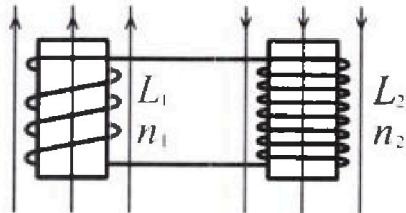


**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024**
Вариант 11-01



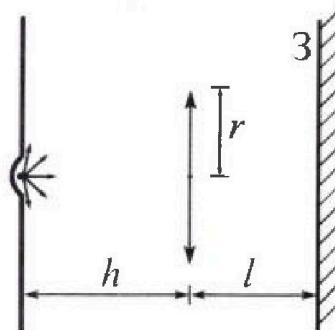
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.*

- 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. 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 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 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 $F = h/2$. 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 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 $[\text{см}^2]$ в виде $y\pi$, где y - целое число или простая обыкновенная дробь.

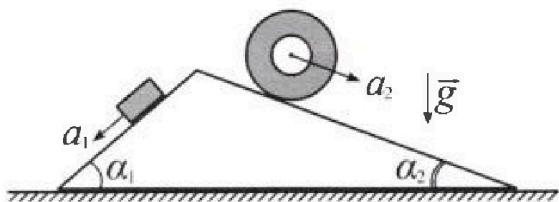


**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024**
Вариант 11-01



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

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

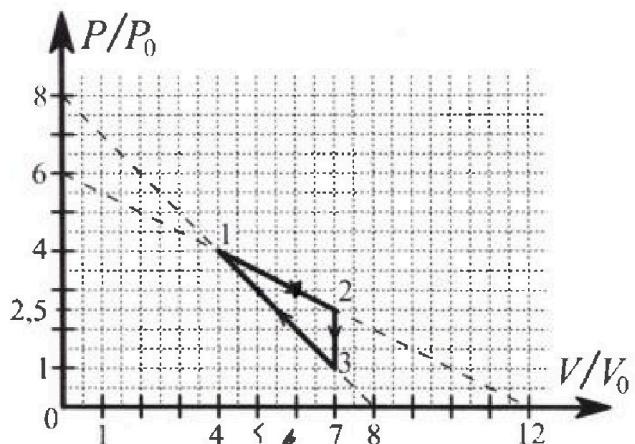


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

Каждый ответ выразите 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.

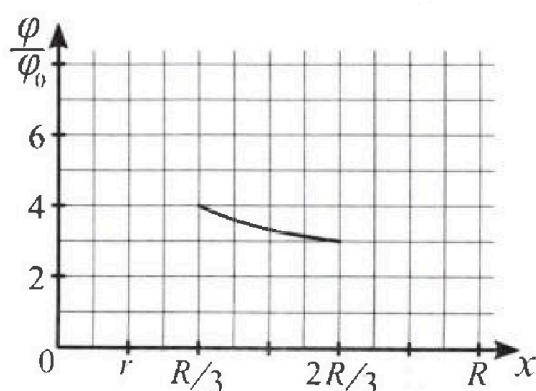
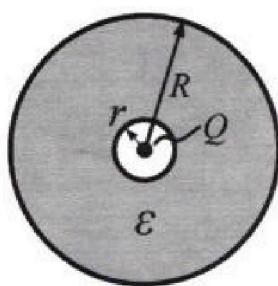
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 2-3 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 1.
- 3) Найдите КПД цикла.



Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

3. В центре полого шара с диэлектрической проницаемостью 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 $x = R/4$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .





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

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

$$\frac{1}{2}ah = \frac{1}{2} \cdot 1,5p_0 \cdot 3V_0 = 2,25p_0V_0 \quad -5+7=3$$

$$2,25 \quad -10+8=-2$$

$$\frac{3}{2}p_0V_0(2,5-7-2) = \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{2} \cdot 7p_0V_0$$

$$\frac{3}{2}p_0 \cdot 2V_0 / 2,5-1 = \frac{3}{2}$$

$$\frac{3}{2} + \frac{-4p_0+7p_0}{-8p_0^2+6p_0} > 0$$

$$0 = -\frac{1}{2} \cdot \frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V = 6p_0 \quad r = 12V_0$$

$$-18+36=18$$

$$-\frac{p_0}{V_0} V + 12p_0 = \frac{3p_0^2}{V_0} V - 18p_0$$

$$\frac{3}{2} + \frac{P}{-\frac{p_0}{V_0} \cdot V + 6p_0} = 0$$

$$30p_0 = \frac{9p_0}{V_0} V$$

$$\frac{3}{2} = \frac{P}{\frac{p_0}{V_0} \cdot V - 6p_0} \Rightarrow 2P = \frac{3p_0}{V_0} \cdot V - 18p_0$$

2

$$\frac{3}{2} + \frac{-\frac{1}{2} \frac{p_0}{V_0} V + 6p_0}{-\frac{p_0}{V_0} V + 6p_0}$$

$$-\frac{p_0}{V_0} V + 12p_0 = \frac{3p_0}{V_0} \cdot V - 18p_0$$

$$\frac{3}{2} + \frac{-2p_0 + 6p_0}{-4p_0 + 6p_0} = 20$$

$$\frac{4p_0}{V_0} \cdot V = 30p_0$$

$$V = \frac{30V_0}{4} = \frac{15}{2} = 7,5V_0$$

17,5

$$\frac{3}{2}(2,5p_0 \cdot 7V_0 - 16p_0V_0) =$$

$$\frac{3}{2} \cdot \frac{3}{2} p_0 V_0 +$$

$$= \left(\frac{3}{2} \cdot \frac{3}{2} p_0 V_0 \right) + \frac{1}{2} \cdot 3 \cdot 6,5 = \frac{3}{2} \cdot 6,5 \quad \frac{3}{2} (3p_0 \cdot 5V_0 - 16p_0V_0) =$$

$$= 6 \frac{p_0}{V_0} V + 24p_0 = 2 \frac{p_0}{V_0} V - 16p_0$$

$$2 - \frac{3}{2} p_0 V_0$$

$$2 \frac{p_0}{V_0} V = 120p_0 \quad V = 5V_0$$



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

Задача 1:

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

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

$$d_2; d_3; m g$$

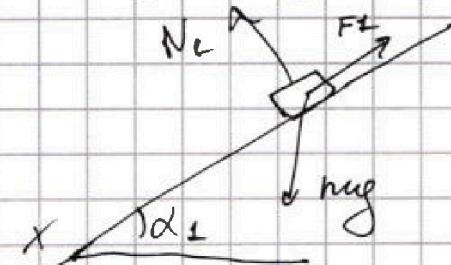
$$F_1 - ?$$

$$F_2 - ?$$

$$F_3 - ?$$

1) книжка в покое \Rightarrow Акселерация = 0 \in ускорение книжки.

