

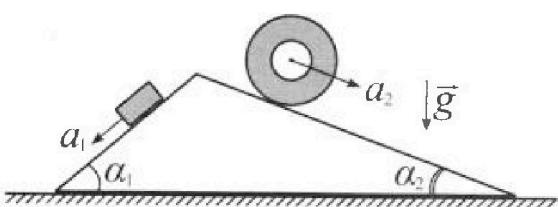
**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024**

Вариант 11-03



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

1. С клина, находящегося на шероховатом горизонтальном столе, соскальзывает брускок массой m с ускорением $a_1 = 6g/13$ и скатывается без проскальзывания полый цилиндр массой $2m$ с ускорением $a_2 = g/4$ (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.

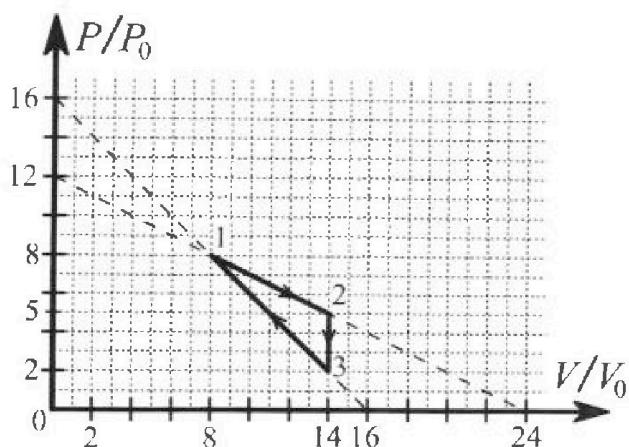


- 1) Найти силу трения F_1 между бруском и клином.
- 2) Найти силу трения F_2 между цилиндром и клином.
- 3) Найти силу трения F_3 между столом и клином.

Каждый ответ выразить через m и g с чи словым 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.

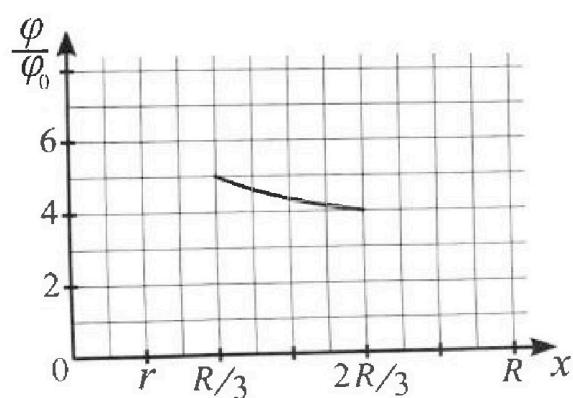
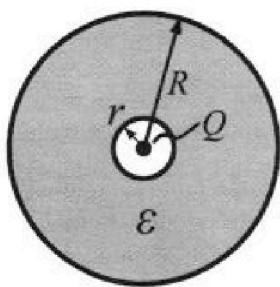
- 1) Найдите отношение модуля приращения внутренней энергии газа в процессе 1-2 к работе газа за цикл.
- 2) Найдите отношение максимальной температуры газа в процессе 1-2 к температуре газа в состоянии 3.
- 3) Найдите КПД цикла.



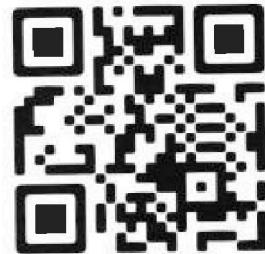
Ответы выразите числом в виде обыкновенной дроби или целого числа.

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 $x = 5R/6$.
- 2) Используя график, найти численное значение ϵ .

