

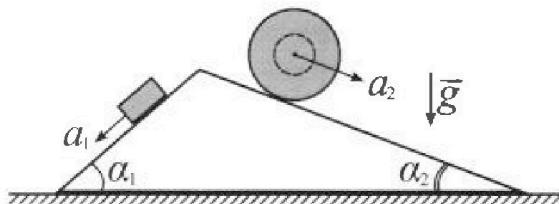
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-02



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брускок 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.



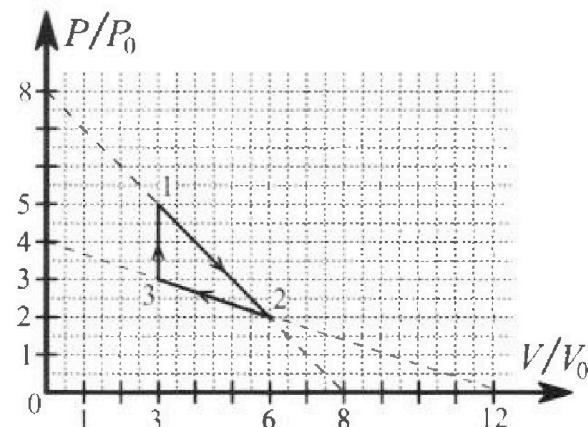
- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между шаром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

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.

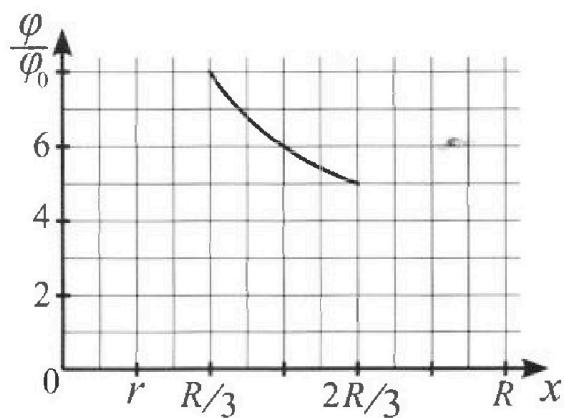
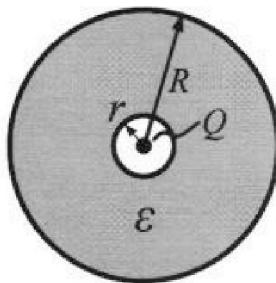
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 3-1 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 2.
- 3) Найдите КПД цикла.

Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.



3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью 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 .



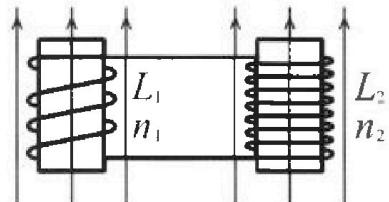
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-02



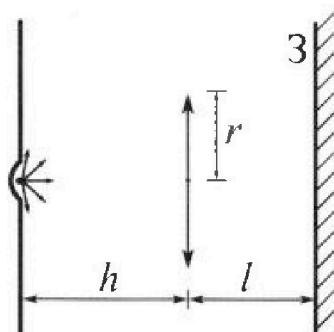
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

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. 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 изменились 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 З. 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 [см²] в виде $\gamma\pi$, где γ - целое число или простая обыкновенная дробь.



- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА
1 из 2

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

№ 1

Дано:

$$a_1 = \frac{79}{17}$$

$$a_2 = \frac{89}{25}$$

$$m, 5\text{ m}$$

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

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

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

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

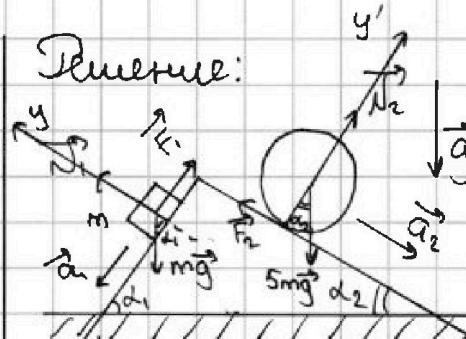
Найти:

1) F_1 ?

2) F_2 ?

3) F_3 ?

Решение:



1) Требуется сила, действующая на диск и брусков.

N_1 - сила нормальной реакции кинна на брусков

N_2 - сила нормальной реакции кинна на диск.