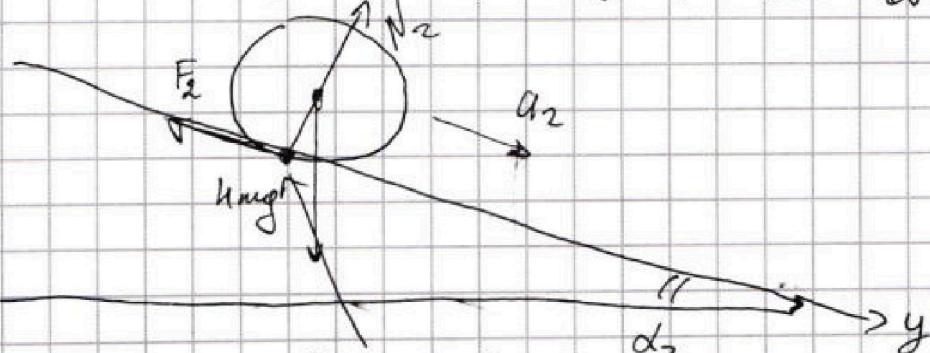
По закону Ньютона для т.



$$Ox: m a_1 = m g \sin \alpha_1 - F_x \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_x = m (g \sin \alpha_1 - a_1) = m g \left(\frac{3}{5} - \frac{5}{13} \right) = \frac{14}{65} m g$$

2)



Когда нет проскальзывания: скорость этого момента равна 0 (отм. книга) $\Rightarrow P_{F_x} = F_x \cdot \frac{\theta}{\theta_0} = 0$

$= 0 \Rightarrow F_x = \text{предельное}$

по закону Ньютона:

$$Oy: 4 m a_2 = 4 m g \sin \alpha_2 - F_x \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_x = 4 m (g \sin \alpha_2 - a_2) = 4 m g \left(\frac{5}{13} - \frac{5}{24} \right) =$$

$$= 4 m g \cdot \frac{24 \cdot 5 - 5 \cdot 13}{24 \cdot 13} = \frac{120 - 65}{624} \cancel{\cdot 4 m g} =$$

$$= \frac{55}{13 \cdot 6} m g = \frac{55}{78} m g$$



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 checked="" type="checkbox"/> 1 | <input 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 2

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

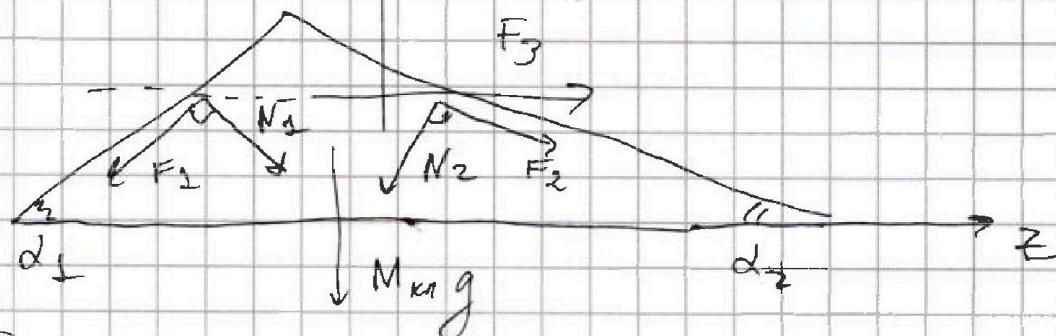
3) Решите задачу №10:

Решение

1) N_{ct}

с углом 3 градусов

действия Ньютона



Пусть

F_3 направлено вправо. Найдём N_1 и N_2 , очевидно, что

$$N_1 = mg \cdot \cos \alpha_1 : N_2 = 4mg \cos \alpha_2$$

234:

$$0 = F_3 + F_2 \cdot \cos \alpha_2 + N_1 \cdot \sin \alpha_1 - N_2 \cdot \sin \alpha_2 - F_1 \cdot \cos \alpha_1$$

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

$$= 4mg \cos \alpha_2 \sin \alpha_2 + 4mg \sin \alpha_1 \cos \alpha_1 - m a_1 \cos \alpha_1 -$$

$$- mg \cos \alpha_1 \sin \alpha_2 - (4mg \sin \alpha_2 \cos \alpha_2 - 4m a_2 \cos \alpha_2) =$$

$$= 4m a_2 \cos \alpha_2 - m a_1 \cos \alpha_1 = m \left(\frac{4}{25} g \cdot \frac{12}{13} - \frac{5}{13} g \cdot \frac{9}{5} \right) =$$

$$= mg \left(\frac{10}{13} - \frac{9}{13} \right) = \frac{6}{13} mg$$

Ответ: 1) $\frac{14}{65} mg$

2) $\frac{55}{78} mg$

3) $\frac{6}{13} mg$

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.



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

Аналогично для цепочки 1-3:

$$C_{1-3} = \frac{3}{2} VR + \frac{-\frac{P_0}{V_0} V + 8P_0}{-\frac{2}{V_0} V + 8P_0} \cdot VR = 0$$

$$\Rightarrow \frac{3}{2} = \frac{\frac{P_0}{V_0} V - 8P_0}{-\frac{2}{V_0} V + 8P_0} \Rightarrow V_{13}^* = 5V_0 \leftarrow \begin{matrix} \text{путь эндо} \\ \text{цикла 3} \end{matrix}$$

$$\Rightarrow Q_{1-3} = \Delta U p(V_{13}^*) = -P_0 \cdot 5(V_0 + 8P_0) = 3P_0$$

$$\Rightarrow Q_{K1-3}^* = \Delta U_{1-3} + A_{1-3} \alpha = \frac{3}{2} VR(T_3^* - T_2) +$$

$$+ \cancel{A_{13}} \frac{1}{2} (3P_0 + 4P_0)V_0 = -\frac{3}{2} P_0 V_0 + \frac{7}{2} P_0 V_0 = 2P_0 V_0$$

$$Q_{23} < 0, \text{ т.к. } T_2 > T_3, A_{23} = 0$$

$$\Rightarrow \eta_{\text{цикла}} = \frac{2,25 P_0 V_0}{12 P_0 V_0 + 2 P_0 V_0} = \frac{2,25}{14} = \frac{9}{56} = \frac{9}{56}$$

Ответ: 1) 2 2) $\frac{9}{56}$.



