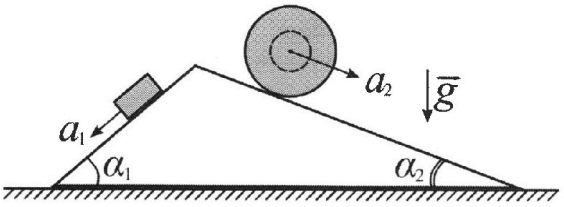
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

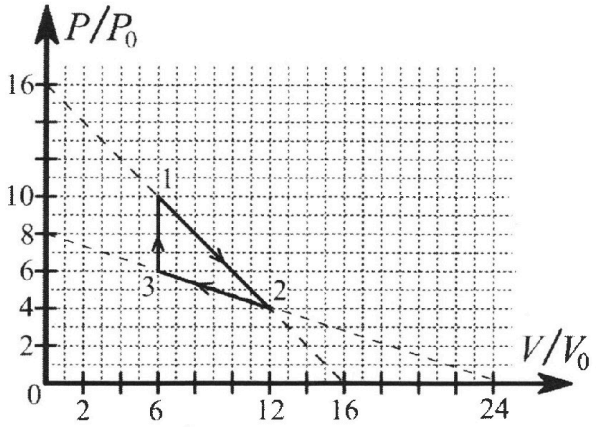
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту $\alpha_1 (\sin\alpha_1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



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

Каждый ответ выразить через m и g с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

2. С идеальным одноатомным газом совершают циклический процесс 1-2-3-1. На рисунке представлена зависимость P/P_0 от V/V_0. Здесь V и P - объем и давление газа, V_0 и P_0 - некоторые неизвестные объем и давление.

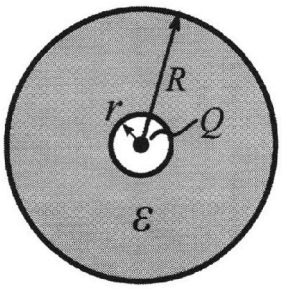


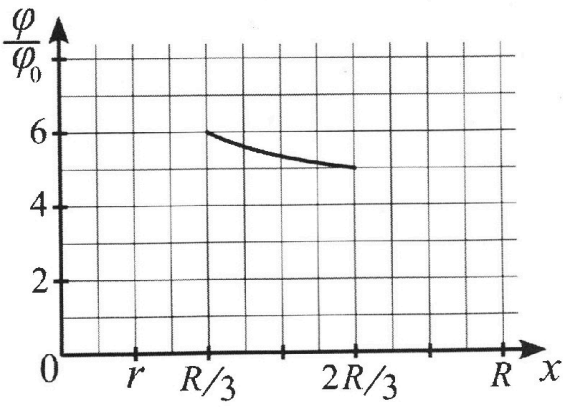
1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью 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.



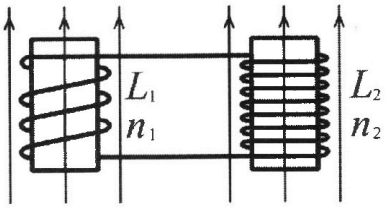


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

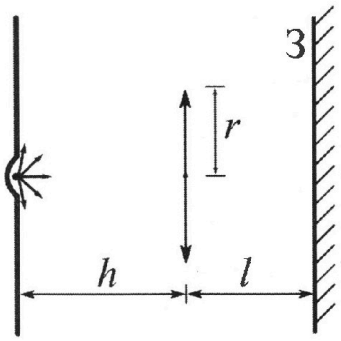
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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 измен яться 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.

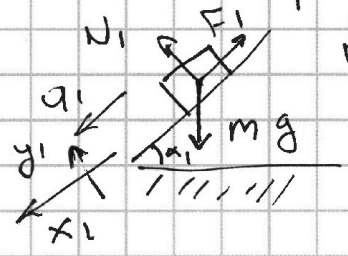
Ответы дайте в [см^2] в виде $\gamma\pi$, где γ - целое число или простая обыкновенная дробь.

