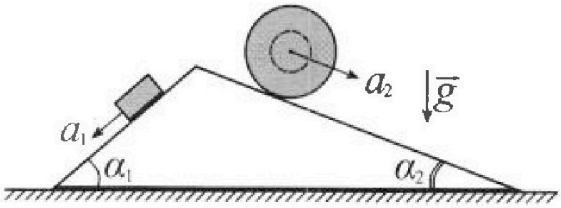
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

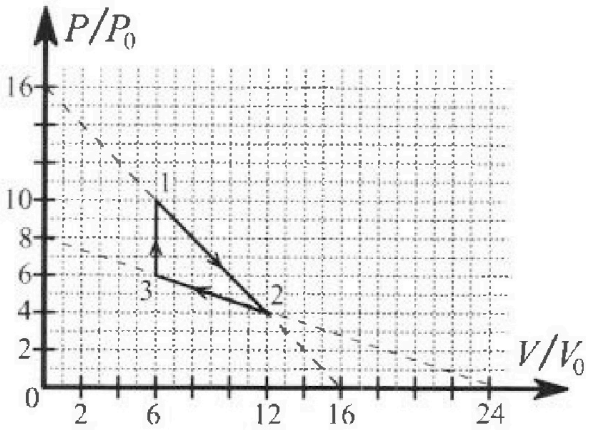
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту $\alpha_1 (\sin\alpha_1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



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

Каждый ответ выразить через m и g с число вым 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.

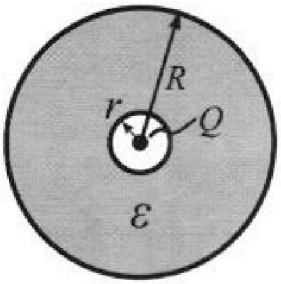


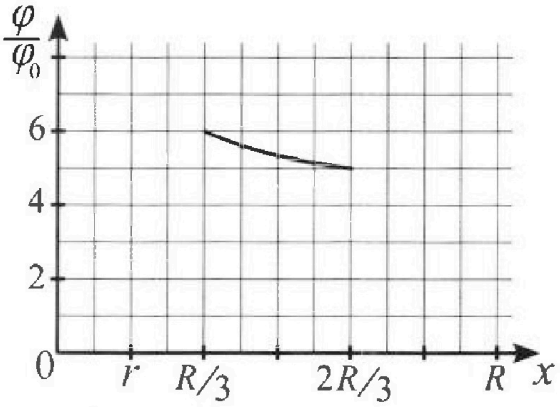
1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
3) Найдите КПД цикла.

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



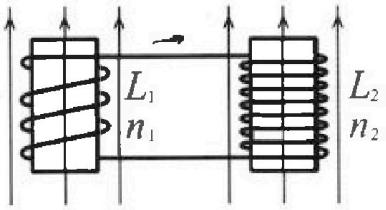


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

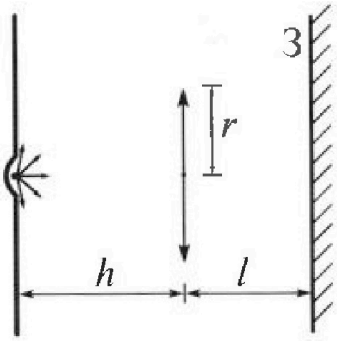
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S. Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Вначале тока в катушках нет.



1) С какой скоростью (по модулю) начнет из меняться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью L_1 индукция внешнего поля начнет уменьшаться со скоростью $\Delta B / \Delta t = -\alpha (\alpha > 0)$, а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью L_1 уменьшилась от B_0 до $3B_0/4$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $4B_0$ до $8B_0/3$, не изменив направления. Внешние поля в катушках изменялись неравномерно. Найти ток (по модулю) в катушках к концу изменения внешних полей. Ответ дать с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. В стене сделана небольшая выемка, внутри которой находится маленькая лампочка так, что прямой свет от лампочки на стену не попадает (см. рис.). Справа от лампочки на некотором расстоянии h расположена тонкая собирающая линза с фокусным расстоянием $F = 2h/3$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 4$ см. Справа от линзы на расстоянии $l = h/2$ расположено параллельно стене плоское зеркало 3. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



1) Найдите площадь 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 ☐

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!

Задача 1

Дано:

$a_1 = \frac{5}{17} g$

$a_2 = \frac{8}{27} g$

$\sin\alpha_1 = \frac{3}{5}$

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

$\sin\alpha_2 = \frac{8}{17}$

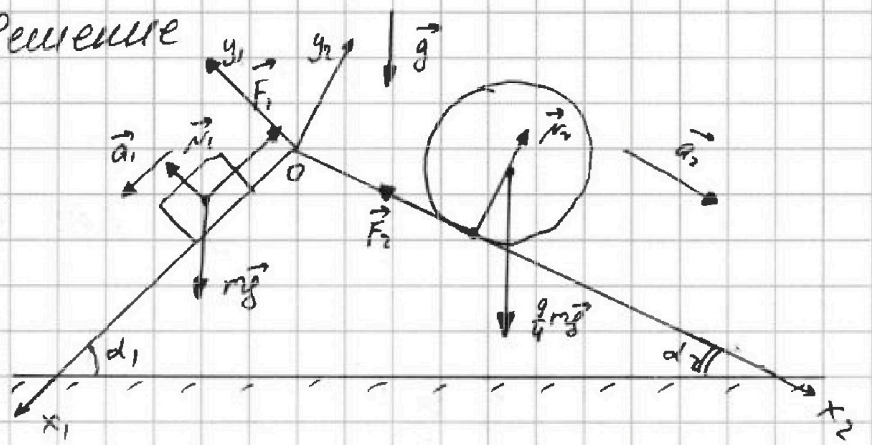
$\cos\alpha_2 = \frac{15}{17}$

F_1 - ?

F_2 - ?

F_3 - ?

Решение



1) Запишем II закон Ньютона для бруска:

$$\vec{a_1} m = m\vec{g} + \vec{N_1} + \vec{F_1}$$

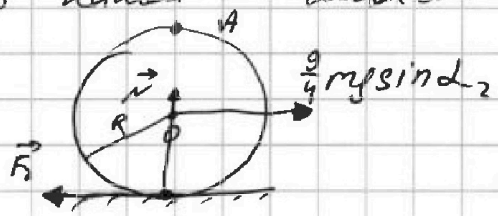
$$OX_1: \ a_1 m = mg\sin\alpha_1 - F_1$$

$$F_1 = -a_1 m + mg\sin\alpha_1$$

$$F_1 = -\frac{5}{17}mg + \frac{3}{5}mg = \frac{26}{85}mg$$

$$\boxed{F_1 = \frac{26}{85}mg}$$

2) Рассмотрим силы, действующие на шарик в какой-то момент времени:



Шарик скатывается без проскальзывания, поэтому относительно т. A должно выполняться равенство моментов сил:

$$\frac{9}{4}R \cdot mg\sin\alpha_2 = 2R \cdot F_2$$

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!