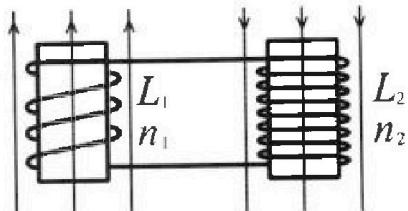


**Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2024
Вариант 11-03**



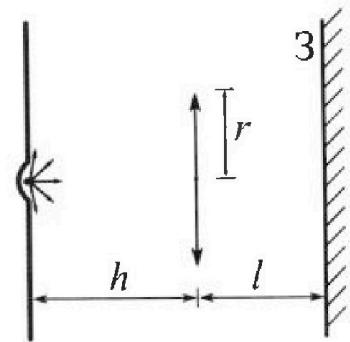
В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. Две катушки с индуктивностями $L_1 = L$ и $L_2 = 16L$ и числами витков $n_1 = n$ и $n_2 = 4n$ 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 $B_0/3$, не изменив направления, а в катушке с индуктивностью L_2 индукция внешнего поля уменьшилась от $3B_0/4$, 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 $F = h/3$. Главная оптическая ось линзы горизонтальна и проходит через лампочку. Радиус линзы $r = 5$ 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 [см²] в виде $\gamma\pi$, где γ - целое число или простая обыкновенная дробь.

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

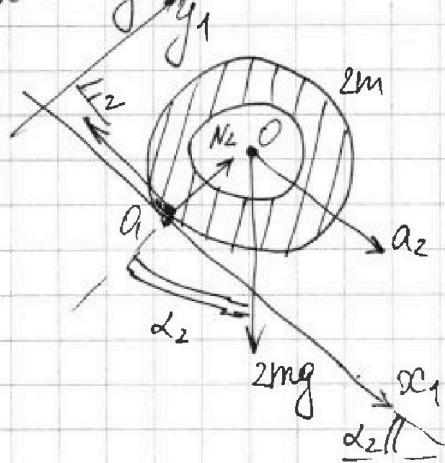
- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/>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

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!

2) Рассмотрим движение цилиндра по

наклону.



Ажажичко п.1 рассставши действующие на цилиндр силы.

II з-и Ньютона для цилиндра в проекциях на показанные оси x₁ и y₁:

$$x_1: 2ma_2 = 2mgs \sin \alpha_2 - F_2; \quad (3)$$

$$y_1: 2m \cdot 0 = N_2 - 2mgs \cos \alpha_2; \quad (4)$$

Из ур-я (3) сила трения $F_2 = 2mgs \sin \alpha_2 - a_2 = 2m \left(g \cdot \frac{5}{13} - \frac{g}{4} \right) = 2mg \frac{20-13}{52} = 2mg \cdot \frac{7}{52} = \frac{7}{26}mg$.

3) Рассмотрим. Пусть I - момент инерции цилиндра относительно оси

3) Всююючи силы, действующие на цилиндр: нормальную реакцию F_{3x} , силу трения и силу инерции. Пусть F_{3x} - проекция силы трения F_3 между стаком и цилиндром на горизонт. ось x_2 (см. самой первой рис. на стр. 1 задачи 1).

Килин в покое, \Rightarrow II з-и Ньютона для цилиндра в проекции на ось x_2 :

$$x_2: F_2 \cos \alpha_2 + N_1 \sin \alpha_1 - F_1 \cos \alpha_1 - N_2 \sin \alpha_2 + F_{3x} = 0$$



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.

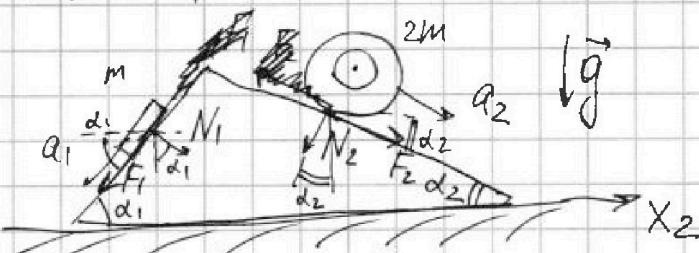
- | | | | | | | |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/>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

СТРАНИЦА
1 из 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!

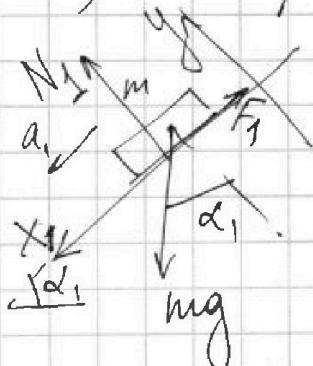
Задача 1.