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 ☐

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:



По втор. зак. Ньютона:

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

y_1: $N_1 = mg\cos\alpha_1$

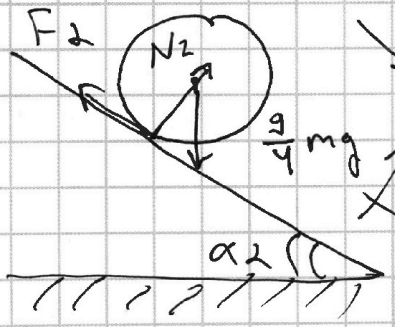
x_1: $ma_1 = mg\sin\alpha_1 - F_1$

$$\frac{5}{12}mg = mg\cdot\frac{3}{5} - F_1$$

$$F_1 = mg\left(\frac{3}{5} - \frac{5}{12}\right) = mg\left(\frac{51-25}{85}\right) =$$

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

2) Рассмотрим шар



$a_2 \downarrow g$ По теореме о движении центра масс:

$$\frac{9}{4}m\vec{a}_2 = \vec{N}_2 + \vec{F}_2 + \frac{9}{4}m\vec{g}$$

y_2: $N_2 = \frac{9}{4}mg\cos\alpha_2$

x_2: $\frac{9}{4}ma_2 = \frac{9}{4}mg\sin\alpha_2 - F_2$

$$\frac{9}{4}\cdot\frac{6^2}{23}mg = \frac{9}{4}\cdot\frac{6^2}{12}\cdot mg - F_2$$

$$\frac{6}{23}mg = \frac{12}{12}mg - F_2$$

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 ☐

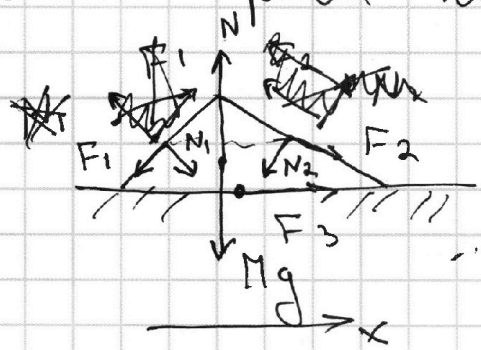
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

$F_2 = mg\left(\frac{8}{17} - \frac{8}{27}\right) = 8mg \cdot \frac{10}{17 \cdot 27} = \frac{80}{17 \cdot 27} mg =$

$= \frac{80}{459} mg$

$F_2 = \frac{20}{51} mg$

3) Рассмотрим клин:



$\downarrow g$ Mg – сила тяжести клина.
N – реакция опоры со стороны стола.

По третьему зак. Ньютона: на клин будут действовать такие же силы, какие действуют на шар и на брусок, направленные в противоположную сторону.

По 1 условию равновесия для клина:

$\vec{N_1} + \vec{F_1} + \vec{N_2} + \vec{F_2} + \vec{Mg} + \vec{N} + \vec{F_3} = 0$

X: $-F_1 \cdot \cos\alpha_1 + F_2 \cos\alpha_2 + N_1 \sin\alpha_1 - N_2 \sin\alpha_2 +$

$+ F_3 = 0 \Rightarrow F_3 = F_1 \cos\alpha_1 + N_2 \sin\alpha_2 - F_2 \cos\alpha_2 -$

$N_1 \sin\alpha_1 = \frac{26}{85} \cdot \frac{4}{5} mg + \cancel{mg \frac{9}{4} \cdot \frac{15}{17} \cdot \frac{8}{12}} + mg \cdot \frac{5}{4} \cdot \frac{15}{12} \cdot \frac{3}{17} -$

$- \frac{20}{51} mg \cdot \frac{15}{12} - mg \frac{4}{5} \cdot \frac{3}{5} = mg\left(\frac{26 \cdot 4}{17 \cdot 25} + \frac{9 \cdot 15 \cdot 8^2}{17 \cdot 17 \cdot 4} - \right.$

$\left. - \frac{\cancel{20} \cdot 15^5}{17 \cdot 12 \cdot 8} - \frac{4 \cdot 3}{25}\right) =$

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
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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!

$$= mg\left(\frac{104}{12\cdot25} + \frac{12\cdot15}{17\cdot17} - \frac{150}{17\cdot17} - \frac{12}{25}\right) =$$

$$= mg\left(\frac{120}{17\cdot17} + \frac{104}{12\cdot25} - \frac{204}{17\cdot25}\right) = mg\left(\frac{120}{12\cdot17} - \frac{106}{25\cdot17}\right) =$$

$$= mg\left(\frac{120}{12\cdot17} - \frac{68}{17\cdot12}\right) = \frac{52}{204}mg$$

$$= mg\left(\frac{104}{12\cdot25} + \frac{12\cdot15}{17\cdot12} - \frac{100}{12\cdot17} - \frac{12}{25}\right) =$$

$$= mg\left(\frac{104}{12\cdot25} + \frac{10}{17} - \frac{12}{25}\right) = \left(\frac{104}{12\cdot25} - \frac{204}{12\cdot25} + \frac{10}{12}\right)mg =$$

$$= \left(\frac{10}{12} - \frac{4}{17}\right)mg = \frac{6}{17}mg$$

Ответ: 1) $F_1 = \frac{26}{35}mg$; 2) $F_2 = \frac{20}{51}mg$;

3) $F_3 = \frac{6}{17}mg$.

