



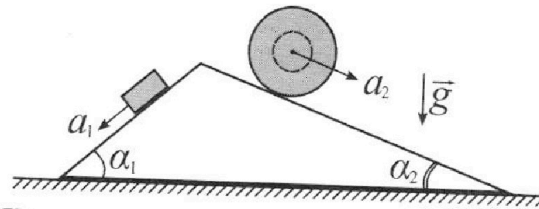
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



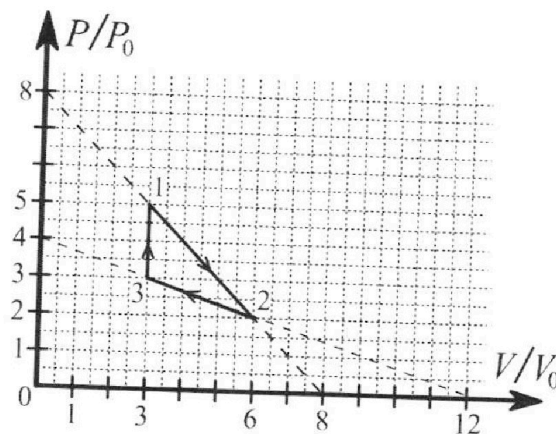
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой m с ускорением $a_1 = 7g/17$ и скатывается без проскальзывания полый шар массой $5m$ с ускорением $a_2 = 8g/25$ (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту α_1 ($\sin \alpha_1 = 3/5$, $\cos \alpha_1 = 4/5$) 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.

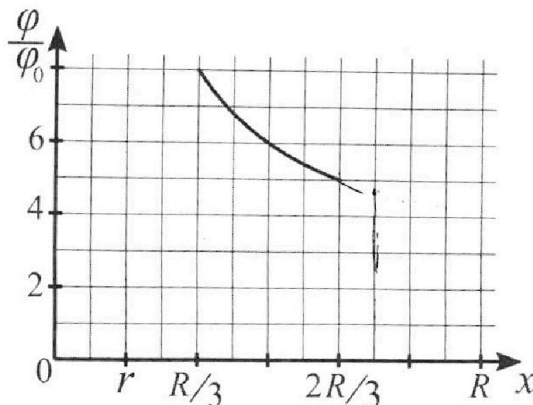
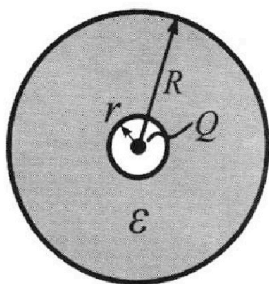


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.

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 $x = 3R/4$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .



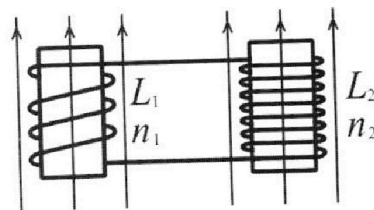
Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

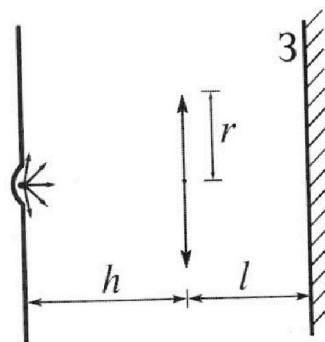


4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 9L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 3n$ помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки S . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. В начале 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 $2B_0/3$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $B_0/3$ до $B_0/12$, 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 $F = 2h$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 2$ см. Справа от линзы на расстоянии $l = h$ 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.



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!

N.I.

$$m$$

$$a_1 = \frac{7g}{17}$$

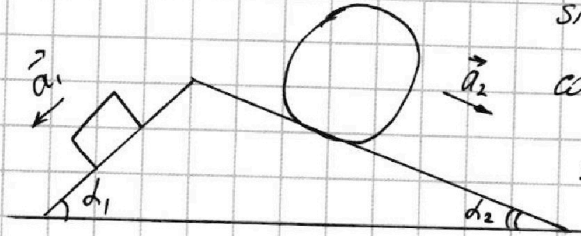
$$5m$$

$$a_2 = \frac{8g}{25}$$

1) F_1 - ?

2) F_2 - ?

3) F_3 - ?