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 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!

3) $\text{No}_{\text{цикла}} = \frac{4 \text{ цикла}}{Q_{\text{нагрв}}}.$ Каждым $P_{13}(V)$ аналогоично
получим $P_{23}(V) = -\frac{\delta P_0}{8V_0} V + 8P_0 = -\frac{P_0}{V_0} \cdot V + 8P_0$

Рассмотрим малый процесс:

$$dQ = C \cdot dT = \delta U + \delta A; \delta A = P \delta V; \delta U = \frac{3}{2} VR dT$$

$$\Rightarrow C = \frac{3}{2} VR + P \frac{dV}{dT}$$

$$\frac{dT}{dV} = T'(V) \Rightarrow C = \frac{3}{2} VR + \frac{P}{T'(V)}$$

$$\text{Для } 1-2: \left(-\frac{1}{2} \frac{P_0}{V_0} V^2 + 6P_0 V \right) \frac{1}{VR} = T_{12}(V)$$

$$\text{Для } 2-3: \left(-\frac{P_0}{V_0} V^2 + 8P_0 V \right) \frac{1}{VR} = T_{23}(V)$$

$$T'_{12}(V) = \left(-\frac{P_0}{V_0} V + 6P_0 \right) \frac{1}{VR}$$

$$T'_{23}(V) = \left(-\frac{2P_0}{V_0} V + 8P_0 \right) \frac{1}{VR};$$

Итак:

$$C_{12} = \frac{3}{2} VR + \frac{P_{12}(V)}{\left(-\frac{P_0}{V_0} V + 6P_0 \right)} \cdot VR$$

$$\text{если } C > 0, \text{ то } dQ > 0 \quad : \quad C_{12} = 0 \Rightarrow \frac{3}{2} = \frac{-P_{12}(V)}{-\frac{P_0}{V_0} V + 6P_0}$$

$$\Rightarrow V_{12}^* = 7,5 V_0 \leftarrow \text{объем при котором происходит}\newline \text{менее 1 цикла } dQ, \text{ то } 7,5 V_0 \quad dQ_{12} > 0.$$

$$\Rightarrow Q_{H12} = \delta U_{1-2} + A_{1-2} = \frac{3}{2} VR (T_2 - T_1) + \frac{1}{2} (2,5P_0 + 4P_0) \cdot 3V_0 =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot \frac{3}{2} P_0 V_0 + \frac{3}{2} \cdot 6,5 P_0 V_0 = \frac{3}{2} \cdot 12 P_0 V_0 = 12 P_0 V_0$$

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



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

1) Рассмотрим задачу 2

$$\Delta U_{\text{цикла}} = \oint S_{\Delta 123} = \frac{1}{2} \cdot \Delta V_{13} \cdot \Delta P_{23} = \frac{1}{2} \cdot 3V_0 \cdot 1.5P_0 =$$

$= 2.25 P_0 V_0$. Теперь найдём модуль приращения внутр. энергии в процессе 2-3:

$$|\Delta U_{23}| = \frac{3}{2} VR T_2 - \frac{3}{2} VR T_3 = \frac{3}{2} P_2 V_2 - \frac{3}{2} P_3 V_3 = \\ = \frac{3}{2} \cdot 1.5P_0 \cdot 7V_0 - \frac{3}{2} \cdot P_0 \cdot 7V_0 = 2.25 \cdot 7 P_0 V_0$$

$$\Rightarrow \frac{|\Delta U_{23}|}{\Delta U_{\text{цикла}}} = \frac{2.25 \cdot 7 P_0 V_0}{2.25 P_0 V_0} = 7. \quad T_1 = \frac{11 P_0 V_0}{VR}$$

2) Уп. состояния газа α^{12} : $4P_0 \cdot 4V_0 = VR T_2$

Процесс 2-2 осуществляется уравнением прямой ведущ

$$y = kx + b, \text{ в нашем случае: } k = -\frac{6P_0}{12V_0} = -\frac{1}{2} \frac{P_0}{V_0}$$

$b = 6P_0 \Rightarrow P_2(V) = -\frac{1}{2} \frac{P_0}{V_0} \cdot V + 6P_0$. Рассмотрим начальное состояние процесса 1-2: Найдём это б уп. состояния из единого уравн:

$$\left(-\frac{1}{2} \frac{P_0}{V_0} \cdot V + 6P_0 \right) V = VR T \Rightarrow$$

$$\Rightarrow T(V) = \left(-\frac{1}{2} \frac{P_0}{V_0} \cdot V^2 + 6P_0 \cdot V \right) \frac{1}{VR} \leftarrow \begin{array}{l} \text{получаем,} \\ \text{всё без един} \end{array}$$

$$\text{шеми вершины: } V_B = \frac{-6P_0}{-\frac{1}{2} \frac{P_0}{V_0}} V_0 = 6V_0 \leftarrow \begin{array}{l} \text{получает} \\ \text{по 1-2.} \end{array}$$

$$\Rightarrow T_{\max} = T(V_B) = \left(-\frac{1}{2} \frac{P_0}{V_0} \cdot 36V_0^2 + 6P_0 \cdot 6V_0 \right) \frac{1}{VR} =$$

$$= \frac{48 P_0 V_0}{VR}. \text{ Ищем: } \frac{T_{\max}}{\frac{12}{T_2}} = \frac{18 \frac{P_0 V_0}{P_0}}{\frac{10}{11 \frac{P_0 V_0}{P_0}}} = \frac{9}{8}$$



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!