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 ☐

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) $A_{цикла} = S_{графики} = \frac{1}{2} \cdot 6V_0 \cdot 4p_0 = 12p_0V_0$

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}(12V_0 \cdot 4p_0 - 10p_0 \cdot 6V_0) =$

$= \frac{3}{2}(48p_0V_0 - 60p_0V_0) = -12p_0V_0 \cdot \frac{2}{3} =$

$= -8p_0V_0$

$\frac{|\Delta U_{12}|}{A_{цикла}} = \frac{8p_0V_0}{12p_0V_0} = \frac{2}{3}.$

2) Выведем зависимость $T_{12}(V)$ в процессе 1–2:

$p_{12}(V) = 16p_0 - \frac{p_0}{V_0}V$

Из ур-ния Менд.-Клап.:

$p_{12}(V) \cdot V = \nu R T_{12}(V)$

$T_{12}(V) = \frac{p_{12}(V) \cdot V}{\nu R} = \frac{16p_0 \cdot V - \frac{p_0}{V_0} \cdot V^2}{\nu R}.$

$T'_{12}(V) = \frac{16p_0}{\nu R} - 2V\frac{p_0}{V_0\nu R}$

$T'_{12}(V) = 0 \Rightarrow \frac{16p_0}{\nu R} = 2V\frac{p_0}{V_0\nu R} \Rightarrow V = 8V_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow p = 8p_0 \Rightarrow T_{12max} = \frac{64p_0V_0}{\nu R};$

$T_3 = \frac{36p_0V_0}{\nu R} \Rightarrow \frac{T_{12max}}{T_3} = \frac{64}{36} = \frac{16}{9}.$

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 2 ИЗ 9

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) Найдём зав-ть $Q_{12}(V)$ и $Q_{23}(V)$ (подведённое кол-во теплоты от объёма)

- $Q_{12}(V) = \Delta U_{12}(V) + A_{12}(V)$

$\Delta U_{12}(V) = \frac{3}{2}(p_{12}(V)V - 60p_0V_0)$ +

$A_{12}(V) = \frac{p_{12}(V) + 10p_0}{2} \cdot (V - 6V_0)$

$Q_{12}(V) = \frac{3}{2}(16p_0V - \frac{p_0}{V_0}V^2 - 60p_0V_0) +$

$+ (13p_0 - \frac{p_0}{2V_0}V) \cdot (V - 6V_0) =$

$= \frac{3}{2}(p_0V - \frac{p_0}{V_0}V^2 - 60p_0V_0) + (13p_0V - \frac{p_0}{2V_0}V^2 -$

$- 6 \cdot 13p_0V_0 + 3p_0V)$

$Q'_{12}(V) = \frac{3}{2}(p_0 - \frac{2p_0}{V_0}V) + (13p_0 - \frac{p_0}{V_0}V +$

$+ 3p_0) = \frac{3}{2}p_0 - \frac{3p_0}{V_0}V + 16p_0 - \frac{p_0}{V_0}V =$

$= \frac{35}{2}p_0 - \frac{4p_0}{V_0}V$; $Q'_{12}(V) = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow V = \frac{35}{8}V_0 \Rightarrow$ на участке 1-2 теплота отводится.

- $p_{23}(V) = 3p_0 - \frac{p_0}{2V_0}V$

$Q_{23}(\nu) = \Delta U_{23}(\nu) + A_{23}(\nu)$

Будем изучать зав-ть $Q_{23}(\nu)$ с точки 3, т.е. будем рассматривать обратный процесс

$\Delta U_{23}(\nu) = \frac{3}{2}(p_{23}(\nu)\cdot\nu - 36p_0V_0)$ и

$A_{23}(\nu) = \left(\frac{6p_0 + p_{23}(\nu)}{2}\cdot(\nu - 6V_0)\right) = A_{23}(\nu)$