Решение:



1) Высчитаем движение бруска по клину.

Выставим действующие на брускок силы (здесь N_1 - сила норм. реакц. со стороны клина)



И.к. клин неподвижен, то $a_1 = \frac{6g}{13}$ - ускорение бруска отк.

закончил, направив вдоль поверхности клина (считаю, что все тело в проц. движ. не отрыв. друг от друга)

II з-к Ньютона для бруска в проекциях на ортогональные оси x и y:

$$x: ma_1 = mg \sin \alpha_1 - F_1; \quad (1)$$

$$y: N_1 - mg \cos \alpha_1 = 0; \quad (2)$$

Из ур-я (1) сила трения, действ. на брускок:

$$F_1 = m(g \sin \alpha_1 - a_1) = m\left(g \cdot \frac{3}{5} - \frac{6}{13}g\right) = mg \cdot \frac{9}{65}.$$



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"/> |

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!

(Три расстаковке си было учтено, что по §III з-ку Ньютона силы N_1 и F_1 , с которыми кинет действует на брускок, с такими же по модулю, но противоположными по направлению силами брускок действует на кинет. Аналогичное рассуждение для чашки и кинета)

$$\text{Поiga: } F_{3x} = F_1 \cos \alpha_1 + N_2 \sin \alpha_2 - F_2 \cos \alpha_2 - N_1 \sin \alpha_1,$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{3x} = \left(\frac{9}{65} mg \right) \frac{4}{5} + \left(2mg \cdot \frac{12}{13} \right) \cdot \frac{5}{13} - \left(\frac{7}{26} mg \right) \cdot \frac{12}{13} - \\ - \left(mg \cdot \frac{4}{5} \right) \cdot \frac{3}{5} = \end{array} \right.$$

Учитывая, что где бруска и кинет,

$$\left. \begin{array}{l} -2m\alpha_2 \cos \alpha_2 = F_2 \cos \alpha_2 + N_2 \sin \alpha_2, \\ -m\alpha_1 \cos \alpha_1 = -F_1 \cos \alpha_1 + N_1 \sin \alpha_1, \end{array} \right\} \text{в пр-ции на } x_2$$

то:

$$\begin{aligned} F_{3x} &= m\alpha_1 \cos \alpha_1 - 2m\alpha_2 \cos \alpha_2 = \\ &= m \cdot \frac{6}{13} g \cdot \frac{4}{5} - 2m \cdot \frac{1}{4} g \cdot \frac{12}{13} = \frac{24}{65} mg - \frac{6}{13} mg = \\ &= \frac{24-30}{65} mg = -\frac{6}{65} mg < 0, \Rightarrow \vec{F}_3 \text{ направл. против } x_2, \text{ следа-} \\ &\text{емка равна } F_3 = \frac{6}{65} mg. \end{aligned}$$

Ответ: 1) $F_1 = \frac{9}{65} mg$

2) $F_2 = \frac{7}{26} mg$

3) $F_3 = \frac{6}{65} mg$



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"/> 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 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!

Температура газа в сист. 3: $T_3 = \frac{P_3 V_3}{VR} = \frac{2P_0 \cdot 14V_0}{VR} = \frac{28V_0 P_0}{VR}$, V - кол-во газа.

Отношение: $n = \frac{T_{\max}}{T_3} = \frac{\frac{72V_0 P_0}{VR}}{\frac{28V_0 P_0}{VR}} = \frac{18}{7}$

3) КПД $\eta = \frac{A_{\text{газа}}}{Q_+}$, где Q_+ - тепло, полученное газом в цикле.