2) Запишем II закон Ньютона для диска и бруска:

$$\text{диск: } 5mg + N_2 + F_2 = 5ma_2$$

$$\text{брусков: } mg + N_1 + F_1 = ma_1$$

3) Спроектируем его на оси:

диск:

$$Ox': 5mgsin\alpha_2 - F_2 = 5ma_2 \quad ①$$

$$Oy': -5mgcos\alpha_2 + N_2 = 0 \quad ②$$

брусков:

$$Ox: mgsin\alpha_1 - F_1 = ma_1 \quad ③$$

$$Oy: N_1 - mgcos\alpha_1 = 0 \quad ④$$

4) Из уравнений ① и ③ найдём F_1 и F_2 :

$$a) F_2 = 5m(gsin\alpha_2 - a_2) = 5m\left(g \cdot \frac{8}{17} - \frac{89}{25}\right) = 40mg \left(\frac{1}{17} - \frac{1}{25}\right)$$

$$\frac{1}{17} - \frac{1}{25} = \frac{25-17}{25 \cdot 17} = \frac{8}{25 \cdot 17} \quad \begin{matrix} \times 17 \\ \times 5 \\ \hline 85 \end{matrix}$$

$$F_2 = 40mg \cdot \frac{8}{25 \cdot 17} = \frac{64}{5 \cdot 17} mg = \frac{64}{85} mg$$

$$b) F_1 = mgsin\alpha_1 - ma_1 = m(gsin\alpha_1 - a_1) = m\left(g \cdot \frac{3}{5} - \frac{79}{17}\right) = mg \left(\frac{3}{5} - \frac{7}{17}\right)$$

$$\frac{3}{5} - \frac{7}{17} = \frac{17 \cdot 3 - 7 \cdot 5}{17 \cdot 5} = \frac{51 - 35}{85} = \frac{16}{85}$$

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

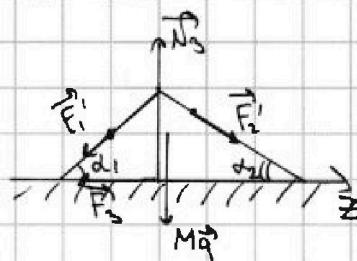


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

 1 2 3 4 5 6 7СТРАНИЦА
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!

5) Изобразили клин и расставим силы, действующие на него:



F_1' - сила трения со стороны друска на клин

F_2' - сила трения со стороны диска на клин.

N_2 - сила нормальной реакции опоры на клин со стороны стола

6) Запишем II з-к Ньютона для клина:

$$\vec{F}_1' + \vec{N}_3 + \vec{F}_2' + \vec{Mg} + \vec{F}_3 = M\vec{a}_3 = 0 \quad (\vec{a}_3 = 0, \text{ т.к. клин не скользит})$$

закон

Сгруппируем на ось Σ :

$$O_2: F_2' \sin \cos \alpha_2 - F_1' \cos \alpha_2 - F_3 = 0$$

$$\left. \begin{array}{l} F_2' = F_2 \\ F_1' = F_1 \end{array} \right\} \text{по III закону Ньютона.}$$

$$F_2 \cos \alpha_2 - F_1 \cos \alpha_2 \Rightarrow F_3 = \frac{64}{85} mg \cdot \frac{15}{17} - \frac{16}{85} mg \cdot \frac{4}{5} =$$

$$= \frac{64}{85} mg \left(\frac{15}{17} - \frac{1}{5} \right)$$

$$\begin{array}{r} 85 \\ 17 \\ \times 58 \\ \hline 512 \\ 425 \\ \hline 320 \\ \hline 7225 \end{array}$$

$$\frac{15}{17} - \frac{1}{5} = \frac{15 \cdot 5 - 17}{85} = \frac{75 - 17}{85} = \frac{58}{85}$$

$$F_3 = \frac{3712}{7225} mg$$

$$\text{Ответ: 1)} F_1 = \frac{16}{85} mg \quad 2) F_2 = \frac{64}{85} mg \quad 3) F_3 = \frac{3712}{7225} mg.$$

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



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

№ 2

Дано:

график

Численно:

$$1) \frac{|\Delta U_{3-1}|}{A_{4y}} - ?$$

$$2) \frac{T_{\max} - ?}{T_2}$$

$$3) \eta - ?$$

Решение:

1) 3-1 изохорный процесс (из графика)

