



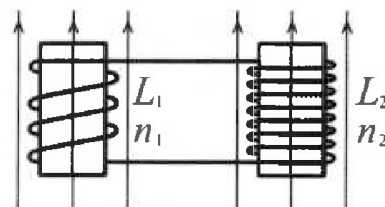
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

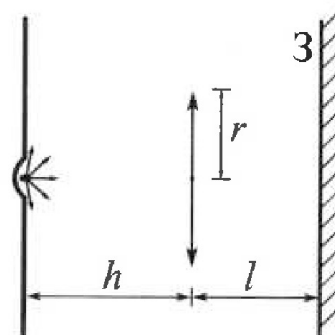


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. 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 изменяться 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 $[\text{см}^2]$ в виде $\gamma\pi$, где γ - целое число или простая обыкновенная дробь.



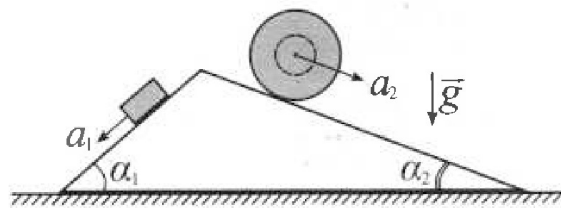
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



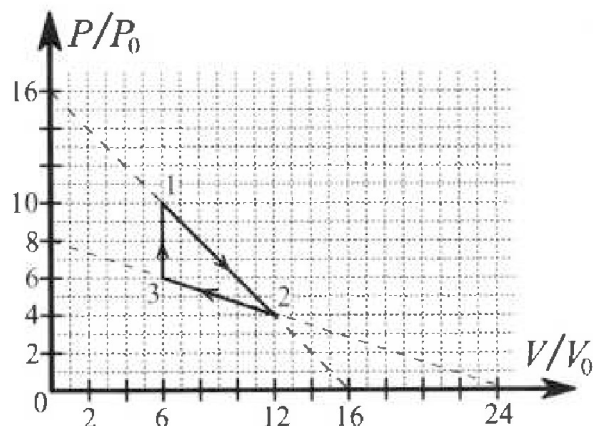
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) и α_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.

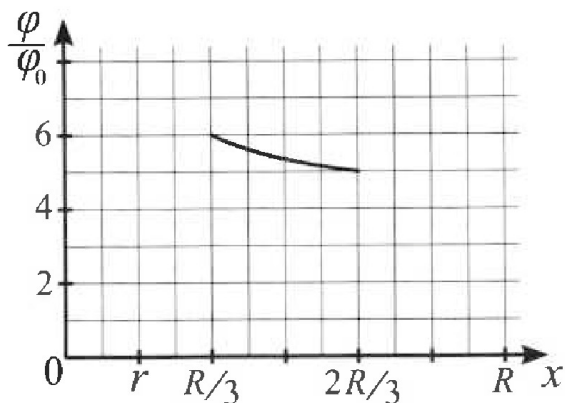
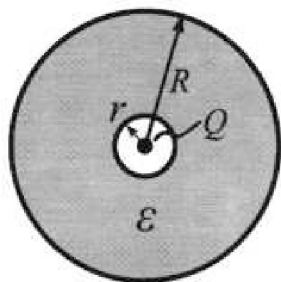


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

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 .





На одной странице можно оформить 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 Дано:

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

$$\frac{9}{4}m; a_2 = \frac{8}{17}g$$

$$\sin d_1 = \frac{3}{5} \cos d_1 = \frac{4}{5}$$

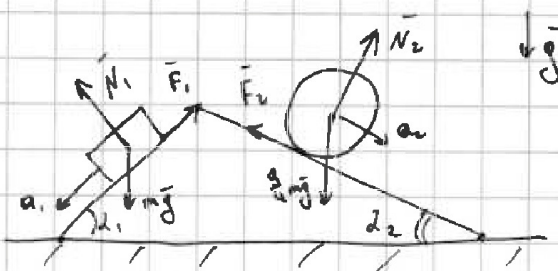
$$\sin d_2 = \frac{8}{17} \cos d_2 = \frac{15}{17}$$

1) $F_1 = ?$

2) $F_2 = ?$

3) $F_3 = ?$

Решение:



N_1 и N_2 — силы реакции опоры на бруски и шар соответственно.

