



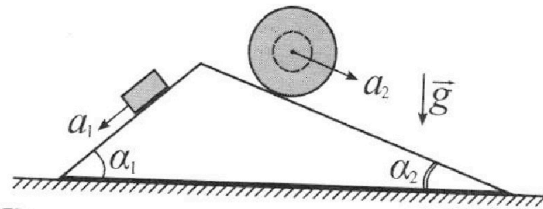
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



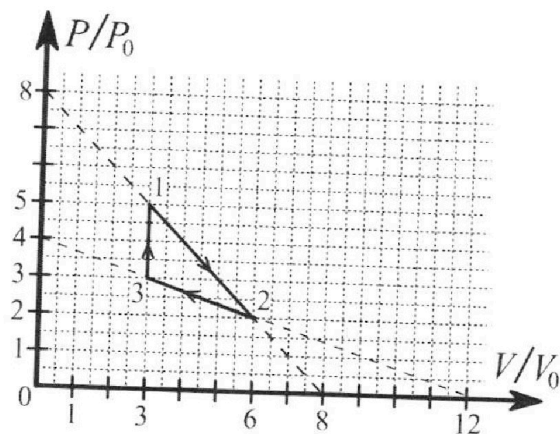
1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 7g/17$  и скатывается без проскальзывания полый шар массой  $5m$  с ускорением  $a_2 = 8g/25$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) и  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 8/17$ ,  $\cos \alpha_2 = 15/17$ ). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.



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

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

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

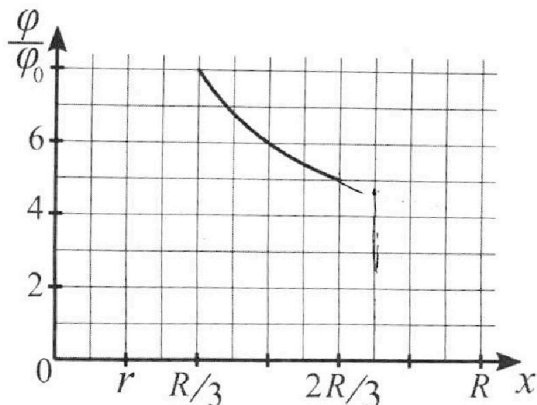
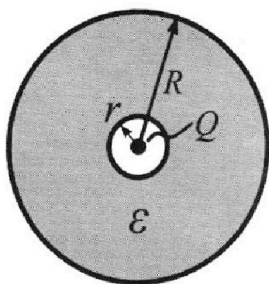


- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  и радиусами поверхностей  $r$  и  $R$  находится шарик с зарядом  $Q$  (см. рис.). Известна графическая зависимость потенциала  $\varphi$  электрического поля внутри диэлектрика от расстояния  $x$  от центра полого шара в интервале изменений  $x$  от  $R/3$  до  $2R/3$  (см. рис.). Здесь  $\varphi_0$  — потенциал в некоторой точке вне шара. Потенциал в бесконечно удаленной точке принят равным нулю.

- 1) Считая известными  $r$ ,  $R$ ,  $Q$ ,  $\epsilon$ , найти аналитическое выражение (в виде формулы) для потенциала внутри диэлектрика при  $x = 3R/4$ .
- 2) Используя график, найти численное значение  $\epsilon$ .



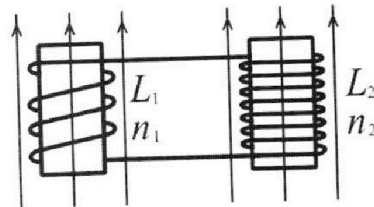
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

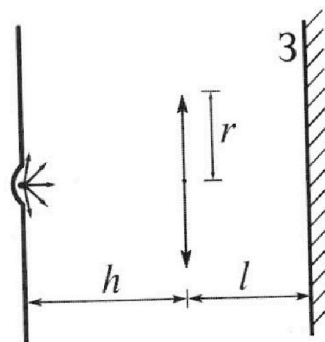


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 9L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 3n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков катушек. Катушки находятся достаточно далеко друг от друга. Омическое сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. 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  $2B_0/3$ , 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  $[см^2]$  в виде  $\gamma\pi$ , где  $\gamma$  - 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.