Задача 2

Дано:

Графики $\frac{P}{P_0}\left(\frac{V}{V_0}\right)$

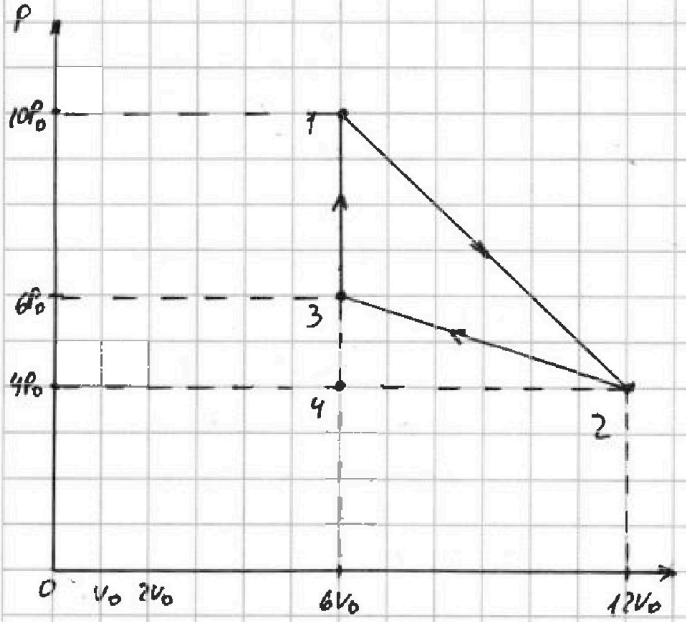
1) $\frac{|\Delta U_{12}|}{A}$ - ?

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

3) η - ?

Решение

1) Так как P_0 и V_0 это некие постоянные величины, то данную зависимость можно представить в координатах $P(V)$, ус P будет измеряться в ед. P_0, а V в ед. V_0:



2) Работа газа за цикл, это площадь Δ 1-2-3, её можно представить как:

$S_{123} = S_{124} - S_{324}$

$S_{124} = \frac{1}{2}(P_1 - P_4)(V_2 - V_4) =$

$= \frac{1}{2} \cdot 6P_0 \cdot 6V_0 = 18P_0V_0$

$S_{324} = \frac{1}{2}(P_3 - P_4)(V_2 - V_4) =$

$V = \frac{1}{2} 2P_0 \cdot 6V_0 = 6P_0V_0$

$A = S_{123} = 18P_0V_0 - 6P_0V_0 = \cancel{18P_0V_0}\ 12P_0V_0$

3) $\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}(\nu RT_2 - \nu RT_1) =$

$= \frac{3}{2}(P_2V_2 - P_1V_1) = \frac{3}{2}(4P_0 \cdot 12V_0 - 10P_0 \cdot 6V_0) =$

$= \frac{3}{2} \cdot P_0V_0(48 - 60) = \frac{3}{2} \cdot (-12)P_0V_0 = -18P_0V_0$

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 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!

4) $\frac{|aU_{12}|}{A} = \frac{18p_0V_0}{12p_0V_0} = \frac{3}{2} = 1,5$ $\boxed{\frac{|aU_{12}|}{A} = 1,5}$

5) Урав Согласно уравнению Менделеева-Клапейрона:

$pV = \nu RT$

$T = \frac{1}{\nu R} pV$

Из графика видно, что в процессе 1-2 зависимость $P(V)$ имеет линейную зависимость, которая выражается как:

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

Тогда зависимость $T(V)$ имеет вид:

$T(V) = \frac{1}{\nu R}\left(16p_0V - \frac{p_0}{V_0}V^2\right) =$

$= \frac{16p_0}{\nu R}V - \frac{p_0}{\nu R V_0}V^2$ – парабола с ветвями вниз, наибольшее значение принимает в вершине.

$V_в = \frac{-\frac{16p_0}{\nu R}}{-2\cdot\frac{p_0}{\nu R V_0}} = 8V_0$

$V_* = 8V_0$ (объем при котором достигается T_{max})

$p_* = 8p_0$ (из графика)

$T_{MAX} = \frac{1}{\nu R}\cdot 8p_0\cdot 8V_0 = \frac{64p_0V_0}{\nu R}$

$T_3 = \frac{p_3V_3}{\nu R} = \frac{6p_0\cdot 6V_0}{\nu R} = \frac{36p_0V_0}{\nu R}$

$\boxed{\frac{T_{MAX}}{T_3} = \frac{64}{36} = \frac{16}{9}}$

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!

6) $\eta = \frac{A}{Q_н}$

$\cancel{Q_н = Q_{31}}$

$\cancel{Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = S_{124} + \Delta U_{12} = 18p_0V_0 - 18p_0V_0 = 0}$

$\cancel{Q_{31} > 0}$

$\cancel{Q_{23} = A_{23} + \Delta U_{23} = S}$

$A_{12} = 4p_0 \cdot 6V_0 + \frac{1}{2} 6p_0 \cdot 6V_0 = (24+18)p_0V_0 = 42p_0V_0$

$A_{23} = -4p_0 \cdot 6V_0 - \frac{1}{2} 2p_0 \cdot 6V_0 = -(24+6)p_0V_0 = -30p_0V_0$

$A_{31} = 0$

$\Delta U_{12} = -18p_0V_0$

$\Delta U_{23} = \frac{3}{2}(12 \cdot V_0 \cdot 4p_0 + 6V_0 \cdot 6p_0) = -18p_0V_0$

$\Delta U_{31} = \frac{3}{2}(10p_0 \cdot 6V_0 - 6p_0 \cdot 6V_0) = 36p_0V_0$

$Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = (42-18)p_0V_0 = 24p_0V_0 > 0$

$Q_{23} = -30p_0V_0 - 18p_0V_0 = -48p_0V_0 < 0$

$Q_{31} = \Delta U_{31} + \cancel{A_{31}}^{0} = 36p_0V_0 > 0$

$\eta = \frac{A}{Q_{12}+Q_{31}}$; $\eta = \frac{12p_0V_0}{24p_0V_0 + 36p_0V_0} = \frac{12}{60} = \frac{2}{10} = 0{,}2$

$\eta = 20\%$

Ответ: 1) $\frac{|\Delta U_{12}|}{A} = \frac{3}{2}$; 2) $\frac{P_{нагр}}{P_з} = \frac{16}{9}$; 3) $\eta = 20\%$

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!