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \Delta (pV) = V_3 \Delta p = \frac{3}{2} V_3 \cdot (p_1 - p_3)$$

$$p_1 = 5p_0; p_3 = 3p_0; V_3 = 3V_0 \Rightarrow$$

$$\Delta U_{31} = \frac{3}{2} \cdot 3V_0 \cdot (5p_0 - 3p_0) = 9p_0 V_0$$

2) $\overline{P} A_y$ можно найти как площадь внутри цикла. $V_2 = 6V_0$

$$S_0 = \frac{1}{2} ah; a = p_1 - p_3 = 2p_0; h = V_2 - V_3 = 3V_0$$

$$A_y = \frac{1}{2} \cdot 2p_0 \cdot 3V_0 = 3p_0 V_0$$

$$\frac{|\Delta U_{3-1}|}{A_4} = \frac{9p_0 V_0}{3p_0 V_0} = 3 \text{ соблюдающей}$$

3) Составим уравнение прямой y с отрезком между ней

1-2: $\frac{p}{p_0} = k \cdot \frac{V}{V_0} + 8$ (из графика) $k = \text{const}$ $\alpha = \text{const}$

между прямой и осью V_0

$$\tan \alpha = \frac{8}{8} = 1 \Rightarrow \frac{p}{p_0} = -\frac{V}{V_0} + 8 \Rightarrow \frac{dp}{p_0} = -\frac{dV}{V_0} \Rightarrow p = -\frac{p_0}{V_0} V + 8p_0$$

4) Уравнение Менделеева Капилларона для идеального газа в дифференциальном виде:

$$pdV + d(pV) = VdT \quad (\text{м.к. } V = \text{const})$$

$$T = T_{\max} \Rightarrow dT = 0 \Rightarrow pdV + d(pV) = 0$$

5) Подставим p и dV сюда?



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input checked="" type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

$$\left(-\frac{P_0}{V_0} V + 8P_0\right) dV + \left(-\frac{P_0}{V_0} dV\right) \cdot V = 0 \Rightarrow 8P_0 - \frac{P_0}{V_0} V = \frac{P_0}{V_0} V \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{2V}{V_0} = 8 \Rightarrow \frac{V}{V_0} = 4. \text{ Из графика видим, что при } \frac{V}{V_0} = 4 \quad P_0 = 4 \Rightarrow P_* = 4P_0; \quad V_* = 4V_0 \quad (\text{* } P_*, V_* - \text{ давление и объем при } T = T_{\max})$$

6) Ур - я Менделеева - Капелюхона для сжигания

$$T = T_{\max}: \quad P_* V_* = V R T_{\max} \quad \Rightarrow \quad \frac{T_{\max}}{T_2} = \frac{P_* V_*}{P_2 V_2}$$

Из графика $P_2 = 2P_0$ и $V_2 = 6V_0$

$$\frac{T_{\max}}{T_2} = \frac{4P_0 \cdot 4V_0}{2P_0 \cdot 6V_0} = \frac{16}{12} = \frac{4}{3}$$

7) И карано термодинамики в диф. виде:

$$\delta Q = \delta A + dU.$$

1-3-1 - газ получает теплоту
1-2 - на гасстю процесса
2-3 - тоже только на гасстю

8/6 процессе 3-4 1-2 газ сжигания получает
теплое $dQ = V_A$, а потом отдаёт.

Когда $V = V_A$, то $\delta Q = 0 \Rightarrow \delta A + dU = 0$

$$\delta A = P_A dV_A, \quad dU = \frac{3}{2} (V_R dT) = \frac{3}{2} (P_A dV_A + dP_A V_A)$$

$$\frac{5}{2} P_A dV_A + \frac{3}{2} dP_A V_A = 0; \quad P_A = -\frac{P_0}{V_0} V_A + 8P_0; \quad dP_A = -\frac{P_0}{V_0} dV_A$$

$$\frac{5}{2} \left(-\frac{P_0}{V_0} V_A + 8P_0\right) dV_A + \frac{3}{2} \cdot \left(-\frac{P_0}{V_0} dV_A\right) \cdot V_A = 0$$

$$\frac{5}{2} \left(-\frac{V_A}{V_0} + 8\right) + \frac{3}{2} \cdot \left(-\frac{V_A}{V_0}\right) = 0$$

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.



