

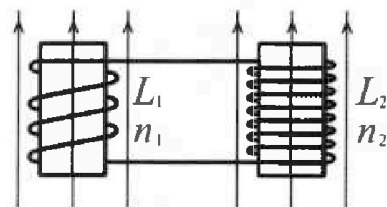
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

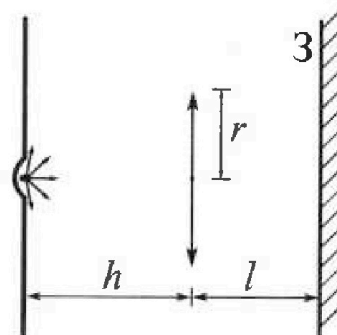


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L/4$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n/2$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. 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 неосвещенной части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещенной части стены.

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



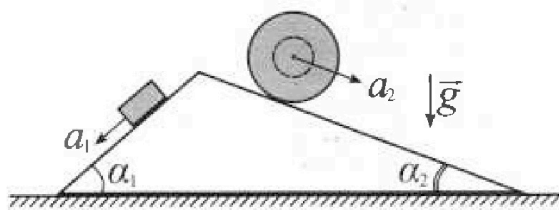
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-04



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

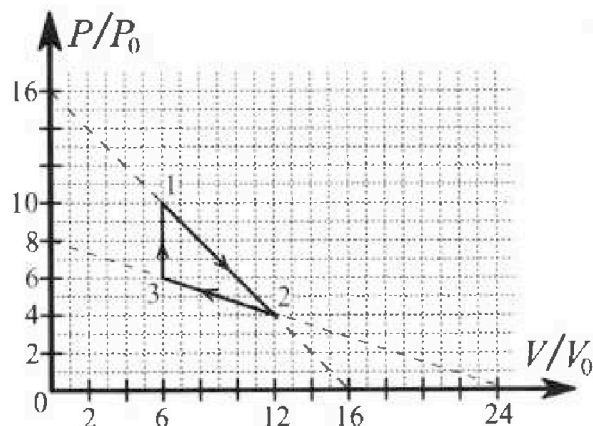
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 5g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $9m/4$ с ускорением $a_2 = 8g/27$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1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

К каждому ответу 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.

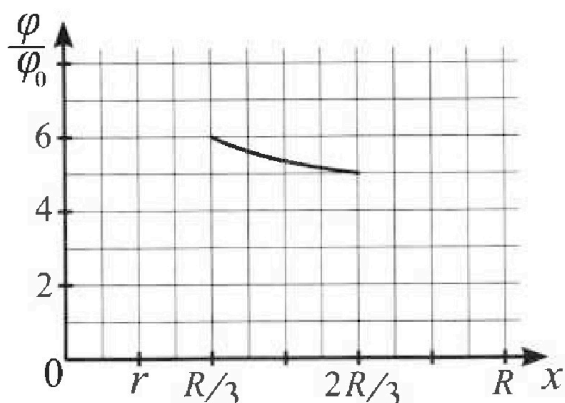
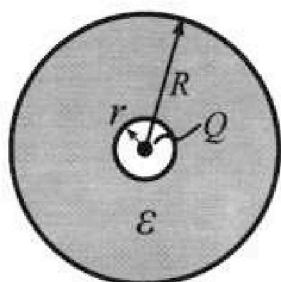


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.

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 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) Дано:

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

$$\frac{9}{4}m; a_2 = \frac{8}{27}g$$

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

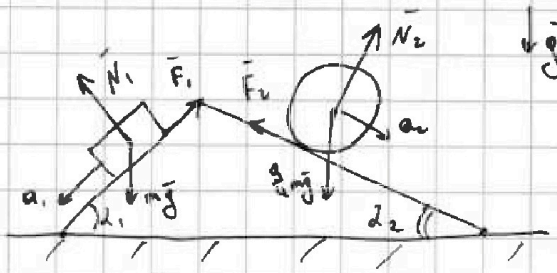
$$\sin d_2 = \frac{8}{17} \quad \cos d_2 = \frac{15}{17}$$

1) $F_1 = ?$

2) $F_2 = ?$

3) $F_3 = ?$

Решение:



N_1 и N_2 - силы реакции опоры на брусок и шар соответственно.