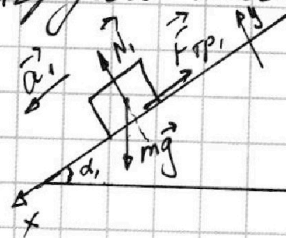
$$\sin \alpha_1 = \frac{3}{5}$$

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

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

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

1) рассмотрим взаимодействие "брусок - клин".



$$F_{p1} = F_1$$

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

$$Oy: N_1 - mg \cos \alpha_1 = 0$$

$$N_1 = mg \cos \alpha_1$$

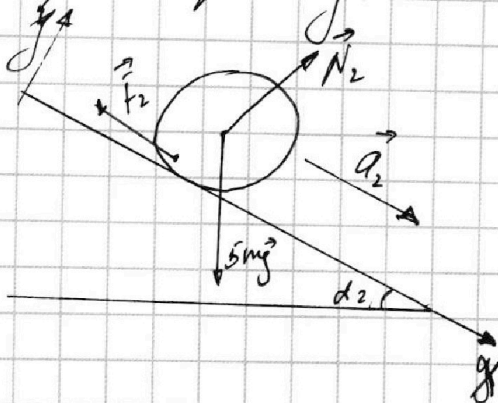
$$Ox: mg \sin \alpha_1 - F_1 = ma_1$$

$$F_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1) =$$

$$= m \left(g \cdot \frac{3}{5} - \frac{7g}{17} \right) = \frac{51 - 35}{85} mg = \frac{16}{85} mg$$

$$F_1 = \frac{16}{85} mg$$

2) рассмотрим взаимодействие "шар - клин".



$$\vec{F}_2 + 5m\vec{g} = 5m\vec{a}_2$$

$$Ox: 5mg \sin \alpha_2 - F_2 = 5ma_2$$

$$F_2 = 5m(g \sin \alpha_2 - a_2) =$$

$$= 5mg \left(\frac{8}{17} - \frac{8}{25} \right) =$$

$$= \frac{64 \cdot 5}{425} mg = \frac{64}{85} mg$$

$$F_2 = \frac{64}{85} mg$$



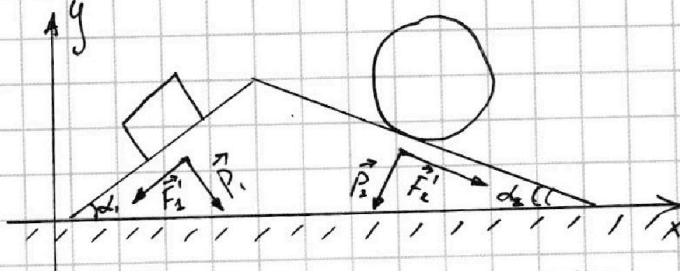
1 2 3 4 5 6 7

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!

Продолжение №1.

3) рассмотрим равновесие "стол-шар"
по условию шар покоится, $a_{шар} = 0$.



P_1, P_2 - вес бруса и шара соотв.
 F_1, F_2 - веса, действ. на шар по III 3-му

закону Ньютона от сил тяжести бруса и шара соотв.

пусть F_{3x} - сила трения, действ. на шар вправо по Ох.

для шара:

$$\vec{F}_1' + \vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{F}_2' + \vec{F}_3 + \vec{N} + M\vec{g} = 0, \quad N - \text{сила реакции опор шара}$$

Mg - сила тяжести шара.

Ох:

$$F_{3x} + F_2' \cos \alpha_2 - F_1' \cos \alpha_1 + P_1 \sin \alpha_1 - P_2 \sin \alpha_2 = 0.$$

$$F_2' = F_2; \quad F_1' = F_1; \quad P_1 = mg \cos \alpha_1; \quad P_2 = 5mg \cos \alpha_2$$

$$F_{3x} = P_2 \sin \alpha_2 - P_1 \sin \alpha_1 + F_1' \cos \alpha_1 - F_2' \cos \alpha_2.$$

$$F_{3x} = 5mg \cos \alpha_2 \sin \alpha_2 - mg \cos \alpha_1 \sin \alpha_1 + \frac{16}{85} mg \cos \alpha_1 - \frac{64}{85} mg \cos \alpha_2$$

$$F_{3x} = mg \left(5 \cdot \frac{120}{289} - \frac{12}{25} \right) + \frac{16}{85} \cdot \frac{4}{5} \cdot mg - \frac{64}{85} \cdot \frac{15}{17} \cdot mg =$$