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

$$\frac{4V_A}{V_0} = \frac{1}{2} 20 \Rightarrow V_A = 5V_0. \text{ Из графика } p_A = 3p_0$$

$$\Delta u_{1-A} = A_{1-A} + \Delta U_{1-A}$$

А_{1-A} найдём как произведение под графиками:

$$A_{1-A} = \frac{5p_0 + 3p_0}{2} \cdot \frac{1}{2} 2V_0 = 8p_0 V_0$$

$$\Delta U_{1-A} = \frac{3}{2} (p_A V_A - p_1 V_1) = \frac{3}{2} (3p_0 \cdot 5V_0 - 5p_0 \cdot 3V_0) = 0$$

$$\Delta u_{1-A} = 8p_0 V_0$$

9) Теперь найдём Δu_{2-B} - кон-бо температурное, подведённое к газу от $V=V_2$ до $V=V_B$

Ищем по принципу Δu_{1-A} .

$$\text{При } V=V_B \quad \Delta u=0 \Rightarrow \Delta A_{2-B} + \Delta U_{2-B}=0$$

$$\Delta A_{2-B} = p_B \Delta V_B \quad ; \quad \Delta U_{2-B} = \frac{3}{2} (V_B \Delta T_B) = \frac{3}{2} (A \Delta V_B + \alpha p_B V_B)$$

$$\Rightarrow \frac{5}{2} p_B \Delta V_B + \frac{3}{2} \alpha p_B V_B = 0.$$

10) Составим угл-е уравнение, соппадающее с уравнением 2-3.

$$\begin{aligned} \frac{p}{p_0} &= k' \cdot \frac{V}{V_0} + 4; \quad k' = -\operatorname{tg}\beta, \text{ где } \beta - \text{острой угол} \\ &\text{между прямой и осью } \frac{V}{V_0}; \quad \operatorname{tg}\beta = \frac{4}{12} = \frac{1}{3} \\ p &= -\frac{p_0}{3V_0} V + 4p_0 \Rightarrow p_B = -\frac{p_0}{3V_0} V_B + 4p_0 \Rightarrow \Delta p_B = -\frac{p_0}{3V_0} \Delta V_B \end{aligned}$$

Составим уравнение

$$11) \frac{5}{2} \left(-\frac{p_0}{3V_0} \cdot V_B + 4p_0 \right) - \Delta p_B + \frac{3}{2} \left(-\frac{p_0}{3V_0} \Delta V_B \right) \cdot V_B = 0$$

$$V \left(\frac{5}{6V_0} + \frac{1}{2V_0} \right) = 10 \Rightarrow \frac{8}{6} \frac{V}{V_0} = 10 \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{60}{8} = \frac{15}{2} = 7,5$$

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



- | | | | | | | |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

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!

12) Точка лежит за графиком, значит, на всём процессе $2 \rightarrow 3$ раз тепло отдавал, либо получал тепло.

$$Q_{2 \rightarrow 3} = \Delta U_{2 \rightarrow 3} + A_{2 \rightarrow 3}, \quad \Delta U_{2 \rightarrow 3} = \frac{3}{2} (P_3 V_3 - P_2 V_2) \neq \frac{3}{4}$$

$$\Delta U_{2 \rightarrow 3} = \frac{3}{2} (3P_0 \cdot 3V_0 - 2P_0 \cdot 6V_0) = -\frac{9}{2} P_0 V_0$$

$$A_{2 \rightarrow 3} < 0; \quad \Delta U_{2 \rightarrow 3} < 0 \Rightarrow Q_{2 \rightarrow 3} < 0$$

$$Q_{3 \rightarrow 4} =$$

$$\begin{cases} P_3 = 3P_0 \\ V_3 = 3V_0 \\ P_2 = 2P_0 \\ V_2 = 6V_0 \end{cases}$$

$$13) \eta = \frac{A_H}{Q_H} \quad | \quad Q_H = Q_{3 \rightarrow 4} + Q_{\text{нагр. 1-4}} \quad (\text{изогородный процесс})$$

$$Q_H = 9P_0 V_0 + 8P_0 V_0 = 17P_0 V_0$$

$$14) \eta = \frac{3P_0 V_0}{17P_0 V_0} = \frac{3}{17}$$

$$\text{Ответ: 1)} \frac{|\Delta U_{3 \rightarrow 4}|}{A_H} = 3; \quad 2) \frac{T_{\max}}{T_2} = \frac{4}{3}; \quad 3) \eta = \frac{3}{17}$$



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.

