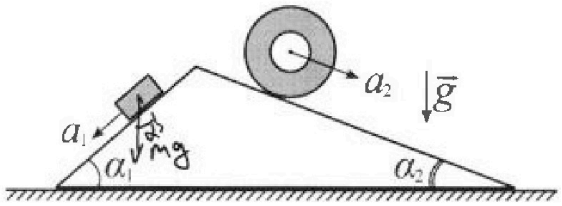
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

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.

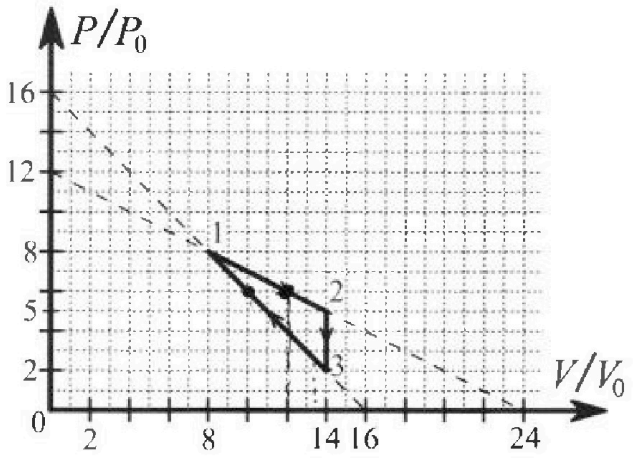


1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
2) Найти силу трения F_2 между цилиндром и клином.
3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

$mg\ \frac{3mg}{5} - F_1 = \frac{6mg}{13}$; $F_1 = mg\left(\frac{3}{5} - \frac{6}{13}\right) = \frac{9mg}{65}$

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.

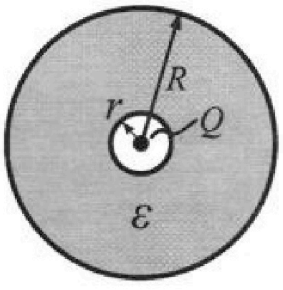


1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

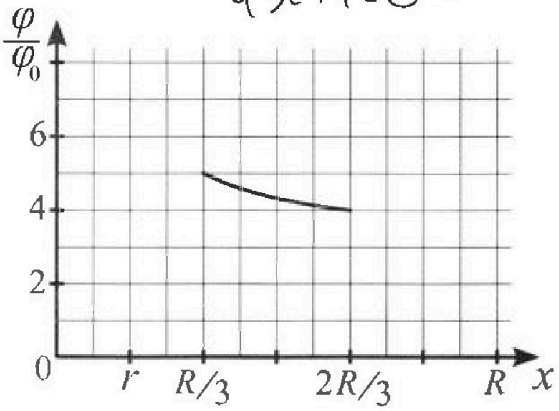
3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью ε и радиусами поверхностей r и R находится шарик с зарядом Q (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала φ электрического поля внутри диэлектрика от расстояния x от центра полого шара в интервале изменений x от $R/3$ до $2R/3$ (см. 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.



960 − 96 = 864 · 384 − 256 = 128

$432 + 128 =$

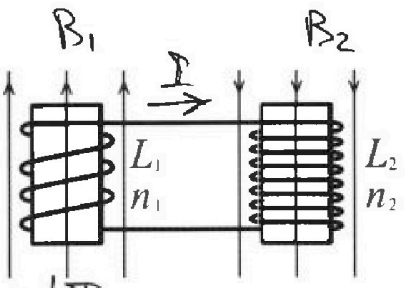


Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

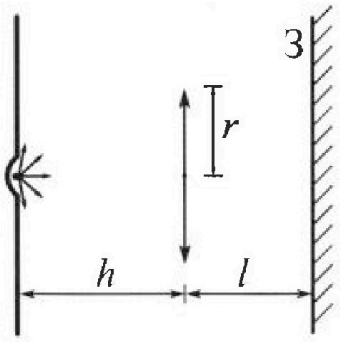
4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 16L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 4n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S. Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Вначале тока в катушках нет.



$\Phi = nSB_1 - 4nSB_2 + LI + 16LI$

1) С как ой скоростью (по модулю) начнет изменяться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью L_1 индукция внешнего поля начнет возрастать со скоростью $\Delta B / \Delta t = \alpha (\alpha > 0)$, а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью L_1 уменьшилась от B_0 до $B_0/3$, 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.