$$m$$

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

$$5m$$

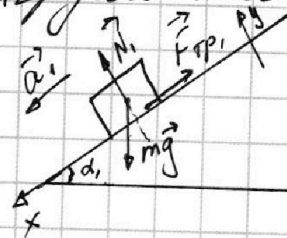
$$a_2 = \frac{8g}{25}$$

1)  $F_1 - ?$

2)  $F_2 - ?$

3)  $F_3 - ?$

1) рассмотрим взаимодействие "брусок - клин".



$$F_{p1} = F_1$$

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

$$oy: N_1 - mg \cos d_1 = 0$$

$$N_1 = mg \cos d_1$$

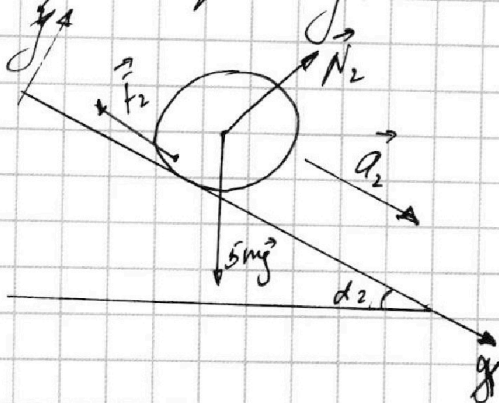
$$ox: mg \sin d_1 - F_1 = ma_1$$

$$F_1 = m(g \sin d_1 - a_1) =$$

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

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

2) рассмотрим взаимодействие "шар - клин".



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

$$ox: 5mg \sin d_2 - F_2 = 5ma_2$$

$$F_2 = 5m(g \sin d_2 - a_2) =$$

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

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

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



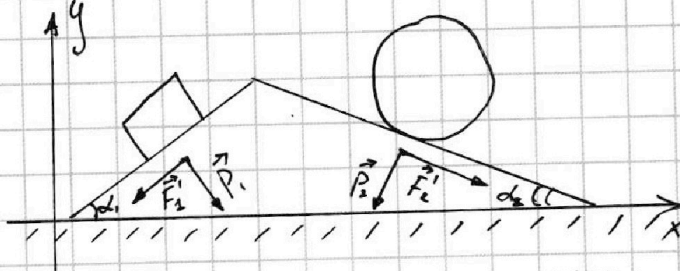
1  2  3  4  5  6  7

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 закону

Ньютона от сил трения 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:  $F_1 = \frac{16}{85} mg$ ;  $F_2 = \frac{64}{85} mg$ ;  $F_3 = \frac{1544}{1445} mg$ .