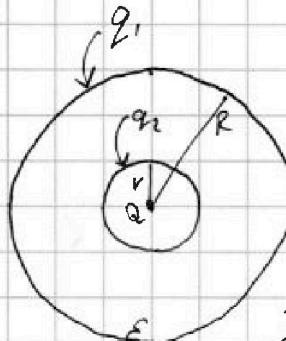
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input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

СТРАНИЦА
1 из 3

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:
 E, k, R, Q
 $\varphi(x) -$ гра-
 фик
 найти:
 1) $\varphi(x = \frac{3R}{4}) - ?$
 2) $E - ?$

Решение: 1) $r = \frac{R}{6}$ (из графика)



$$2) q_1 + q_2 = 0 \text{ (из ЗСЗ)} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q_1 = -q_2$$

3) φ поверхности шара

заряженное равномерно

виду симметрии конструкции.

4) Из принципа суперпозиции $\varphi = \varphi_{\text{от сферы 1}} + \varphi_{\text{от сферы 2}}$

$\varphi_{\text{от сферы 2}} + \varphi_{\text{от сферы 1}}$
 (где $\varphi_{\text{от сферы 2}}$ — полное $\varphi_{\text{от сферы 1}}$)

$$5) \varphi_{\text{от сферы 1}} \text{ (при } x < R) = \frac{kq_1}{x}$$

$$\varphi_{\text{от сферы 2}} \text{ (при } x > R) = \frac{kq_2}{x}$$

$$\varphi_{\text{от сферы 1}} = \frac{kQ}{x}$$

$$6) \varphi(x = \frac{R}{3}) = 8\varphi_0 \text{ (из графика)}$$

$$\varphi(x = \frac{R}{3}) = \frac{kq_1}{R} + \frac{kq_2 \cdot 3}{R} + \frac{kQ \cdot 3}{R} =$$

$$= 8\varphi_0$$

$$7) \frac{8R\varphi_0}{k} = -q_2 + 3q_2 + 3Q$$

$$\frac{8R\varphi_0}{2k} - \frac{3Q}{2} = q_2 = \frac{4R\varphi_0}{k} - \frac{3}{2}Q$$

$$8) \varphi(x = \frac{2R}{3}) = 5\varphi_0 \text{ (из графика)}$$

$$\varphi_0 = \frac{k}{8R} (2q_2 + 3Q)$$

$$\varphi(x = \frac{2R}{3}) = \frac{kq_1}{R} + \frac{kq_2 \cdot 3}{2R} + \frac{kQ \cdot 3}{2R}$$

$$\frac{5\varphi_0 R}{k} = q_1 + \frac{3}{2}q_2 + \frac{3}{2}Q \Rightarrow \frac{5\varphi_0 R}{k} = -q_2 + \frac{3}{2}q_2 + \frac{3}{2}Q = \frac{1}{2}q_2 + \frac{3}{2}Q$$

$$+ \frac{3}{2}Q \Rightarrow \varphi_0 = \frac{k}{5R} \left(\frac{1}{2}q_2 + \frac{3}{2}Q \right)$$

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.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА
2 из 3

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!

$$9) \frac{k}{10R} (q_2 + 3Q) = \frac{k}{8R} (2q_2 + 3Q) \Rightarrow$$

$$\frac{q_2}{10} + \frac{3}{10} Q = \frac{q_2}{4} + \frac{3}{8} Q \mid \cdot 40$$

$$4q_2 + 12Q = 10q_2 + 15Q \Rightarrow 6q_2 = -3Q \Rightarrow q_2 = -\frac{Q}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow q_1 = \frac{Q}{2}$$

$$q_0 = \frac{k}{8R} \left(-\frac{Q}{2} + 3Q \right) = \frac{kQ}{4R}$$

$$10) \Psi(x = \frac{3R}{4}) = \frac{kq_1}{R} + \frac{kq_2}{3R} + \frac{kq_3}{3R} = \frac{kQ}{2R} - \frac{kQ2}{3R} + \frac{kQ4}{3R} =$$

$$= \frac{kQ}{R} \left(\frac{1}{2} - \frac{2}{3} + \frac{4}{3} \right) = \frac{kQ}{R} \left(\frac{1}{2} + \frac{2}{3} \right) \quad \frac{1}{2} + \frac{2}{3} = \frac{3+4}{6} = \frac{7}{6}$$

$$\Psi(x = \frac{3R}{4}) = \frac{7kQ}{6R}$$

11) $d\Psi = E dx \Rightarrow E = \frac{d\Psi}{dx}$ - производная в графике

12) Проведём касательную к графику в точке

$x = \frac{R}{3}$; $-tg\alpha = \dot{\Psi}(x = \frac{R}{3})$, где α - острый угол между касательной и осью x .