Задача 3

Дано:

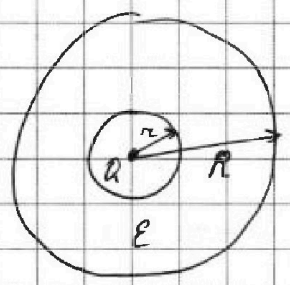
ε; r; R; Q

$\Gamma_{\text{п-и}}$ $\frac{\varphi}{\varphi_0}(R)$

1) φ_x при $x = \frac{11}{12}R$

2) ε - ?

Решение



1) Потенциал электрического поля на расстоянии x от заряда вычисляется как:

$$\varphi = \frac{kQ}{x}$$

~~Так как~~ Если точка, в которой мы хотим вычислить потенциал находится в среде с диэлектрической проницаемостью ε, то он вычисляется как: $\varphi = \frac{kQ}{\varepsilon x}$

$$\varphi = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon x}$$

При $x = \frac{11}{12}R$:

$$\varphi_x = \frac{3Q}{11\pi\varepsilon_0\varepsilon R}$$

Из графика следует, что:

$\varphi_1\left(\frac{R}{3}\right) = 6\varphi_0$

$\varphi_2\left(\frac{2R}{3}\right) = 5\varphi_0$

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!

$$-\frac{3}{2}Sn\frac{dB_2}{dt} + nS\frac{dB_1}{dt} = \frac{dJ}{dt}(L_1+L_2)$$

$$nS\left(dB_1 - \frac{3}{2}dB_2\right) = dJ(L_1+L_2)$$

$$\int_{B_0}^{\frac{3}{4}B_0} nS\,dB_1 - \int_{4B_0}^{\frac{8B_0}{3}} \frac{3}{2}nS\,dB_2 = \int_0^J dJ(L_1+L_2)$$

$$nS\left(\frac{3}{4}B_0 - B_0\right) - \frac{3}{2}nS\left(\frac{8B_0}{3} - 4B_0\right) = J(L_1+L_2)$$

$$-\frac{1}{4}nSB_0 + \frac{3}{2}nS\cdot\frac{4}{3}B_0 = J\left(L + \frac{9}{4}L\right)$$

$$\frac{7}{4}nSB_0 = \frac{13}{4}LJ$$

$$J = \cancel{7m} \quad \boxed{J = \frac{7nSB_0}{13L}}$$

Ответ: 1) $\left|\frac{dJ}{dt}\right| = \frac{4\alpha Sn}{13L}$;

2) $J = \frac{7nSB_0}{13L}$.

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.

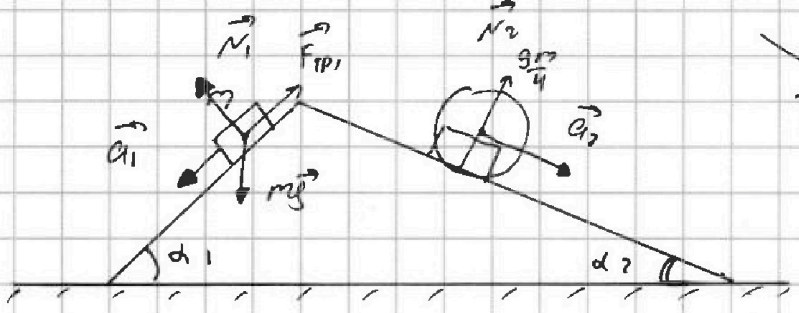
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

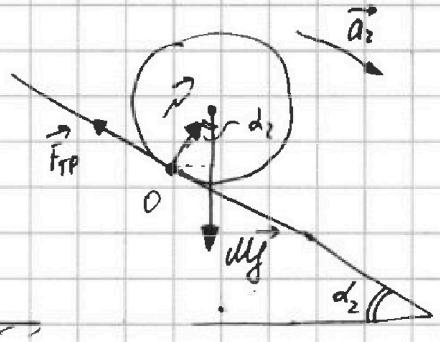
СТРАНИЦА __ ИЗ __

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!

Черновик!

№1





$a_1 m = mg\sin\alpha_1 - F_{тр1} = mg$

$F_{тр1} = m(g\sin\alpha_1 - a_1)$

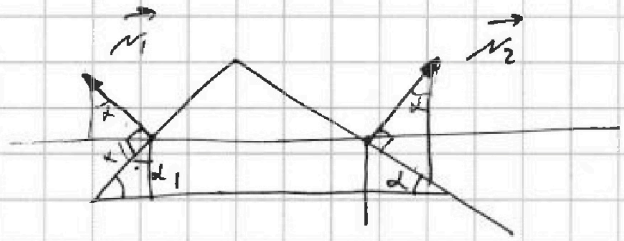
$N = Mg\cos\alpha_2$

$F_{тр} = N\mu$

$a_2 m = Mg\sin\alpha_2$

$\frac{mv^2}{2} = mgH$

$I = \frac{E}{\omega}$

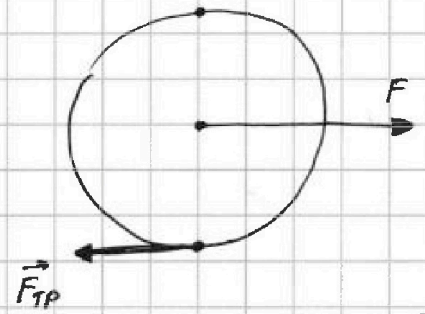


$N_1\sin\alpha_1 - N_2\sin\alpha_2 =$

$= mg\sin^2\alpha_1$

$2 \times 17 = 3 \cdot 51$

$3 \times 12 = 5 \cdot 85$



$\frac{-25 + 3\cdot 17}{17\cdot 5} =$

$= \frac{-25 + 51}{17\cdot 5} =$

$= \frac{26}{17\cdot 5}$

$F_{тр}\cdot 2R = F\cdot R$

$F_{тр} = \frac{F}{2} = mg$

$\frac{8}{27} gm = \frac{9}{4} mg \cdot \frac{8}{17}$

$\frac{8}{27} = \frac{18}{17}$

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.