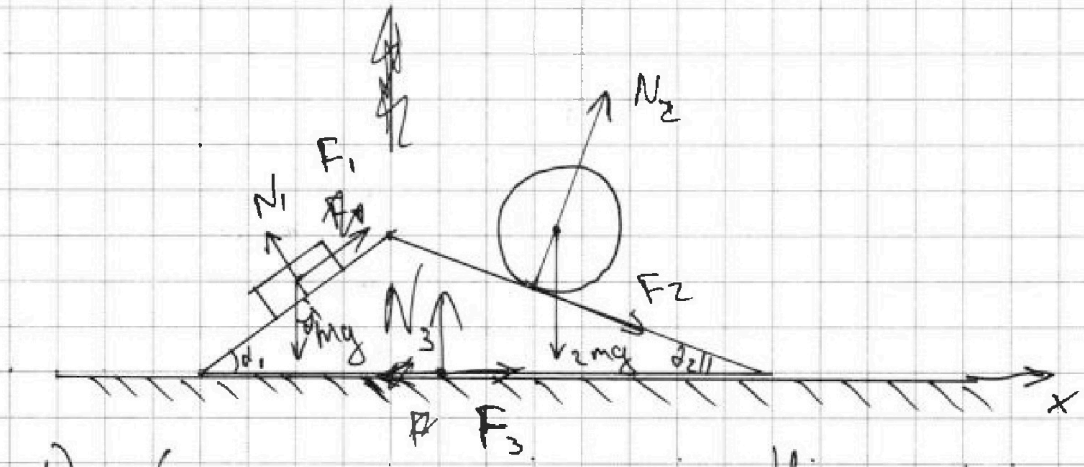
Ответы дайте в [см^2] в виде $\gamma\pi$, где γ - целое число или простая обыкновенная дробь.

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



1) Спроецируем II з-н Ньютона на левую плоскость клина

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

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

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

3) Теорема о движении центра масс. Ускорение ц. м. системы вдоль Ox:

$$a_x = \frac{-ma_1\cos\alpha_1 + 2ma_2\cos\alpha_2}{M}$$

где M – масса всей системы с клином.

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 [X] 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!

~~II З. Н. на Ox для~~

Теорема о движении ц. м на Ox:

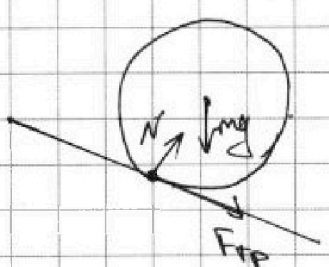
$$-Ma_1\cos\alpha_1 + 2ma_2\cos\alpha_2 = F_3$$

$$-\frac{6mg}{13}\cdot\frac{4}{5} + \frac{mg}{4}\cdot\frac{2\cdot12}{13} = F_3$$

$$mg\left(\frac{6}{13} - \frac{24}{5\cdot13}\right) = F_3$$

$$mg\cdot\frac{6}{65} = F_3;\quad F_3 = \frac{6mg}{65}$$

2) Условие непроскальзывания: угловое ускорение цилиндра в поле тяжести равно поступательному. Цилиндр полый, момент инерции отн. центра $I = 2mR^2$, где R – радиус. Осн. уравнение динамики вращ. движения отн. оси цилиндра:



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						

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 (сила реакции и $2mg$ компонент отн. оси блока не создают.)

$\sum \xi = F_{тр} \cdot R$

$\xi = \frac{F_{тр} F_2}{2mR}$

$\xi \cdot R = a_2$ – условие неподскальзывания

$\frac{F_2}{2m} = \frac{g}{4}$; $F_2 = \frac{mg}{2}$

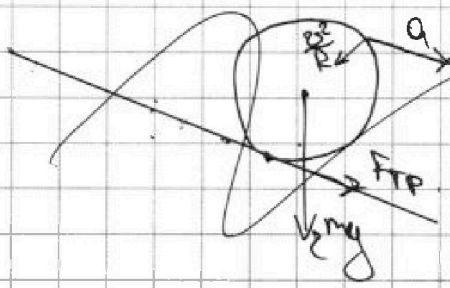
Пересчёт (чистовик черновик)

3)

$a_x = \frac{2ma_2 \cos\alpha_2 - ma_1 \cos\alpha_1}{M}$

$Ma_x = F_{тр}$

$\frac{6}{\frac{2mg}{4}} \cdot \frac{6}{13} - \frac{6mg}{13} \cdot \frac{4}{5} = \frac{6mg}{65}$



$2mg \sin\alpha_2 + F_{тр} = \frac{mg}{2}$

$\frac{10mg}{13} + F_{тр} = \frac{mg}{2}$

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 6 ИЗ 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!