$$= \frac{5mg \cdot 120}{289} - \frac{12mg}{25} + \frac{16 \cdot 4}{25 \cdot 17} mg - \frac{64 \cdot 15}{5 \cdot 289} mg =$$

$$= mg \left(\frac{5 \cdot 120}{289} - \frac{3 \cdot 64}{289} + \frac{16 \cdot 4}{25 \cdot 17} - \frac{12}{25} \right) = mg \left(\frac{408}{289} + \left(-\frac{140}{25 \cdot 17} \right) \right)$$

$$= \frac{7720}{7225} mg = \frac{1544}{1445} mg$$

Ответ: $F_1 = \frac{16}{85} mg$; $F_2 = \frac{64}{85} mg$; $F_3 = \frac{1544}{1445} mg$.

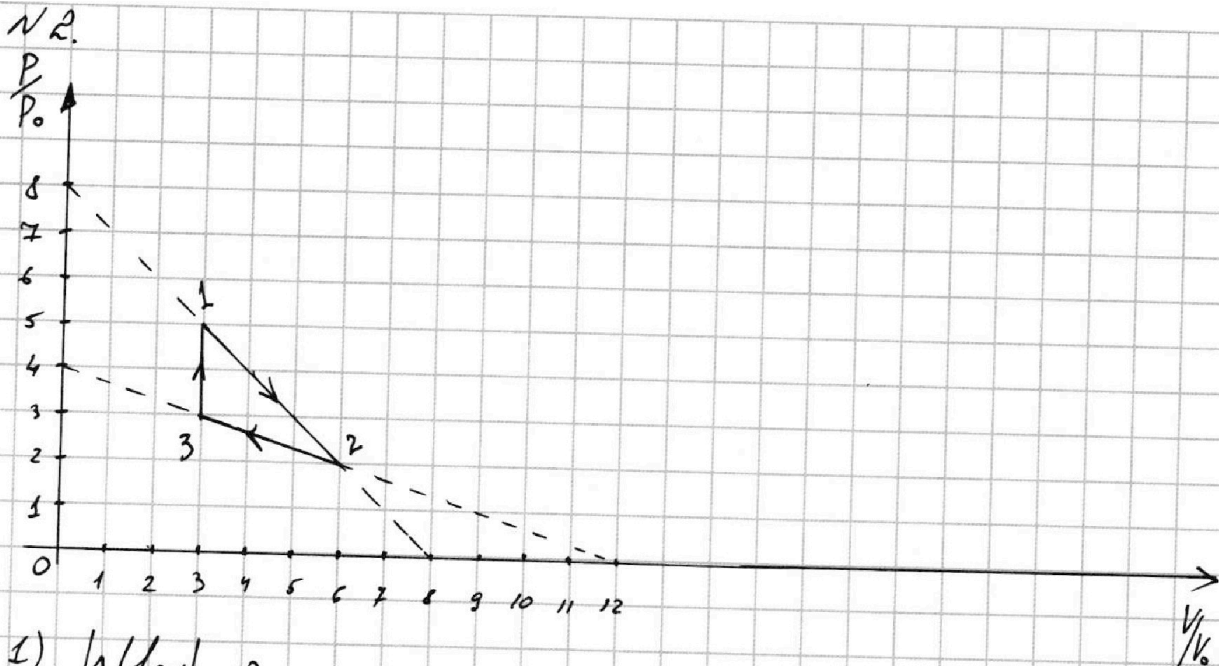


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!



$$1) \mu = \frac{|\Delta U_{3-1}|}{A} = ?$$

$$A = A_{13} + A_{12} + A_{23}; \quad A_{31} = 0. \quad V_{3-1} = \text{const}$$

$$A_{12} = \frac{(2+5)}{2} \cdot 3 p_0 V_0 = \frac{21}{2} p_0 V_0$$

$$A_{23} = -\frac{3+2}{2} \cdot 3 p_0 V_0 = -\frac{15}{2} p_0 V_0$$

$$A = \left(\frac{21}{2} - \frac{15}{2}\right) p_0 V_0 = \frac{6}{2} p_0 V_0 = 3 p_0 V_0$$

$$\begin{aligned} \Delta U_{3-1} &= \frac{3}{2} \nu R \Delta T_{3-1}; \quad \Delta U_{3-1} = \frac{3}{2} \nu R (T_1 - T_3) = \\ &= \frac{3}{2} \nu R \left(\frac{3 \cdot 5 p_0 V_0}{\nu R} - \frac{3 \cdot 3 p_0 V_0}{\nu R} \right) = \frac{3}{2} (15 - 9) p_0 V_0 = \\ &= \frac{3}{2} \cdot 6 p_0 V_0 = 9 p_0 V_0 \end{aligned}$$

$$\mu = \frac{|\Delta U_{3-1}|}{A} = \frac{9 p_0 V_0}{3 p_0 V_0} = 3 \Rightarrow \mu = 3.$$



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!