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

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

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

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

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

$$F_2 = \frac{9}{4}m(g \sin d_2 - a_2) = \frac{9}{4}mg \left(\frac{8}{17} - \frac{8}{27} \right) = \frac{180g}{17 \cdot 27} mg = \frac{20}{51} mg$$

3) По III 3-му Канону на шаре действует

$$\vec{F}_3 = -\vec{F}_1 \quad \text{и} \quad \vec{F}_{3ш} = -\vec{F}_2 \quad \text{как}$$

Силы реакции на шаре:

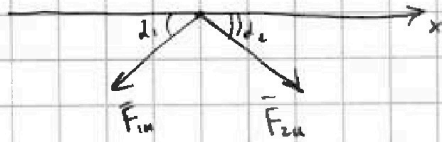


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



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

Ответ: $F_1 = \frac{26}{85} mg$

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

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

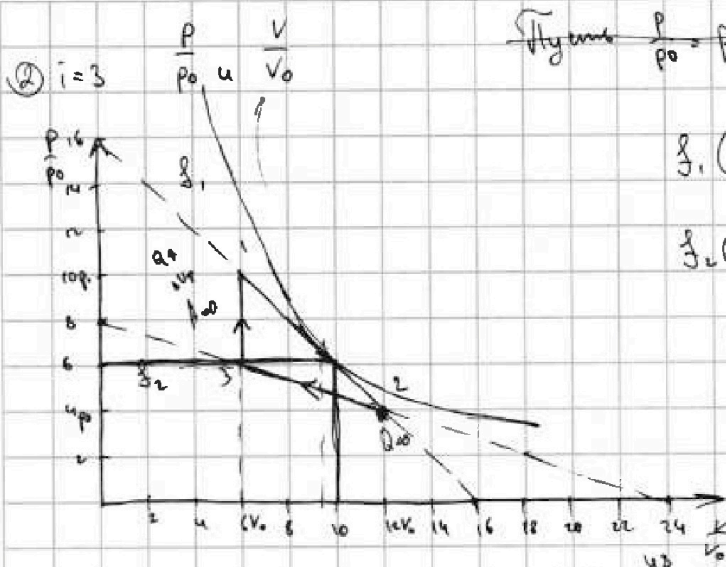
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ 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!



~~Итого $\frac{P}{p_0} = p_5$ $\frac{V}{V_0} = V_5$~~

$$f_1\left(\frac{V}{V_0}\right) = 16 - \frac{V}{V_0} \quad \frac{P}{p_0} = 16 - \frac{V}{V_0}$$

$$f_2\left(\frac{V}{V_0}\right) = 8 - \frac{1}{3} \frac{V}{V_0} \quad p = 16 - \frac{V}{V_0}$$

$$1) \frac{|\Delta V_{12}|}{A'} \quad p = 6p_0 - \frac{1}{V_0} \cdot V$$

$-\frac{p_0}{V_0}$

$$\Delta V_{12} = \frac{i}{2} \Delta R (T_2 - T_1) = \frac{i}{2} (12V_0 \cdot 4p_0 - 10p_0 \cdot 6V_0) = \frac{i}{2} \cdot (-12p_0V_0) = -6ip_0V_0$$

$$|\Delta V_{12}| = 6ip_0V_0$$

$$A' = A'_{12} + A'_{23} = \frac{4p_0 + 10p_0}{2} \cdot 6V_0 = 42p_0V_0 \quad \Rightarrow A' = 12p_0V_0$$

$$A'_{23} = \frac{4p_0 + 6p_0}{2} \cdot (-6V_0) = -36p_0V_0$$

По шпаргалке Гаусса: $(10p_0; 6V_0) \quad (4p_0; 12V_0) \quad (6p_0; 6V_0)$

$$\frac{1}{2} \begin{vmatrix} 120 & 24 & 36 \\ 60 & 24 & 72 \end{vmatrix} = \frac{1}{2} |24| = 12$$

$$1) \frac{|\Delta V_{12}|}{A'} = \frac{12p_0V_0}{12p_0V_0} = \frac{12}{12} = 1,5$$

$$V = \frac{\partial R T_m}{p} \quad -\frac{p}{V} = -\frac{p_0}{V_0} \quad \left(\frac{p}{V} = \frac{p_0}{V_0}\right)$$

