



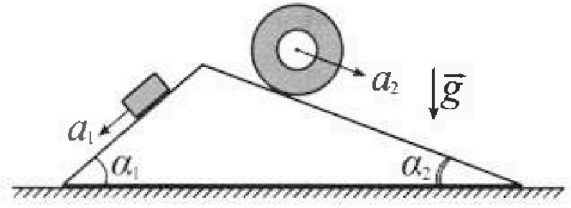
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-01



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брусок массой  $m$  с ускорением  $a_1 = 5g/13$  и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой  $4m$  с ускорением  $a_2 = 5g/24$  (см. рис.). Клин остается в покое. Углы наклона поверхностей клина к горизонту  $\alpha_1$  ( $\sin \alpha_1 = 3/5$ ,  $\cos \alpha_1 = 4/5$ ) и  $\alpha_2$  ( $\sin \alpha_2 = 5/13$ ,  $\cos \alpha_2 = 12/13$ ). Направления всех движений лежат в одной вертикальной плоскости.

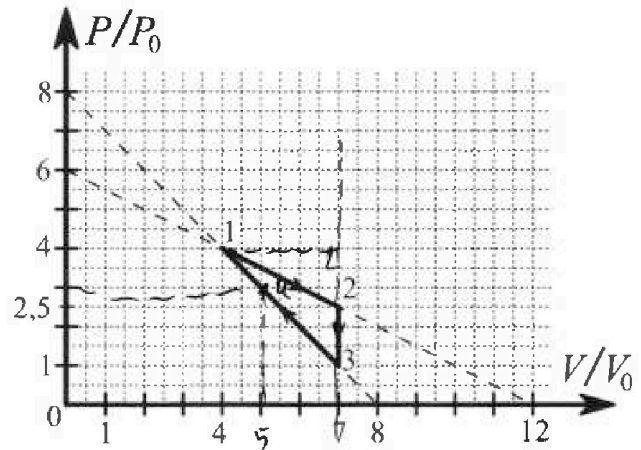


- 1) Найти силу трения  $F_1$  между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения  $F_2$  между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения  $F_3$  между столом и клином.

Каждый ответ выразить через  $m$  и  $g$  с ч 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.

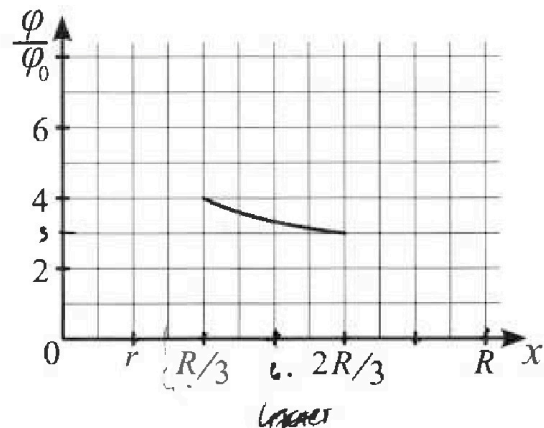
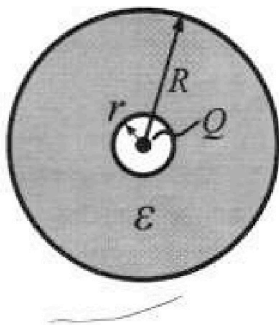
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



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



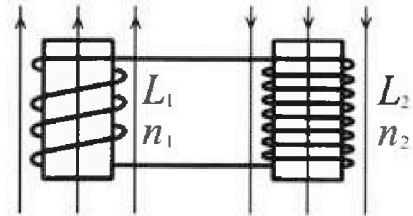
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2024

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

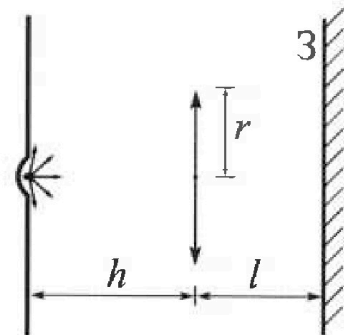


4. Две катушки с индуктивностями  $L_1 = L$  и  $L_2 = 4L$  и числами витков  $n_1 = n$  и  $n_2 = 2n$  помещены во внешние однородные магнитные поля с постоянными во времени индукциями (см. рис.). Площадь витка каждой катушки  $S$ . Индукции внешних полей направлены перпендикулярно плоскостям витков 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) нач нет изменяться ток в катушках, если в катушке с индуктивностью  $L_1$  индукция внешнего поля начнет возрастать со скоростью  $\Delta B / \Delta t = \alpha (\alpha > 0)$ , а во второй катушке внешнее поле останется неизменным?
- 2) За некоторое время индукция внешнего поля в катушке с индуктивностью  $L_1$  уменьшилась от  $B_0$  до  $B_0/2$ , не изменив направления, а в катушке с индуктивностью  $L_2$  индукция внешнего поля уменьшилась от  $2B_0$  до  $2B_0/3$ , 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  $F = h/2$ . Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы  $r = 3$  см. Справа от линзы на расстоянии  $l = 2h/3$  расположено параллельно стене плоское зеркало 3. Считать, что свет, идущий мимо линзы, проходит плоскость линзы беспрепятственно. Размеры стены и зеркала намного больше размеров линзы.



- 1) Найдите площадь неосвещённой части зеркала.
- 2) Найдите площадь неосвещённой части стены.