$$tg\alpha = \frac{3\Psi_0}{dx} ; \Delta x = \left(\left(\frac{R}{3} + \frac{R}{6} \right) - R_3 \right) = \frac{R}{6} ; E(x = \frac{R}{3}) = \frac{-3\Psi_0 \cdot 6}{R}$$

(из графика)

$$E(x = \frac{R}{3}) = -\frac{18\Psi_0}{R} = -\frac{18 \cdot \frac{kQ}{4R}}{R} = -\frac{9kQ}{2R^2} \Rightarrow |E(x = \frac{R}{3})| = \frac{9kQ}{2R^2}$$

$$13) |E(x = \frac{R}{3})| = E_{\text{от сферы}}(x = \frac{R}{3}) + E_{\text{от сферы}_2}(x = \frac{R}{3}) + E_{\text{от земли}}(x = \frac{R}{3})$$

(гальванические $E_{\text{от 1}}$ и $E_{\text{от 2}}$)

$$14) E_{\text{от земли}}(x = \frac{R}{3}) = 0$$

(из принципа суперпозиции)

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 3

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!

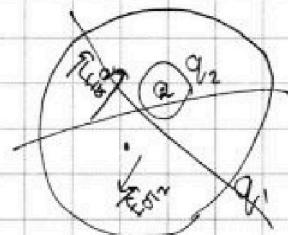
$$E_{OT_2}(x = \frac{R}{3}) = \frac{kq_2}{\epsilon(\frac{R}{3})^2} = \frac{k \cdot |-\frac{q_1}{2}| \cdot 9}{\epsilon R^2} = + \frac{kQ_2}{2\epsilon R^2}$$

$$E_{OTQ}(x = \frac{R}{3}) = \frac{kQ_1}{\epsilon(\frac{R}{3})^2} = \frac{kQ_1 \cdot 9}{\epsilon R^2}$$

$$E(x = \frac{R}{3}) = 0 + \frac{kQ_2}{2\epsilon R^2} - \frac{kQ_1}{\epsilon R^2} = + \frac{9kQ}{2R^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{1}{\epsilon} - \frac{1}{2\epsilon} = - \frac{1}{2} \Rightarrow \frac{1}{2\epsilon} = - \frac{1}{2}$$

$$\frac{1}{2\epsilon} - \frac{1}{\epsilon} = \frac{1}{2} \Rightarrow - \frac{1}{2\epsilon} = \frac{1}{2}$$



$$\epsilon = \frac{E_g}{E} \Rightarrow E_g = \frac{E_g}{\epsilon}$$

В области диэлектрика Еона уменьшается
в ϵ раз.

$$E(x = \frac{R}{3}) = \frac{E_{OTQ}(x = \frac{R}{3})}{\epsilon} \Rightarrow \frac{9kQ}{2R^2} = \frac{kQ}{(\frac{R}{3})^2 \epsilon} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{9}{2} = \frac{9}{\epsilon} \Rightarrow \epsilon = 2$$

$$\text{Ответ: } 1) E(x = \frac{3R}{4}) = \frac{7kQ}{6R} \quad 2) \epsilon = 2$$



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
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!

№ 4

Дано:

$$L_1 = L$$

$$L_2 = 9L$$

$$n_1 = n$$

$$n_2 = 3n$$

$$S$$

Найти:

$$\text{если } \frac{\Delta B}{\Delta t} = -\alpha, \quad \text{то } \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = ?$$

$$\text{если } \frac{\Delta B}{\Delta t} = -\alpha, \quad \text{то } \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = ?$$

$$\text{2) } \text{дано } L,$$

$$B_0 \rightarrow \frac{2B_0}{3}$$

$$\text{дано } L_2$$

$$\frac{B_0}{3} \rightarrow \frac{B_0}{12}$$

$$I_1 = ?$$

Решение:

$$1) \dot{\Phi} = L \dot{I} \Rightarrow \dot{\Phi} = L \dot{I};$$

$$2) \dot{\Phi} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} \text{ при } \Delta t \rightarrow 0. \dot{\Phi} = \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}, \text{ если } \Delta t \rightarrow 0$$

$$\Delta \Phi = \Delta(BS) \cdot n_1 = \Delta BS n_1 \Rightarrow \dot{\Phi} = \frac{\Delta BS n_1}{\Delta t} = -\alpha S n_1$$