2) Найдем потенциал в точке $\frac{R}{3}$, находящуюся
пункту 1:

$$\varphi_{\frac{R}{3}} = \frac{6kQ}{R} - \frac{3kQ}{\epsilon R} = \left(6 - \frac{3}{\epsilon}\right) \frac{kQ}{R} = \frac{4\varphi_0}{\epsilon} \quad (1)$$

по графику

с другой стороны:

$$\Delta\varphi\left(\frac{R}{3} \rightarrow \frac{2R}{3}\right) = -\varphi_0 = -\int_{\frac{R}{3}}^{\frac{2R}{3}} \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx = -\frac{kQ}{\epsilon} \cdot \left(-\frac{1}{x}\right) \Big|_{\frac{R}{3}}^{\frac{2R}{3}} =$$

$\frac{2R}{3}$

$\frac{R}{3}$

изменение потенциала
при переходе от $\frac{R}{3}$ к $\frac{2R}{3}$

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

$$\Rightarrow \varphi_0 = \frac{3}{2} \frac{kQ}{\epsilon R}, \text{ подставляем в (1):}$$

$$\frac{6kQ}{\epsilon R} = \left(6 - \frac{3}{\epsilon}\right) \frac{kQ}{\epsilon R} \Rightarrow \frac{6}{\epsilon} = 6 - \frac{3}{\epsilon}$$

$$\Rightarrow \frac{9}{\epsilon} = 6 \Rightarrow \epsilon = \frac{3}{2}$$

Ответ: 1) $\frac{kQ}{R} \left(6 - \frac{3}{\epsilon}\right)$

2) $\frac{3}{2}$



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 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!

Задача 3

Δ По определению: $d\varphi = -E \cdot dx$

$$E(0 \rightarrow r) = \frac{kQ}{x^2} ; E(r \rightarrow R) = \frac{kQ}{\epsilon R^2}$$

при $x \in (0; r)$

при $x \in (r; R)$

$$\varphi_r - \varphi_0 = - \int_0^r \frac{kQ}{x^2} dx$$

$$\varphi_r - \varphi_0 = -kQ \cdot \left(-\frac{1}{x}\Big|_0^r\right) = -kQ \cdot \left(-\frac{1}{r} + \frac{1}{0}\right) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi_r - \varphi_0 = \frac{kQ}{r} - \frac{kQ}{0} ; \quad \text{если } \varphi_0 = \frac{kQ}{2}, \text{ то } \varphi_r = \frac{kQ}{r}$$

$$\Rightarrow \varphi_r = \frac{kQ}{r} \quad \text{для постоянного заряда } Q.$$

$$\varphi_{\frac{R}{4}} - \varphi_r = - \int_r^{\frac{R}{4}} \frac{kQ}{\epsilon x^2} dx = - \frac{kQ}{\epsilon} \cdot \left(-\frac{1}{x}\Big|_r^{\frac{R}{4}}\right)$$

$$\text{На графике: } r = \frac{R}{6}$$

$$\Rightarrow \varphi_{\frac{R}{4}} - \varphi_r = - \frac{kQ}{\epsilon} \cdot \left(-\frac{4}{R} + \frac{6}{r}\right) \quad \text{а при } r > \frac{R}{4}, \text{ то}$$

$$\Rightarrow \varphi_{\frac{R}{4}} = \varphi_r + \frac{4kQ}{\epsilon R} - \frac{6kQ}{\epsilon R} = \varphi_r - \frac{2kQ}{\epsilon R} = \frac{kQ}{\epsilon R}$$

$$= \frac{6kQ}{R} - \frac{2kQ}{\epsilon R} = \frac{kQ}{R} \left(6 - \frac{2}{\epsilon}\right) \quad \begin{cases} \text{если } 6 > \frac{2}{\epsilon} \\ \text{тогда } \frac{6kQ}{R} + \frac{4kQ}{\epsilon R} - \frac{kQ}{\epsilon R} \end{cases}$$



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!

=> ищем:

$$5L \cdot I_{\text{кон}} = \frac{15 B_0 S_h}{6} \Rightarrow I_{\text{кон}} = \frac{15 B_0 S_h}{30 L}$$

Ответ:

$$1) \frac{n \cdot S_d}{5L}, 2) \frac{15 B_0 S_h}{30 L}$$



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

Задача 4.

$$L_1 = L$$

$$L_2 = 4L$$

$$n_1 = n$$

$$n_2 = 2n$$

$$S$$

1) ΔI ?

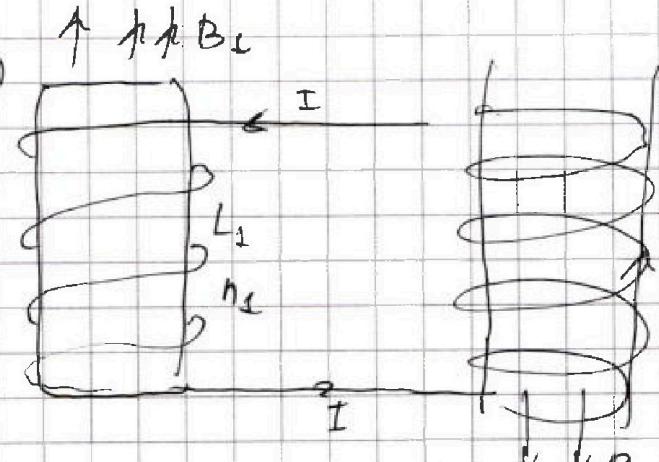
$$\frac{dI}{dt} ?$$

$$\alpha$$

2) $I_{\text{кон}}$ - ?

помок вектора

B_1 горизонтален



$$L_2 = 4L$$

$$n_2 = 2n$$

$$P_L = B_1 S \cdot n_1$$

, аналогично:

$$P_2 = B_2 S \cdot n_2$$

$$\frac{dP_E}{dt} = -E_1; \quad E_1 = I \cdot R; \quad R = 0 \Rightarrow E = 0 \Rightarrow \frac{dP_E}{dt} = 0$$

$$E_1 = L_1 \frac{dI}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} = - \frac{dP_E}{dt}$$

$$P_E = P_1 + P_2$$

$$\Rightarrow P_E = P_1 + P_2 = B_1 n_1 S + B_2 n_2 S$$

const

$$P_E = n_1 S \cdot \alpha$$

$$\Rightarrow (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} = -n_2 S \alpha \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{n_2 S \alpha}{5L} = \frac{n S \alpha}{5L}$$