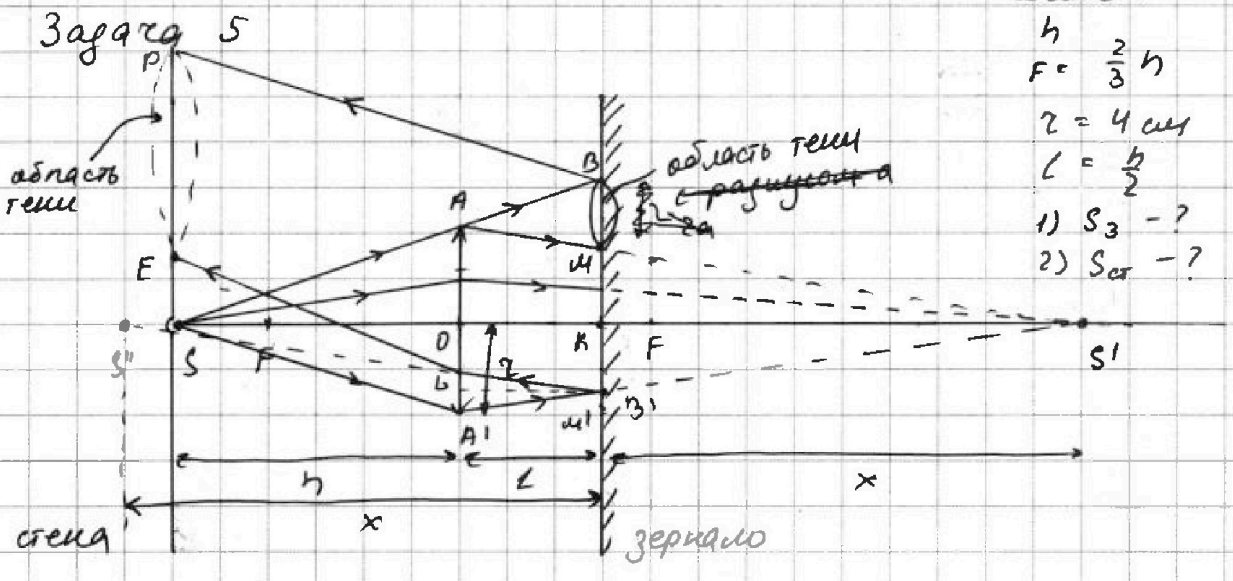
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА 1 ИЗ 3

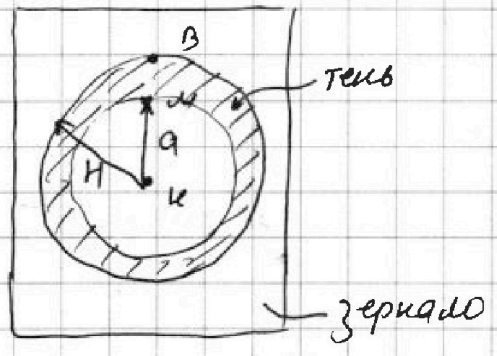
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

Задача 5

Дано:
h
$F = \frac{2}{3}h$
$r = 4$ см
$l = \frac{h}{2}$
1) S_3 – ?
2) $S_{ст}$ – ?



1) Если луч проходит через край линзы в т. A, он преломляется и образует луч AM, если он проходит чуть выше точки A, то не преломляется и образует луч AB. Область ~~с диаметром~~ BM и является неосвещённой частью зеркала. ~~Симметрично~~



$$S_3 = \pi H^2 - \pi a^2 = \pi(H^2 - a^2)$$

2) По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{x+l} \Rightarrow x + l = \frac{Fh}{h-F}$$

$$x + \frac{h}{2} = \frac{2h^2}{3(h - \frac{2}{3}h)} = 2h \Rightarrow \underline{x = \frac{3}{2}h}$$

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА 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!

3) $\triangle SOA \sim \triangle SKB$, тогда:

$$\frac{AO}{SO} = \frac{KB}{SK}$$

$$\frac{r\cancel{h}}{h\cancel{4}} = \frac{H}{\frac{3}{2}h} \Rightarrow \underline{H = \frac{3}{2}r}$$

4) $\triangle S'OA \sim \triangle S'KM$:

$$\frac{S'O}{OA} = \frac{S'K}{KM}$$

$$\frac{2\cancel{h}}{r} = \frac{3\cancel{h}}{2a} \Rightarrow \underline{a = \frac{3}{4}r}$$

5) $S_3 = \pi(H^2 - a^2)$

$$S_3 = \pi\left(\frac{9}{4}r^2 - \frac{9}{16}r^2\right) = \pi r^2 \frac{36-9}{16} =$$

$$= \frac{27}{16}\pi r^2 ; \boxed{S_3 = \frac{27}{16}\pi r^2}$$

$$S_3 = \frac{27}{16}\pi \cdot 16 = 27\pi (см^2)$$

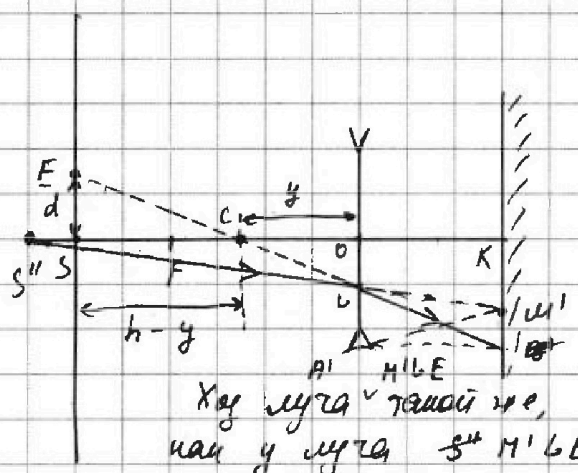
6) Луч, отраженный от зеркал пытается попасть в точку S'', которая расположена симметрично точке S' относительно зеркала, но он вновь преломляется линзой. Чтобы отследить ход преломленного луча можно интерпретировать физ. модель как рассеивающую линзу AA' и предмет S'':

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!