$Q_{23}(\nu) = \frac{3}{2}(3p_0\nu - \frac{p_0}{2V_0}\nu^2 - 36p_0V_0) +$

$+ ((7p_0 - \frac{p_0}{4V_0}\nu)(\nu - 6V_0)) =$

$= \frac{3}{2}(3p_0\nu - \frac{p_0}{2V_0}\nu^2 - 36p_0V_0) +$

$+ (7p_0\nu - \frac{3}{2}p_0\nu - \frac{p_0}{4V_0}\nu^2 - 42p_0V_0)$

$Q'_{23}(\nu) = \frac{3}{2}(6p_0 - \frac{p_0}{V_0}\nu) + (7p_0 - \frac{3}{2}p_0 -$

$- \frac{p_0}{2V_0}\nu) = 12p_0 - \frac{3}{2}\frac{p_0}{V_0}\nu + \frac{11}{2}p_0 - \frac{1}{2}\frac{p_0}{V_0}\nu =$

$= \frac{35}{2}p_0 - 2\nu\frac{p_0}{V_0}$; $Q'_{23}(\nu) = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow 2\nu = V_0\frac{35}{2} \Rightarrow \nu = \frac{35}{4}V_0 \Rightarrow$

$\Rightarrow$ в процессе 2-3 теплоту, начиная с этой точки, отводят

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!

$Q_{подв} = Q_{23} + Q^*$, где Q^* – теплота, подведённая в 2–3.

$Q_{23}\left(\frac{35}{4}V_0\right) =$

Ответ: 1) $\frac{2}{3}$; 2) $\frac{16}{9}$

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 4 ИЗ 9

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) Посчитаем подведённое кол-во теплоты подведённое за цикл:

$Q_{подв} = Q_{31} + Q^*$

Q^* – теплота, подведённая в ~~подведённая~~ отведённая

части процесса 2–3.

Посчитаем Q^*:

$$Q^* = \frac{3}{2}\left(p\left(\frac{35}{4}V_0\right)\cdot\frac{35}{4}V_0 - 48p_0V_0\right) + \left(-\frac{p\left(\frac{35}{4}V_0\right)+12p_0}{2}\cdot\left(12V_0-\frac{35}{4}V_0\right)\right)$$

$$p\left(\frac{35}{4}V_0\right) = 8p_0 - \frac{p_0}{2V_0}\cdot\frac{35}{4}V_0 = \frac{8p_0\cdot 8 - 35}{8}p_0 = \frac{29}{8}p_0;$$

$$Q^* = \frac{3}{2}\left(\frac{29\cdot 35}{32} - 48\right)p_0V_0 + \left(-\frac{\frac{29}{8}p_0+12p_0}{2}\cdot V_0\left(\frac{13}{4}\right)\right) =$$

$$= \left(\frac{3}{2}\left(\frac{29\cdot 35 - 32\cdot 48}{32}\right) - \frac{125}{16}\cdot\frac{13}{4}\right)p_0V_0 =$$

$$= \left(\frac{3\cdot 29\cdot 35 - 3\cdot 32\cdot 48 - 125\cdot 13}{64}\right)p_0V_0 =$$

$$= \left(\frac{3045 - 1625 - 1536}{64}\right)p_0V_0 = \frac{116}{64}p_0V_0$$

Ответ: 1) $\frac{2}{3}$; 2) $\frac{16}{9}$

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 ☐

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) Диэлектрик не даёт вклада во внешнее электрическое поле вне себя. Значит, $\varphi(x) = \frac{kQ}{x}$, при $x \geq R$.

2) Вспомним, что потенциал – непрерывная функция.

3) Рассмотрим потенциал внутри диэлектрика: перенесем пробный заряд внутри диэлектрика от заряда Q до границы диэлектрика:

$$\frac{A_{F_{эл}}}{q} = \int_r^R E(x)\,dx = -\frac{kQ}{\varepsilon \cdot x}\Big|_r^R =$$

$$= \frac{kQ}{\varepsilon \cdot r} - \frac{kQ}{\varepsilon \cdot R}$$

Также вспомним, что $E(x) = -\varphi'(x)$

$$\frac{kQ}{\varepsilon x^2} = -\frac{d\varphi}{dx} \Rightarrow \varphi = \frac{kQ}{\varepsilon x} + C$$

$$\varphi(R) = \frac{kQ}{R} \Rightarrow \frac{kQ}{R} = \frac{kQ}{\varepsilon \cdot R} + C \Rightarrow$$

$$\Rightarrow C = \frac{kQ}{R}\left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right) \Rightarrow \varphi(x) = \frac{kQ}{\varepsilon x} + \frac{kQ}{R}\left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right)$$