1-2:

$$p = 12p_0 - \frac{p_0 V}{2V_0} \; ; \; dp = -\frac{p_0}{2V_0} dV$$

$$dA = pdV = 12p_0 dV - \frac{p_0 V dV}{2V_0}$$

$$dU = \frac{3}{2}(pdV + Vdp) = \frac{3}{2}\left(12p_0 dV - \frac{p_0 V dV}{2V_0} - \frac{p_0 V dV}{2V_0}\right) =$$

$$= 18 p_0 dV - \frac{3}{2}\frac{p_0 V dV}{V_0}$$

$$30 p_0 dV = 2\frac{p_0 V dV}{V_0}$$

3-1

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

$$dA = pdV = 16p_0 dV - \frac{p_0 V dV}{V_0}$$

$$dU = \frac{3}{2}(pdV + Vdp) = \frac{3}{2}\left(16p_0 dV - \frac{p_0 V dV}{V_0} - \frac{p_0 V dV}{V_0}\right) =$$

$$= 24 p_0 dV - 3 p_0 V dV$$

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!

№2

1) $A = \frac{1}{2} \cdot 6V_0 \cdot 3P_0 = 9P_0V_0$

(площадь треугольника)

$\Delta U_{12} = \frac{3}{2}(P_2V_2 - P_1V_1) =$

$= \frac{3}{2}(30P_0V_0 - 6P_0V_0) = 9P_0V_0$

$\frac{\Delta U_{12}}{A} = 1$

2) $14 \cdot 2P_0V_0 = \nu R T_3$ — Уравнение Менделеева-Клапейрона для состояния 3

$T_3 = \frac{28P_0V_0}{\nu R}$

В процессе 1-2 график касается изотермы в точке с наиб. температурой.

Уравнение процесса 1-2:

$P = 12P_0 - \frac{P_0}{24V_0} \frac{V}{V_0} \cdot P_0 \cdot \frac{1}{2}$

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 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!

$p = p_0\left(12 - \frac{V}{2V_0}\right)$; $pV = \nu RT$

Хотим максимизировать pV на процессе 1–2; тогда и T будет наиб. наиб.

То $pV = p_0\left(12 - \frac{V}{2V_0}\right) \cdot V =$

$= 12p_0V - \frac{p_0V^2}{2V_0}$; ищем вершину параболы

$V_x = \frac{12p_0}{p_0} \cdot V_0 = 12V_0$

Как раз принадлежит 1–2

$p_x = 6p_0$

$p_xV_x = \nu RT_x$; $T_x = \frac{72p_0V_0}{\nu R}$

$\frac{T_x}{T_3} = \frac{72}{28} = \frac{18}{7}$

3) В процессе 2–3 мы тепло всегда отдаем; это факт.

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!

~~В процессе~~

Рассмотрим процессы 1-2 и 3-1; Там может случиться касание адиабат.

Процесс 1-2:

$$p = p_0\left(12 - \frac{V}{2V_0}\right);\ \frac{dp}{dV} = -\frac{p_0}{2V_0};\ dp = -\frac{p_0}{2V_0}dV$$

$$dA = pdV = 12p_0dV - \frac{p_0VdV}{2V_0}$$

$$dU = \frac{3}{2}(pdV + Vdp) = \frac{3}{2}\left(12p_0dV - \frac{p_0VdV}{2V_0} + 18p_0 - \frac{p_0VdV}{2V_0}\right);$$ касание происходит там, где $dA + dU = 0$; на dV сразу сокращаем всё

~~$12p_0dV$~~

$$12p_0 - \frac{p_0V}{2V_0} + 18p_0 - \frac{3p_0V}{2V_0} = 0$$

$$30p_0 = 2p_0\frac{V}{V_0};\ \frac{V}{V_0} = 15$$

Т.е. на процессе 1-2 в точке $V = 15V_0$ НЕ случится касание адиабаты, т.к. нет таких на 1-2

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!

Аналогично процесс 1-3:

$$dp = -p_0 \frac{dV}{V_0}$$

$$dp = -\frac{p_0 V dV}{V_0}$$

$$p = 16p_0 - \frac{p_0 V}{V_0} = p_0\left(16 - \frac{V}{V_0}\right)$$

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

$$dU = \frac{3}{2}(p\,dV + V\,dp) =$$

$$= \frac{3}{2}\left(16p_0\,dV - \frac{p_0 V dV}{V_0} - \frac{p_0 V dV}{V_0}\right) =$$

$$= 24p_0\,dV - \frac{3p_0 V dV}{V_0}$$

$$dA + dU = 0$$

$$40p_0\,dV - \frac{4p_0 V dV}{V_0} = 0$$

$$\frac{40}{4V_0} = \frac{V}{V_0} \Rightarrow V = \frac{40V_0}{4V_0} \Rightarrow V = 10V_0$$

Таке произошло касание адиабаты.

Т.е. в процессе 1-2 мы получаем тепло вплоть до точки $V = 10V_0$

А в процессе 3-1 мы его получаем

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 5 ИЗ 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!