$$2) \frac{p}{V} = \frac{\partial R T_m}{V} \Rightarrow p = \frac{\partial R T_m}{V} \quad p' = -\frac{\partial R T_m}{V^2} = -\frac{p_0}{V_0}$$

$$\max 6(8p_0; 3V_0) \quad 64p_0V_0 = \partial R T_m \quad T_m = \frac{64p_0V_0}{\partial R} \quad \frac{p}{V} = \frac{p_0}{3V_0}$$

$$36p_0V_0 = \partial R T_3 \Rightarrow T_3 = \frac{36p_0V_0}{\partial R} \Rightarrow \frac{T_m}{T_3} = \frac{64}{36} = \left(\frac{8}{6}\right)^2 = \frac{16}{9}$$

$$3) A' = 12p_0V_0 \quad \Delta Q = \Delta V + A'$$

$V \in [6V_0; 12V_0]$



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

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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

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

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

В 1-2 $A'_{12} > 0$ ΔU неизменно

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

Возьмем на f_1 , p и V ($V \in [6V_0; 12V_0]$) и малое изменение ΔV .

$$\begin{aligned} \Delta U &= \frac{3}{2} \left(\left(16p_0 - \frac{p_0}{V_0} (V + \Delta V) \right) (V + \Delta V) - \left(16p_0 - \frac{p_0}{V_0} V \right) V \right) = \\ &= \frac{3}{2} \left(16p_0 \Delta V - \frac{p_0}{V_0} 2\Delta V V \right) = 3\Delta V \left(8p_0 - \frac{p_0}{V_0} V \right) \end{aligned}$$

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

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

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

$$\begin{aligned} \Rightarrow Q_{12}^+ &= \frac{3}{2} \left(10V_0 \cdot 6p_0 - 10p_0 \cdot 6V_0 \right) + \frac{1}{2} \cdot 4V_0 \left(6p_0 + 10p_0 \right) = \\ &= 32p_0V_0 \end{aligned}$$

В 2-3 неизменно проведем изохорную и для T_{123} 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

$$\Rightarrow Q_{23} < 0. \quad Q_{31} = \Delta U_{31} = \frac{3}{2} \left(60p_0V_0 - 36p_0V_0 \right) = 36p_0V_0$$

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

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

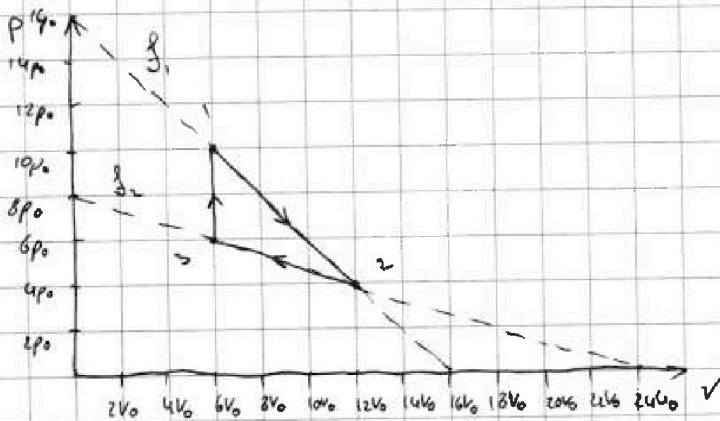
1 2 3 4 5 6 7

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 моле)

Перерисуем график в координатах $p-V$



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

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

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

$$1) \Delta U_{12} = U_2 - U_1 = \frac{i}{2} p_2 V_2 - \frac{i}{2} p_1 V_1 = \frac{i}{2} (4p_0 \cdot 12V_0 - 10p_0 \cdot 6V_0) = -6ip_0V_0 = -18p_0V_0$$

A' - работа газа между

$$A' = A'_{12} + A'_{23} = \frac{14p_0}{2} \cdot 6V_0 - \frac{10p_0}{2} \cdot 6V_0 = 12p_0V_0$$

$$\Rightarrow \frac{|\Delta U_{12}|}{A'} = \frac{18p_0V_0}{12p_0V_0} = \frac{3}{2} = 1,5$$

2) T_m - максимальная темп-ра в процессе 12. Пусть ∂ - мал-во в-ва газа.