Ответы дайте в  $[\text{см}^2]$  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 25

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:

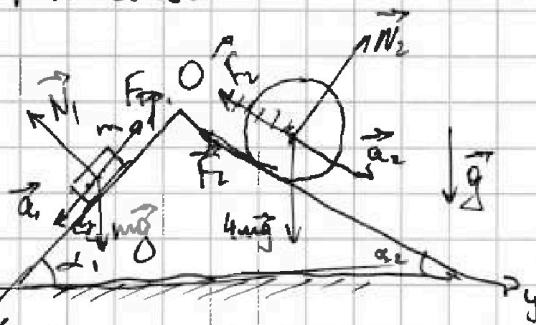
$$a_2 = \frac{5g}{24}$$

$$a_1 = \frac{5g}{13}$$

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

$$\sin \alpha_2 = \frac{5}{13}$$

Решение:



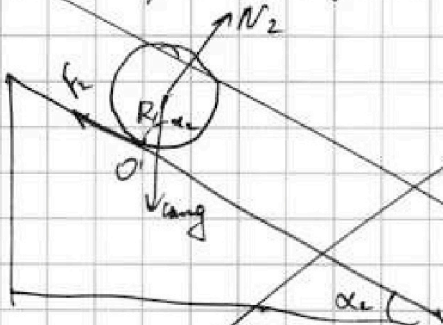
1) По 2-ому закону Ньютона:

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

$$F_1 = mg \cdot \frac{3}{5} - \frac{5mg}{13} = \frac{3mg}{5} - \frac{5mg}{13} = \frac{3 \cdot 13mg}{65} - \frac{25mg}{65} =$$

$$= \frac{(39-25)mg}{65} = \frac{14}{65} mg$$

2) Рассмотрим движение колес цилиндра



Угол Угловое ускорение при повороте от точки O

$$J\beta = 4mgR \sin \alpha_2$$

$$J = 4mR^2$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{4mgR \sin \alpha_2}{4mR^2} = \frac{g \sin \alpha_2}{R}$$

$$a_2 = \beta \cdot R = g \sin \alpha_2$$





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

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 26

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!

По 2-закону Ньютона.

~~$4ma_2 =$~~

2) Рассмотрим шарик цилиндр.



Пусть цилиндр скользит  
не проскальзывает.

П.к. цилиндр имеет, то его кин. энергия  
это  $\frac{1}{2}mv^2$

Погда по теореме об изменении кин. энергии

$$4m(v+dv)^2 - 4mv^2 = \text{изм. кин. энерг.}$$

$$4m(v^2 + 2vdv) - 4mv^2 = -F_2 dx + 4mg dx \sin(\frac{\pi}{2} - \alpha_2)$$

$$8mvdv = -F_2 dx + 4mg dx \sin \alpha_2$$

$$dx = v dt$$

$$8m v dv = -F_2 \cdot v \cdot dt + 4mg \cdot v \cdot dt \sin \alpha_2 \quad | : dt$$

$$8m \frac{dv}{dt} = -F_2 + 4mg \sin \alpha_2$$

$$8ma_2 = -F_2 + 4mg \sin \alpha_2$$

$$\Rightarrow F_2 = 4mg \sin \alpha_2 - 8ma_2$$

$$F_2 = 4mg \cdot \frac{5}{13} - 8m \cdot \frac{5g}{24} = \frac{20mg}{13} - \frac{40mg}{24}$$

$$= \frac{480mg - 520mg}{13 \cdot 24} = -\frac{40mg}{13 \cdot 24} = -\frac{10mg}{13 \cdot 6} = -\frac{5mg}{13 \cdot 3}$$





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.

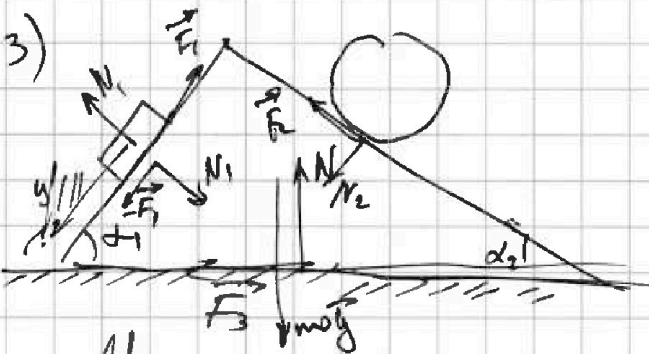
1	2	3	4	5	6	7
<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

СТРАНИЦА  
3 ИЗ 25

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!

т.к. сила получилась отрицательной значит она просто направлена в другую сторону, т.е. противоположна с направлением  $\alpha_1$ .

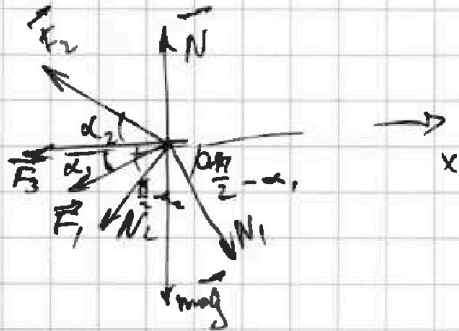
$$F_2 = \frac{5mg}{3g}$$



т.к. клин неподвижен,  
то  $\sum \vec{F}_i = 0$

то - масса клина.

Условие:



Заменим равенствам  
на  $O''x$ :

$$F_2 \cos \alpha_2 + F_1 \cos \alpha_1 + F_3 + N_2 \sin \alpha_2 = N_1 \cos(\frac{\pi}{2} - \alpha_1)$$

$$F_2 \cos \alpha_2 + F_1 \cos \alpha_1 + F_3 + N_2 \sin \alpha_2 = N_1 \sin \alpha_1$$

$$N_2 = N_1 = mg \cos \alpha_1 \text{ - т.к. тело } m \text{ вдоль оси не сдвигается}$$