~~начинаем~~ заканчивая в точке $\frac{40}{3}V_0$ $10V_0$

Считаем Q_+:

$Q_{12} = \frac{3}{2}\nu R A_{12} + \Delta U_{12} = \frac{3}{2} 6 V_0 \cdot \frac{(3+7)p_0}{2} + \frac{3}{2} \cdot 6 p_0 V_0 = 48 p_0 V_0$

$Q_{13} = A_{13} + \Delta U_{13} = -2V_0$

$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = -\frac{16V_0}{3} \cdot \frac{p_0}{2}\left(16 - \frac{40}{3} + 8\right) + \frac{3}{2}\left(64 p_0 V_0 - p_0 V_0 \cdot \frac{40}{3} \cdot \left(16 - \frac{40}{3}\right)\right) =$

$= -16 - \frac{8 p_0 V_0}{3} \cdot \frac{32}{3} + \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{2} p_0 V_0 \left(64 - \frac{320}{9}\right) =$

$= -\frac{256 p_0 V_0}{9} + 96 p_0 V_0 - \frac{160}{3} p_0 V_0 =$

$= \frac{p_0 V_0}{9}(96 \cdot 9 - 160 \cdot 3 - 256) =$

$= \frac{p_0 V_0}{9}(864 - 480 - 256) = \frac{128 p_0 V_0}{9}$

$Q_+ = Q_{31} + Q_{12} = \frac{450 p_0 V_0}{9}$; $A = 9 p_0 V_0$

$\eta = \frac{81}{450} = \frac{A}{Q_+}$

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!

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = -\frac{16V_0}{3} \cdot p_0$$

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = -2V_0 \cdot \frac{p_0}{2}(16-10+8) +$$

$$+\frac{3}{2}(64p_0V_0 - p_0V_0 \cdot 10 \cdot (16-10))$$

$$= -2V_0 \cdot \frac{p_0}{2}(8+6) + \frac{3}{2}(64p_0V_0 - 60p_0V_0) =$$

$$= -14p_0V_0 + 6p_0V_0 =$$

до точки $10V_0$

$$Q_{31} = A_{31} + \Delta U_{31} = -4V_0 \cdot \frac{p_0}{2} \cdot 4 +$$

$$+\frac{3}{2}(60-28) = -8p_0V_0 + 48p_0V_0 =$$

$$= 40p_0V_0$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{31} + Q_{12}} = \frac{9}{108} = \frac{1}{12}$$

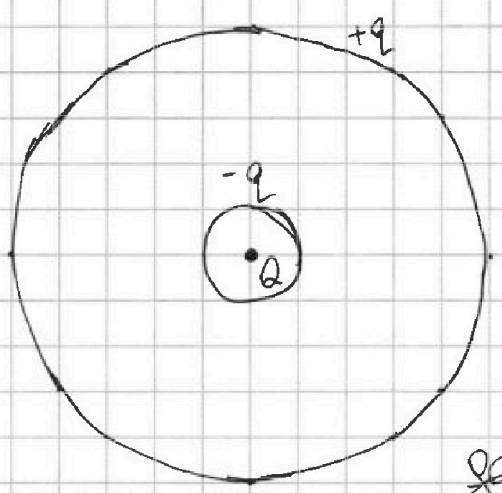
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА 1 ИЗ 4

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

№3



Закон Кулона для точ. заряда

$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0 \cdot \varepsilon} \cdot \frac{q \cdot Q}{x^2}$$

где x - расстояние до заряда

От точки со заряда; ε - диэлектрическая проницаемость в точке.

Индуцированные на диэлектрике заряды не создают поля вне шара. (суммарный заряд на двух сферических поверхностях равен нулю)

Т.е. снаружи шара поле зависит от x как:

$$E_0 = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{x^2}$$

Найдем индуцированный на внутренней сфере заряд.

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА 2 ИЗ 4

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

Внешняя сферическая поверхность не создает поля внутри диэлектрика т.к. сфера; внутренняя дает поле $-\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{x^2}$

Поле в диэлектрике (принцип суперпозиции)

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\cdot\frac{Q}{x^2}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q}{x^2}-\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{x^2}$$

$$\frac{Q}{\varepsilon}=Q-q\ ;\ q=Q\left(1-\frac{1}{\varepsilon}\right)=\frac{Q}{\varepsilon}\cdot(\varepsilon-1)$$

Теперь можем при помощи принципа суперпозиции найти потенциал в $x=\frac{1}{2}R$; Внешняя сфера создает там потенциал $\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{R}$; внутренняя вместе с точечным зарядом создает там потенциал

$$\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{(Q-q)\cdot 6}{5R}=\frac{3}{10\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{Q-q}{R}=\frac{3Q}{10\pi\varepsilon\varepsilon_0 R}=$$