2) Аналитическое выражение для I :

$$E_1 = L_1 \cdot \frac{dI}{dt} + L_2 \frac{dI}{dt} = - \frac{dP_E}{dt}$$

$$\Rightarrow (L_1 + L_2) \frac{dI}{dt} = - \frac{dP_E}{dt} \leftarrow \text{противоположно!}$$

$$(L_1 + L_2) \cdot \Delta I = - \Delta P_E; \quad \Delta I = I_{\text{кон}} - 0$$

$$\Delta P_E = \Delta P_1 + \Delta P_2 =$$

$$= -\frac{B_0}{2} S n_1 + \left(-\frac{4}{3} B_0 S n_2\right) = -\frac{19}{6} B_0 S n = \Rightarrow$$

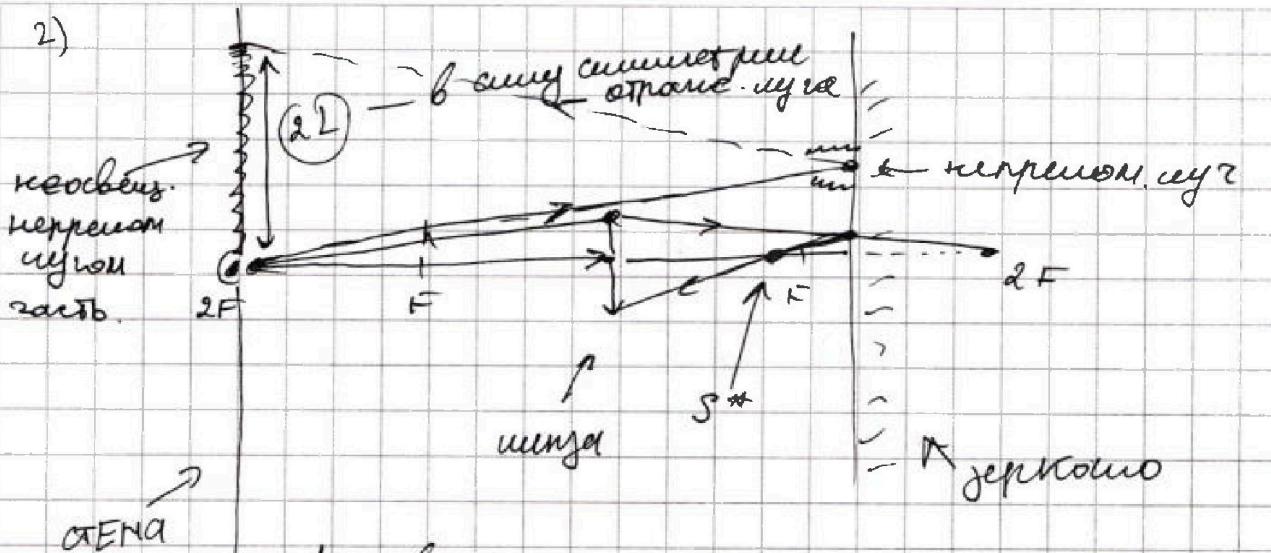


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

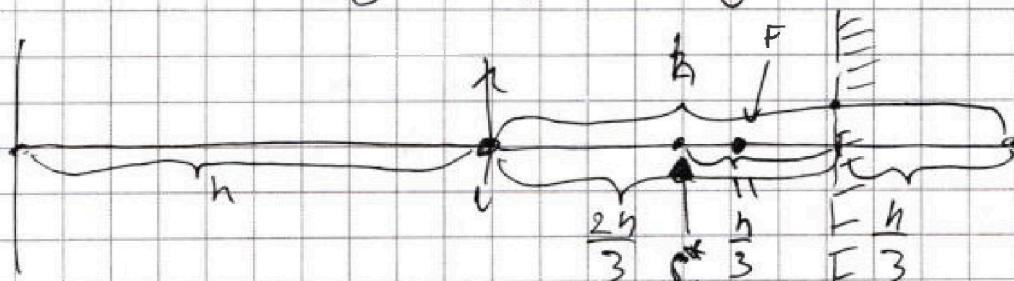
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input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



Луг впереди нас и проходит через шар. Мы хотим попасть в луг, но его охраняет держатель и он попадает на него. S^* (см. рис.) — это место, где будет касание предметом для шаров.



расстояние от шаров до S^* :

$$d^* = \frac{h}{3} < F \leftarrow \text{минимум сближения}$$

По ФНЛ:

$$\frac{l}{F} = \frac{l}{d^*} = \frac{l}{\frac{h}{3}} \Rightarrow f^* = h$$

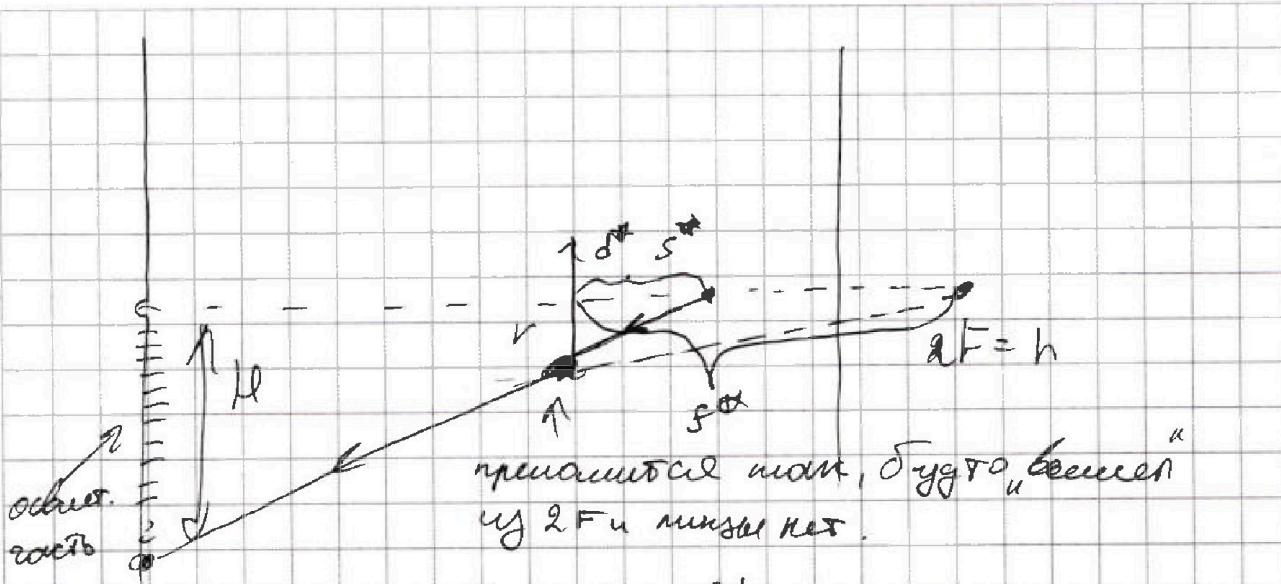


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

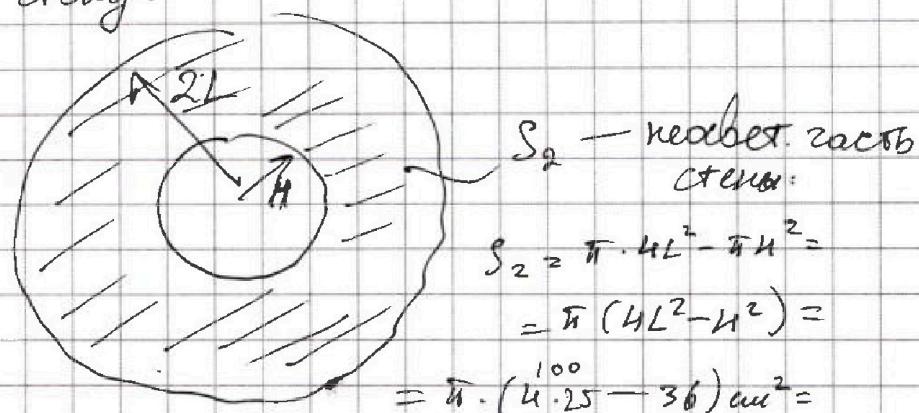
СТРАНИЦА
3 ИЗ 3

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!



Итако $H = \frac{2h}{h} \cdot r = 6\text{ см.}$

Выр на стену:



Отвем: 1) $24\pi \text{ см}^2$
2) $64\pi \text{ см}^2$



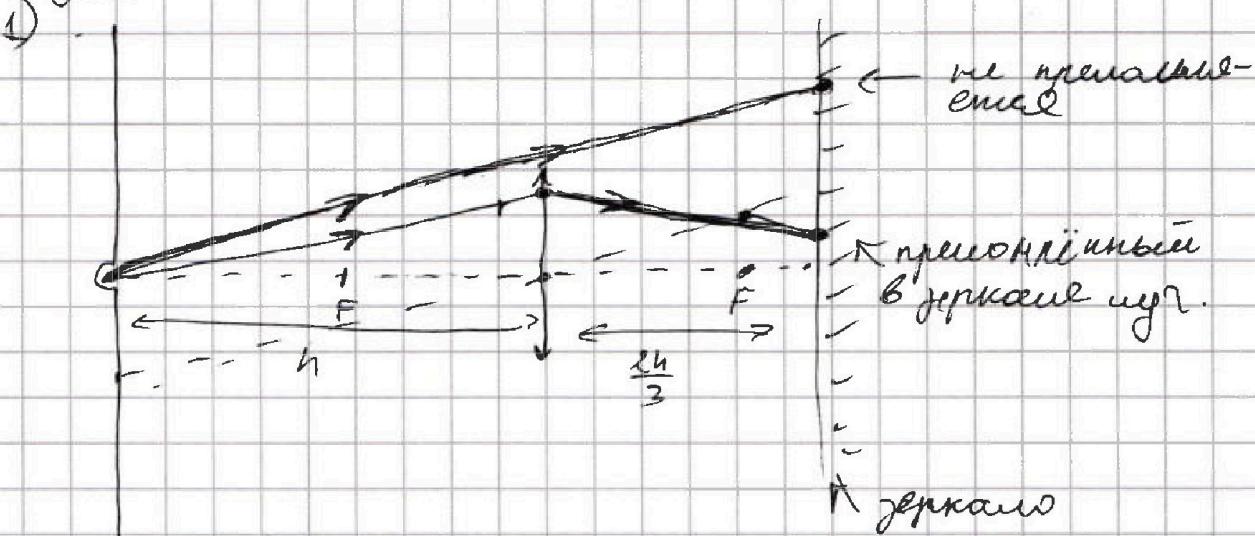
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

Задача 5.

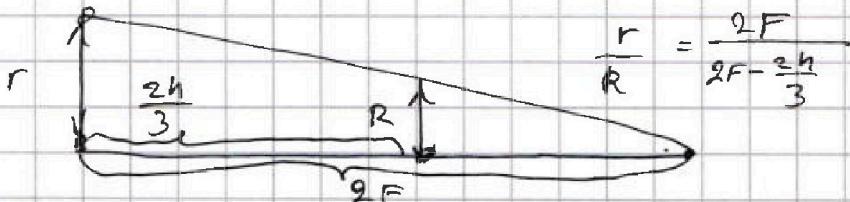


$$F = \frac{h}{2}; r = 3 \text{ см}, l = \frac{2h}{3}$$

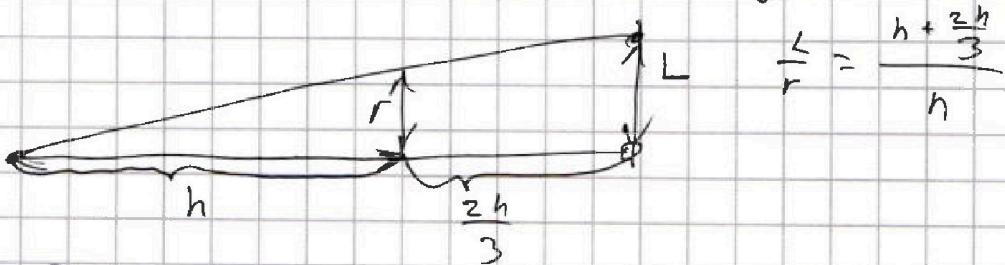
стена

По формуле шнурка получаем:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{(h)} + \frac{1}{r} \Rightarrow f = 2F. \quad \text{Получаем в рассмотрении
все краинки ног, про-
ходящий через краситель:}$$



$$\Rightarrow R = \frac{r}{3} = 1 \text{ см. Для пересечения ног:}$$



$$\Rightarrow L = \frac{\sqrt{5}}{3} r = 5 \text{ см. Буг на держаке:}$$

$$S_o = \pi L^2 - \pi r^2 = \pi (L^2 - r^2) = \\ = \pi \cdot (25 \text{ см}^2 - 1 \text{ см}^2) = 24 \pi \text{ см}^2.$$