внутри диэлектрика $\Rightarrow \varphi(r) = \frac{kQ}{\varepsilon \cdot r} + \frac{kQ}{R}\left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right)$

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

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

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
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

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) Найдём численное значение ε:

$$\varphi\left(\frac{R}{3}\right) = \frac{3kQ}{\varepsilon R} + \frac{kQ}{R}\left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right) = 6\varphi_0 \quad (1)$$

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

(1) : (2):

$$\frac{6}{5} = \frac{\frac{kQ}{R}\left(\frac{3}{\varepsilon} + 1 - \frac{1}{\varepsilon}\right)}{\frac{kQ}{R}\left(\frac{3}{2\varepsilon} + 1 - \frac{1}{\varepsilon}\right)} = \frac{\left(\frac{2}{\varepsilon} + 1\right)}{\left(\frac{1}{2\varepsilon} + 1\right)}$$

$$\frac{6}{2\varepsilon} + 6 = 5 \cdot \frac{2}{\varepsilon} + 5$$

$$1 = \frac{10}{\varepsilon} - \frac{3}{\varepsilon} \Rightarrow \underline{\varepsilon = 7.}$$

Ответ: 1) $\varphi\left(\frac{11}{12}R\right) = \frac{kQ}{R}\left(1 + \frac{1}{11\varepsilon}\right)$;

2) $\varepsilon = 7$.

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА 1 ИЗ 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) Отметим, что $U_L = -\mathcal{E}_i = \Phi'(t)$

2) Если ток течёт через катушки, то течёт он в одном направлении. А значит, $U_{L1} = -U_{L2}$.

$U_{L1} = \Phi_1'(t)$

$\Phi_1(t)$ – полный магнитный поток через катушку 1, U_{L1} – напряжение на катушке 1.

$\Phi_1(t) = L_1 I(t) + \Phi_{внеш1}$, $\Phi_{внеш1} = n_1 S_1 B_1(t)$, где $B_1(t)$ – внешнее магнитное поле, пронизывающее катушку 1. Аналогично с катушкой 2

3) Ур. п. (2) $U_{L1} + U_{L2} = 0 \Rightarrow \Phi_1'(t) + \Phi_2'(t) = 0 \Rightarrow$

$\Rightarrow \Phi_1 + \Phi_2 = const$, (*)

4) Φ_1 вначале равен $B_1(0) \cdot n_1 \cdot S_1$, так через катушку не течёт, значит,

$\Phi_1'(0) = U_{L1}(0) = L_1 I_1'(0)$

Отметим, что $I_1'(0) = I_2'(0)$

$n \cdot S \cdot (-\alpha) = L \cdot I_1'(0) \Rightarrow$

$\Rightarrow |I'(0)| = \frac{\alpha n S}{L}$.

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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) Рассмотрим первую ситуацию из условия.

$$B_1(0)\cdot n\cdot S + B_2(0)\cdot n\cdot\frac{3}{2}\cdot S =$$

$$= B_1(\Delta t)\cdot n\cdot S + B_2(\Delta t)\cdot n\cdot\frac{3}{2}\cdot S +$$

$$+ I_1(\Delta t)\cdot L + I_2(\Delta t)\cdot\frac{9}{4}L$$

$$B_2(\Delta t) = B_2(0)$$

$$I_1(\Delta t) = I_2(\Delta t) = I(\Delta t) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -\frac{5}{4}I(\Delta t)L = (B_1(0) - B_1(\Delta t))\cdot n\cdot S$$

$$-\frac{5}{4}I(\Delta t)\cdot L = -\Delta B\cdot n\cdot S \;|:\Delta t$$

$$-\frac{5}{4}I'(0)\cdot L = \alpha\cdot n\cdot S \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \boxed{|I'(0)| = \frac{4}{5}\frac{\alpha\cdot n\cdot S}{L}}$$

5) Рассмотрим вторую ситуацию из условия: Включенными (*), как в пункте (4): Вначале нет отсутствовали.

$$S\cdot n\cdot B_0 + \frac{3}{4}n\cdot S\cdot\frac{4}{3}B_0 = S\cdot n\cdot\frac{3}{4}B_0 + \frac{3}{2}n\cdot S\cdot\frac{8}{3}B_0 +$$

$$+ L\cdot I - \frac{9}{4}L\cdot I \Rightarrow \frac{9}{4}nB_0S = -\frac{5}{4}LI \Rightarrow$$

$$\Rightarrow$$ так течёт в другую сторону: $\boxed{I = \frac{9nB_0S}{5L}}$

Ответ: 1) $I' = \frac{4\alpha nS}{5L}$; 2) $I = \frac{9nB_0S}{5L}$

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

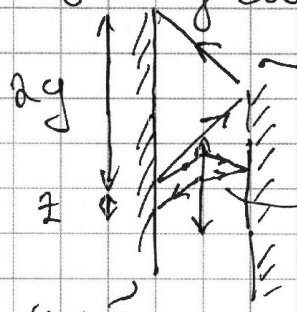
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