$$3) -\alpha S n_1 = L \frac{\Delta I}{\Delta t}; \frac{\Delta I}{\Delta t} \rightarrow 0 \Rightarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = -\frac{\alpha S n_1}{L} \Rightarrow$$

$$\left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = \frac{\alpha S n_1}{L}$$

$$\Phi_1 = \Phi_{\text{внешн}} + \Phi_{\text{внутр}}$$

$$4) \Phi_1 = L_1 I_1; \Phi_2 = L_2 I_2; I_1 = I_2 \quad \Phi_2 = \Phi_{\text{внешн}}$$

$$\dot{\Phi}_1 = L_1 \dot{I}; \dot{\Phi}_2 = L_2 \dot{I}$$

$$\dot{\Phi}_1 = L_1 \dot{I}; \dot{\Phi}_2 = L_2 \dot{I}$$

$$5) \dot{\Phi}_1 = \Phi_{\text{внешн}} + \Phi_{\text{внешн}}, \dot{\Phi}_1 = \frac{\Delta BS n_1}{\Delta t} = -\alpha S n_1 = -\alpha S n_1$$

$$0 - \alpha S n_1 = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \Rightarrow -\alpha S n_1 = \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\Delta S n_1}{L} = \frac{\alpha S n_1}{L}$$

$$\text{Ответ: 1) } \left| \frac{\Delta I}{\Delta t} \right| = \frac{\alpha S n_1}{L}$$



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.

- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА
1 из 3

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°5

Дано:

$$F = dh$$

$$R = 2 \text{ см}$$

$$l = h$$

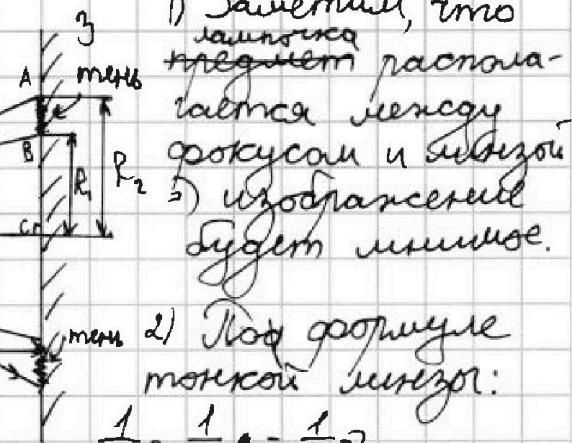
Найти:

$$1) S_{\text{шест. 2, зер.}}$$

$$2) S_{\text{шест. 7, стена}}$$

Решение:

$$2) \frac{1}{f} = \frac{1}{h} - \frac{1}{F} = \frac{1}{h} - \frac{1}{2h} = \frac{1}{2h} \Rightarrow f = 2h$$



1) Заштрихуйте, что предмет расстояние между фокусом и изображением будет минимальным.

2) Под фокусом тонкой линзы:

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

3) На зеркало будут падать преломленные лучи от источника S максимум, будут они исходить прямолинейно из S'.

от S

4) Рассмотрим крайние лучи, которые пройдут по самому краю зеркала.

Я изобразил это на начальном рисунке.

5) Если путь распространения лучей будет чуть больше, то лучи на зеркале не попадут и не преломятся.

6) Лучи, преломившиеся в зеркале будут освещать зеркало вплоть до критического угла.

6) Многа зеркала будет вспыхивать так:





1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

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!

7) Найдите R_1 и R_2 :

зап S'AC:

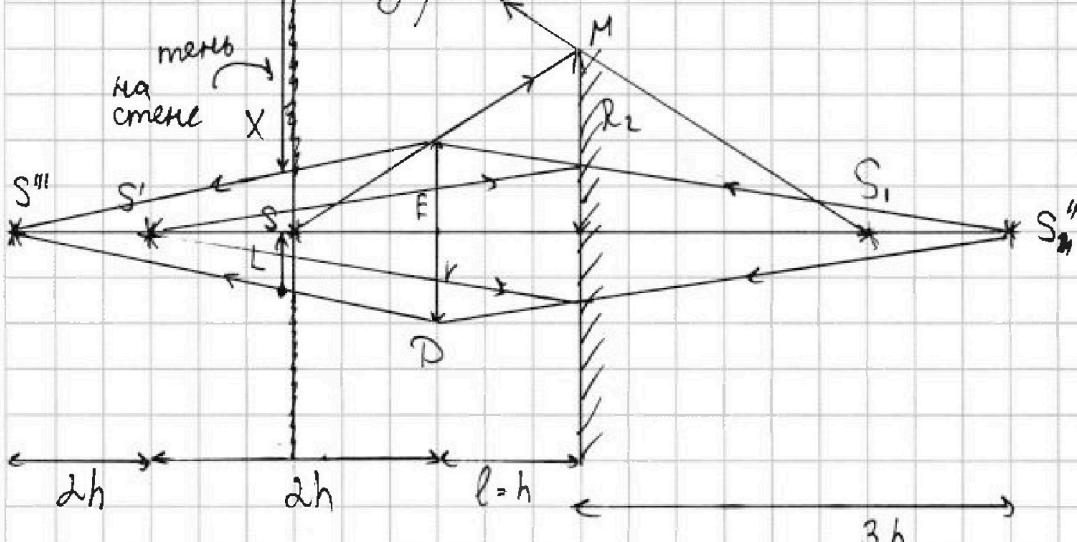
$$\frac{r}{R_2} = \frac{h}{(h+l)} = \frac{h}{2h} = \frac{1}{2} \Rightarrow R_2 = 2r = 4 \text{ см}$$