Ход луча такой же, как у луча S'' M'bE на предыдущем рисунке

7) По формуле тонкой линзы:

$$-\frac{1}{F} = \frac{1}{x-l} - \frac{1}{y}$$

$$\frac{1}{y} = \frac{1}{x-l} + \frac{1}{F}$$

$$y = \frac{F(x-l)}{F+x-l}$$

$$y = \frac{2h \cdot h}{3(\frac{2h}{3}+h)} = \frac{2}{5}h$$

$$y = \frac{2}{5}h$$

8) ~~Ob = r - 2~~ $\triangle S''Ob \sim \triangle S''KM'$:

$$\frac{S''O}{Ob} = \frac{S''K}{KM'}$$

$$\frac{x-l}{Ob} = \frac{x}{a} \Rightarrow Ob = \frac{a(x-l)}{x}$$

$$Ob = \frac{3r \cdot 8 \cdot h}{24 \cdot 3h} = \frac{r}{2}$$

9) $\triangle ES''C \sim \triangle bOC$:

$$\frac{ES''}{Ob} = \frac{S''C}{OC}$$

$$d = \frac{(h-y) \cdot Ob}{y}; \quad d = \frac{(h - \frac{2}{5}h) \cdot \frac{r}{2}}{\frac{2}{5}h} = \frac{3}{4}r$$

10) $ES = \frac{3}{4}r$; $SP = rH = 3r$

$$S_{ст} = \pi(PS)^2 - \pi(ES)^2 = \pi\left(9r^2 - \frac{9}{16}r^2\right) =$$

$$= \pi r^2 \frac{135}{16}; \quad \boxed{S_{ст} = 135\pi\ (см^2)}$$

Ответ: 1) $S_3 = 27\pi\ (см^2)$; 2) $S_{ст} = 135\pi\ (см^2)$

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 ☐

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!

Черновик

$pV = \nu R T$

$T = \frac{pV}{\nu R}$

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

$T(V) = \frac{1}{\nu R}V\left(16p_0 - \frac{p_0}{V_0}V\right) =$

$= \frac{1}{\nu R}\left(16p_0V - \frac{p_0}{V_0}V^2\right)$

$y(V) = -\frac{p_0}{V_0}V^2 + 16p_0V_0$

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

$\varphi = \cancel{2R\varphi_0}\ 6\varphi_0$

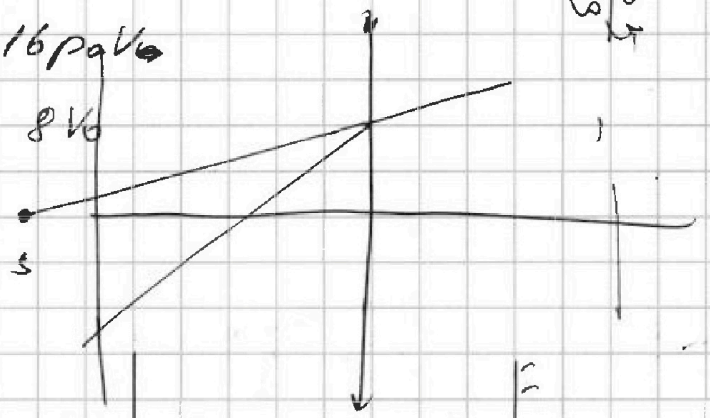
$\varphi_2 = 5\varphi_0$

$\frac{16}{9}$

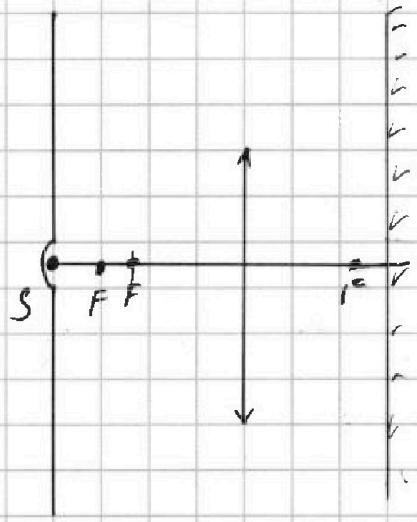
$QK \cdot \frac{R}{3} = 6\varphi_0$

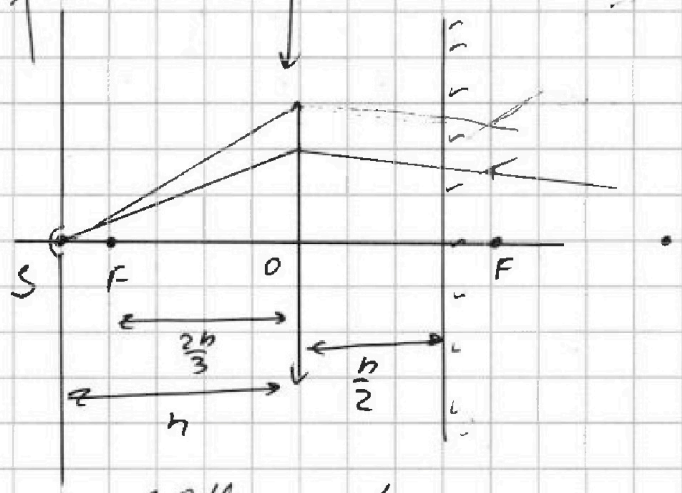
$QK\frac{2R}{3} = 5\varphi_0$

2+



~5





$\frac{\varphi}{\varphi_0} = 6$

$\frac{3kQ}{\varepsilon R\varphi_0} = \cancel{6}\ 2$

$\frac{kQ}{\varepsilon R\varphi_0} = 2$

$\frac{\varepsilon R\varphi_0}{kQ} = \frac{1}{2}$

$\frac{2\varepsilon R\varphi_0}{3kQ} = 5$

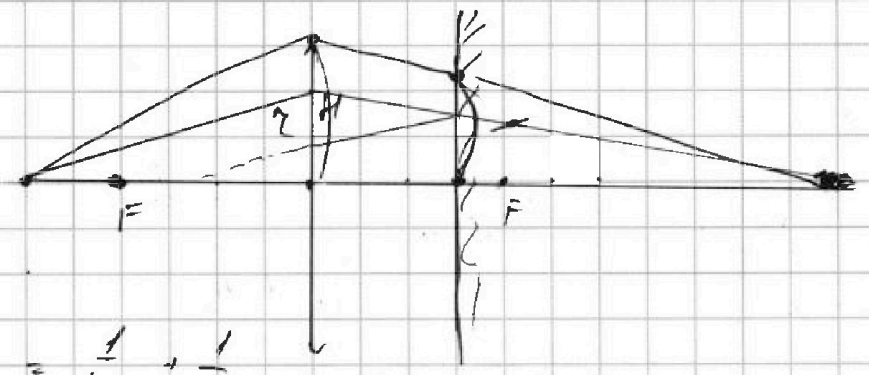
$\frac{3kQ}{2\varepsilon R\varphi_0} = 5$

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!