Аналогично

$$N_2 = 4mg \cos \alpha_2$$



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  
5 ИЗ 25

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

$$F_2 \cos \alpha_2 + F_1 \cos \alpha_1 = F_3 + 4mg \sin \alpha_2 \cos \alpha_2 = mg \sin \alpha_1 \cos \alpha_1$$

$$\frac{5mg}{39} \cdot \frac{12}{13} + \frac{14}{65} mg \cdot \frac{4}{5} + F_3 + 4mg \cdot \frac{12 \cdot 5}{13^2} =$$

$$= mg \frac{12}{25} \Rightarrow \frac{mg}{13} \left( \frac{60}{39} + \frac{56}{25} + \frac{240}{13} \right) + F_3 = mg \frac{12}{25}$$

$$\frac{mg}{13} \left( \frac{60}{39} + \frac{14 \cdot 4}{5 \cdot 5} + \frac{4 \cdot 12 \cdot 5}{13} \right) + F_3 = mg \frac{12}{25}$$

$$\frac{mg}{13} \left( \frac{20}{13} + \frac{56}{25} + \frac{240}{13} \right) + F_3 = \frac{12mg}{25}$$

$$\frac{mg}{13} \left( \frac{260}{13} + \frac{56}{25} \right) - \frac{12mg}{25} = -F_3$$

$$\frac{mg}{13} \left( \frac{6500 + 220}{25 \cdot 13} \right) - \frac{12mg}{25} = -F_3$$

$$\frac{mg}{13} \cdot \frac{556}{25} - \frac{12mg}{25} = -F_3$$

$$\frac{mg \cdot 556 - 156mg}{13 \cdot 25} = -F_3$$

$$\frac{400mg}{25 \cdot 13} = -F_3$$

$$\frac{16}{13} mg = -F_3 \Rightarrow F_3 = -\frac{16}{13} mg \Rightarrow \text{сила направлена}$$

вправо, а не влево и  $F_3 = \frac{16}{13} mg$

Ответ: 1)  $\frac{14}{65} mg$  2)  $\frac{5mg}{39}$   
3)  $\frac{16}{13} mg$



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  
6 ИЗ 25

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!

N2.

Дано:

$\nu = 3$  -  
кратное  
степени  
свободы

Решение:

1) Точка 2 (7; 35)

$T_1$  - максимальная

Точка 3 (7; 1)

температура в процессе

Точка 1 (4; 4)

$1 \rightarrow 2$ .

1)  $|\Delta U_{23}|$  ?

2)  $\frac{A_{Температура}}{T_1}$  ?

3)  $\eta$  - ?

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} (p_3 V_3 - p_2 V_2); \quad p_2 = \frac{5}{2} p_0$$

$$V_2 = 7 V_0$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \left( 7 p_0 V_0 - \frac{35}{2} p_0 V_0 \right)$$

$$p_3 = p_0$$

$$\Delta U_{23} = \frac{3}{2} \left( \frac{(14 - 35) p_0 V_0}{2} \right)$$

$$V_3 = 4 V_0$$

$$= \frac{3}{2} \left( -\frac{21}{2} p_0 V_0 \right) = -\frac{63}{4} p_0 V_0$$

$A$  - работа газа, численно равна площади  $p$ - $V$  диаграммы  $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3$ , помноженная на  $p_0 V_0$

$$A = \frac{1}{2} (7 - 4) (3,5 - 1) p_0 V_0 = \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot \frac{3}{2} = \frac{9}{4} p_0 V_0$$

$$\frac{|\Delta U_{23}|}{A} = \frac{\frac{63}{4} p_0 V_0}{\frac{9}{4} p_0 V_0} = 7.$$

$\eta$  - По уравнению Менделеева-Клапейрона





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 25

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!

чр.  $4V_0 = 2RT_1$ ; 2-кон-во газа.

$6p_0V_0 = 2RT_1$   
Запишем уравнение  $p(V)$  для процесса  $1 \rightarrow 2$ .

процесс  $1 \rightarrow 2$  - прямая:  $\Rightarrow p(V) = aV + b$ .

$b = 6p_0$  - из графика.

~~$p(V)$~~

$$p(2V_0) = 0 \Rightarrow a \cdot 2V_0 + 6p_0 = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = -\frac{p_0}{2V_0}$$

$$\Rightarrow p(V) = -\frac{p_0}{2V_0} \cdot V + 6p_0$$

$$p(V) \cdot V = 2RT \Rightarrow T = \frac{p(V) \cdot V}{2R} \Rightarrow T_{\text{max}} = T', \text{ когда } p(V) \cdot V$$

-max

$$T = \frac{-\frac{p_0}{2V_0} \cdot V^2 + 6p_0V}{2R} \Rightarrow 2RT = -\frac{p_0V^2}{2V_0} + 6p_0V - \text{это парабола}$$

ее вершина вниз.

ее максимум достигается  $V_B = -\frac{6p_0}{2 \cdot -\frac{p_0}{2V_0}} =$

$-6V_0$ .

$$\Rightarrow 2RT' = -\frac{p_0}{2V_0} \cdot 36V_0^2 + 6p_0 \cdot 6V_0$$

$$\Rightarrow 2RT' = -18p_0V_0 + 36p_0V_0 = 18p_0V_0 \rightarrow$$



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  
8 ИЗ 25

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!

$$\begin{aligned} \nu R T' &= 18 p_0 V_0 \\ \nu R T_1 &= 16 p_0 V_0 \end{aligned} \Rightarrow \frac{T'}{T_1} = \frac{18 p_0 V_0}{16 p_0 V_0} = \frac{18}{16} = \frac{9}{8}$$

3) В процессе  $2 \rightarrow 3$  газ отдаёт тепло, а в процессах  $1 \rightarrow 2$  и  $3 \rightarrow 1$  на каких-то участках получает газом отдаёт

По первому началу Термодинамики

$$dQ = dU + dA, \text{ и это } dQ > 0 \text{ (может быть), тогда газ получает тепло.}$$

Рассмотрим процесс  $1 \rightarrow 2$ .

$$dQ = \frac{3}{2} \nu R dT + p dV$$

по Менделеева-Клапейрона

$$pV = \nu R T, \text{ про дифференцируем это уравн}$$

$$p dV + V dp = \nu R dT$$

$$\Rightarrow dQ = \frac{3}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp + p dV = \frac{5}{2} p dV + \frac{3}{2} V dp > 0$$

$$5p dV + 3V dp > 0 \quad | : dV > 0$$

$$5p + 3V \frac{dp}{dV} > 0$$



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  
9 ИЗ 25

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!