1) Для бруска направим ОХ по $\vec{F}_1$:

$$F_1 - mg \sin d_1 = -ma_1 \quad (\text{по II 3-й Координат})$$

$$F_1 = m(g \sin d_1 - a_1) = mg \left(\frac{3}{5} - \frac{5}{17} \right) = mg \left(\frac{51-25}{85} \right) = \frac{26}{85} mg$$

2) Для шара направим ОХ по $\vec{F}_2$:

$$F_2 - \frac{9}{4}mg \sin d_2 = -\frac{9}{4}ma_2$$

$$F_2 = \frac{9}{4}m(g \sin d_2 - a_2) = \frac{9}{4}mg \left(\frac{8}{17} - \frac{8}{17} \right) = \frac{1800}{17 \cdot 17} mg = \frac{20}{51} mg$$

3) По III 3-й Координат на шар действует

$$\vec{F}_3 = -\vec{F}_1 \text{ и } \vec{F}_{3H} = -\vec{F}_2 \text{ на}$$

Соединяем $\vec{F}_1$ и $\vec{F}_{3H}$ на шар:



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!



$$\begin{aligned} \Rightarrow F_3 &= |F_1 \cos \alpha_1 - F_2 \cos \alpha_2| = \\ &= |mg \left(\frac{26}{85} \cdot \frac{4}{5} - \frac{20}{51} \cdot \frac{15}{17} \right)| = \\ &= |mg \left(\frac{732}{7225} \right)| = \frac{732}{7225} mg \end{aligned}$$

Answer: $F_1 = \frac{26}{85} mg$

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

$$F_3 = \frac{732}{7225} mg$$



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
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!

3) В процессе 3-1 $A'_{31} = 0$ $\Delta U \uparrow \rightarrow Q_{31} > 0$

В процессе 2-3 $A'_{23} < 0$ ΔU неизвестно

В 1-2 $A'_{12} > 0$ ΔU неизвестно

$Q = \Delta U + A'$ (по 1-му 3-му термодинамическим)

Возьмем на f_2 , p и V ($V \in [6V_0; 12V_0]$) и малое изменение ΔV .

$$\Delta U = \frac{3}{2} \left(\left(16p_0 - \frac{p_0}{V_0}(V + \Delta V) \right) (V + \Delta V) - \left(16p_0 - \frac{p_0}{V_0}V \right) V \right) =$$

$$= \frac{3}{2} \left(16p_0 \Delta V - \frac{p_0}{V_0} 2\Delta V V \right) = 3\Delta V \left(8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V \right)$$

$$A' = \frac{1}{2} \Delta V \left(16p_0 - \frac{p_0}{V_0}(V + \Delta V) + 16p_0 - \frac{p_0}{V_0}V \right) = \Delta V \left(16p_0 - \frac{p_0}{V_0} V \right)$$

$$\Rightarrow Q = \Delta U + A' = \Delta V \left(40p_0 - 4 \frac{p_0}{V_0} V \right) \Rightarrow Q = 0 \text{ при } V = 10V_0, \text{ т.е.}$$

до $10V_0$ $Q > 0$, после $10V_0$ $Q < 0 \Rightarrow$

$$\Rightarrow Q_{12}^+ = \frac{3}{2} \left(10V_0 \cdot 6p_0 - 10p_0 \cdot 6V_0 \right) + \frac{1}{2} \cdot 4V_0 \left(6p_0 + 10p_0 \right) =$$

$$= 32p_0V_0$$

В 2-3 именно проведем измерение и для T_{m23} найдем

$$\frac{p}{V} = \frac{p_0}{3V_0} \text{ (из } f_2) \Rightarrow p = 4p_0 \text{ и } V = 12V_0 \text{ - это точка } \Rightarrow \Delta U_{23} < 0$$

всегда $\Rightarrow$

$$\Rightarrow Q_{23} < 0. \quad Q_{23} = \Delta U_{23} = \frac{3}{2} (60p_0V_0 - 36p_0V_0) = 36p_0V_0$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{A'}{Q^+} = \frac{12p_0V_0}{36p_0V_0 + 32p_0V_0} = \frac{12}{68} = \frac{3}{17}$$

Ответ: 1) $\left| \frac{\Delta U_{12}}{A'} \right| = 1,5$ 2) $\frac{T_{m12}}{T_3} = \frac{16}{9}$ 3) $\eta = \frac{3}{17}$



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.

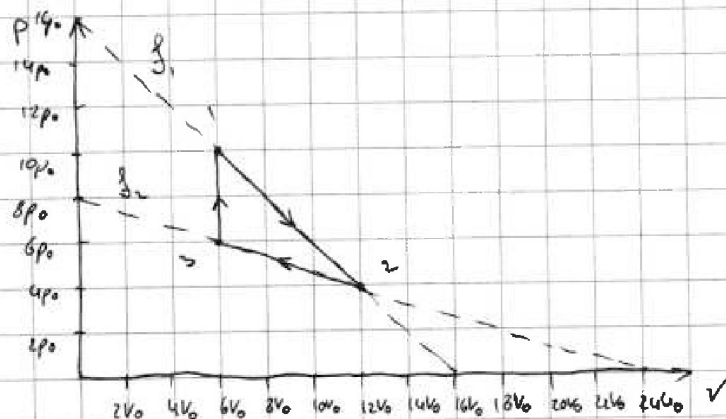
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 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!