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{x}$$

$$x = \frac{Fh}{h-F} = \frac{\frac{2h}{3}\cdot h}{h-\frac{2h}{3}} = \frac{\frac{2h\cdot h}{3}}{\frac{h}{3}} = 2h$$

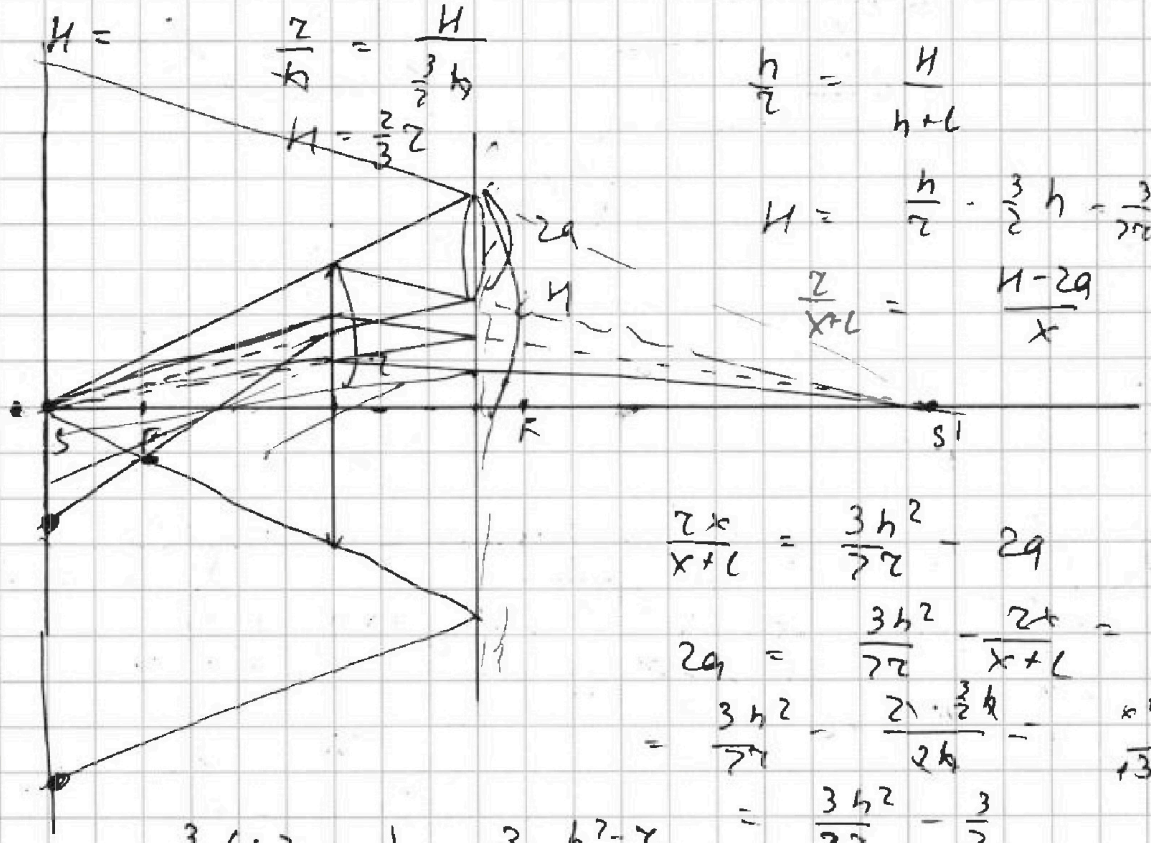
$$H = \frac{r}{h} = \frac{H}{\frac{3}{2}h}$$

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

$$\frac{h}{r} = \frac{H}{h+l}$$

$$H = \frac{h}{r}\cdot\frac{3}{2}h = \frac{3}{2r}h^2$$

$$\frac{r}{x+l} = \frac{H-2a}{x}$$



$$\frac{rx}{x+l} = \frac{3h^2}{2r} - 2a$$

$$2a = \frac{3h^2}{2r} - \frac{rx}{x+l} = 4$$

$$= \frac{3h^2}{2r} - \frac{r\cdot\frac{3}{2}h}{2h} = \frac{135}{9}$$

$$= \frac{3h^2}{8r} - \frac{3}{2}$$

$$a = \frac{3}{4}\left(\frac{h^2}{r} - 1\right) = \frac{3}{4}\cdot\frac{h^2-r}{r}$$

$$\frac{9\cdot 16 - 9}{16} = \frac{135}{16}$$

$$\frac{5}{5}h - \frac{2}{5}h = \frac{3}{5}h \qquad \frac{3}{2}h\cdot\frac{2}{2} = \frac{3}{4}r = 9(16-1)$$

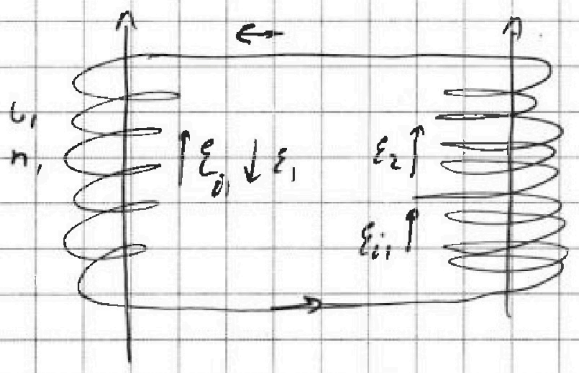
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

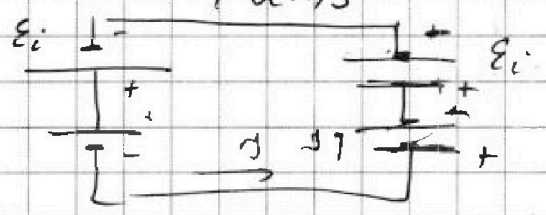
СТРАНИЦА __ ИЗ __

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!

черновик



$$\mathcal{E}_i = \frac{d\Phi}{dt} = \frac{n_1 S\, dB}{dt} = -\alpha n_1 S$$



$$\mathcal{E}_i = U_1 + U_2$$

$$\mathcal{E}_i - \alpha n_1 S = L_1 \frac{dJ}{dt} + L_2 \frac{dJ}{dt} = \frac{dJ}{dt}(L_1 + L_2)$$

$$\frac{dJ}{dt} = \frac{\alpha n_1 S}{L_1 + L_2}$$

$$\cancel{\mathcal{E}_i = \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = \frac{dJ}{dt}}$$

$$J = \frac{\frac{1}{9} S \cdot n B_0 + 2 S n B_0}{\frac{13}{4} L} = \frac{S n B_0 + 8 S n B_0}{13 L} = \frac{9 S n B_0}{13 L}$$