$$5\left(6p_0 - \frac{p_0 V}{2V_0}\right) + 3V - \frac{p_0}{2V_0} > 0$$

~~$$5\left(30p_0 - \frac{5p_0 V}{2V_0} + \frac{6p_0 V}{2V_0}\right)$$~~

$$30p_0 - \frac{5p_0 V}{2V_0} - \frac{3p_0 V}{2V_0} > 0$$

$$30p_0 - \frac{4p_0 V}{V_0} > 0 \quad | : 2p_0$$

$$15 - \frac{2V}{V_0} > 0 \Rightarrow \frac{2V}{V_0} < 15$$

$$V < \frac{15V_0}{2}$$

$V < 7,5V_0 \Rightarrow$  газ на всем участке  $1 \rightarrow 2$   
нагревается, т.к.  $7V_0 < 7,5V_0$

$$Q_{12} = \Delta U_{12} + A_{12} = \frac{3}{2} \left( \frac{35p_0 V_0}{2} - 16p_0 V_0 \right) = \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{2} p_0 V_0$$
$$= \frac{9}{4} p_0 V_0$$

Уравнение p(V) для процесса  $1 \rightarrow 2$

$$b = 8p_0$$

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

Аналогично

$$dQ = 5p + 3V \frac{dp}{dV} > 0$$





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  
10 ИЗ 25

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!

$$5 \left( -\frac{p_0}{v_0} V + 8p_0 \right) + 3V \cdot \left( -\frac{p_0}{v_0} \right) > 0$$

$$40p_0 - \frac{5p_0V}{v_0} - \frac{3Vp_0}{v_0} > 0$$

$$40p_0 - \frac{8Vp_0}{v_0} > 0 \quad | : 8p_0$$

$$5 - \frac{V}{v_0} > 0$$

$$\frac{V}{v_0} < 5$$

$$V < 5v_0$$

$$\text{или } 5v_0 \quad p = 3p_0$$

$$Q_{13}^+ = \frac{3}{2} (16p_0v_0 - 15p_0v_0) - \frac{1}{2} (v_0)(7p_0)$$

на сепаративе

$$dQ = 5p dV + 3V dp > 0 \quad | : dV < 0, \text{ т.е. } \text{раз неумерен}$$

$$5p + 3V \frac{dp}{dV} < 0$$

$$5 \left( -\frac{p_0}{v_0} V + 8p_0 \right) + 3V \cdot \left( -\frac{p_0}{v_0} \right) < 0$$

$$40p_0 - \frac{5p_0V}{v_0} < 0 \quad | : 8p_0$$

$$V > 5v_0 \quad \text{точка с координатами } 5v_0; 3p_0$$

$$Q_{31}^+ = \Delta U_{31} + A_{31}$$

$$Q_{31}^+ = Q_{34} = \Delta U_{34} + A_{34} = \frac{3}{2} (15p_0v_0 - 7p_0v_0) - \frac{1}{2} 2v_0 \cdot (3p_0 + p_0)$$



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  
11 из 25

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!

$$Q_{34} = +12\rho_0 V_0 - 4\rho_0 V_0 = 8\rho_0 V_0$$

$$\eta = \frac{A}{Q_{34} + Q_{12}} = \frac{\frac{9}{4}\rho_0 V_0}{\frac{9}{4}\rho_0 V_0 + 8\rho_0 V_0} = \frac{\frac{9}{4}}{\frac{9}{4} + 8} = \frac{9}{9 + 32} = \frac{9}{41}$$

Ответ: 3)  $\eta = \frac{9}{41}$  1) 7 2)  ~~$\frac{9}{8}$~~

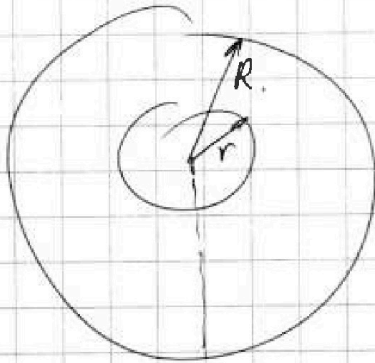


1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
15 ИЗ 25

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) Потенциал сферы

наружу шара

$$\varphi(x) = \frac{kQ}{x}, \quad x > R.$$

Потенциал внутри шара

вдоль диаметра

$$\varphi(x) = - \int_{\infty}^R \frac{kQ}{x^2} dx - \int_R^x \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx = -kQ \left( -\frac{1}{R} + \frac{1}{x} \right)$$

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

$$\varphi\left(\frac{R}{\epsilon}\right) = \frac{kQ}{R} + \frac{4kQ}{\epsilon R} - \frac{kQ}{\epsilon R} = \frac{kQ}{R} + \frac{3kQ}{\epsilon R}$$

$$= \frac{kQ}{R} \left( \frac{\epsilon+3}{\epsilon} \right); \text{ т.к. } R \text{ и } \frac{R}{\epsilon} - \text{из графика, а } \frac{R}{\epsilon} > \frac{R}{6}.$$

$$2) 4\varphi_0 = \varphi\left(\frac{R}{3}\right) = \frac{kQ}{R} + \frac{3kQ}{\epsilon R} - \frac{kQ}{\epsilon R} = \frac{kQ}{R} + \frac{2kQ}{\epsilon R}$$

$$= \frac{kQ}{R} \left( \frac{\epsilon+2}{\epsilon} \right) \Rightarrow \varphi_0 = \frac{kQ}{4R} \left( \frac{\epsilon+2}{\epsilon} \right)$$

$$3\varphi_0 = \varphi\left(\frac{2R}{3}\right) = \frac{kQ}{R} - \frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{3kQ}{2\epsilon R} = \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{2\epsilon R}$$

$$\frac{kQ}{R} \left( \frac{2\epsilon+1}{2\epsilon} \right) \Rightarrow \varphi_0 = \frac{kQ}{3R} \left( \frac{2\epsilon+1}{2\epsilon} \right)$$