② $i=3$ (i - число свободы газа) (сразу будем считать, что)

Перерисуем график в координатах $p-V$



p_j, V_j, T_j - давление, объем и температура в точке j .

По графику: $f_1 = 16p_0 - \frac{p_0}{V_0} V$

$f_2 = 8p_0 - \frac{1}{3} \frac{p_0}{V_0} V$

$$1) \Delta U_{12} = U_2 - U_1 = \frac{i}{2} p_2 V_2 - \frac{i}{2} p_1 V_1 = \frac{i}{2} (4p_0 \cdot 12V_0 - 10p_0 \cdot 6V_0) = -6p_0 V_0 = -18 p_0 V_0$$

A' - работа газа между

$$A' = A'_{12} + A'_{23} = \frac{14p_0}{2} \cdot 6V_0 - \frac{10p_0}{2} \cdot 6V_0 = 12 p_0 V_0$$

$$\Rightarrow \frac{|\Delta U_{12}|}{A'} = \frac{18p_0 V_0}{12p_0 V_0} = \frac{3}{2} = 1,5$$

2) T_m - максимальная темп-ра в процессе 12. Пусть 2-ая изобара в-в-изобара.

Можно провести изотерму $p = \frac{\partial R T_m}{V}$. Она будет касаться

1-2 в точке с T_m . $p' = -\frac{\partial R T_m}{V^2} \Rightarrow p' = -\frac{p}{V} = -\frac{p_0}{V_0} (\text{из } f_1) \Rightarrow$

$$\Rightarrow \frac{p}{V} = \frac{p_0}{V_0} \Rightarrow \text{из графика } p = 8p_0, V = 8V_0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \partial R T_m = 8p_0 \cdot 8V_0 = 64 p_0 V_0$$

$$\text{В точке 3: } \partial R T_3 = 6p_0 \cdot 6V_0 = 36 p_0 V_0$$

$$\Rightarrow \frac{\partial R T_m}{\partial R T_3} = \frac{T_m}{T_3} = \frac{64}{36} = \frac{16}{9}$$

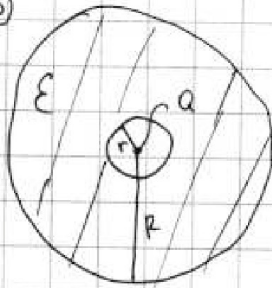


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

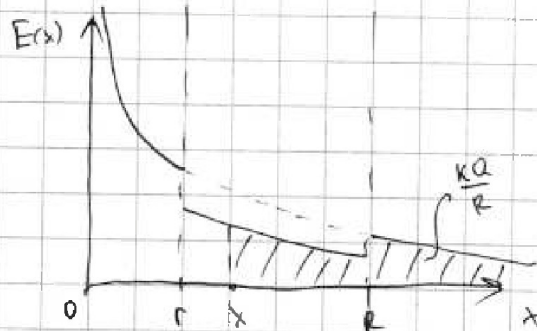
1
☐2
☐3
☒4
☐5
☐6
☐7
☐СТРАНИЦА
1 из 1

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

③



Для данной сферы график $E(x)$ выглядит так:



$$x \leq r, \quad E(x) = \frac{kQ}{x^2}$$

$$r < x < R, \quad E(x) = \frac{kQ}{\varepsilon x^2}$$

$$x > R, \quad E(x) = \frac{kQ}{x^2}$$

1) Тогда для $x \in (r; R)$:

$$\varphi(x) = \frac{kQ}{R} + \int_x^R \frac{kQ}{\varepsilon x^2} dx =$$

$$= \frac{kQ}{R} - \frac{kQ}{\varepsilon x} \Big|_x^R = \frac{kQ}{R} - \frac{kQ}{\varepsilon R} + \frac{kQ}{\varepsilon x} =$$

$$= \frac{kQ}{\varepsilon x} + \frac{kQ}{R} \cdot \frac{\varepsilon - 1}{\varepsilon}$$