Потенциал равен:

$$=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{6}{5R}\cdot\frac{Q}{\varepsilon}=\frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\cdot\frac{6Q}{5R\cdot\varepsilon}$$

$$\varphi=\frac{Q(\varepsilon-1)}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}+\frac{3Q}{10\pi\varepsilon\varepsilon_0 R}=\frac{Q}{\pi\varepsilon\varepsilon_0 R}\left(\frac{\varepsilon-1}{4}+\frac{3}{10}\right)$$

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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА 3 ИЗ 4

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

$$\varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\cdot\frac{Q(\varepsilon-1)}{R} + \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\cdot\frac{6Q}{\pi R} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R}\left(\varepsilon+1+\frac{6}{\pi}\right)$$

№ Внешняя сфера

3) 2) Точки $\frac{R}{3}$ и $\frac{2R}{3}$ лежат обе внутри диэлектрика.

Посчитаем потенциал в обеих:

$$\varphi_1 = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\cdot\frac{q}{R} + \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0}\cdot\frac{3Q}{\varepsilon R} =$$

$$= \frac{Q(\varepsilon-1)}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R} + \frac{3Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R}\left(\varepsilon+3\right)\cdot$$

$$\cdot\left(\varepsilon+3\right)\cdot(\varepsilon+2) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}\cdot\frac{\varepsilon+2}{\varepsilon}$$

– в точке $\frac{R}{3}$

$$\varphi_2 = \frac{Q(\varepsilon-1)}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R} + \frac{3Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R\cdot 2} =$$

$$= \frac{Q}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0 R}\left(\varepsilon-1+\frac{3}{2}\right) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}\cdot\frac{2\varepsilon+1}{2\varepsilon}$$

Согласно графику $\frac{\varphi_1}{\varphi_2} = \frac{\pi}{4}$; дальше.

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

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

СТРАНИЦА 4 ИЗ 4

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

$$2.\ \frac{\varepsilon+2}{2\varepsilon+1} = \frac{5}{8}$$

$$8(\varepsilon+2) = 5(2\varepsilon+1)$$

$$2\varepsilon = 11 \ ; \ \varepsilon = \frac{11}{2}$$

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.

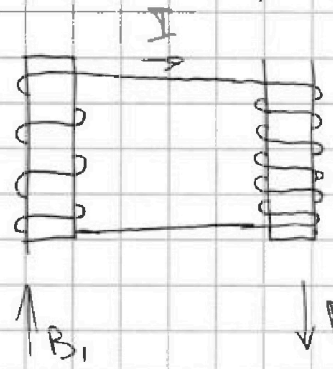
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА 1 ИЗ 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!

№4

Кольцо сверхпроводящее, т.е. суммарный поток через катушки постоянен.



На рисунке указано направление обхода (вдоль него поток равен: I)

$\Phi = nSB_1 - nSB_2$ (поток).

$\Phi = const$

За время Δt B_1 изменилась на величину $\Delta B = \alpha t$

$\Phi = nS(B_1 + \alpha t) - nSB_2 + L\mathrm{I} + 16L\mathrm{I} =$

$= nSB_1 - nSB_2$

$nS\alpha t + 17L\mathrm{I} = 0 ; \mathrm{I} = -\frac{nS\alpha t}{17L}$

Продифференцируем по времени, получаем

$\dot{\mathrm{I}} = -\frac{nS\alpha}{17L}$; $|\dot{\mathrm{I}}| = \frac{nS\alpha}{17L}$

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!