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

$r R Q \varphi \quad \varphi\left(\frac{R}{4}\right) - ? \quad \varphi_1 = \psi_1 S \eta_2 +$
 $\frac{\partial \varphi}{\partial r} = - \frac{\partial \psi}{\partial \varphi}$
 $\frac{kQ}{r} + \frac{4kQ}{ER} \left(\frac{1}{x} \right) = \frac{kQ}{x} \quad \varphi_0 = \frac{kQ}{\epsilon r}$
 $\frac{1}{2} + \frac{16}{3} = \frac{3+16}{6}$
 $\frac{20}{24} = \frac{5}{6} = \frac{12}{15}$
 $\varphi_2 = \frac{1}{x}$
 $\varphi_2 = \frac{5kQ}{ER}$
 $\varphi_2 = \frac{5kQ}{ER}$
 $y = \frac{1}{x} \quad \bar{y} = \frac{1}{2} \frac{1}{x}$
 $\frac{kQ}{x} \rightarrow \frac{5kQ}{ER} + \varphi_2 = \frac{5kQ}{ER} \Rightarrow \varphi_2 = \frac{5kQ}{ER} - \frac{5kQ}{ER} =$
 $\frac{5kQ}{ER} \left(1 - \frac{1}{5} \right)$
 $\frac{4}{5} \varphi_0 = \frac{3kQ}{ER} + \varphi_2 \quad \frac{4}{5} \varphi_0 = \frac{3kQ}{ER} \cdot \frac{3}{2}$
 $\frac{3}{2} \frac{\varphi}{\varphi_0} = \frac{3}{2} \frac{kQ}{ER} + \varphi_2 \quad \frac{6}{5} = \frac{6}{5} \varphi_0 - 1$
 $\frac{2}{5} = 1 \quad \varphi = 2$

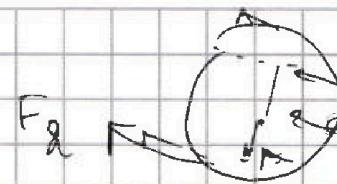
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Тоже укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА
ИЗ

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

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

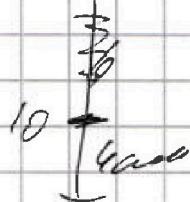


$$F_{\text{доп}} \cdot R = I \cdot \varphi$$

$$\varphi_{\text{ком2}} = \frac{B_0}{2} S_{n_2}$$

$$\Rightarrow d\varphi_1 = -\frac{B_0}{2} S_{n_2}$$

$$\varphi_{\text{ком2}} = B_0 S_{n_2}$$



$$\varphi_{\text{ком2}} = \frac{2B_0}{3} S_{n_2}$$

$$\Rightarrow d\varphi_2 = -B_0 S_{n_2} \cdot \frac{4}{3}$$

$$\varphi_{\text{ком2}} = 2B_0 S_{n_2}$$

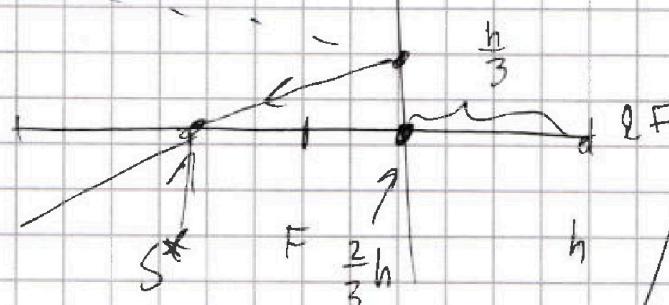
$$F_3 \quad N_1 \quad F_2$$

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

$$-\frac{\Phi_0 S n}{2} - \frac{4}{3} B_0 S \cdot 2h = -\frac{1}{2} - \frac{8}{3} = -\frac{3 - 16}{6} = -\frac{13}{6}$$

$$\frac{r}{\Phi} = \frac{h}{h/2} = 3 \Rightarrow \varrho = \frac{r}{3}$$

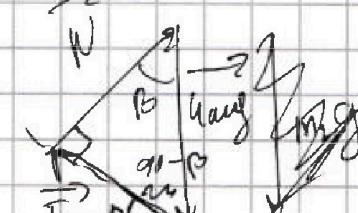
$$\frac{3}{3} + \frac{2}{3} = \frac{5}{3} \lambda r$$



$$\frac{2}{h} = \frac{3}{h} - \frac{1}{2} \quad \frac{F}{F} = \frac{1}{2}$$

$$\text{имп} \quad F_{\text{доп}} + N = 0$$

$$\text{имп} \quad F_2 + m g_2$$



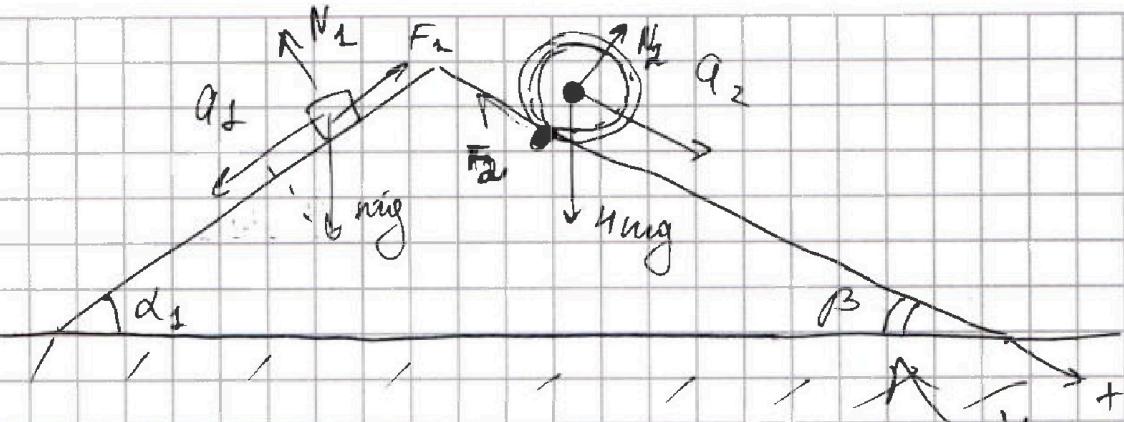


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



$$1) m\ddot{q}_1 = mgs \sin \alpha_1 - F_1 \Rightarrow \boxed{F_1 = mgs \sin \alpha_1 - ma_1}$$