Продолжение №2.

2) $\frac{T_M}{T_2} = ?$; T_M - максим. темпер. в процессе 1-2.

$$T_2 = \frac{12 p_0 V_0}{\nu R}; \text{ ~~темпер.~~ темпер. газа в 2.$$

ур-ие прями 1-2.

$$\frac{p}{p_0} = \alpha \cdot \frac{V}{V_0} + \beta$$

$$\begin{cases} 8 = \alpha \cdot 0 + \beta \Rightarrow \beta = 8 \\ 0 = \alpha \cdot d + \beta \Rightarrow d = -5 \end{cases} \Rightarrow \frac{p}{p_0} = -\frac{V}{V_0} + 8$$

$$p = \left(-\frac{V}{V_0} + 8\right) p_0$$

$$p \cdot V = \nu R T \Rightarrow T = \frac{pV}{\nu R} \Rightarrow p = \frac{\nu R T}{V}$$

$$\frac{\nu R T}{V} = \left(-\frac{V}{V_0} + 8\right) p_0 \Rightarrow T = \frac{p_0}{\nu R} \left(-\frac{V^2}{V_0} + 8V\right)$$

максим. темпер. будет когда $\frac{dT}{dV} = 0$

$$dT = \frac{p_0}{\nu R} \left(-\frac{2V}{V_0} + 8\right) dV \Rightarrow \frac{dT}{dV} = \frac{p_0}{\nu R} \left(-\frac{2V}{V_0} + 8\right) = 0$$

$$V = 4V_0 \Rightarrow \text{максим.}$$

температ.

будет, когда $V = 4V_0$.

$$T_M = \frac{16 p_0 V_0}{\nu R}$$

$$\frac{T_M}{T_2} = \frac{16 p_0 V_0 \nu R}{\nu R 12 p_0 V_0} = \frac{16}{12} = \frac{4}{3}$$

$$\boxed{\frac{T_M}{T_2} = \frac{4}{3}}$$



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!

Продолжение №2.

3) $\eta = ?$ - КПД

$\eta = \frac{A}{Q_n}$; A - все работа
 Q_n - получ. кол-во теплоты.

$A = 3 p_0 V_0$ (из пункта 1) ($A = 3 p_0 V_0$).

$Q_n = Q_{n1} + Q_{n2}$; Q_{n1} - получ. кол-во теплоты в 1-2.

Q_{n2} - получ. кол-во теплоты в 1-3.

Q_{n1} :

рассмотр. процесс 1-2.

$$\begin{cases} dQ = dA + dU \Rightarrow dQ = p dV + \frac{3}{2} \nu R dT \\ pV = \nu R T \\ dpV + p dV = \nu R dT \Rightarrow \end{cases} \rightarrow dQ = p dV + \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} dpV \quad (1)$$

с 1 до какого-то момента, тело получает тепло, а потом с того момента тело начинает утратить го т. 2.

(из пункта 2): $p = (-\frac{V}{V_0} + 8) p_0$
 $dp = -\frac{dV}{V_0} p_0$

в (1): $dQ = \frac{5}{2} dV (-\frac{V}{V_0} + 8) p_0 - \frac{3}{2} \frac{dV}{V_0} V p_0$

нужно найти объем V' , при котор. $\frac{dQ}{dV} = 0$.

$$\frac{dQ}{dV} = (-\frac{5}{2} \frac{V p_0}{V_0} + \frac{5}{2} \cdot 8 p_0 - \frac{3}{2} \frac{V}{V_0} p_0) = 0$$

$$40 p_0 V_0 = 8 p_0 V \Rightarrow V = V' = 5 V_0 \rightarrow$$

\rightarrow с 1 до $V' = 5 V_0$ - газ получает тепло.

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!