$$\mathcal{E}_{i1} = -\cancel{n_1 S}\, n_1 S \frac{dB_1}{dt}$$

$$\mathcal{E}_{i2} = -n_2 S \frac{dB_2}{dt}$$

$$\mathcal{E}_{i1} - \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_{i2} = 0$$

$$\mathcal{E}_{i1} + \mathcal{E}_{i2} + \mathcal{E}_1 + \mathcal{E}_2 = 0$$

$$-n_1 S \frac{dB_1}{dt} - n_2 S \frac{dB_2}{dt} - L_1 \frac{dJ}{dt} - L_2 \frac{dJ}{dt} = 0$$

$$-\left(n_1 S \frac{dB_1}{dt} + n_2 S \frac{dB_2}{dt}\right) = (L_1 + L_2)\frac{dJ}{dt}$$

$$-S(n_1 dB_1 + n_2 dB_2) = (L_1 + L_2)\, dJ$$

$$\cancel{S} - S n_1 \left(\frac{3B_0}{4} - B_0\right) - S n_2 \left(\frac{8B_0}{3} - 4B_0\right) = (L_1 + L_2) J$$

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

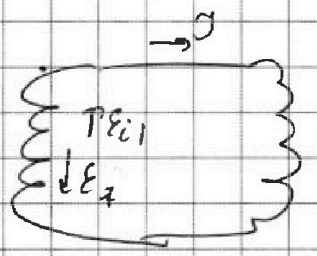
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

$\mathcal{E}_{i1} - \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 - \mathcal{E}_{i2} = 0$



$\frac{dB_1}{dt} nS - L\frac{dI}{dt} - \frac{9}{4}L\frac{dI}{dt} - \frac{dB_2}{dt}\frac{3}{2}nS =$

$= \frac{dB_1}{dt} nS - \frac{dB_2}{dt}\frac{3}{2}nS - \frac{13}{4}L\frac{dI}{dt}$

$nS\left(dB_1 - \frac{3}{2}dB_2\right) = \frac{13}{4}L\frac{dI}{dt}$

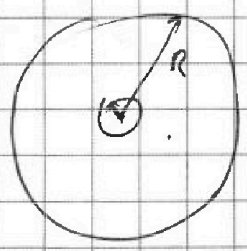
$nS\left(\frac{3B_0}{4} - B_0 - \frac{3}{2}\left(\frac{8}{3}B_0 - 4B_0\right)\right) =$

$= nS\left(\frac{1}{4}B_0 - 4B_0 + 6B_0\right)$

$\frac{8}{27}\cdot\frac{9}{4} = \frac{9}{4}\cdot\frac{8}{17}$

$2 - \frac{1}{4} = \frac{8-1}{4} = \frac{7}{4}$

$\overline{285}$



$E = \frac{kq}{\varepsilon}$

$\varphi = \frac{kq}{\varepsilon x}$

$\varphi_1 = \frac{3kq}{\varepsilon \cdot R} = \frac{3kq}{\varepsilon R}$

$\varphi_2 = \frac{3kq}{2\varepsilon R}$

$\frac{mv^2}{l}$ $\quad mv^2 = mg\sin\alpha_2 \cdot l$

$l = \frac{v^2}{2a}$

$m\cancel{v^2} = mg\sin\alpha_2 \cdot \frac{\cancel{v^2}}{2a}$

$2a = g\sin\alpha_2$ $\quad a = \frac{g\cdot 8}{17\cdot 2} = \frac{4}{17}$

$a = \frac{g\sin\alpha_2}{2}$

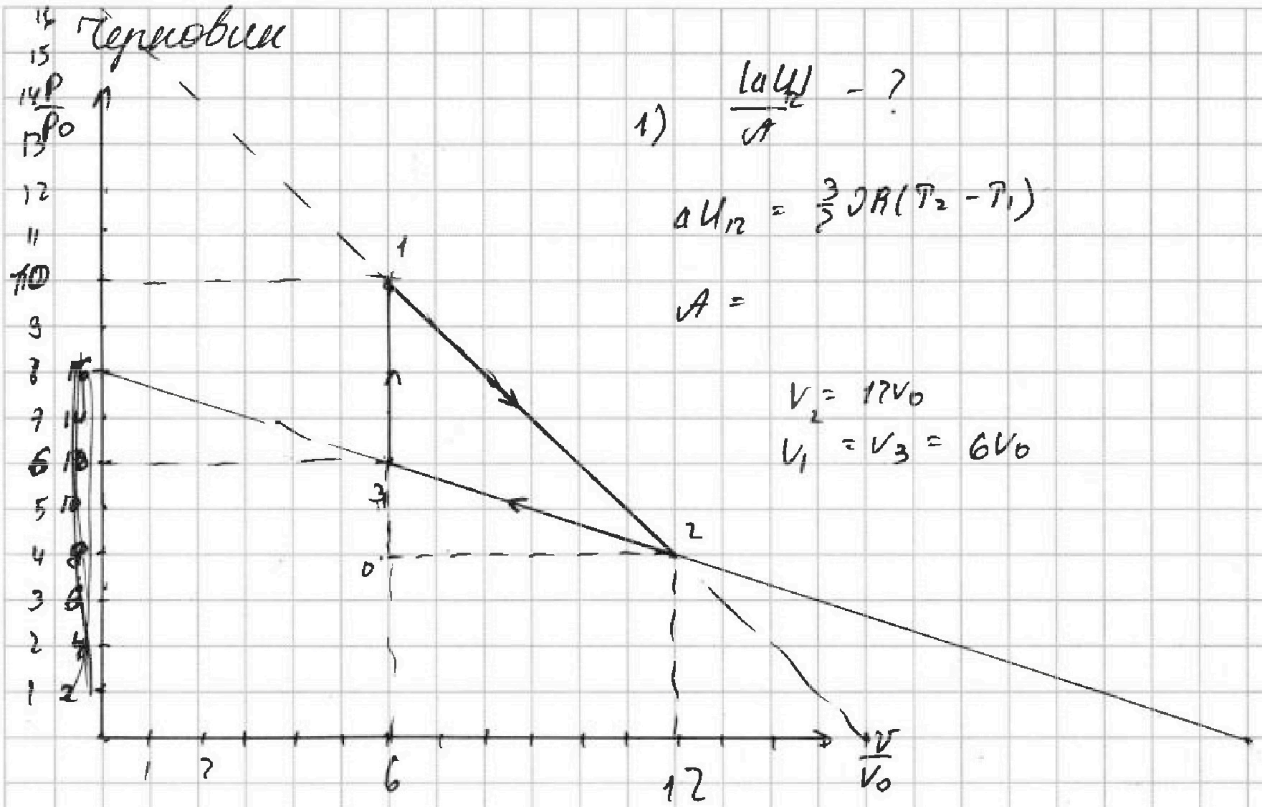
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Черновик



1) $\frac{|\Delta U|}{A}$ - ?