Этот получаем тепло только на участке 1→2, это явно $Q_{12} = A_{12} + \Delta U_{12} = -9P_0V_0 +$

$$+ \frac{1}{2}(3P_0 + 6P_0) \cdot (14 - 8)V_0 = (-9 + 7 \cdot 6)P_0V_0 = \cancel{33P_0V_0} \cdot 33P_0V_0$$

КПД цикла $\eta = \frac{A_{\text{газа}}}{Q_+} = \frac{9P_0V_0}{\cancel{33P_0V_0}} = \cancel{9} \cdot \frac{9}{33} = \frac{3}{11}$

Ответ: 1) $m = 1$

$$2) n = \frac{18}{7}$$

$$3) \eta = \cancel{9} \cdot \frac{9}{33} = \frac{3}{11}$$

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
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 2.

Решение:

1) Приращение внутр. энергии газа в процессе

$$1 \rightarrow 2 \text{ равно } \Delta U_{12} = \frac{3}{2} VR(T_2 - T_1) = \frac{3}{2}(p_2 V_2 - p_1 V_1) =$$

$$= \frac{3}{2} \cdot (5p_0 \cdot 14V_0 - 8p_0 \cdot 8V_0) = \frac{3}{2} (70 - 64)p_0 V_0 = 9p_0 V_0,$$

где p_1, V_1, T_1 и p_2, V_2, T_2 – соответ. параметры газа в состояниях 1 и 2.

Модуль приращения $|\Delta U_{12}| = 9p_0 V_0$.

2) Работа газа за цикл = площадь контура $1 \rightarrow 2 \rightarrow 3 \rightarrow 1$ на граф. $p(V)$:

$$A_{\text{газа}} = \frac{1}{2} \cdot (5p_0 - 2p_0) \cdot (14V_0 - 8V_0) = \frac{1}{2} \cdot 3p_0 \cdot 6V_0 = 9p_0 V_0.$$

$$\text{Отношение } m = \frac{|\Delta U_{12}|}{A_{\text{газа}}} = 1.$$

2) Зависимость давления газа от объема в процессе $1 \rightarrow 2$: $p(V) = 12p_0 - \frac{12p_0}{24V_0} \cdot V =$

$$= \left(12 - \frac{V}{2V_0}\right)p_0$$

Ур-е состояния газа: $pV = VRT$, $\Rightarrow T = T_{\max}$ при $(pV)_{\max}$.

$pV = \left(12 - \frac{V}{2V_0}\right)p_0 \cdot V$ – парограф $pV(V)$, макс.

значение которой достигается в вершине:

$$V(T_{\max}) = 12V_0, \quad p(T_{\max}) = p_0 \left(12 - \frac{12V_0}{2V_0}\right) = 6p_0,$$

$$\text{макс } T_{\max} = \frac{p(T_{\max})V(T_{\max})}{VR} = \frac{6p_0 \cdot 12V_0}{VR} = \frac{72V_0p_0}{VR}$$



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.

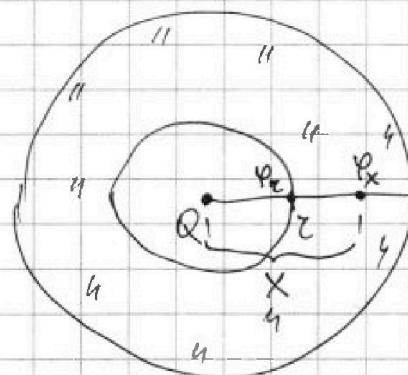
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input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

sagara 3.

Решение:



1) Потенциал, создаваемый зарядом Q на расстоянии r (по оси x), равен $\varphi_r = k \frac{Q}{r}$

Линии потоков с φ_r и φ_x :

$$\varphi_r - \varphi_x = \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{x} \right)$$

$$\varphi_x = k \frac{Q}{r} - \frac{kQ}{\epsilon r} + \frac{kQ}{\epsilon x} = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \cdot \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon x}.$$

~~При $x < R_1$~~

При $x > R_2$ имеем (внутри диэлектрика):

$$\varphi_{\frac{5R}{6}} = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \frac{kQ}{r} + \frac{6kQ}{5\epsilon R}$$

(Важно здесь $k = \frac{1}{4\pi\epsilon}$ — постоянная в законе Кулона)

2) На графике есть две точки: ~~составить~~

$$\left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right)_1 = 5 \text{ при } x = \frac{R}{3} \text{ и } \left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right)_2 = 4 \text{ при } x = \frac{2R}{3}$$

Исходя из формулы, полученной выше:

$$\left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right)_1 = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \frac{kQ}{\frac{R}{3}\varphi_0} + \frac{kQ}{\epsilon \frac{R}{3}\varphi_0}, \quad \left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right)_2 = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \frac{kQ}{\frac{2R}{3}\varphi_0} + \frac{kQ}{\epsilon \frac{2R}{3}\varphi_0}$$

(запишите, что $\varphi_0 \neq 0$ — из графика)



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
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!