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  
16 ИЗ 25

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!

$$\Rightarrow \frac{\cancel{KQ}}{3R} \left( \frac{2E+1}{2E} \right) = \frac{\cancel{KQ}}{4R} \left( \frac{E+2}{E} \right)$$

$$\begin{aligned} \text{Числитель} &= \frac{R}{3} \\ \text{Денominator} &= \frac{R}{12} \\ r &= \frac{R}{6} \end{aligned}$$

$$\frac{2E+1}{6} = \frac{E+2}{4} \Rightarrow 8E+4 = 6E+12 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 2E = 8 \Rightarrow (E=4)$$

Ответ: 1)  $\varphi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{\cancel{KQ}}{R} \left( \frac{E+3}{E} \right)$  2)  $E=4$

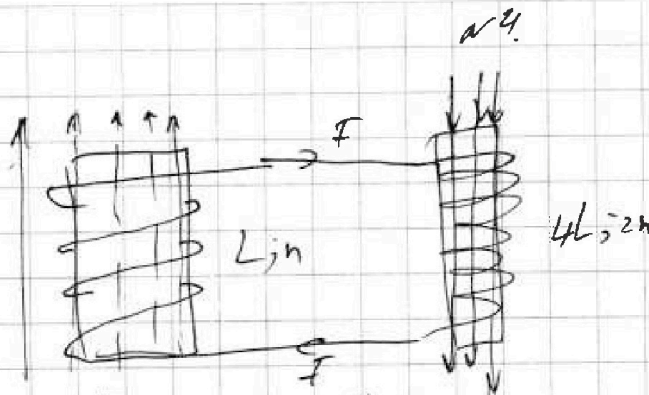
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
- 17 из 25

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!



Дано:

$$\frac{\Delta B}{\Delta t} = \alpha > 0$$

По закону Фарадея:

$$1) \Phi' = \mathcal{E}_c = n \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = n \frac{\Delta (n B S)}{\Delta t} = n \frac{n S \Delta B}{\Delta t} = n^2 S \alpha$$

$\Delta B$

$$\Phi = L I_0 \Rightarrow \Phi' = L I_0'$$

$$\Rightarrow L I_0' = n^2 S \alpha \Rightarrow \boxed{I_0' = \frac{n^2 S \alpha}{L}}$$

2) П.и. на проводках на катушках равен в любой момент, т.е.:

$$\frac{\Delta \Phi_1}{\Delta t} = \frac{\Delta \Phi_2}{\Delta t} \Rightarrow \alpha \Phi_1 = \alpha \Phi_2 \Rightarrow \frac{B_0}{2} (1) \cdot S$$

$$\frac{B_0}{2} \cdot n S - B_0 n S = \frac{2 B_0}{3} \cdot 4n \cdot S - \frac{B_0}{2} \cdot 4n \cdot S$$

$$\frac{B_0 n S}{2} = \frac{8}{3} B_0 n S - 8 B_0 n S$$





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  
18 ИЗ 25

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!

~~$\frac{d\Phi_1}{dt} = \frac{d\Phi_2}{dt} \Rightarrow d\Phi_1 = d\Phi_2 \Rightarrow \Delta\Phi_1 = \Delta\Phi_2$~~

$$\frac{d\Phi_1}{dt} = \frac{d\Phi_2}{dt} \Rightarrow d\Phi_1 = d\Phi_2 \Rightarrow \Delta\Phi_1 = \Delta\Phi_2$$



$$\frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} = \frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t}$$

$$\Delta\Phi_1 = \Delta\Phi_{11}^{in} + \Delta\Phi_1^{out} \quad ; \quad \Delta\Phi_2^{in} - \text{поток создаваемого токми, } \Delta\Phi_1^{out} - \text{поток создаваемого тока внешним маг. полем.}$$

$$\Delta\Phi_2 = \Delta\Phi_2^{in} + \Delta\Phi_2^{out}$$

~~$\Delta\Phi_1$~~

$$\Delta\Phi_1^{in} = L(I - 0)$$

$$\Delta\Phi_1^{out} = -B_0 n S + \frac{B_0}{2} n S = -\frac{B_0 n S}{2}$$

$$\Delta\Phi_2^{in} = 4L(I - 0)$$

$$\Delta\Phi_2^{out} = -2B_0 \cdot 2n \cdot S + \frac{2B_0}{3} \cdot 2n \cdot S = -4B_0 n S + \frac{4}{3} B_0 n S =$$

$$= -\frac{8}{3} B_0 n S$$

$$\Rightarrow \cancel{LI} - LI - \frac{B_0 n S}{2} = 4LI - \frac{8}{3} B_0 n S$$

$$\Rightarrow 3LI = \frac{8}{3} B_0 n S - \frac{1}{2} B_0 n S \Rightarrow 3LI = \frac{13}{6} B_0 n S \Rightarrow I = \frac{13 B_0 n S}{18 L}$$

Ответы: 1)  $I_0 \cdot \frac{n S a}{L}$  2)  $I = \frac{13}{18} \frac{B_0 n S}{L}$



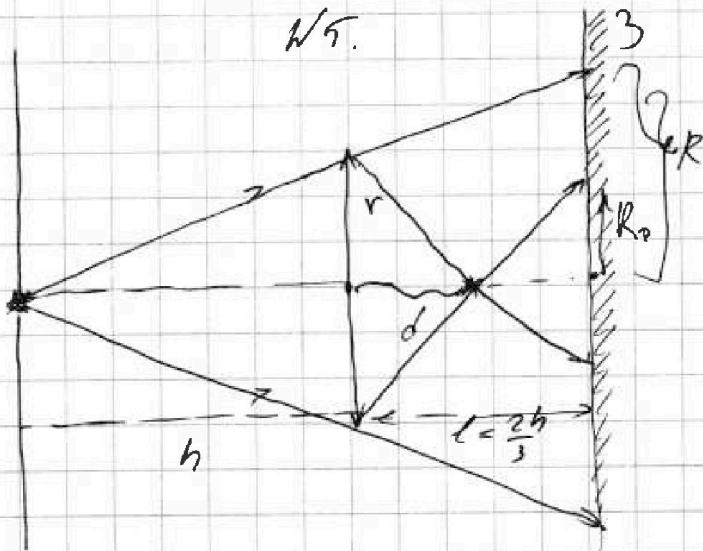
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
13 из 25

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!