Из подобия $\triangle$:

$$\frac{x_1}{\frac{6}{13}h} = \frac{z}{h-\frac{6}{13}h} \Rightarrow \frac{x_1}{6} = \frac{z}{7} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow z = \frac{7}{6}x_1 = \frac{7}{3}\text{ см}.$$

Больцман:



S_2 – площадь не освещённой части зеркала

$$S_2 = \pi(2y)^2 - \pi z^2 =$$

$$= \pi(4y^2 - z^2) =$$

$$= \pi\left(4\cdot 36 - \frac{49}{9}\right) = \pi\left(\frac{(36)^2-(7)^2}{9}\right) =$$

$$= \pi\cdot\frac{29\cdot 43}{9} = \frac{1247}{9}\pi\text{ см}^2$$

Ответ: 1) $S_1 = 27\pi\text{ см}^2$; 2) $S_2 = \frac{1247}{9}\pi\text{ см}^2$

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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

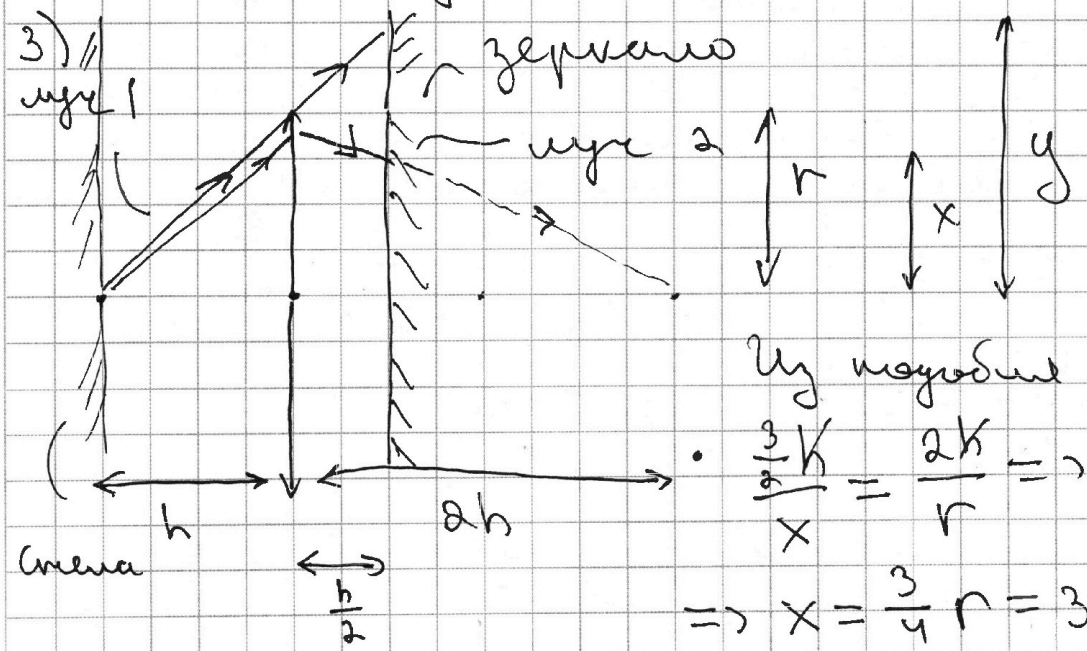
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. **Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно.** Порча QR-кода недопустима!

1) Найдём площадь неосвещённой части зеркала. Найдём расстояние от линзы до изображения без учёта зеркала. По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{dF}{d-F} = \frac{h \cdot \frac{2}{3}h}{\frac{1}{3}h} = 2h.$$

2) Очевидно, что неосвещённые области как на зеркале, так и на стене – это кольца.

3)



Из подобия △:

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

$$\Rightarrow x = \frac{3}{4}r = 3\text{ см}$$

$$\frac{\frac{3}{2}h}{y} = \frac{h}{r} \Rightarrow y = \frac{3}{2}r = 6\text{ см}.$$

S_1 – площадь неосвещённой части зеркала

$$S_1 = \pi y^2 - \pi x^2 = \pi(36 - 9) = 27\pi\text{ см}^2$$

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА 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!