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

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

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

$$\Rightarrow \partial R T_m = 8p_0 \cdot 8V_0 = 64p_0V_0$$

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

$$\text{в точке 3: } \partial R T_3 = 6p_0 \cdot 6V_0 = 36p_0V_0$$



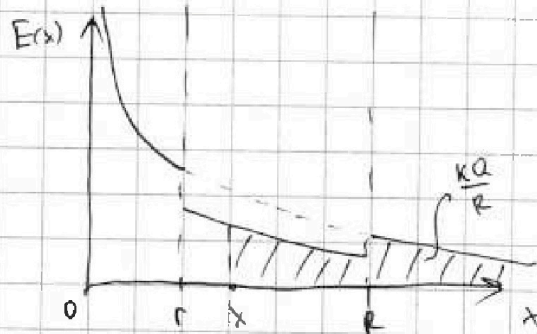
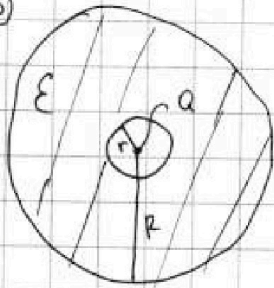
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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 титана шаро графин $E(x)$ выглядит так:



$$\begin{aligned}
 x \leq r, \quad E(x) &= \frac{kQ}{x^2} \\
 R \leq x < r, \quad E(x) &= \frac{kQ}{\epsilon x^2} \\
 x > R, \quad E(x) &= \frac{kQ}{x^2}
 \end{aligned}$$

1) Титан для $x \in (r; R)$:

$$\begin{aligned}
 \varphi(x) &= \frac{kQ}{R} + \int_x^R \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx = \\
 &= \frac{kQ}{R} - \frac{kQ}{\epsilon x} \Big|_x^R = \frac{kQ}{R} - \frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{kQ}{\epsilon x} = \\
 &= \frac{kQ}{\epsilon x} + \frac{kQ}{R} \cdot \frac{\epsilon - 1}{\epsilon}
 \end{aligned}$$

2) По графику из задания:

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

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

$$2\epsilon = 14 \Rightarrow \epsilon = 7$$

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

2) $\epsilon = 7$



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!

$$\text{a)} L_1 = L, L_2 = \frac{3}{4}L$$

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

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

$$E_i = -\frac{d\Phi}{dt} = -\dot{\Phi} = -n_1 S \dot{B} = n_1 S \lambda$$

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

$$\Rightarrow n_1 S \lambda = -L_1 \dot{I} \Rightarrow$$

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

$$2) B_{L_1}: B_0 \rightarrow \frac{3}{4}B_0$$

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

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



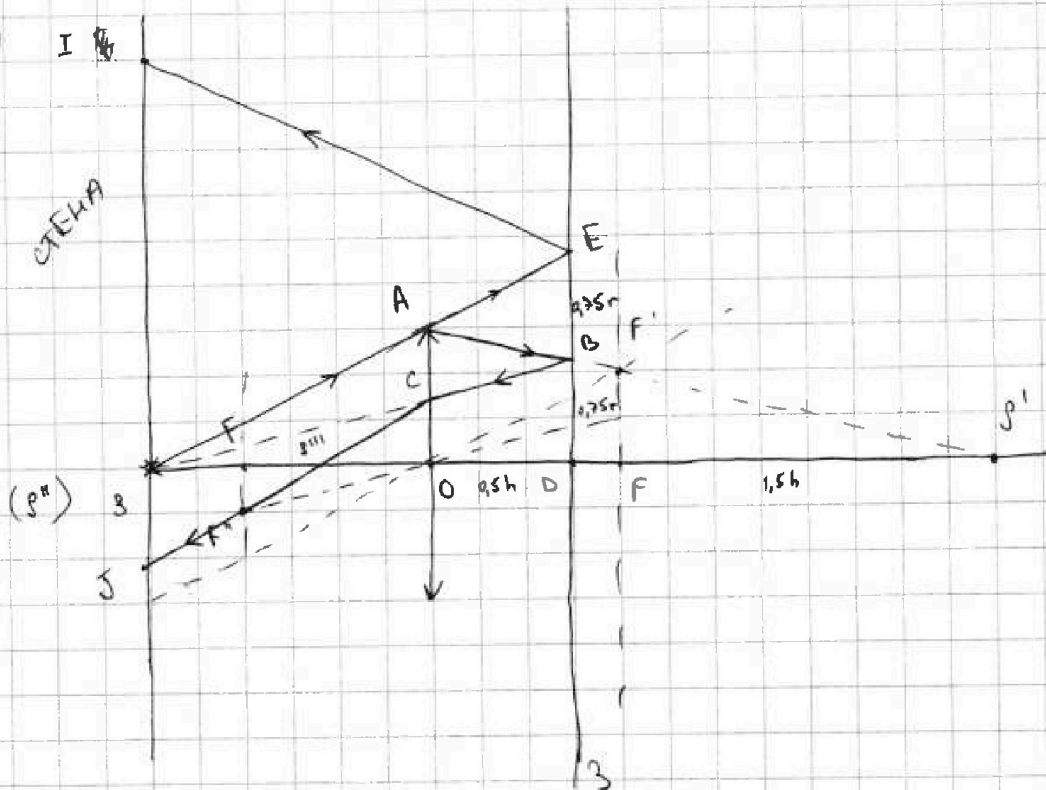
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!