Дано:

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

$$r = 3 \text{ см.}$$

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

1) Из формулы тонкой линзы.

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{h}; \quad d - \text{расстояние от линзы до изображения}$$

$$\frac{1}{F} \Rightarrow d = \frac{1}{\frac{1}{F} - \frac{1}{h}} \Rightarrow d = \frac{F \cdot h}{h - F} = \frac{h \cdot \frac{h}{2}}{\frac{h}{2}} = h.$$

R - радиус зона в которую не попадает свет,  
 $r$  - радиус зоны промежуточно через линзу;  $R_0$  - радиус зона в которую попадает свет и преломляется линзой.

Из подобия  $\Delta$ -миг.

$$\frac{R}{R_0} = \frac{h}{l} \Rightarrow R = \frac{r \cdot h}{l} = r \cdot \frac{h}{\frac{2h}{3}} = \frac{3}{2} r$$

$$\frac{r}{R} = \frac{h}{h \cdot l} \Rightarrow R = \frac{r(h \cdot l)}{h} = r \cdot \left(1 + \frac{2}{3}\right) = \frac{5}{3} r$$



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  
20 ИЗ 25

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!

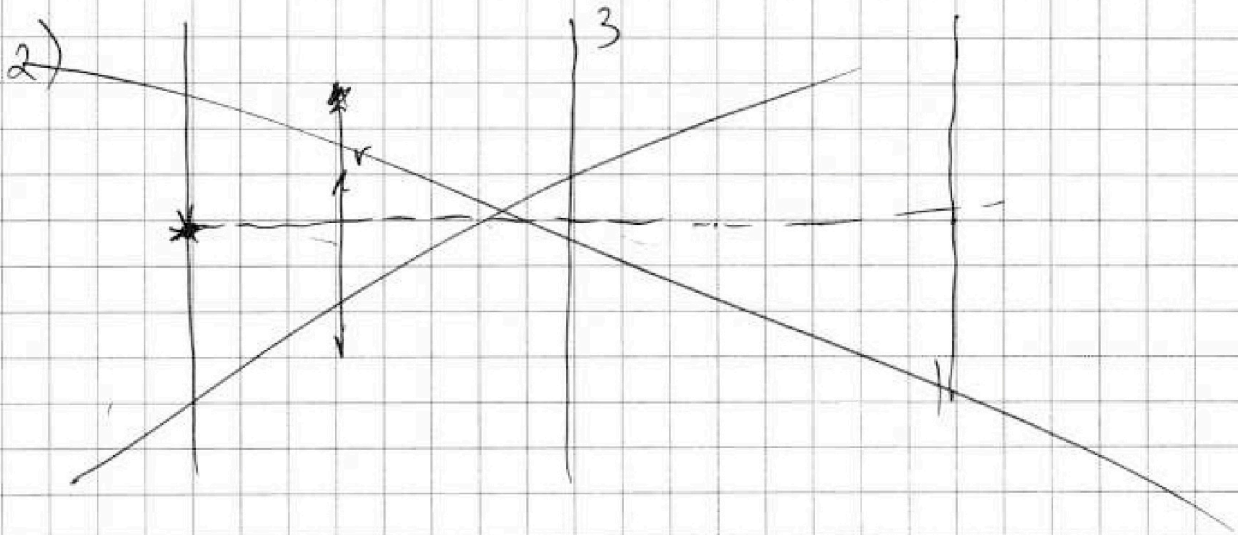
Из подобия  $\Delta$ -шмов для света проходящего  
через линзу

$$\frac{R_0}{l-d} = \frac{r}{d} \Rightarrow R_0 = \frac{r(l-d)}{d} = r\left(\frac{l}{d} - 1\right) =$$
$$= r\left(\frac{\frac{24}{3}}{\frac{1}{2}} - 1\right) = \frac{r}{3}$$

Площадь не освещенной зона зеркала

$$S_1 = \cancel{\pi R^2} - \pi R_0^2 = \pi (R^2 - R_0^2) =$$

$$= \pi \left( \frac{25}{9} r^2 - \frac{r^2}{9} \right) = \frac{24}{9} r^2 \cdot \pi = \frac{24}{9} \cdot 3^2 \cdot \pi = \boxed{24\pi} \text{ см}^2$$











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  
23 ИЗ 25

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!

$$R_2 = r \left( \frac{h}{\frac{4h}{3} - \frac{h}{2}} + 1 \right) = r \left( \frac{6r}{5h} \right) = \frac{6}{5} r$$

$R_3$  - расстояние до крайнего луча ~~на~~ прошедшего  
через линзу двукратно

Из формулы тонкой линзы:

$\frac{1}{F} = \frac{1}{2l-d} + \frac{1}{k}$ ;  $k$  - расстояние от линзы до изображения  
 $S''$  формы равного ширины.

$$\frac{1}{k} = \frac{1}{F} - \frac{1}{2l-d} \Rightarrow k = \frac{F(2l-d)}{2l-d-F} = \frac{\frac{h}{2} \left( \frac{4h}{3} - \frac{h}{2} \right)}{\frac{4h}{3} - \frac{h}{2} - \frac{h}{2}} =$$

$$= \frac{h \left( \frac{5h}{3} \right)}{2} = \frac{h}{2} \cdot \frac{5h}{6} \cdot \frac{3h}{h} = \frac{15h}{12} = \frac{5h}{4}$$