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}\nu R(T_2 - T_1)$

$A =$

$V_2 = 12V_0$

$V_1 = V_3 = 6V_0$

$\cancel{S_{021}}$ $S_{023} = \frac{1}{2} 2P_0 \cdot 6V_0 = \cancel{12P_0V_0}\ 6P_0V_0$

$S_{021} = \frac{1}{2} \cdot 6P_0 \cdot 6V_0 = 18P_0V_0$

$A = 18P_0V_0 - 6P_0V_0 = 12P_0V_0$

$\Delta U = \frac{3}{2}(\nu R T_2 - \nu R T_1) =$

$T_2 = \frac{12V_0 \cdot 4P_0}{\nu R}$; $T_1 = \frac{6V_0 \cdot 10P_0}{\nu R}$

$\Delta U = \frac{3}{2}(48P_0V_0 - 60P_0V_0) = -18P_0V_0$

$\frac{P}{P_0} = 16 - \frac{V}{V_0}$

$P = 16P_0 - \frac{P_0}{V_0}V$

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 ☐

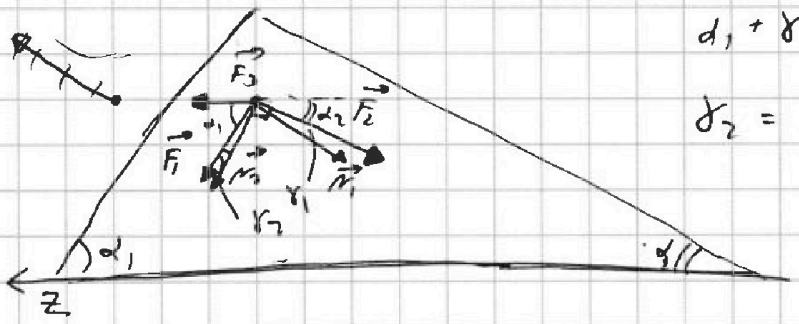
СТРАНИЦА 2 ИЗ 2

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!

$$F_2 = \frac{\frac{9}{4} mg \sin\alpha_2}{2}$$

$$F_2 = \frac{9}{8} \cdot \frac{8}{17} mg \Rightarrow \boxed{F_2 = \frac{9}{17} mg}$$

3) Рассмотрим силы, действующие на клин:



$$\alpha_1 + \gamma_2 + 90^\circ + \alpha_2 = 180^\circ$$

$$\gamma_2 = 90^\circ - (\alpha_1 + \alpha_2)$$

$$\alpha_2 + \gamma_1 + 90^\circ + \alpha_1 = 180^\circ$$

$$\gamma_1 = 90^\circ - (\alpha_1 + \alpha_2) \quad ; \quad \gamma_1 = \gamma_2 = \gamma$$

В проекции на ось Z запишу условие равновесия клина:

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

$$F_3 + F_1 \cos\alpha_1 + N_2 \cos(90^\circ - \alpha_2) = F_2 \cos\alpha_2 + N_1 \cos(90^\circ - \alpha_1)$$

$$F_3 = F_2 \cos\alpha_2 - F_1 \cos\alpha_1 + mg \cos\alpha_1 \cdot \sin\alpha_1 - \frac{9}{4} mg \cos\alpha_2 \sin\alpha_2$$

$$F_3 = \frac{9}{17} mg \cos\alpha_2 - \frac{26}{85} mg \cos\alpha_1 + \frac{1}{2} mg \cos\alpha_1 \sin\alpha_1 - \frac{9}{4} mg \cos\alpha_2 \sin\alpha_2$$

$$F_3 = mg\left(\frac{9}{17} \cdot \frac{15}{17} - \frac{26}{85} \cdot \frac{4}{5} + \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} - \frac{9}{4} \cdot \frac{8}{17} \cdot \frac{15}{17}\right)$$

Ответ: $F_1 = \frac{26}{85} mg$; $F_2 = \frac{9}{17} mg$

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 __ ИЗ __

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

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА 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!

Задача 4

Дано:

$L_1 = L$

$L_2 = \frac{9}{4} L$

$n_1 = n$

$n_2 = \frac{3n}{2}$

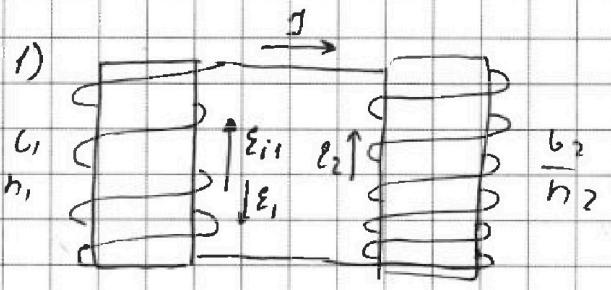
S

1) $\left|\frac{dI}{dt}\right|$ - ?

2) I - ?

Решение

1)



При изменении индукции внеш. поля в 1-ой катушке, возникает ЭДС индукции и самоиндукции в катушках:

$$\mathcal{E}_{i1} - \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = 0$$

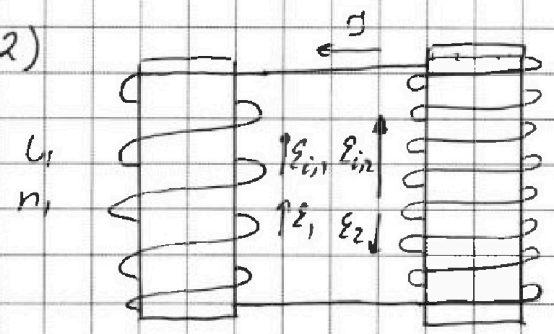
$$\frac{d\Phi}{dt} = -L_1\frac{dI}{dt} - L_2\frac{dI}{dt} = -\frac{dI}{dt}(L_1 + L_2)$$

$$-d\Phi = dI(L_1 + L_2)$$

$$-Sn_1 dB = dI(L_1 + L_2) \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{dSn_1}{L_1 + L_2}$$

$$\boxed{\frac{dI}{dt} = \frac{4dSn}{13L}}$$

2)



$$\mathcal{E}_{i2} - \mathcal{E}_{i1} - \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2 = 0$$

$$-n_2 S\frac{dB_2}{dt} + n_1 S\frac{dB_1}{dt} - L_1\frac{dI}{dt} - L_2\frac{dI}{dt} = 0$$