5 I



$$SO = h, \quad OD = \frac{h}{2}, \quad F = \frac{2}{3}h, \quad AO = r$$

По формуле тонкой линзы

$$\frac{1}{SO} + \frac{1}{S'O} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{h} + \frac{1}{S'O} = \frac{3}{2h} - \frac{2}{2h} = \frac{1}{2h} \Rightarrow S'O = 2h$$

$$OD = \frac{h}{2} \Rightarrow BD = AO \cdot \frac{S'O}{SO} = r \cdot \frac{1,5h}{h} = 1,5r = \frac{3}{2}r = 0,75r$$

$$EO = AO \cdot \frac{SO}{S'O} = r \cdot \frac{1,5h}{2h} = 0,75r \Rightarrow EB = 0,75r$$

1) EB - неизвестная величина \Rightarrow $S_{\text{пол}} = \pi \left(\left(\frac{3}{2}r \right)^2 - \left(\frac{3}{4}r \right)^2 \right) = \pi \left(\frac{9}{4}r^2 - \frac{9}{16}r^2 \right)$
 $= \pi \left(\frac{27}{16}r^2 \right) = 27\pi \text{ см}^2$

2) $SO = OS' = 1,5h \Rightarrow S''$ - мнимый предмет для $S''' = S$

$$-\frac{1}{S''O} + \frac{1}{S'''O} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{S'''O} = \frac{3}{2h} + \frac{2}{2h} = \frac{5}{2h} \Rightarrow S'''O = 0,4h$$



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!

$$\rightarrow S S''' = 0,6h = h - 0,4h \Rightarrow$$

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

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

$$S I = 2OE = 2 \cdot 1,5r = 3r \Rightarrow S_{\text{и.с}} = \pi (S I^2 - S J^2) = \\ = \pi (9r^2 - \frac{9}{16} r^2) = \pi (\frac{144-9}{16} r^2) = 135\pi \text{ см}^2$$

Ответ: 1) $S_{\text{и.с}} = 27\pi \text{ см}^2$ 2) $S_{\text{и.с}} = 135\pi \text{ см}^2$



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 выжили на $\Delta V \Rightarrow$ р выжили на $\Delta p = -\frac{p_0}{V_0} \Delta V$

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

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

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

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

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

$$\Rightarrow Q = \Delta U + A' = \frac{3}{2} \left(61,44 p_0 V_0 - 60 p_0 V_0 \right) = 216 p_0 V_0$$

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

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

$$A' = \frac{10 \cdot 6}{2} \cdot 4 p_0 V_0 = 32 p_0 V_0 \quad \Delta U = \frac{3}{2} (60 p_0 V_0 - 60 p_0 V_0) \Rightarrow Q_{12}^+ = 32 p_0 V_0$$

$$Q_{01}^+ = 24 p_0 V_0$$

$$A' = 16 p_0 V_0$$

$$Q^+ = 56 p_0 V_0$$

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

$$\begin{array}{r} 6,4 \times \frac{60}{26} \\ \hline 384 \\ 576 \\ \hline 61,44 \end{array}$$

$$V = 10 V_0$$



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

1 2 3 4 5 6 7

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

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

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

$x \leq r = \frac{kQ}{x}$

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

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

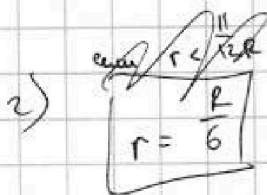
$\frac{d}{dx} \left(\frac{kQ}{x} - \frac{kQ}{x-r} \right) = \frac{1}{2R}$