2) По графику из задания:

$$\left. \begin{aligned} \frac{1}{\varphi_0} \cdot \varphi\left(\frac{R}{3}\right) &= 6 = \frac{1}{\varphi_0} \left(\frac{3kQ}{\varepsilon R} + \frac{(\varepsilon-1)kQ}{\varepsilon R} \right) = \frac{1}{\varphi_0} \left(\frac{(\varepsilon+2)kQ}{\varepsilon} \right) \\ \frac{1}{\varphi_0} \cdot \varphi\left(\frac{2}{3}R\right) &= 5 = \frac{1}{\varphi_0} \left(\frac{3kQ}{2\varepsilon R} + \frac{2(\varepsilon-1)kQ}{2\varepsilon R} \right) = \frac{1}{\varphi_0} \left(\frac{(2\varepsilon+1)kQ}{2\varepsilon R} \right) \end{aligned} \right\} = 5$$

$$\Rightarrow \frac{\varphi\left(\frac{R}{3}\right)}{\varphi\left(\frac{2}{3}R\right)} = \frac{6}{5} = \frac{(\varepsilon+2)2\varepsilon}{\varepsilon(2\varepsilon+1)} = \frac{2\varepsilon+4}{2\varepsilon+1} \Rightarrow 12\varepsilon+6 = 10\varepsilon+20$$

$$2\varepsilon = 14 \Rightarrow \varepsilon = 7$$

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

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 1

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

$$u) L_1 = L, L_2 = \frac{9}{4}L$$

$$n_1 = n; n_2 = \frac{3}{2}n, S$$

$$1) \frac{dB}{dt} = \dot{B} = -\alpha, \alpha > 0$$

$$\mathcal{E}_1 = -\frac{d\Phi}{dt} = -\dot{\Phi} = -n_1 S \dot{B} = n_1 S \alpha$$

$$\mathcal{E}_1 = -L_1 \dot{I} \quad \left(\dot{I} = \frac{dI}{dt} \right)$$

$$\Rightarrow |\dot{I}| = \left| -\frac{n_1 S \alpha}{L} \right|$$

$$2) B L_1: B_0 \rightarrow \frac{2}{3} B_0$$

$$B L_2: 4B_0 \rightarrow \frac{8}{3} B_0$$

$$\text{Answer: } 1) |\dot{I}| = \left| -\frac{n_1 S \alpha}{L} \right|$$

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.

☐☐☐☐☒☐☐

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!

$$\rightarrow S_{S'''} = 0,6h = h - 0,4h \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{CO}{BO} = \frac{SO}{S'O} \Rightarrow CO = BO \cdot \frac{SO}{S'O} = 0,75r \cdot \frac{h}{1,5h} = \frac{1,5r}{3} = 0,5r$$

$$S_J = CO \cdot \frac{S''S}{S''O} = 0,5r \cdot \frac{0,6h}{0,4h} = 1,5 \cdot 0,5r = 0,75r$$

$$S_I = 20E = 2 \cdot 15r = 3r \Rightarrow S_{K.C} = \pi(S_I^2 - S_J^2) =$$

$$= \pi\left(9r^2 - \frac{9}{16}r^2\right) = \pi\left(\frac{144-9}{16}r^2\right) = 135\pi \text{ см}^2$$

$$\text{Ответ: } 1) S_{K3} = 27\pi \text{ см}^2 \quad 2) S_{K.C} = 135\pi \text{ см}^2$$



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
__ 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!

Черновики.

$$(16p_0 - \frac{p_0}{V_0}V; V)$$

Плунжеры излучают на $\Delta V \Rightarrow$ p излучает на $\Delta p = -\frac{p_0}{V_0} \Delta V$

$$(16p_0 - \frac{p_0}{V_0}(V+\Delta V); V+\Delta V)$$

$$\begin{aligned} \Delta W &= \int_{\Delta V} p dV = \frac{1}{2} \left((16p_0 - \frac{p_0}{V_0}(V+\Delta V))(V+\Delta V) - (16p_0 - \frac{p_0}{V_0}V)V \right) = \\ &= \frac{1}{2} \left(16p_0V - \frac{p_0}{V_0}(V+\Delta V)V + 16p_0\Delta V - \frac{p_0}{V_0}(V+\Delta V)\Delta V - 16p_0V + \frac{p_0}{V_0}V^2 \right) = \\ &= \frac{1}{2} \left(-\frac{p_0}{V_0}\Delta V V + 16p_0\Delta V - \frac{p_0}{V_0}V\Delta V \right) = \\ &= \frac{3}{2} \left(16p_0\Delta V - \frac{p_0}{V_0}2\Delta V V \right) = 3\Delta V \left(8p_0 - \frac{p_0}{V_0}V \right) \end{aligned}$$

$$\Delta A' = \frac{\Delta V}{2} \left(16p_0 - \frac{p_0}{V_0}(V+\Delta V) + 16p_0 - \frac{p_0}{V_0}V \right) = A' \frac{p_0}{V_0} V \cdot \frac{1}{2} \Delta V = \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V \Delta V$$

$$\begin{aligned} \Delta Q = \int_{\Delta V} p dV + \Delta A' &= 3\Delta V 8p_0 - 3\Delta V \frac{p_0}{V_0} V + \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V \Delta V = 2,4 \\ &= \Delta V \left(24p_0 - \frac{p_0}{V_0}3V + \frac{p_0}{V_0} \cdot \frac{1}{2} V \right) = \Delta V \left(24p_0 - 2,5 \frac{p_0}{V_0} V \right) \end{aligned}$$