Продолжение NR.

$$Q_{и.1} = \int_{3V_0}^{5V_0} \left(-\frac{5}{2} \frac{p_0}{V_0} V dV + 20 p_0 dV - \frac{3}{2} \frac{p_0}{V_0} dV \cdot V \right)$$

$$= \int_{3V_0}^{5V_0} 20 p_0 dV - \int_{3V_0}^{5V_0} 4 \frac{p_0}{V_0} V dV = 40 p_0 V_0 - 4 \frac{p_0 V_0^2}{V_0 \cdot 2} (25 - 9) =$$

$$= 40 p_0 V_0 - 2 p_0 V_0 \cdot 16 = 8 p_0 V_0$$

$$= 8 p_0 V_0$$

$Q_{и.2} = Q_{и.3}$ (из условия 1) и $U_{и.3} = 9 p_0 V_0$

$$\eta = \frac{A}{Q_{и.2} + Q_{и.1}} = \frac{3 p_0 V_0}{17 p_0 V_0} = \frac{3}{17}$$

Ответ: $\eta = 3 = \frac{|Q_{и.3}|}{A}$

2) $\frac{T_M}{T_2} = \frac{4}{3}$

3) $\eta = \frac{3}{17}$



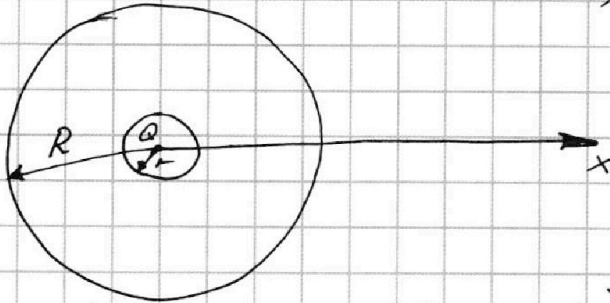
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

N3.



1) от 0 до r: (от 0 до r):

$$E = \frac{hQ}{x^2}$$

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

от r до R: ($r < x < R$):

$$E \cdot 4\pi(x^2 - r^2) = \frac{Q}{\epsilon_0 \epsilon}$$

$$E = \frac{hQ}{\epsilon x^2} \rightarrow d\varphi = -E dx \Rightarrow d\varphi = -\frac{hQ}{\epsilon x^2} dx$$

$$\varphi = \int_r^R \frac{hQ}{\epsilon x^2} dx = \frac{hQ}{\epsilon r} \left(\frac{3}{4} R - r \right)$$

$$\left[\varphi = \frac{hQ}{3\epsilon r R} (3R - 4r) \right]$$

2) ~~при x = 2R/3~~ при $x = \frac{2R}{3}$; $\varphi_1 = \frac{hQ}{\epsilon} \cdot \frac{3}{2R} \cdot \frac{r}{3}$

$$\varphi_1 = \frac{hQ}{2\epsilon R r} (2R - 3r)$$

(из условия $r = \frac{R}{6}$).

$$\varphi_0 = \frac{hQ}{\epsilon R} (x - R) \Rightarrow \varphi_1 = 5\varphi_0; \varphi_1 = \frac{hQ}{2\epsilon R} \left(2 - \frac{1}{6} \right) R =$$

$$= \frac{6 \cdot 3}{4 \cdot \epsilon R} hQ = \frac{9hQ}{2\epsilon R}$$

$$\Rightarrow \varphi_0 = \frac{45}{2} \frac{hQ}{\epsilon R} = \frac{hQ}{\epsilon R} (x - R)$$

$$\frac{45}{2\epsilon} = 1 - \frac{R}{x} \Rightarrow \frac{R}{x} = \frac{2\epsilon - 45}{2\epsilon} \Rightarrow x = \frac{2\epsilon R}{2\epsilon - 45}$$



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!

Продолжение №3.

$$\text{при } x = \frac{R}{3}$$

$$\varphi_2 = \frac{hQ}{\varepsilon r R} \cdot \frac{(R-3r)}{3} = \frac{hQ}{\varepsilon r R} \cdot (R-3r) =$$

$$= \frac{6hQ R}{\varepsilon R^2 \cdot 2} = \frac{3hQ}{\varepsilon R}$$

$$\varphi_2 = 8\varphi_0 \Rightarrow \frac{3hQ}{\varepsilon R} = 8 \cdot \frac{hQ}{2\varepsilon R^2} (2\varepsilon R - 2\varepsilon R + 45R)$$

=

$$\text{Ответ: 1) } \varphi = \frac{hQ}{3\varepsilon r R} (3R - 45)$$



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

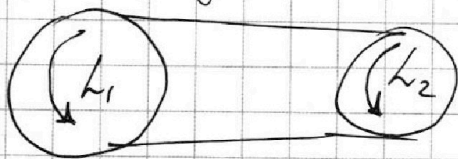
СТРАНИЦА
1 из 1

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!