зап S'BC:

$$\frac{r}{R_1} = \frac{2h}{2h+l} = \frac{2h}{3h} = \frac{2}{3} \Rightarrow R_1 = \frac{3}{2} r = 3 \text{ см}$$

8) Площадь зеркального изображения $= \pi R_2^2 - \pi R_1^2 = \pi (R_2^2 - R_1^2) = \pi (16 - 9) \text{ см}^2 = 7\pi \text{ см}^2$

9) Изображение S' в зеркале будет на расстоянии $2h + l = 3h$ от зеркала.



Лучи от S' будут преломляться вниз.

10) Найти коэффициент тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d'} + \frac{1}{f'} = \frac{1}{f'} = \frac{1}{F} - \frac{1}{d'} = \frac{1}{F} - \frac{1}{4h} = \frac{1}{2h} - \frac{1}{4h} = \frac{1}{4h} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f' = 4h$$

11) Лучи от S' будут фокусироваться в воде S''' .
 Лучи от S' будут отражаться так, будто исходят от 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.



- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|

СТРАНИЦА
3 из 3

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!

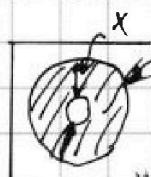
12) Рассмотрим криволинейный дуг, проходящий
через край линзок.
Сине $\Delta S'ED$:

$$\frac{L}{r} = \frac{3h}{4h} = \frac{3}{4} \Rightarrow L = \frac{3}{4} r = 1,5 \text{ см}$$

13) Лучи от S'' идут только до краев линзок,
т.к., если сначала лучи от S не погасли на лин-
зы, то изображение источника будет в другом
месте - на расстоянии $h + l = 2h$ от зеркала.

14) Не пропавшие лучи от S будут отра-
жаться так, будто вонши были S_1 .

15) Тень на стене:



$$\begin{array}{r} x \\ \times 13 \\ \hline 68 \\ \times 6 \\ \hline 38 \\ \hline 68 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} x \\ \times 13 \\ \hline 38 \\ \hline 13 \\ \hline 69 \end{array}$$

16) В области дальше от S на расстоянии
($L+x$) стены будет всегда засвеченна. Это очевидно.

17) Заметим, что ΔKMS - равнобедренный \Rightarrow

$$KS = 2R_2 = x + L \Rightarrow x = 2R_2 - L = 2 \cdot 4 \text{ см} - 1,5 \text{ см} = 6,5 \text{ см}$$

$$\begin{aligned} 18) \text{ Снеков. } \pi \cdot \text{стенок} &= \pi (x+L)^2 - \pi L^2 = \pi ((x+L)^2 - L^2) = \\ &= \pi (x^2 + 2xL) = \pi \left(\frac{169}{4} + \frac{2 \cdot 13 \cdot 3}{2 \cdot 2} \right) \text{ см}^2 = \pi \cdot \left(\frac{169}{4} + \frac{78}{4} \right) \text{ см}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{array}{r} 169 \\ + 78 \\ \hline 247 \end{array} \quad S_{\text{снеков. } \pi \cdot \text{стенок}} = \pi \cdot \frac{247}{4} \text{ см}^2$$

Ответ: 1) $S_{\text{снеков. } \pi \cdot \text{стенок}} = 77\pi$; 2) $S_{\text{снеков. } \pi \cdot \text{стенок}} = \frac{247}{4}\pi$



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!