2) $\Phi = nSB_0 - 12nSB_0$ – потом в магните

$\Phi = const.$

Пусть в конце ток равен I

$$\Phi = \frac{nSB_0}{3} - 27nSB_0 + LI + 16LI =$$

$$= nSB_0 - 12nSB_0$$

$$-\frac{80nSB_0}{3} + 17LI = -11nSB_0$$

$$17LI = \frac{80-33}{3}nSB_0$$

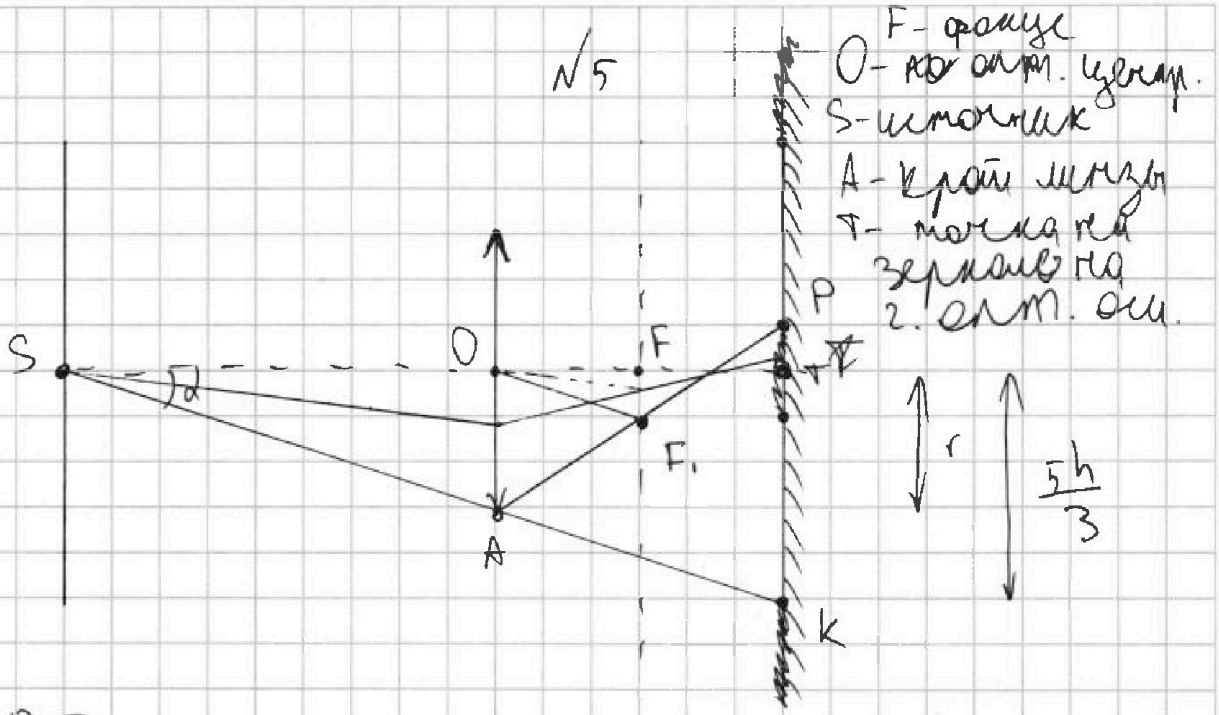
$$17LI = \frac{47}{51}nSB_0 \; ; I = \frac{47}{51}\frac{nSB_0}{L}$$

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!

№5



1) Пустим луч через край линзы так, чтобы он не преломился. Из подобия треугольников △SOA и △SOK расстояние TK будет $\frac{5h}{3}$. Всё, что на это зеркале дальше точки K будет освещено.

Теперь пустим через край линзы так, чтобы луч преломился. Строим на фокальной плоскости побочный фокус F_1 так, чтобы $OF_1 \parallel SA$; Преломленный SA пойдет через F_1 и пересечет зеркало в точке P

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 6

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!

$\angle OSA = \alpha$; $\angle TOF_1 = \alpha$ из параллельности

$\operatorname{tg}\alpha = \frac{r}{h}$

$OF = \frac{OS}{3}$; из подобия $\triangle SOA$; $\triangle OFF_1$

следует $FF_1 = \frac{r}{3}$

AF_1 пересечет зеркало в т. P;

$AF_1 = F_1P$ т.к. фокальная плоскость посередине между линзой и зеркалом (подобие). ~~Расстояние между A и F_1~~

Проекция AF_1 на вертикаль равна $r - FF_1 = \frac{2r}{3}$; аналогично проекция F_1P тоже $\frac{2r}{3}$. отсюда находим

$TP = \frac{2 \cdot 2r}{3} - r = \frac{r}{3}$.

Покажем, что все лучи, прошедшие через OA, пройдут через TP

Любой луч ~~ближе, чем~~ Щупенной ближе, чем OA, пересечет линзу ближе чем A; ближе, чем F_1 побочной фокус для него будет ближе, чем F_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.

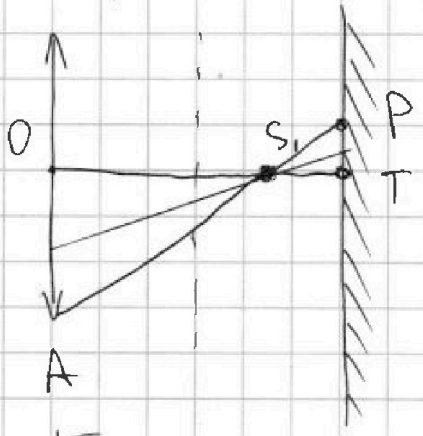
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

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!