$$24p_0 = 2,5 \frac{p_0}{V_0} V \quad \frac{24 \cdot 2}{5} = \frac{48}{5} = 9,6 V_0 \quad Q^+ \text{ по этому значению}$$

$$\rightarrow Q = \Delta V, \quad A' = \frac{3}{2} (61,44 p_0 V_0 - 60 p_0 V_0) = 216 p_0 V_0$$

$$\begin{aligned} \Delta A' &= \frac{1}{2} \Delta V \left(16p_0 - \frac{p_0}{V_0}(V+\Delta V) + 16p_0 - \frac{p_0}{V_0}V \right) = \frac{1}{2} \Delta V \left(32p_0 - 2 \frac{p_0}{V_0} V - \frac{p_0}{V_0} \Delta V \right) = \\ &= \Delta V \left(16p_0 - \frac{p_0}{V_0} V \right) \end{aligned}$$

$$3\Delta V \left(8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V \right) + \Delta V \left(16p_0 - \frac{p_0}{V_0} V \right) = \Delta V \left(40p_0 - 4 \frac{p_0}{V_0} V \right)$$

$$A' = \frac{10+6}{2} \cdot 4 p_0 V_0 = 32 p_0 V_0 \quad \Delta V = \frac{2}{3} (60 p_0 V_0 - 60 p_0 V_0) \rightarrow Q^+_{12} = 32 p_0 V_0$$

$$Q^+_{01} = 24 p_0 V_0$$

$$A' = 18 p_0 V_0$$

$$Q^+ = 56 p_0 V_0$$

$$\eta = \frac{Q}{Q^+} = \frac{6}{28} = \frac{3}{14}$$



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!

③ r, R, ϵ, Q

$$1) \quad E_{\text{внутри}} = \frac{kQ}{x^2}$$

$$R \leq x \leq \frac{kQ}{\epsilon x^2}$$

$$x \geq R = \frac{kQ}{x^2}$$

$$x \leq R \quad \varphi = \frac{kQ}{x}$$

$$R \leq x < r \quad \varphi = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon x^2} \cdot (x-r)$$

$$x > R \quad \varphi = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon R^2} \cdot (R-r) + \frac{kQ}{x^2} \cdot (x-R)$$

$$U_1 - U_2 = Ed$$

$$U_1 = Ed$$

$$\frac{Q}{x^2} - \frac{Q}{(x-r)^2} = \frac{Q}{\epsilon x^2}$$

$$\frac{1}{6}R - \frac{R}{6} = \frac{1}{2}R$$

$$1) \quad R \leq x < r \quad \varphi = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon x^2} \cdot (x-r) \quad \frac{Q}{(x-r)^2} = \frac{Q}{x^2} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)$$

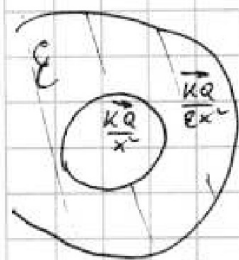
$$\frac{kQ}{x^2} - \frac{kQ}{(x-r)^2} = \frac{kQ}{\epsilon x^2}$$

$$x > R : \quad \varphi = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon R^2} \cdot (R-r) + \frac{kQ}{x^2} \cdot (x-R)$$

$$Q_1 = \frac{(x-r)^2}{x^2} \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right) = \left(1 - \frac{R}{x} + \frac{R^2}{x^2}\right) \left(1 - \frac{1}{\epsilon}\right)$$

$$\Rightarrow \varphi\left(\frac{R}{\epsilon}\right) = \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon \left(\frac{R}{\epsilon}\right)^2} \cdot \left(\frac{R}{\epsilon} - r\right)$$

$$2) \quad r = \frac{R}{6} \quad \text{поэтому} \quad \varphi\left(\frac{R}{6}\right) = \frac{1}{\epsilon_0} \left(\frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon R^2} \cdot \left(\frac{R}{6} - \frac{R}{6}\right) \right) = \frac{1}{\epsilon_0} \left(\frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon R^2} \cdot \frac{R}{6} \right)$$