Дано одно уравнение на другое, находим:

$$\frac{\left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right)_1}{\left(\frac{\varphi}{\varphi_0}\right)_2} = \frac{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{\varepsilon \frac{2R}{3} \varphi_0}}{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} \frac{kQ}{R} + \frac{kQ}{\varepsilon \frac{2R}{3} \varphi_0}} = \frac{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon R} + \frac{3}{2R}}{\frac{\varepsilon-1}{\varepsilon R} + \frac{3}{2R}} = \frac{5}{4}$$

Учитывая, что из графика $\varepsilon = \frac{R}{6}$:

$$\frac{\frac{6(\varepsilon-1)}{\varepsilon} + 3}{\frac{6(\varepsilon-1)}{\varepsilon} + \frac{3}{2}} = \frac{5}{4};$$

$$6 \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} + 3 = \frac{15}{2} \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} + \frac{15}{8};$$

$$\frac{15-12}{2} \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} = \frac{24-15}{8};$$

$$\frac{3}{2} \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} = \frac{9}{8}$$

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

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

$$\frac{1}{4} \varepsilon = 1$$

$$\varepsilon = 4.$$

Ответ: 1) $\varphi_{5R} = \frac{\varepsilon-1}{\varepsilon} \frac{kQ}{R} + \frac{6kQ}{5\varepsilon R}$

2) $\varepsilon = 4.$



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.

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

Задача 4.

Решение:

1) Пусть $B_{\text{вн}}$ и $B_{\text{вн}2}$ - индукции внешнего поля в катушках, B_1 и B_2 - собств. индукты в кат., возн. из-за протекающие тока

Потоки общие потоки в катушках

$$\Phi_1 = L_1 I = (B_{\text{вн}1} + B_1) n_1 S, \quad \Phi_2 = L_2 I = (B_{\text{вн}2} + B_2) n_2 S$$

Дифференцируя по времени:

$$L_1 \dot{I} = (\alpha + B_1) n_1 S, \quad L_2 \dot{I} = (\alpha + B_2) n_2 S$$

В сию, соединение катушек $-B_1 n_1 S = B_2 n_2 S$,
такою

позволит:

$$L_1 \dot{I} = \alpha n_1 S - L_2 \dot{I}, \quad \Rightarrow \quad \dot{I} = \frac{\alpha n_1 S}{L_1 + L_2} = \frac{\alpha n_1 S}{17L}$$

$$2) \quad L_1 dI = (dB_{\text{вн}1} + dB_1) n_1 S; \quad (1)$$

$$L_2 dI = (dB_{\text{вн}2} + dB_2) n_2 S; \quad (2)$$

$$-dB_1 n_1 S = dB_2 n_2 S;$$

$$\text{Складываем } (1) \text{ и } (2): \quad (L_1 + L_2) dI = dB_{\text{вн}1} n_1 S + dB_{\text{вн}2} n_2 S + dB_1 n_1 S + dB_2 n_2 S = dB_{\text{вн}1} n_1 S + dB_2 n_2 S$$

$$\text{Суммируя за всё время: } (L_1 + L_2) I_k = \left(B_0 - \frac{B_0}{3} \right) n_1 S + \left(B_0 - \frac{9B_0}{4} \right) n_2 S$$

$$17L I_k = -\frac{2B_0}{3} n_1 S - \frac{3}{4} B_0 \cdot 4 n_2 S = -\frac{11}{3} B_0 n_1 S, \text{ тогда но}$$

$$\text{издучимо } I_k = \frac{11 B_0 n_1 S}{51 L}$$

$$\text{Ответ: 1) } I = \frac{\alpha n_1 S}{17L}, \quad I_k = \frac{11 B_0 n_1 S}{51 L}.$$



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.