N4. 1) $\mathcal{E}_{zi} = - \frac{ndB_0 S}{dt} = -d \cdot S n$ - индукция L_1
 $\mathcal{E}_{zi} = - \frac{(L_1 + L_2) dI}{dt} \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{dS \cdot n}{10L}$
 - самоиндукция.

2) $\mathcal{E}_{zi} = - \frac{ndB_1 S}{dt} = \frac{nB_0 S}{3 \cdot t}$ - у первой (L_1) катушки.

$\mathcal{E}_{zi} = - \frac{3ndB_2 S}{dt} = \frac{3nB_0 S}{4t}$ - у второй катушки
 вниз сверху



$\mathcal{E}_{zi} + \mathcal{E}_{zi} = + (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt}$
 $\frac{nB_0 S}{3} + 3 \frac{nB_0 S}{4} = 10L \cdot (I - 0)$

$I = \frac{13 n B_0 S}{120L}$

Ответ: 1) $\frac{dI}{dt} = \frac{dB n}{10L}$,

2) $I = \frac{13 n B_0 S}{120L}$.



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!

N5.

1) $S_3 - ?$

$$F = 2h$$

$$\triangle SAO' \sim \triangle SOZ$$

$$OZ = 2r$$

$$\triangle ABK \sim \triangle ACM$$

$$\frac{BK}{CM} = \frac{h}{2h} \Rightarrow CM = r$$

$$BK = \frac{r}{2} \Rightarrow 2BK = \frac{3}{2}r$$

$$S_3 = S_0 - S \Rightarrow S_0 = 4\sqrt{5}r^2; S = \frac{9}{4}\sqrt{5}r^2$$

$$S_3 = 4\sqrt{5}r^2 - \frac{9}{4}\sqrt{5}r^2 = \frac{7}{4}\sqrt{5}r^2 \Rightarrow S_3 = \frac{7}{4} \cdot 4\sqrt{5}(\text{см}^2) \Rightarrow \boxed{S_3 = 7\sqrt{5}(\text{см}^2)}$$

2) $S_C - ? \Rightarrow S_C = S_2 - S_1; S_2 = 16\sqrt{5}r^2;$

$$S_1 = 9\sqrt{5}r^2 \Rightarrow S_C = 16\sqrt{5}r^2 - 9\sqrt{5}r^2 = 7\sqrt{5}r^2 =$$

$$= 28\sqrt{5}(\text{см}^2)$$

Ответ: 1) $S_3 = 7\sqrt{5}(\text{см}^2)$

2) $S_C = 28\sqrt{5}(\text{см}^2)$



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!

1) S_3 - ?

$F = 2h$

$\triangle ABK \sim \triangle ACM$

$\triangle SAO' \sim \triangle SOZ \Rightarrow$

$\Rightarrow OZ = 2r$

$\frac{BK}{CM} = \frac{l}{2l} ; CM = r$

$BK = \frac{r}{2} \Rightarrow ZB = \frac{3}{2} r^2$

$S_3 = S_0 - S$

$S_0 = 4gr^2 ; S = \frac{9gr^2}{4}$

$S_3 = 4gr^2 - \frac{9gr^2}{4} = \frac{(16-9)gr^2}{4} = \frac{7}{4} gr^2$

$S_3 = \frac{7}{4} \cdot 4gr = 7g \text{ (см}^2\text{)}$

2) S_c - ?

$S_c = S_2 - S_1$

$S_2 = 4^2 gr^2 = 16gr^2$

$S_1 = 36gr^2$

$S_c =$



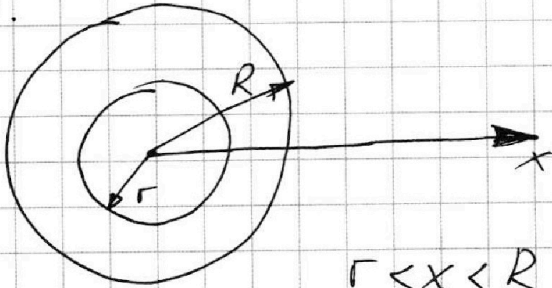
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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.