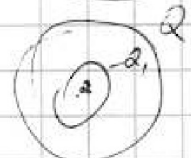


$$= \frac{1}{\epsilon_0} \left(\frac{6kQ}{R} + \frac{8}{6} \frac{kQ}{R} \right) = \frac{1}{\epsilon_0} \left(\frac{15}{2} \frac{kQ}{R} \right) = \frac{1}{\epsilon_0} \left(\frac{kQ}{R} + \frac{3kQ}{2\epsilon R} \right)$$

$$\varphi\left(\frac{R}{6}\right) = \frac{1}{\epsilon_0} \left(\frac{6kQ}{R} + \frac{kQ}{\epsilon R^2} \cdot \frac{R}{6} \right) = \frac{1}{\epsilon_0} \left(\frac{6kQ}{R} + \frac{kQ}{6\epsilon R} \right)$$

$$1 - \frac{1}{\epsilon_0} \left(\frac{3kQ}{2\epsilon R} - \frac{3kQ}{8\epsilon} \right)$$

$$\varphi_1 =$$



$$x < r \quad \frac{kQ}{x}$$

$$x > R \quad \frac{kQ}{x}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = Ed$$

$$\text{мысли } \varphi_1 = \text{там}$$

$$\varphi = Ed$$

$$2) \quad \frac{1}{\epsilon_0} = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{3kQ}{\epsilon R} = 6$$

нам ↓ по рож
и (U) симметрия

Там же, U симм
момент

$$\frac{1}{\epsilon_0} = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{3kQ}{\epsilon R} = 5$$

$$\frac{kQ}{\epsilon x}$$

$$\frac{12kQ}{11\epsilon R}$$

$$\frac{kQ}{\epsilon x}$$



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) 8

$$F = \frac{2}{3}h$$

$$1 + \frac{1}{2} + \frac{2}{4} = \frac{4}{4} + \frac{2}{4} + \frac{2}{4} = \frac{8}{4}$$

$$\frac{8}{4} = 2$$

$$\begin{aligned} S_{\text{изб}} &= \pi (1,5r)^2 - \\ &\quad - \pi \left(\frac{3}{4}r\right)^2 \\ &= 2\pi \left(\frac{38}{16}r^2 - \frac{9}{16}r^2\right) \\ &= \boxed{\frac{27}{16} \pi r^2} = \boxed{27\pi} \text{ см}^2 \end{aligned}$$

$$\frac{1}{h} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} = \frac{3}{2h}$$

$$f + \frac{1}{2h} = \frac{3}{2h}$$

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

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

$$\frac{1}{f} = \frac{3}{2h} + \frac{2h}{2h} = \frac{5}{2h} \Rightarrow \boxed{f = \frac{2}{5}h}$$