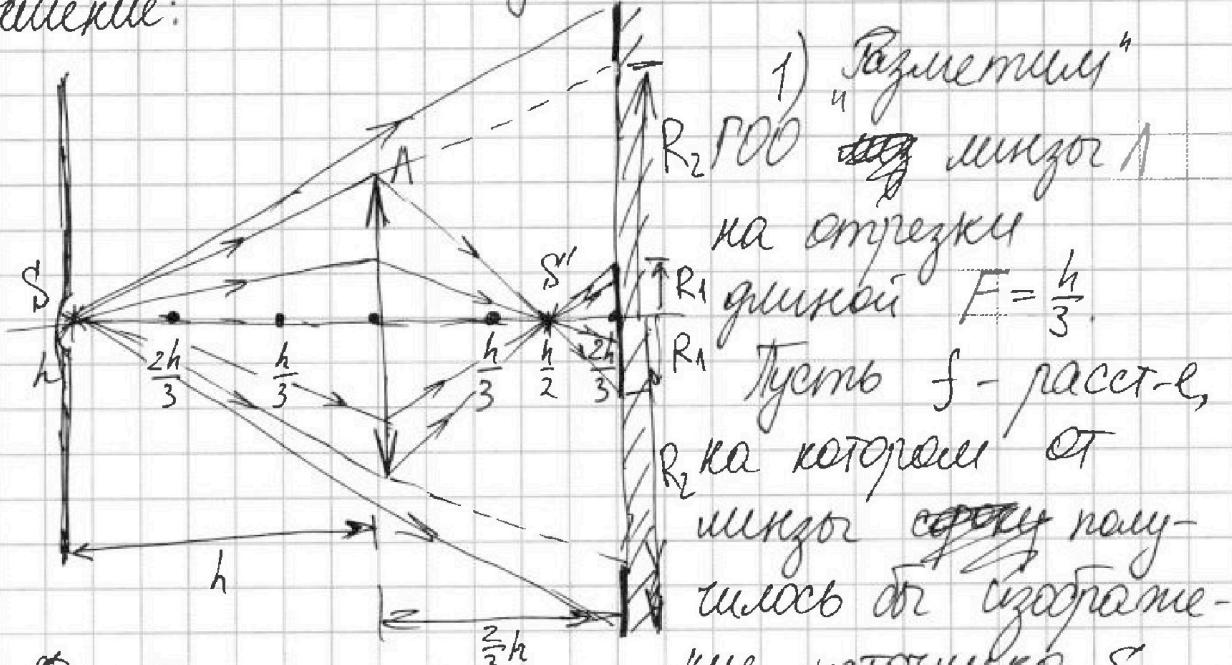
- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input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

СТРАНИЦА
1 из 4

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

Решение:

Задача 5.



1) "Разместим" R₂ FOO

на отрезки

длиной $F = \frac{h}{3}$.

Пусть f - расст.-е,

R_2 на которое

шаги ~~сделаны~~ получ-

ились при изображе-

ние источника S .

То формирует тонкой шарж:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{3F} + \frac{1}{f}, \Rightarrow f = \frac{3F}{2} = \frac{3}{2} \cdot \frac{h}{3} = \frac{h}{2}$$

И.е. шари, которое попадут на линзу
соберутася на расстоянии $\frac{h}{2}$ в ~~в~~ изобра-
жение S' , а их продолжение образуют
светлое пятно ~~под~~ некоторого радиуса R_1 .
Лучи, не попавшие на линзу, распро-
страняются прямолинейно, ~~скользят~~ и
все область выше, чем R_2 от FOO шарж
будет освещена (см. рис.)



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 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!

Из геометрии рисунка найдем R_1 и R_2 .