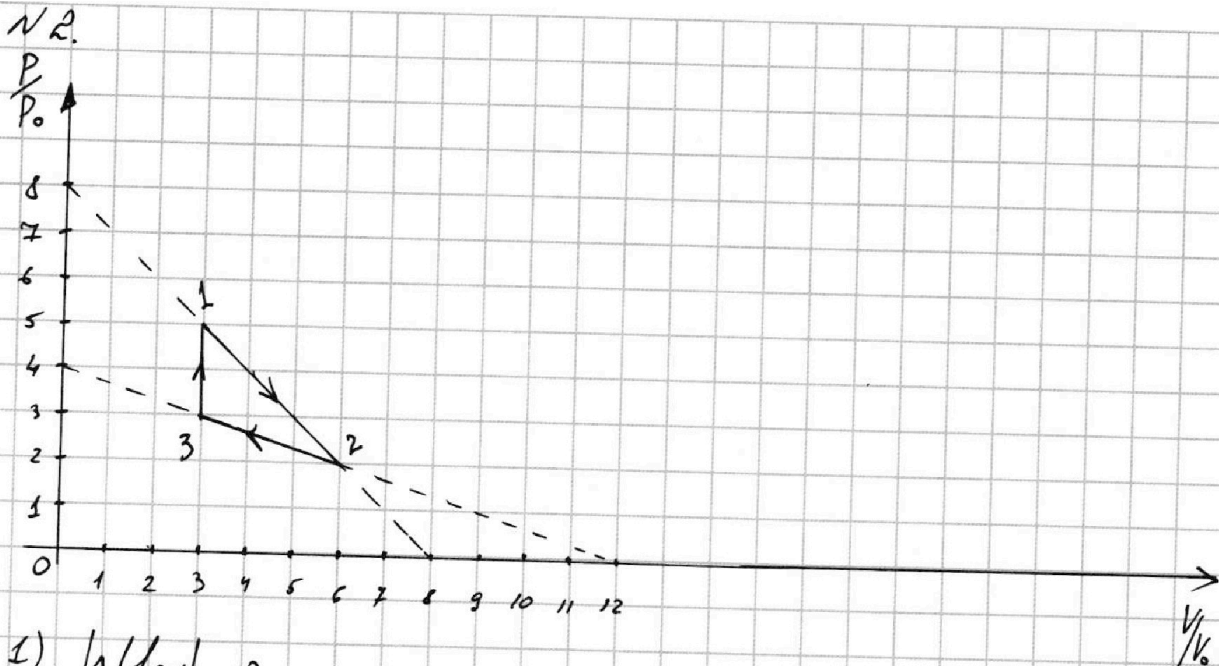


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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 прямой 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 отдавать

т.е.  
(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)  $\eta = \frac{3}{17}$





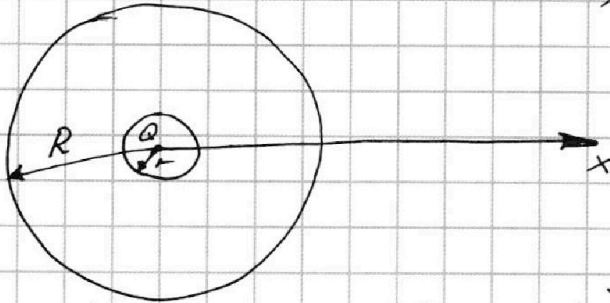
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

N 3.



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  $r = \frac{R}{6}$ ).

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

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

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

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



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

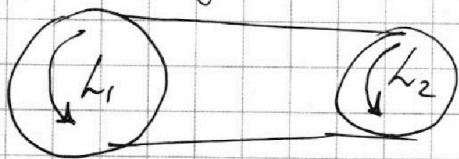
СТРАНИЦА  
1 из 1

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)  $\mathcal{E}_{zi} = - \frac{nd(BS)}{dt} = -d \cdot S n$  - 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 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)  $S_3 - ?$   
 $F = 2h$   
 $\triangle ABK \sim \triangle ACM$   
 $\triangle SAO' \sim \triangle SOZ \Rightarrow$   
 $\Rightarrow OZ = 2r$   
 $\frac{BK}{CM} = \frac{h}{2h} ; CM = r$   
 $BK = \frac{r}{2} \Rightarrow ZB = \frac{3}{2} r^2$

$S_3 = S_0 - S$   
 $S_0 = 4gr^2 ; S = \frac{9gr^2}{4}$   
 $S_3 = 4gr^2 - \frac{9gr^2}{4} = \frac{(16-9)gr^2}{4} = \frac{7}{4} gr^2$   
 $S_3 = \frac{7}{4} \cdot 4gr = 7g \text{ (см}^2\text{)}$

2)  $S_c - ?$   
 $S_c = S_2 - S_1$   
 $S_2 = 4^2 gr^2 = 16gr^2$   
 $S_1 = 36gr^2$   
 $S_c =$



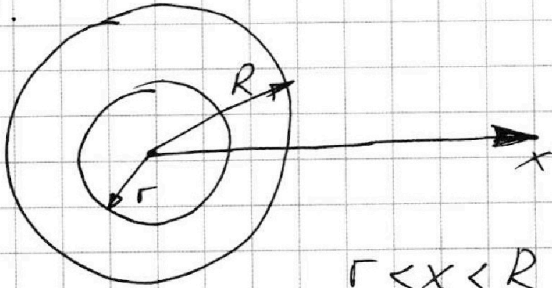
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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)  $\varphi = ?$

$r > x > 0$ :

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

$r < x < R$ :

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

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

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

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

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

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

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



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:

$\frac{\partial Q}{\partial V} = \frac{1}{2} p_0$	$\frac{\partial Q}{\partial p} = \frac{3}{2} V_0$
$\frac{\partial T}{\partial V} = -\frac{2V}{V_0} + 8$	$\frac{\partial T}{\partial p} = \frac{1}{p_0}$