$$0,5 \cdot 1,5 = 0,75 \text{ н}$$

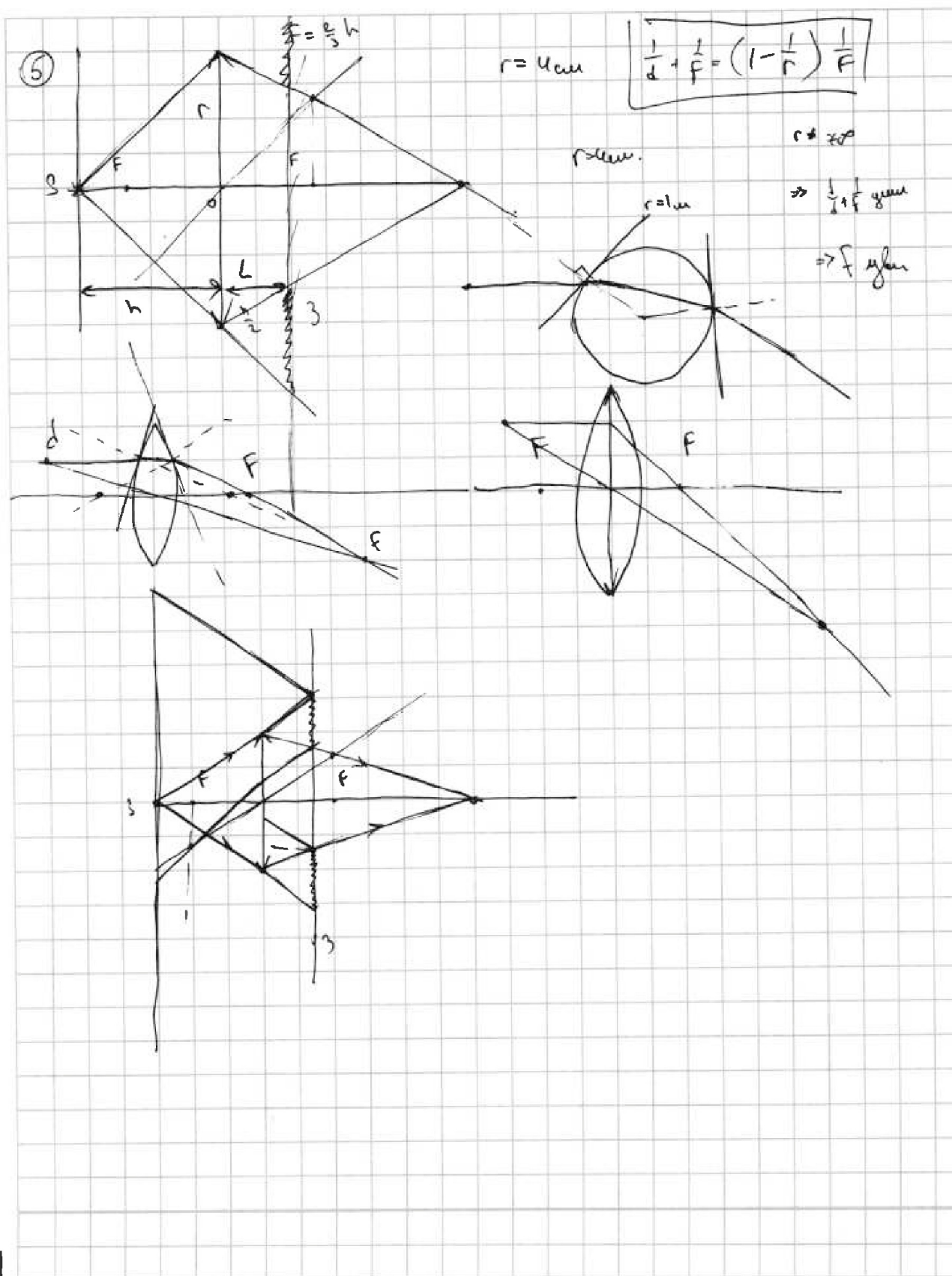


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!





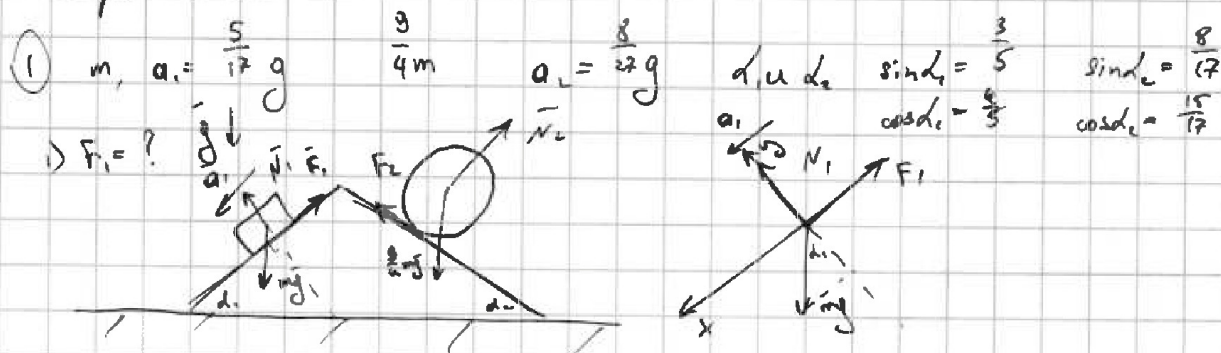
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Черновики:



2) F_2 - ? Аналогично с углом

$OK: -F_1 + mg \sin d_1 = ma_1$

$F_1 = m(g \sin d_1 - a_1) =$
 $= m \left(\frac{5}{17}g - \frac{5}{17}g \right) =$
 $= m \left(\frac{81}{85}g - \frac{25}{85}g \right) = \frac{26}{85}mg$

$OK: -F_2 + \frac{3}{4}mg \sin d_2 = \frac{3}{4}ma_2$

$F_2 = \frac{3}{4}m(g \sin d_2 - a_2) =$
 $= \frac{3}{4}m \left(\frac{8}{17}g - \frac{8}{27}g \right) = 18mg \left(\frac{1}{17} - \frac{1}{27} \right) = \frac{100}{17 \cdot 27}mg =$
 $= \frac{20}{51}mg$

$F_3 = | \cos d_2 F_2 - \cos d_1 F_1 | =$

$= \left| \frac{15}{17} \cdot \frac{20}{51}mg - \frac{4}{5} \cdot \frac{26}{85}mg \right| =$

$= mg \left| \frac{75 \cdot 20}{17 \cdot 51 \cdot 17} - \frac{4 \cdot 26}{5 \cdot 85} \right| = mg \left| \frac{100}{17^2} - \frac{4 \cdot 26}{25 \cdot 17} \right| = mg \left| \frac{2500 - 1868}{25 \cdot 17^2} \right| =$

$= mg \left| \frac{732}{7225} \right| =$

$= mg \left| \frac{732}{7225} \right| =$

$= \frac{732}{7225}mg$



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!