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

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

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

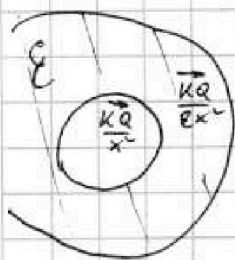
$Q_1 = \frac{(x-r)^2}{x^2} \left(1 - \frac{1}{\epsilon} \right) = \left(1 - \frac{R}{x} + \frac{R^2}{x^2} \right) \left(1 - \frac{1}{\epsilon} \right)$



$\Rightarrow \varphi \left(\frac{R}{\epsilon} \right) = \frac{kQ}{r} + \epsilon \left(\frac{R}{\epsilon} \right)^2 \left(\frac{1}{\epsilon R} - r \right)$

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

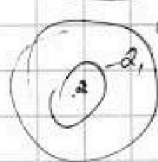
$= \frac{1}{\epsilon_0} \left(\frac{6kQ}{R} + \frac{8kQ}{\epsilon R} \right) = \frac{1}{\epsilon_0} \left(\frac{15kQ}{2R} \right) = \frac{1}{\epsilon_0} \left(\frac{kQ}{R} + \frac{3kQ}{2\epsilon R} \right)$



$\varphi \left(\frac{R}{\epsilon} \right) = \frac{1}{\epsilon_0} \left(\frac{6kQ}{R} + \frac{kQ}{\epsilon R^2} \cdot \frac{1}{2\epsilon} \right) = \frac{1}{\epsilon_0} \left(\frac{6kQ}{R} + \frac{kQ}{8\epsilon} \right)$

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

$\varphi_1 = \dots$
сумма ↓ по Гауссу
и φ суммы



$x < r$

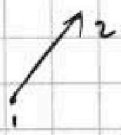
$\frac{kQ}{x}$

$\varphi_1 - \varphi_2 = Ed$

$x > R$

$\frac{kQ}{x}$

мысли $\varphi_1 = \dots$



$\varphi_1 = Ed$
Гauss, φ суммы
момент

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

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

2) $\frac{4}{\epsilon_0} = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{3kQ}{\epsilon R} = 6$

$\frac{4}{\epsilon_0} = \frac{1}{\epsilon_0} \frac{3kQ}{3\epsilon R} = 5$



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!

1) 8

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

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

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

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

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

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

$0,5 \cdot 1,5 = 0,75h$

$S_{\text{лens}} = \pi (1,5r)^2 - \pi \left(\frac{3}{4}r\right)^2$

$= 24\pi \left(\frac{38}{16}r^2 - \frac{9}{16}r^2 \right)$

$= \frac{27}{16} \pi r^2 = 27\pi \text{ см}^2$



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
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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

⑤

$r = 4 \text{ см}$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \left(1 - \frac{1}{r}\right) \frac{1}{F}$$

$r = 20 \text{ см}$

$r = 1 \text{ см}$

$r = 20 \text{ см}$

$\Rightarrow \frac{1}{d} + \frac{1}{f} = 0$

$\Rightarrow f = 20 \text{ см}$



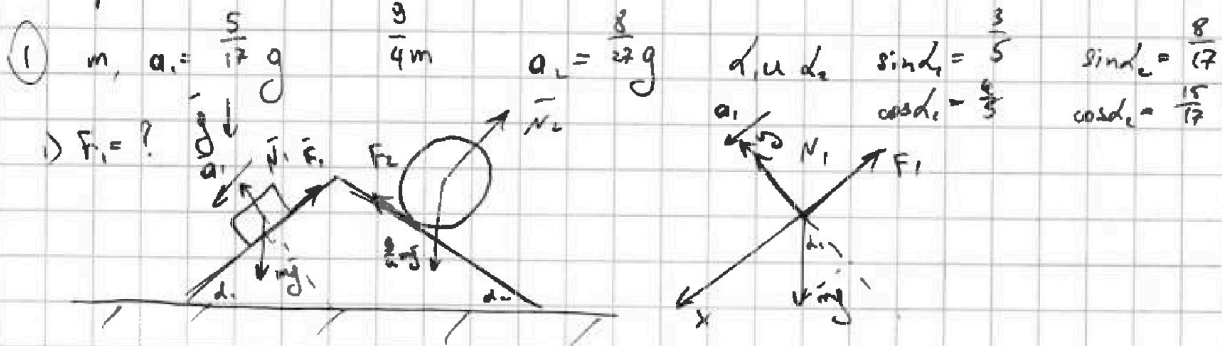
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