Из подобия

$$\frac{R_3}{\frac{5h}{4} - h} = \frac{r}{\frac{5h}{4}} \Rightarrow R_3 = r \left( \frac{\frac{5h}{4} - h}{\frac{5h}{4}} \right) = r \left( 1 - \frac{4h}{5h} \right) = \frac{r}{5}$$

Площадь несвещенной поверхности ~~на~~ стене.

$$S = \pi R_3^2 = \pi \left( \frac{r}{5} \right)^2$$

Ответ на стене будет выглядеть так

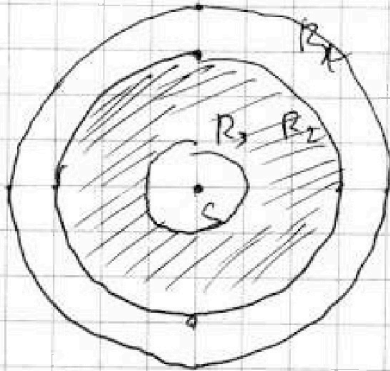


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
24 ИЗ 25

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!



$$R_1 = \frac{10}{3}r$$

$$R_2 = \frac{6}{5}r$$

$$R_3 = \frac{5}{5}$$

$R_4$  - расстояние от центра

крайнего луча источника  $S$

Из подобия  $\Delta$ -шмов.

$$\frac{R_0}{l-d} = \frac{R_4}{l+d+h} \Rightarrow R_4 = R_0 \left( \frac{l-d+h}{l-d} \right) = R_0 \left( 1 + \frac{h}{d} \right)$$

$$R_0 \left( 1 + \frac{h + \frac{2h}{3}}{\frac{2h}{2} - \frac{h}{2}} \right) = R_0 \left( 1 + \frac{\frac{5}{3}h}{\frac{1}{2}h} \right) = R_0 \left( 1 + \frac{5}{3} \cdot 2 \right) = 11R_0 = \frac{11}{3}r$$

В зоне микрофатной зоны свет не падает.

$$S_2 = \pi (R_2^2 - R_3^2) = \pi \left( \frac{36}{25}r^2 - \frac{r^2}{25} \right) = \pi \left( \frac{35}{25}r^2 \right) = \pi \left( \frac{7}{5}r^2 \right) = \pi \left( \frac{7}{5} \cdot 9 \right) = \frac{63}{5} \pi \text{ см}^2 = 12,6 \pi \text{ см}^2$$

Ответ:  $S_1 = 24 \pi \text{ см}^2$ ;  $S_2 = 12,6 \pi \text{ см}^2$





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  
4 ИЗ 25

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.

$$\begin{array}{r} 24 \\ \times 20 \\ \hline 480 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ \times 13 \\ \times 40 \\ \hline 520 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ 260 \\ \times 25 \\ \hline 130 \\ + 52 \\ \hline 6500 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 1 \\ 56 \\ \times 13 \\ \hline 168 \\ + 56 \\ \hline 728 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} + 6500 \\ + 728 \\ \hline 7228 \end{array} \begin{array}{r} 13 \\ \hline 1556 \end{array}$$

$$\frac{8}{3} - \frac{1}{2} = \frac{16}{6} - \frac{3}{6} = \frac{13}{6}$$

$$\begin{array}{r} \times 12 \\ \times 13 \\ \hline 136 \\ + 12 \\ \hline 156 \end{array}$$



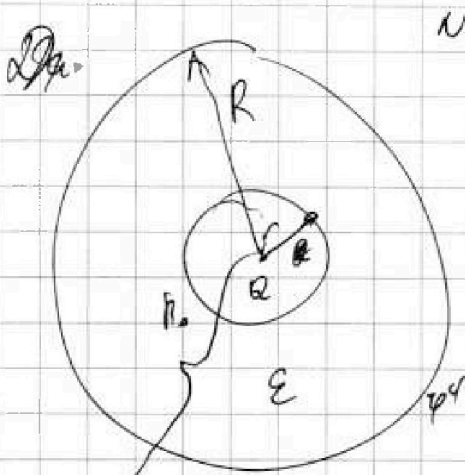


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
12 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!



Пусть расстояние до точки в которой потенциал  $\varphi_0 = R_0$ :

$$\Rightarrow \varphi_0 = \frac{kq}{R_0}; q=Q.$$

~~Пусть потенциал при  $r=R_0$   $\varphi_0 \Rightarrow$~~

~~# Потенциал вблизи поверхности шара.~~

~~$\varphi_0 =$~~

~~Потенциал снаружи шара определяется как~~

~~$\varphi(x) = \frac{kq}{x}$~~

~~Потенциал в области шара определяется.~~

~~как  $\frac{kq}{R} + \frac{kq}{x} \int_R^x E(x) dx = \int_R^x \frac{kq}{x^2 \epsilon_0} dx = -\frac{kq}{\epsilon_0} \int_R^x \frac{1}{x^2} dx =$~~

~~$E(x) = \frac{kq}{\epsilon_0 x^2}$~~

~~$= -\frac{kq}{\epsilon_0} \left( -\frac{1}{x} \right) \Big|_R^x = -\frac{kq}{\epsilon_0} \left( -\frac{1}{x} + \frac{1}{R} \right)$~~

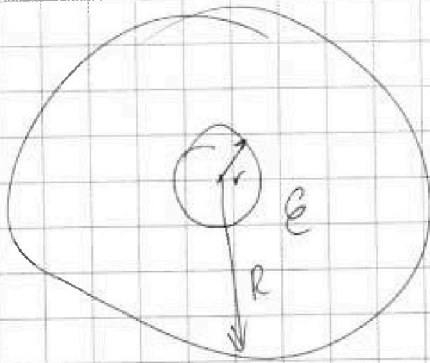


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
13 из 25

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!