Изображение источника лежит через зеркалом; т.е. луч, идущий ближе к главной оси; ~~пройдет~~ пересечет зеркало ближе к ней же: S_1 – изображение. Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{h} + \frac{1}{OS_1}; \quad F = \frac{h}{3}$$

$$\frac{2}{h} = \frac{OS_1}{OS_1}; \quad OS_1 = \frac{h}{2}$$



Все лучи, проходящие ~~параллельно~~ через OA, пройдут и через S_1; т.е. ~~свет~~ освещена будет ~~окружность~~ радиуса PT

Площадь неосвещенной части:

$$\pi \cdot TK^2 - \pi \cdot PT^2 = \pi \cdot \frac{25h^2}{9} - \frac{\pi h^2}{9} =$$

$$= \frac{8\pi}{3} h^2 = \frac{200\pi}{3} \text{ см}^2.$$

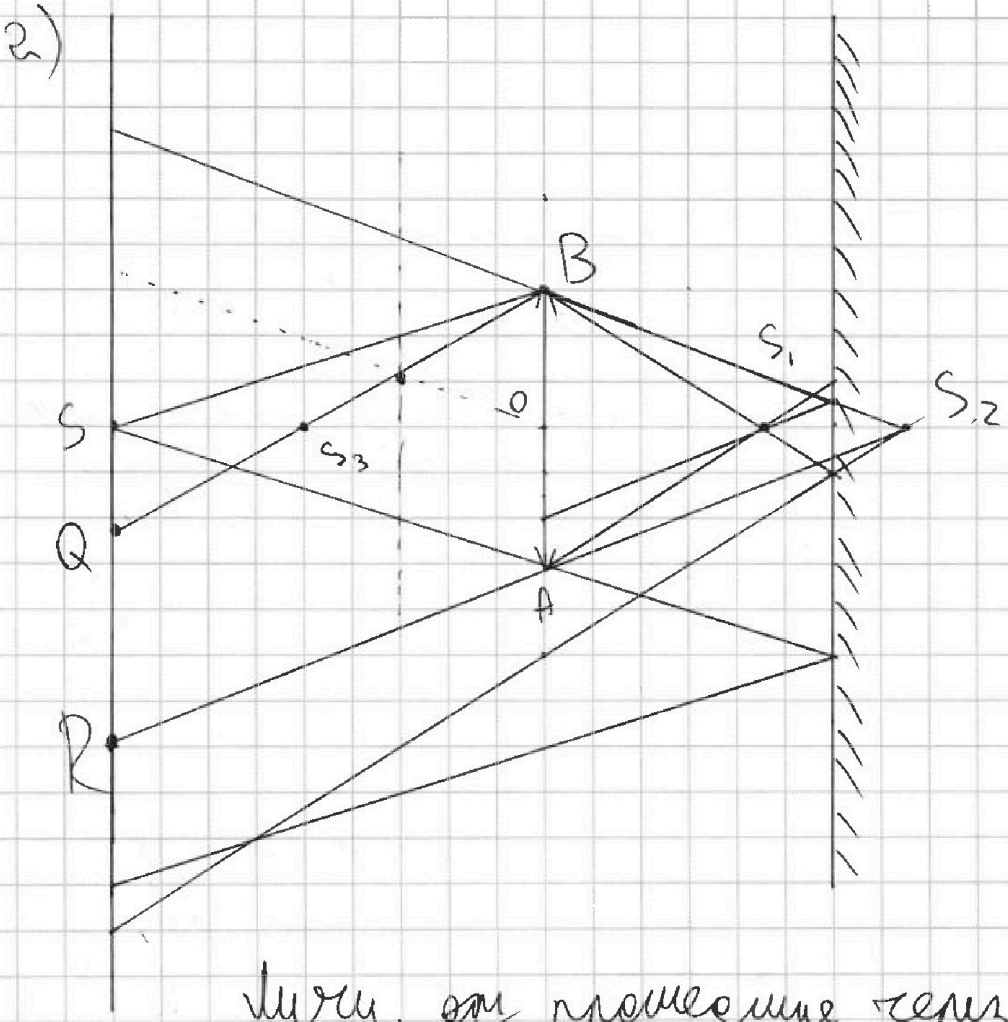
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

СТРАНИЦА 4 ИЗ 6

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!

2)



Лучи, ~~от~~ прошедшие через S_1 и отразившиеся от зеркала, ~~кажутся~~ пересекаются за зеркалом в точке S_2. (отражение S_1 отн. зеркала) т.е. ее можно рассматривать как мнимый источник.

$OS_2 = OT + TS_2 = \frac{2h}{3} + TS_1 = \frac{2h}{3} + \left(\frac{2h}{3} - \frac{h}{2}\right) =$

$= \frac{7h}{6}$; Найдем S_3 - изображение S_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.

