_2V_2 - p_2V_1 - p_3V_2 + p_3V_1)$

$A = \frac{1}{2}\left(\frac{p_2V_2}{p_0V_0} - \frac{p_2V_1}{p_0V_0} - \frac{p_3V_2}{p_0V_0} + \frac{p_3V_1}{p_0V_0}\right)$

$\frac{p_2V_2}{p_0V_0} =$

$pV = \nu RT$

$\frac{p}{p_0}\cdot\frac{V}{V_0} = \frac{\nu R}{p_0V_0}T$

$\frac{p}{p_0}\left(2\frac{p}{p_0} + 8\right) = \frac{\nu R}{p_0V_0}T$

$\frac{p_0V_0}{\nu R}\frac{p}{p_0}\left(2\frac{p}{p_0} - 8\right) = T'$

$\frac{p_0V_0}{\nu R}\left(\frac{2p^2}{p_0^2} + \frac{8p}{p_0}\right) = T'$

$T' = 0 = \frac{p_0V_0}{\nu R}\left(\frac{4}{p_0^2}p - \frac{8}{p_0}\right)$ $\quad \frac{4}{p_0^2}p = \frac{8}{p_0}$; $p = 2p_0$

$\frac{p_1}{p_0} - \frac{p_2}{p_0} = \frac{V_1}{V_0} - \frac{V_2}{V_0}$

$\frac{p_1}{p_0} - \frac{p_2}{p_0} = \frac{V_1}{V_0} - \frac{V_2}{V_0}$

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

$-2\frac{p}{p_0} + 16 = \frac{V}{V_0} - 8$

$-2\frac{p}{p_0} + 16 = \frac{V}{V_0}$

$24 - 2\frac{p}{p_0} = \frac{V}{V_0}$