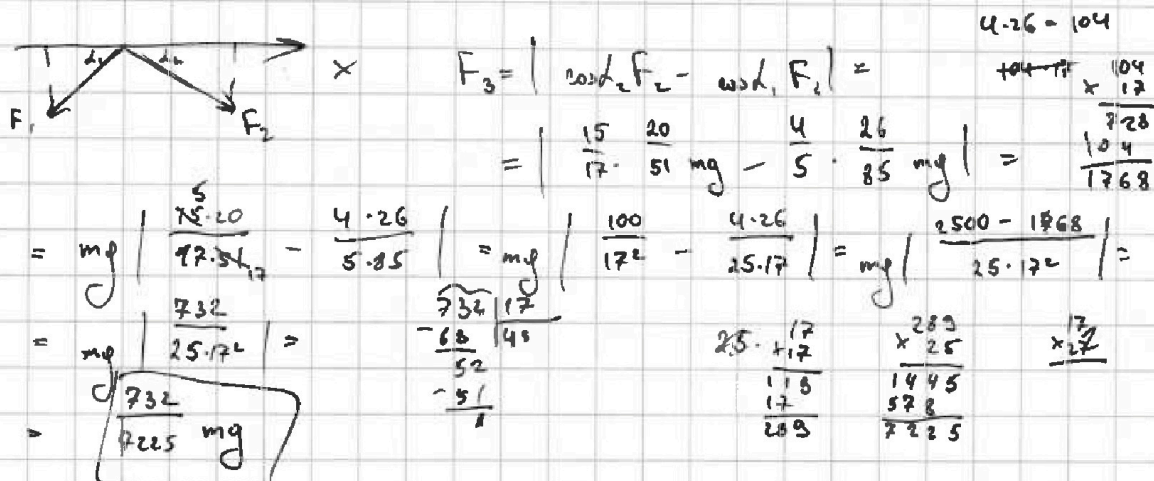
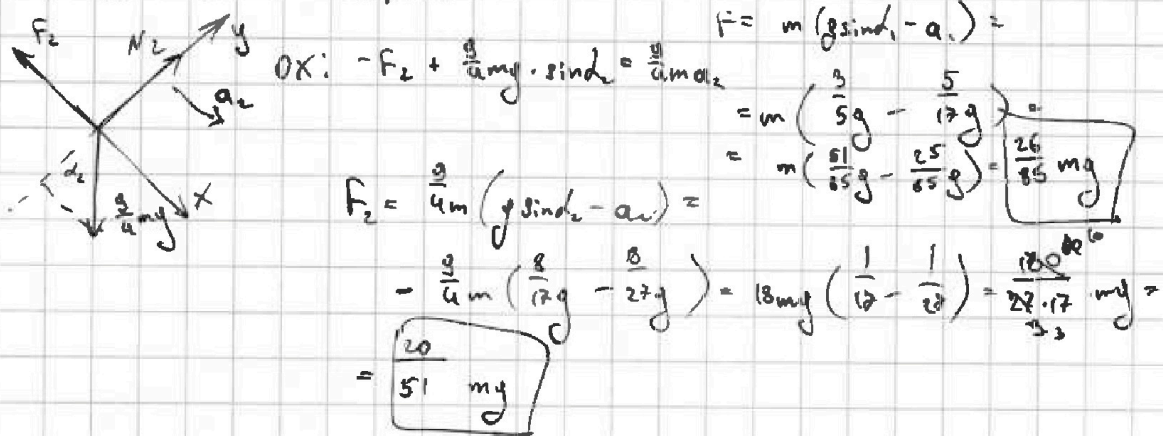
СТРАНИЦА
ИЗ

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!