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 \_\_

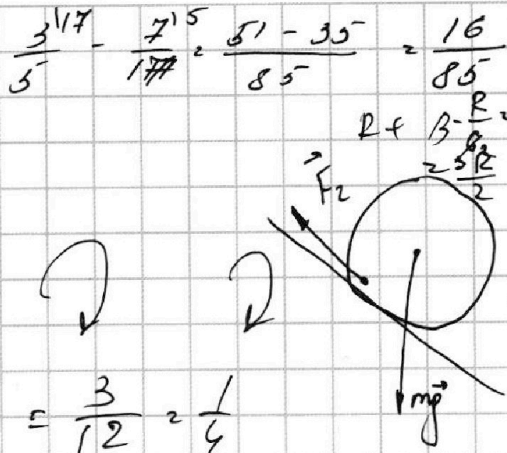
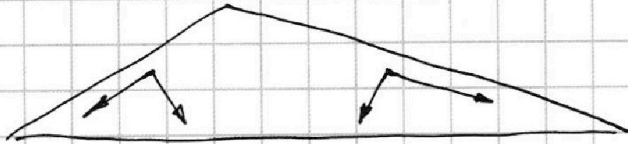
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

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

$$\begin{array}{r} 17 \\ \times 3 \\ \hline 51 \\ \hline 510 \\ \hline 510 \\ \hline 46 \end{array}$$

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

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

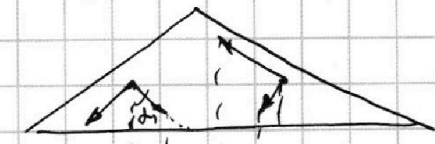


$$\ln \frac{R+3F}{R-3F} = \ln 3$$

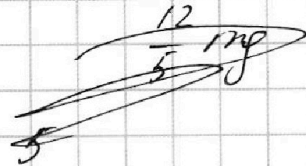
$$\ln \frac{2R+3F}{2R-3F}$$

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

$$F_2 = 5 \cdot \frac{2}{17} + \frac{5 \cdot 2}{25} = \frac{42.5}{25}$$



$$5mg \sin \alpha_2 = \frac{5 \cdot 3}{5} = 3mg$$



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

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

$$\frac{15}{120}$$

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

$$25 - 17 = 8$$

$$\begin{array}{r} 425 \\ \times 5 \\ \hline 2125 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 408 \\ \times 7 \\ \hline 2856 \end{array}$$

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

$$\begin{array}{r} 408 \\ \times 5 \\ \hline 2040 \end{array}$$

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

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

$$\begin{array}{r} 408 \\ \times 7 \\ \hline 2856 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1544 \\ \times 10 \\ \hline 15440 \\ \hline 15440 \end{array}$$

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

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

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

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

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

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

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

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



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!

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

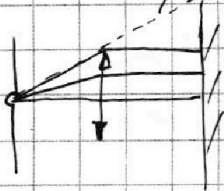
$$\varphi_2 = \frac{hQ}{\epsilon_0 r} \cdot \frac{2R - 3r}{2R}$$

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

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

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

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





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!

N 6.

1) ~~СР-?~~  
~~исходник S~~  
~~находится в~~  
~~на расстоянии~~

$S_1 = h$   
 $h = \frac{2h}{r'} \Rightarrow r' = 2.5$   
 $S_1 = 4.5r^2$

$\frac{3R}{4}$   
 $2R - \frac{R}{2}$   
 $\frac{R}{2}$   
 $\frac{1}{2R}$   
 $h$   
 $l$   
 $S$   
 $F$   
 $\frac{2R}{3}$   
 $2h$   
 $\varphi = 84^\circ$   
 $\varphi = 54^\circ$   
 $r = \frac{R}{6}$   
 $\frac{x}{2r} = \frac{h}{2h}$   
 $x = r$   
 $\varphi = 0^\circ$   
 $3R - \frac{2}{3}R = \frac{7}{3}R = \frac{2}{R^2}$   
 $\varphi = \frac{hR}{6R} = \frac{19}{3}$  ;  $R = 2$