$$2) \sum_{\text{окр}} = \frac{q_2 f^2}{R}; \quad \sum_{\text{окр}} = \frac{q_2 f^2}{R} = \cancel{\frac{m\omega^2 R^2}{R}} = \omega \cdot R$$

$$\omega = \omega_0 + \frac{\alpha s \cdot \sin \alpha}{c} \quad \Rightarrow \quad \omega = \frac{\alpha s \cdot \sin \alpha}{2R} \cdot \text{const.}$$

$$\sqrt{\frac{\alpha^2}{2} + \theta^2} = \frac{m\omega^2 c^2 \cdot s}{c^2}$$

$$I = \sum m_i r_i^2 = 4mR^2$$

$$\omega = \frac{q_2 \theta}{R}$$

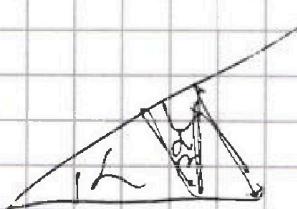
$$F_2 \cdot R = 4mR^2 \cdot \frac{q_2 \theta}{R} \quad \Rightarrow \quad \theta = \frac{q_2}{R}$$

$$\Rightarrow \boxed{F_2 = 4m \cdot q_2}$$

$$P_{F_2} = 0$$

$$4ms \sin \alpha_1 - F_2 = 4ma_1$$

$$F_2 = 4m(g \sin \alpha_1 - a_1) = g \cdot 4m \cdot \frac{(5-2)}{20}$$



$$\frac{34}{3 \cdot 13 - 25} = \frac{14}{16}$$



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 checked="" type="checkbox"/> 4 | <input type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 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!

Б) Видар Задача 3

$$1) \text{ По определению: } E = - \frac{d\varphi}{dx}$$

$\Rightarrow d\varphi = -E dx$ видно, что если E уменьшится в ε раз, то и φ (потенциал) уменьшится в ε раз. По условию видно, что $x = \frac{R}{4} > r$

$$\Rightarrow \varphi\left(\frac{R}{4}\right) = \frac{kQ}{\varepsilon \cdot \frac{R}{4}} = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0\varepsilon \cdot \frac{R}{4}} = \frac{Q}{\pi\epsilon_0 R} \leftarrow \frac{Q}{r}$$

или в общем виде:

$$\left\{ \begin{array}{l} x > R, \text{ то } \varphi = \frac{Q}{\varepsilon x} = \frac{kQ}{\varepsilon x} \quad (1) \\ x \leq R, \text{ то } \varphi = \frac{kQ}{x}. \end{array} \right.$$

$$\varphi(x) = \frac{kQ}{\varepsilon x}$$

$$\varphi(x) = \frac{kQ}{\varepsilon x} + \varphi_A$$

2) Потенциал — функция непрерывная.

Часто он $\frac{R}{3}$ до $\frac{2R}{3}$ попадет помимо б

участков, где дисл. схемы. \Rightarrow Для этого $\frac{R}{3}$ и $\frac{2R}{3}$:

$$\frac{4\varphi_0}{\varepsilon R} = \frac{3kQ}{\varepsilon R} + \varphi_A \Rightarrow \varphi_0 = \frac{3kQ}{\varepsilon R} \cdot \frac{3}{2}$$

$$3\varphi_0 = \frac{3}{2} \frac{kQ}{\varepsilon R} + \varphi_A$$

$$\text{Две точки } r = \frac{R}{3}: \frac{6kQ}{R} = \frac{6kQ}{\varepsilon R} + \varphi_A \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi_A = \frac{6kQ}{R} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right) \Rightarrow \text{Очевидно: } \varphi = \frac{Q}{\varepsilon \epsilon_0 R}.$$

$$\Rightarrow \frac{3kQ}{2\varepsilon R} = \frac{6kQ}{R} \left(1 - \frac{1}{\varepsilon}\right) \Rightarrow \varepsilon = 2. \quad 2) \varphi = 2.$$



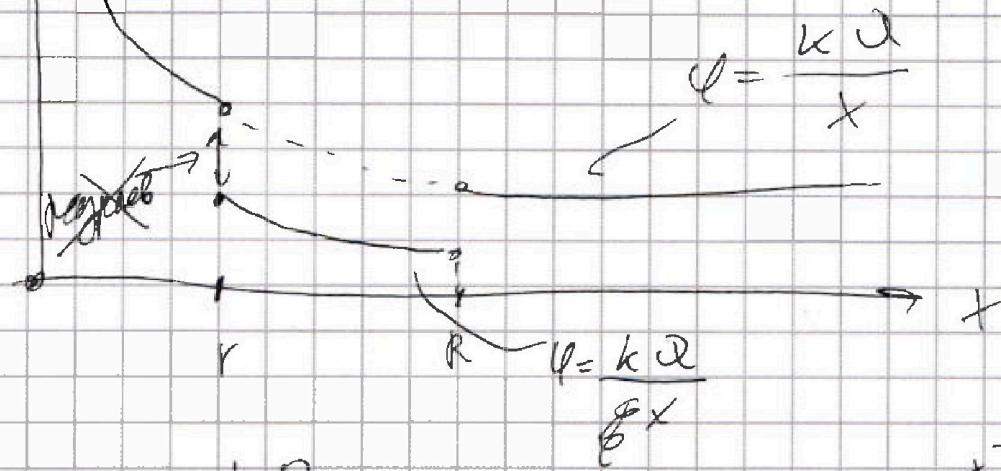
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

9



$$E(x) = \frac{kQ}{x^2}$$

$$-\frac{dV}{dx} = -\frac{kQ}{x^2}$$

$$\Phi_r = \int_0^r \frac{kQ}{x^2} dx = kQ \int_0^r \frac{dx}{x^2} = \frac{-kQ}{r} + \frac{kQ}{R}$$

Φ_f

$$\Phi_f = \frac{kQ}{r}$$

$$\int_{\frac{R}{4}}^{\frac{R}{2}}$$

$$\Phi_f =$$

$$\Phi_f - \Phi_r = \frac{kQ}{\frac{R}{2}} \left(-\frac{4}{R} + \frac{1}{r} \right) = \frac{kQ}{\frac{R}{2}} - k$$