Черновики:



2) $F_2 = ?$ Аналогично с шарами





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

1) $\frac{dB}{dt} = -d$ ($d > 0$) \Rightarrow direction change $B = -d$

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

$\Phi = NLI$ $\Phi = B \cdot S$

$\mathcal{E}_1 = -L \dot{I} \Rightarrow \dot{I} = \frac{Snd}{L_1} = -\frac{Snd}{L}$

$\mathcal{E}_1 = -\dot{\Phi} = -S_n \dot{B} = Snd$

$\mathcal{E}_1 = -L_0 \dot{I}$

$L_0 = L_1 + L_2$ energy loss

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

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

$\oint B dl = \mu_0 I N$
 $BL = \mu_0 I N$

$B = \mu_0 \frac{N}{l} I$
 $L = \mu_0 \frac{N^2}{l} I$

$\mu_0 \frac{N^2}{l} I = B$
 $n \dot{I} = \dot{\Phi}$

2) $B_1 L_1$ $\Rightarrow \mathcal{E}_1 = -S_n \dot{B}_1$

$B_2 L_2$ $\Rightarrow \mathcal{E}_2 = -S_{n_2} \dot{B}_2$

$\mathcal{E}_1 = -S_n \dot{B}_1$

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

$\frac{S_1}{3\mu_0} + \frac{S_2}{4\mu_0} = \frac{S_{total}}{\mu_0}$

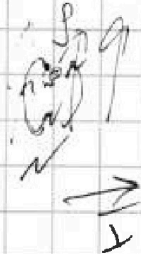
$\mathcal{E} = \mathcal{E}_1 - \mathcal{E}_2$

$\mathcal{E} = -S_n \dot{B}_1 + S_{n_2} \dot{B}_2$

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

$\mathcal{E} = -L \dot{I} \Rightarrow I = \frac{-\mathcal{E}}{L} \Rightarrow I = -\frac{1}{L} \int \mathcal{E} dt$

$= -\frac{1}{L} \int -S_n \dot{B}_1 dt + \frac{S_{n_2}}{L} \int \dot{B}_2 dt$



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!

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

$$\frac{18kQ}{9r} = 6 \varphi_0$$

$$x=2r \quad \text{и} \quad x=4r$$

$$b + \frac{4kQ}{9r} = 5\varphi_0$$

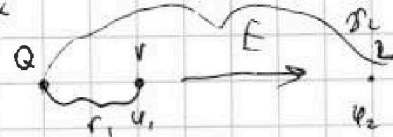
$$\varphi = Ed$$

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

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

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

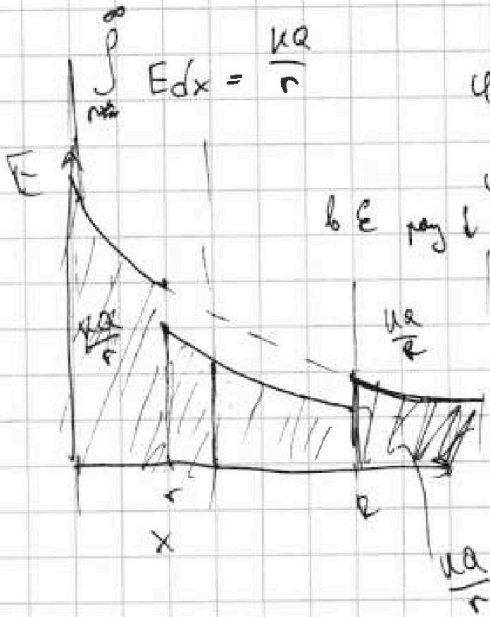
$$r < x < R \quad E = \frac{kQ}{\epsilon x^2}$$



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

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

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{kQ}{r_1} - \frac{kQ}{r_2}$$



$$\int_{r_1}^{r_2} E dx = \frac{kQ}{r}$$

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

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

$b \in \text{рай } b \text{ нем } b \text{ жезе.} \rightarrow \varphi \text{ берем}$

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

$$= \frac{kQ}{R} - \frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{kQ}{\epsilon x} =$$

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

$$\text{в } x = \frac{1}{kR} \quad \frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{kQ}{R} \left(\frac{\epsilon-1}{\epsilon}\right)$$

$$= \frac{12kQ}{11\epsilon R} + \frac{11(\epsilon-1)kQ}{11\epsilon R} = \frac{11\epsilon kQ + kQ}{11\epsilon R} = \frac{kQ(11\epsilon+1)}{11\epsilon R}$$

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

$$\frac{r}{3} \quad \frac{2r}{3}$$

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

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

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

$$\boxed{\epsilon = 2}$$