Отметим, что лучи 1, 2 - красные, то есть они будут попадать на границу светлых участков.

4) Проследим за движением этих лучей до попадания на стену.

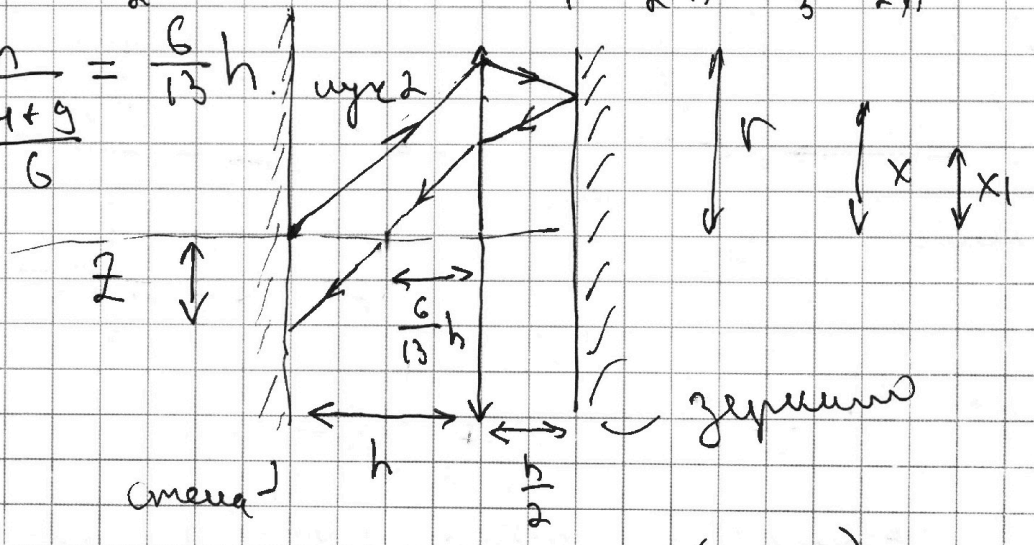
Рассмотрим луч 1: Очевидно, что он проходит одинаковые расстояния у от зеркала, пока "летит" от стены до зеркала и от зеркала - до стены.

Рассмотрим луч 2: после его отражения в зеркале и после отражения других лучей, проследит через линзу. они пойдут так, будто собираются на расстоянии $\frac{3}{2}h$ за линзой $\Rightarrow$ мы получаем мнимый предмет в линзе.

По формуле тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = -\frac{1}{\frac{3}{2}h} + \frac{1}{f} \Rightarrow f = \frac{F \cdot \frac{3}{2}h}{F + \frac{3}{2}\cdot h} = \frac{\frac{2h}{5}\cdot\frac{3}{2}h}{\frac{2h}{3}+\frac{3}{2}h} =$$

$$= \frac{h}{\frac{6+9}{6}} = \frac{6}{13}h.$$



Очевидно, что $x_1 = r - 2(r - x) =$

$= 2x - r = 2$ см.

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!