④ $L_1 = L_0$ $L_2 = \frac{3}{4}L$ $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ S

1) $\frac{dB}{dt} = -\alpha$ ($\alpha > 0$) $\Rightarrow$ будем считать $B = -\alpha t$

$\mathcal{E}_1 = -\frac{d\Phi}{dt} = -S \cdot n \cdot \dot{B} = S n \alpha$

$\Phi = N L \dot{I}$ $\Phi = B \cdot S$

$\mathcal{E}_1 = -L \dot{I} \Rightarrow \dot{I} = \frac{S n \alpha}{L_1} = -\frac{S n \alpha}{L}$

$\mathcal{E}_1 = -\dot{\Phi} = -S n \dot{B} = S n \alpha$

$\mathcal{E}_1 = -L_0 \dot{I}$ $L_0 = L_1 + L_2$ через катушку

$L_1 \dot{I} = L_0 \dot{I} = (L_1 + L_2) \dot{I} = S n \alpha$

$L_1 + L_2 = \frac{13}{4}L \Rightarrow \dot{I} = -\frac{4 S n \alpha}{13 L}$

$\Phi = B L = \mu_0 n I L$
 $B L = \mu_0 n I L$

$B = \mu_0 n I$
 $L = \mu_0 n^2 S$

$\mu_0 n I S = \Phi$
 $\mu_0 n I S = B S$
 $n L I = \Phi$

2) $B_1 L_1$ $\Rightarrow \pi \in B_0$ $\Rightarrow \frac{3}{4} B_0$

$\mathcal{E}_1 = -S n_1 \dot{B}_1$

$B_2 L_2$ $\Rightarrow \pi \in B_0$ $\Rightarrow \frac{3}{5} B_0$

$\mathcal{E}_2 = -S n_2 \dot{B}_2$

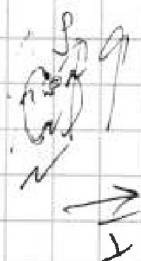
$\frac{3}{4} B_0 = \frac{3}{4} \frac{\mu_0 n I}{L} = \frac{3 \mu_0 n I}{4 L}$

$\Rightarrow \mathcal{E} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2$

$\mathcal{E} = -S n_1 \dot{B}_1 + S n_2 \dot{B}_2$

$\mathcal{E} = -L \dot{I} \Rightarrow I = \int \mathcal{E} dt = \int \dots$

$\mathcal{E}_1 = -L \dot{I}$ $\dot{I} = \frac{-\mathcal{E}_1}{L} \Rightarrow I = -\frac{1}{L} \int \mathcal{E}_1 dt =$
 $= -\frac{1}{L} \int -S n_1 \dot{B}_1 dt = \frac{S n_1}{L} \int B_1 dt$





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!

$$b + \frac{kQ}{(x-r)^2} x$$

$$x=2r \quad u \quad x=4r$$

$$b + \frac{18kQ}{9r} = 6u_0$$

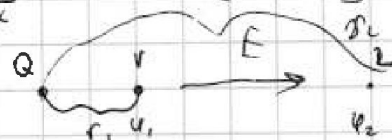
$$b + \frac{4}{9} \frac{kQ}{r} = 5u_0$$

$$\varphi = Ed$$

$$x < r \quad E = \frac{kQ}{x^2}$$

$$\varphi = \frac{kQ}{x^2} \cdot x = \frac{kQ}{x}$$

$$r < x < \infty \quad E = \frac{kQ}{x^2}$$



$$\frac{14}{9} \frac{kQ}{r} = \varphi_0$$

$$\int E dx = \int \frac{kQ}{x^2} dx = -\frac{kQ}{x} + C$$

$$\int_{r_1}^{r_2} E dx = -\frac{kQ}{x} \Big|_{r_1}^{r_2} = \frac{kQ}{r_1} - \frac{kQ}{r_2}$$

$$\frac{kQ}{r_1}$$

$$\int_{r_1}^{\infty} E dx = \frac{kQ}{r_1}$$

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{kQ}{r}$$

$$\varphi_2 - \varphi_3 = \frac{kQ}{r}$$

$$b \in \text{reg } b \text{ near } b \text{ given} \rightarrow \varphi \text{ logarithm}$$

$$\frac{kQ}{r} + \int_x^{\infty} \frac{kQ}{x^2} dx = \frac{kQ}{r} - \frac{kQ}{x} \Big|_x^{\infty} =$$

$$= \frac{kQ}{r} - \frac{kQ}{x} + \frac{kQ}{x} =$$

$$= \frac{kQ}{x} + \frac{kQ}{r} \left(1 - \frac{1}{x}\right)$$

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

$$= \frac{12}{11} \frac{kQ}{r} + \frac{11(\varepsilon-1)kQ}{11\varepsilon r} = \frac{11\varepsilon kQ + kQ}{11\varepsilon r} = \frac{kQ(11\varepsilon+1)}{11\varepsilon r}$$

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

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

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

$$\frac{5}{6} = \frac{(2\varepsilon+1)\varepsilon}{2(\varepsilon+2)\varepsilon} = \frac{2\varepsilon+1}{2\varepsilon+2}$$

$$\boxed{\varepsilon=2}$$