1) $\varphi = ?$

$r > x > 0$:

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

$r < x < R$:

$$E = 4\pi \epsilon_0 (x^2 - r^2) = \frac{Q}{\epsilon_0 \sigma}$$

$$E = \frac{kQ}{\epsilon_0 (x^2 - r^2)} \Rightarrow d\varphi = -E dx \Rightarrow d\varphi = -\frac{kQ dx}{\epsilon_0 (x^2 - r^2)}$$

$$\varphi = \int_{x+r}^{x-r} \frac{kQ dx}{\epsilon_0 (x^2 - r^2)}$$

$$= \frac{kQ}{2\epsilon_0 r} \left(\ln \frac{x+r}{r} - \ln \frac{x-r}{r} \right) = \frac{kQ}{2\epsilon_0 r} \cdot \ln \frac{x+r}{x-r}$$

$$\varphi = \frac{kQ}{2\epsilon_0 r} \cdot \ln \frac{3R+4r}{3R-4r}$$

$$\left(3R - \frac{2R}{3} \right) = \frac{4}{9}$$

$$\frac{4 \cdot 2}{9 \cdot 9} = \frac{14}{81}$$



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!

$$Q = A + \alpha U$$

$$p dV + \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} dp V = dQ$$

$$\frac{p}{p_0} = \alpha \cdot \frac{1}{V_0} + \beta$$

$$\begin{cases} 5 = \alpha \cdot 3 + \beta \\ 2 = \alpha \cdot 6 + \beta \end{cases} \Rightarrow \ominus$$

$$\begin{aligned} 3 &= -3\alpha \\ \beta &= 8 \end{aligned}$$

$$\frac{p}{p_0} = -\frac{V}{V_0} + 8 \Rightarrow p = \left(-\frac{V}{V_0} + 8\right) p_0$$

$$\frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} dp V = dQ$$

$$-\frac{5}{2} \frac{V}{V_0} dV p_0 + 20 p_0 dV + \frac{3}{2} \frac{p_0 dV}{V_0} V = dQ$$

$$-5 V p_0 + 40 p_0 V_0 - 3 p_0 V = 0$$

$$40 p_0 V_0 = 8 p_0 V \Rightarrow V = 5 V_0$$

$$p V = \nu R T$$

$$\frac{\partial R T}{V} = \left(-\frac{V}{V_0} + 8\right) p_0$$

$$T = \frac{p_0}{\nu R} \left(-\frac{V^2}{V_0} + 8V\right)$$

$$T' = 0 \Rightarrow -\frac{2V}{V_0} + 8 = 0 \Rightarrow V = 4V_0$$

$$\varphi = \frac{hQ}{\epsilon}$$

$$\frac{7p}{3p} \gamma = 5 \cdot p = 5 \cdot \frac{p}{9p} = \dots$$

Handwritten notes on the right side of the page, including a table of partial derivatives and other calculations:

| | |
|---|---|
| $\frac{\partial Q}{\partial V} = \frac{1}{2} p_0$ | $\frac{\partial Q}{\partial p} = \frac{3}{2} V_0$ |
| $\frac{\partial T}{\partial V} = -\frac{2V}{V_0} + 8$ | $\frac{\partial T}{\partial p} = \frac{1}{p_0} \left(-\frac{V}{V_0} + 8\right)$ |



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
__ ИЗ __

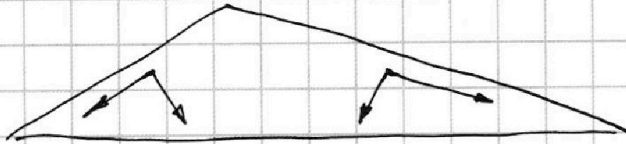
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 5 \\ \hline 85 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 3 \\ \hline 51 \\ \hline 35 \\ \hline 46 \end{array}$$