Потенциал снаружи

шара:

$$\varphi(x) = \frac{kQ}{x}; \quad x > R.$$

Потенциал внутри

Уточняющая запись: Уточняющая запись диэлектрика

$$\varphi(x) = \frac{kq}{R} + \int E(x) dx$$

$$\varphi(x) = - \int_{\infty}^{x} \frac{kq}{x^2} dx - \int_R^x \frac{kq}{\epsilon x^2} dx = - \frac{kq}{x} \left( -\frac{1}{R} + \frac{1}{\infty} \right) -$$

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

$$\varphi\left(\frac{R}{\epsilon}\right) = \frac{kq}{R} + \frac{4kq}{\epsilon R} - \frac{kq}{\epsilon R} - \frac{kq}{R} + \frac{3kq}{\epsilon R} - \frac{kq}{R} \left( \frac{\epsilon+3}{\epsilon} \right)$$



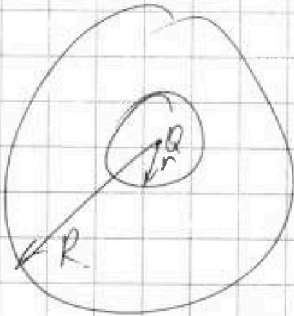
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1  2  3  4  5  6  7

СТРАНИЦА  
14 из 25

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!

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  
25 из 25

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!

$$A \varphi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{kq}{R} - \frac{kq}{\epsilon R} + \frac{kq}{\epsilon \frac{R}{4}} = \frac{kq}{R} - \frac{kq}{\epsilon R} + \frac{4kq}{\epsilon R}$$

$$\frac{kq}{R} + \frac{3kq}{\epsilon R} = \frac{\epsilon kq + 3kq}{\epsilon R} = \frac{kq(\epsilon + 3)}{\epsilon R} = \frac{kQ(\epsilon + 3)}{\epsilon R}$$

$$2) 3\varphi_0 = \varphi\left(\frac{2R}{3}\right) = \frac{kq}{R} - \frac{kq}{\epsilon R} + \frac{kq}{\epsilon \frac{2R}{3}} =$$

$$= \frac{3kq}{2\epsilon R} + \frac{kq}{R} - \frac{kq}{\epsilon R} = \frac{kq}{2\epsilon R} + \frac{kq}{R} = \frac{kq}{2\epsilon R} + \frac{2\epsilon kq}{2\epsilon R} = \frac{kq(2\epsilon + 1)}{2\epsilon R}$$

$$4\varphi_0 = \varphi\left(\frac{R}{3}\right) = \frac{kq}{R} - \frac{kq}{\epsilon R} + \frac{kq}{\epsilon \frac{R}{3}} = \frac{kq}{R} - \frac{kq}{\epsilon R} + \frac{3kq}{\epsilon R} =$$

$$= \frac{kq}{R} + \frac{2kq}{\epsilon R} = \frac{\epsilon kq + 2kq}{\epsilon R} = \frac{kq(\epsilon + 2)}{\epsilon R} = \frac{kQ(\epsilon + 2)}{\epsilon R}$$

$$\Rightarrow \varphi_0 = \frac{kQ(2\epsilon + 1)}{6\epsilon R} = \frac{kQ}{4\epsilon R}(\epsilon + 2) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{2\epsilon + 1}{6} = \frac{\epsilon + 2}{4} \Rightarrow \frac{2\epsilon + 1}{3} = \frac{\epsilon + 2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow 4\epsilon + 2 = 3\epsilon + 6 \Rightarrow \boxed{\epsilon = 4}$$

Ответ: 1)  $\frac{kQ(\epsilon + 3)}{\epsilon R}$  2)  $\epsilon = 4$ .



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!

Потенциал шарика шара

$$\varphi(x) = \frac{kq}{x}; x > R_0$$

Потенциал внутри диэлектрика

$$\varphi(x) = \frac{kq}{R} + \int_{R_0}^x E(x) dx; E(x) = \frac{kq}{\epsilon x^2}$$

$$\varphi(x) = \frac{kq}{R} + \int_{R_0}^x \frac{kq}{\epsilon x^2} dx = \frac{kq}{R} \left( \frac{kq}{R} + -\frac{kq}{\epsilon} \int_{R_0}^x \frac{1}{x^2} dx \right)$$

$$= \frac{kq}{R} + \frac{kq}{\epsilon} \left( -\frac{1}{x} + \frac{1}{R_0} \right) = \frac{kq}{R} + \frac{kq}{\epsilon x} + \frac{kq}{R_0} =$$

$$= \frac{2kq}{R} + \frac{kq}{\epsilon x} \quad (R_0 < x < R)$$

$$\frac{2kq}{R} - \frac{kq}{\epsilon x}$$

$$\varphi(x) = - \int_{\infty}^R \frac{kq}{x^2} dx - \int_{R_0}^x \frac{kq}{\epsilon x^2} dx =$$

$$= -kq \left( -\frac{1}{R} + \frac{1}{\infty} \right) - \frac{kq}{\epsilon} \left( -\frac{1}{x} + \frac{1}{R_0} \right) =$$

$$= \frac{kq}{R} + \frac{kq}{\epsilon x} - \frac{kq}{\epsilon R_0} = \frac{kq}{R} - \frac{kq}{\epsilon R_0} + \frac{kq}{\epsilon x}; R_0 < x < R.$$

Из графика для точки  $\varphi_0$

$$\varphi_0 = \frac{kq}{R} - \frac{3kq}{\epsilon R_0} + \frac{kq}{\epsilon}$$

$$\varphi_0 = \frac{kq}{R} - \frac{kq}{\epsilon R_0} + \frac{2kq}{\epsilon R_0} - \frac{kq}{R} + \frac{2kq}{\epsilon R_0} = \frac{4kq}{\epsilon R_0}$$