$\varphi' = U_L$

$\varphi(0) =$ $\varphi(0) = U_L$

$\frac{\Delta\varphi}{\Delta t} \to 0$

$\varphi_1(0) = LI'(0) +$

φ_1

$Q = A + \Delta U$

$A = p\Delta V$

$Q_{нагр} = \Delta U + A -$

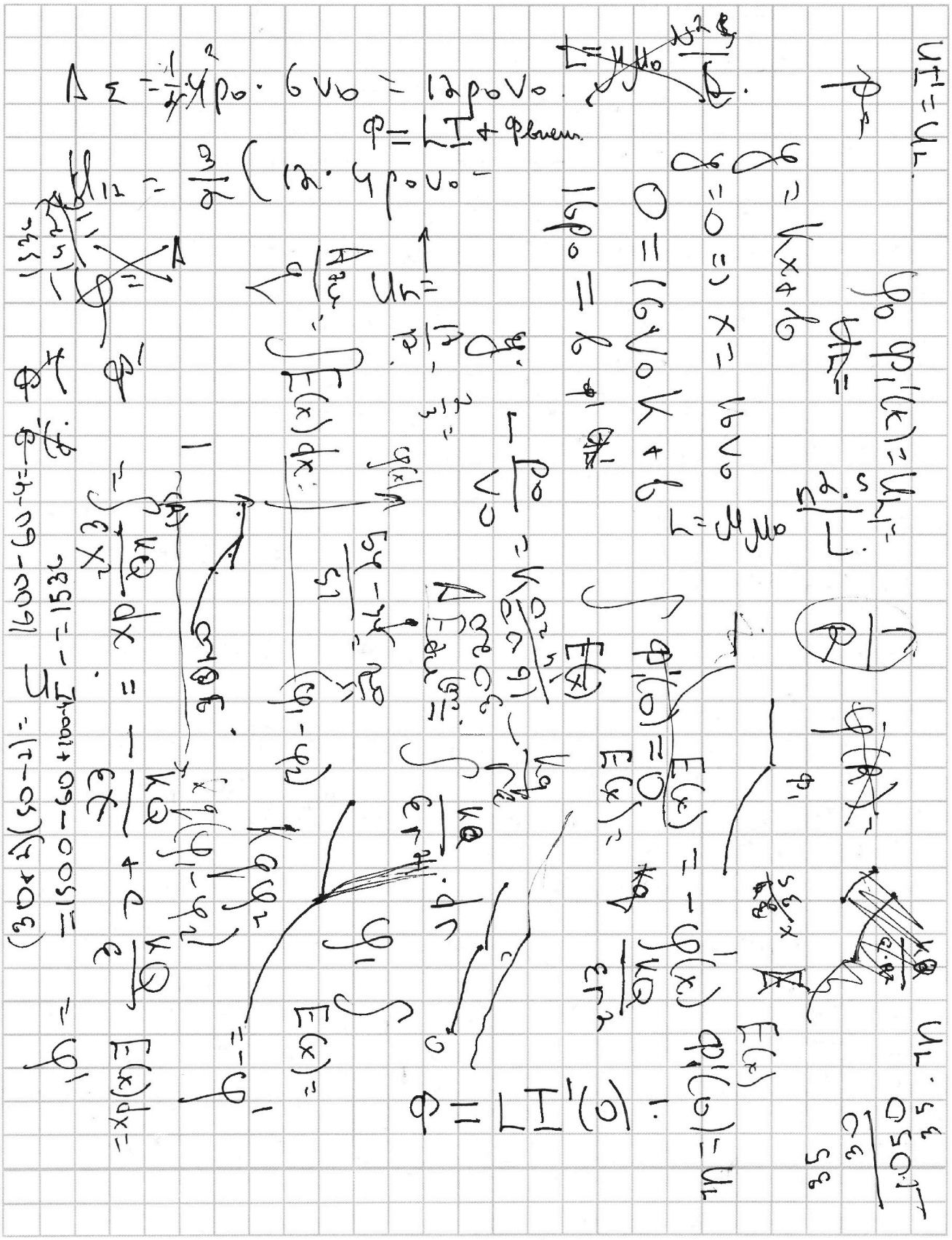
ΔU

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!



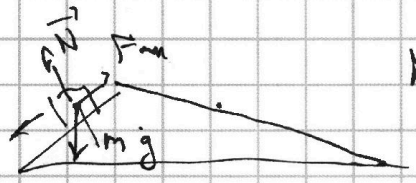
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА __ ИЗ __

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

1)



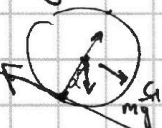
$N = mg\cos\alpha_1$

$F = \mu N = \mu mg\cos\alpha_1$

$ma_1 = mg\sin\alpha_1 - \mu mg\cos\alpha_1$

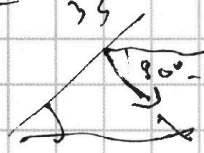
1015

3045



$m\vec{a_c} = \vec{N} + m\vec{g} + \vec{F_1}$

2) $\frac{1050}{30}$ $\frac{1050}{35}$



$35(30-1)$ α_1 $\frac{1250}{375}$

$\frac{q'}{4}\frac{r^2}{2t} = \frac{1}{3}mg = \frac{13}{13}mg - F_2$

1625

$F_2 = \frac{13}{13}mg - \frac{2}{3}mg$

$F_1 = \frac{54-34}{51}mg = \frac{20}{51}mg$

$20 \cdot 15 - 30 = 270$ $12 \cdot 17 = 240 - 36 =$

$= 204$

$80 - 12 = 68$ 120 60

$\frac{2}{3}mg = \frac{13}{13}mg - F_{тр}2$

$\frac{54-34}{51} = \frac{20}{51}$

$F_2 2\left(\frac{13}{13} - \frac{2}{3}\right) = \left(\frac{54-34}{51}\right)$