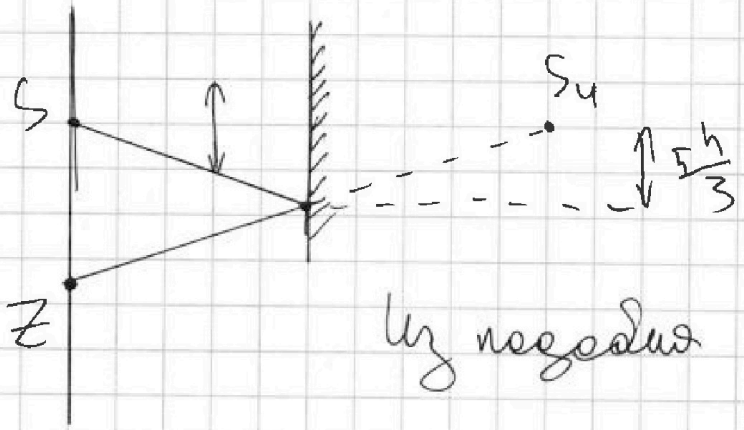
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА 6 ИЗ 6

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!

любой луч из S_2 прошедший через край светлого пятна на зеркале пересечет стену еще дальше.

Немецкая группа лучей - не пересекшихся через линзу. Они пересекутся в S_4 - отражении S отн. зеркала:



Из подобия $SZ = \frac{10h}{3}$

что опять же дальше, чем SR. Таким образом, все, что дальше R, будет освещено. Иск. площадь:

$$\pi SR^2 - \pi SQ^2 = \pi\left(\frac{121r^2}{25} - \frac{16r^2}{25}\right) =$$

$$= \frac{\pi}{5} \cdot 21r^2 = 105\pi\ см^2$$

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 4 ИЗ 6

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!

б) мнимое (оно действительное).

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{OS_2} + \frac{1}{OS_3}$$

$$\frac{3}{h} = \frac{6}{5h} + \frac{1}{OS_3}$$

$$\frac{1}{OS_3} = \frac{9}{5h} \; ; \; OS_3 = \frac{5h}{9} \; ; \; SS_3 = \frac{4h}{9}$$

Найдем радиус круга, освещенного лучами, прошедшими через OS_3 после преломления

$\Delta SQS_3 \sim \Delta BOS_3$ подобия $\frac{4}{5} = \frac{SS_3}{SO}$

$SQ = \frac{4}{5} r$; Теперь смотрим на остальные лучи.

Луч из S_2 проходящий через A и не преломившийся пройдет через светлое пятно на зеркале и пересечет стену в точке R

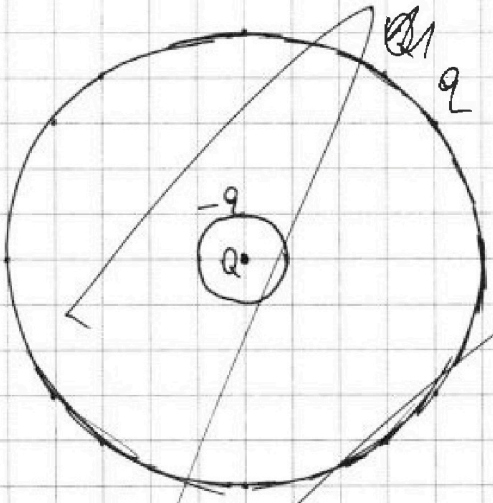
$$SR = OA \cdot \frac{SS_2}{OS_2} = 2r \cdot \frac{\frac{11h}{6}}{\frac{5h}{6}} = \frac{11r}{5}$$

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!



$$E = \frac{1}{4\pi\varepsilon\varepsilon_0} \cdot \frac{Q}{x^2} =$$

$$= \frac{1}{4\pi\varepsilon_0}\left(\frac{Q}{x^2} - \frac{q}{x^2}\right)$$

$$\frac{1}{\varepsilon} Q = Q - q$$

$$q = \frac{Q(\varepsilon - 1)}{\varepsilon}$$

$$C = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q(\varepsilon-1)}{\varepsilon R} + \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{6Q}{\pi R} +$$

$$- \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \frac{Q(\varepsilon-1)6}{\pi\varepsilon R} = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}\left(\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} + \frac{6}{\pi}\right) -$$

$$- \frac{6(\varepsilon-1)}{\pi\varepsilon} \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0 R}\left(\frac{6}{\pi} - \frac{\varepsilon-1}{\pi\varepsilon}\right)$$

$$+ \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{6}{\pi R}(Q - q) = \frac{Q}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon R}\left(1 + \frac{6}{\pi}\right)\varepsilon + \frac{1}{\pi}$$

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!