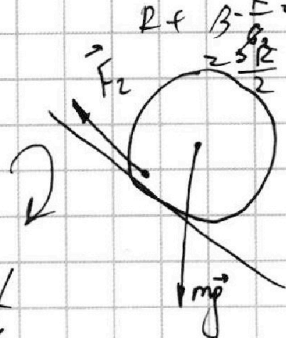
$$\frac{85}{2} = 42.5$$

$$\frac{1}{3} - \frac{1}{12} = \frac{3}{12} = \frac{1}{4}$$



$$\ln \frac{R+3F}{R-3F} = \ln 3$$

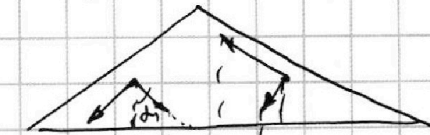
$$\ln \frac{2R+3F}{2R-3F}$$



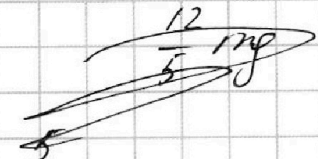
$$3mg \sin \alpha_2 + F_2 \sin \alpha_2 = ma_2$$

$$F_2 = 5 \cdot \frac{8}{17} + \frac{5 \cdot 8}{25}$$

$$= \frac{408}{25}$$



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



$$mg \cdot \frac{12}{25}$$

$$5 \cdot \frac{8}{17} \cdot \frac{15}{17}$$

$$\begin{array}{r} 85 \\ \times 5 \\ \hline 425 \end{array}$$

$$25 - 17 = 8$$

$$\begin{array}{r} 425 \\ - 425 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 15 \\ \times 8 \\ \hline 120 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 17 \\ \hline 119 \\ \hline 289 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 408 \\ - 35 \\ \hline 373 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 69 \\ \times 3 \\ \hline 192 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 120 \\ \times 5 \\ \hline 600 \\ - 192 \\ \hline 408 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 408 \\ - 289 \\ \hline 119 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1544 \\ - 1445 \\ \hline 99 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 10100 \\ - 2380 \\ \hline 7720 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 12 \\ \hline 34 \\ \hline 204 \\ - 64 \\ \hline 140 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 125 \\ \times 25 \\ \hline 3125 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 140 \\ \times 17 \\ \hline 2380 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 4720 \\ \times 5 \\ \hline 23600 \\ + 5194 \\ \hline 28794 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 408 \\ \times 25 \\ \hline 2040 \\ + 816 \\ \hline 10100 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 140 \\ \times 17 \\ \hline 98 \\ + 14 \\ \hline 2380 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1495 \\ + 588 \\ \hline 2083 \\ - 5 \\ \hline 2078 \\ \hline 22 \end{array}$$

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



1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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

$$\frac{3R}{4}$$

$$\frac{3Q}{4} \rightarrow \frac{3Q}{4}$$

$$\frac{2Q}{3}$$

$$2 \frac{R}{3} + \frac{R}{6} = \frac{4R}{6} = \frac{2}{3} R$$

$$\varphi = \frac{hQ}{r^2}$$

$$\frac{R}{6}$$

$$\frac{5R}{6}$$

$$\frac{E}{\epsilon_0} = - \frac{d\varphi}{dr}$$

$$\begin{aligned} \varphi_1 &= \frac{hQ(x_2 - r)}{\epsilon_0 x_1 x_2} \\ &= \frac{hQ \cdot 3 \left(\frac{R}{3} - x \right)}{\epsilon_0 r \cdot R} \\ &= \frac{hQ \cdot (R - 3r)}{\epsilon_0 r \cdot R} \end{aligned}$$

$$E \cdot 4\pi r^2 = \frac{Q \cdot Q}{\epsilon_0}$$

$$E = \frac{hQ}{\epsilon_0 r^2}$$

$$d\varphi = \frac{hQ}{\epsilon_0} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{r_1} \right) = \frac{hQ}{\epsilon_0} \frac{(r_1 - r_2)}{r_1 r_2}$$

$$E = \frac{Q}{4\pi r^2 \epsilon_0} = \frac{hQ}{\epsilon_0^2 - 90 \delta}$$

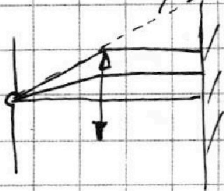
$$\varphi_2 = \frac{hQ}{\epsilon_0 r} \cdot \frac{2R - 3r}{2R}$$

$$\varphi = \frac{hQ}{r^2} - 90 \delta$$

$$\varphi_2 = \frac{2R - 3r}{2(2R - 3r)} = \frac{1}{2}$$

$$E' = \frac{E}{\epsilon_0} = \frac{hQ}{(\epsilon_0^2 - 90 \delta) \epsilon_0}$$

$$-E' d\varphi = d\varphi \Rightarrow d\varphi = \frac{hQ}{\epsilon_0^2 - 90 \delta} \cdot d\delta$$





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!