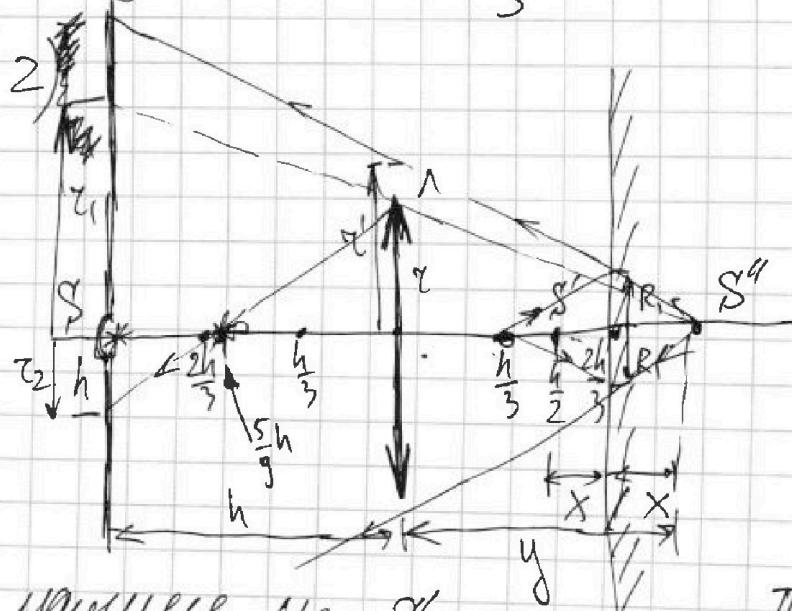
$$\frac{r}{h_2} = \frac{R_1}{2h_3 - h_2}, \Rightarrow R_1 = r \cdot \frac{\frac{2}{3} - \frac{1}{2}}{\frac{1}{2}} = r \left(\frac{4}{3} - 1 \right) = \frac{r}{3} = \frac{5}{3} \text{ см.}$$

$$\frac{r}{h} = \frac{R_2}{h + 2h_3} \Rightarrow R_2 = r \cdot \frac{1 + \frac{2}{3}}{1} = r \cdot \frac{5}{3} = \frac{25}{3} \text{ см.}$$

При размещении источника на экране равна $S = S_2 - S_1 =$

$$= \pi R_2^2 - \pi R_1^2 = \pi \left(\cancel{\frac{25}{9}r^2} - \cancel{\frac{1}{9}r^2} \right) = \frac{24\pi}{9} r^2 =$$

$$= \frac{24\pi}{9} \cdot 25 \text{ см}^2 = \frac{200\pi}{3} \text{ см}^2.$$



Круг, от
изображение
 S' находится
на расстоянии
 $x = \frac{2h}{3} - \frac{h}{2} =$
 $= \frac{1}{6}h$ от экрана.

идущее из S' и отраженное от экрана,
работают как источник 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 checked="" type="checkbox"/> 5 | <input type="checkbox"/> 6 | <input type="checkbox"/> 7 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА
3 из 4

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

находящийся за зеркалом на расстоянии
 $y = \frac{2h}{3} + x = \frac{2h}{3} + \frac{h}{6} = \frac{5h}{6}$ от шнурок,
при отсутствии зеркала и ~~и~~ то луки
отраженного пучок его лучей оракашен
(см. рис.), причем радиус пучка, полу-
диющего на лучей от S'' в плоскости
шнурок равен $r' = R_i \cdot \frac{\frac{5h}{6}}{\frac{h}{6}} = 2 \frac{5}{3}r = \frac{5}{3}r > r$,
т.е. есть отраженное лучи, не попадаю-
щие на шнур. Две крайние луча
нейдены расстояния попадание на стекло:

$$\frac{r_1}{h+y} = \frac{r}{y} \Rightarrow r_1 = r \cdot \frac{h+y}{y} = r \cdot \frac{h + \frac{5h}{6}}{\frac{5h}{6}} = r \frac{\frac{11}{6}}{\frac{5}{6}} = \frac{11}{5}r$$

лучи, идущие от S'' и прошедшие через
шнур собираются на нек. расстоянии f' от
шнурок. Но фок. м. шнурок:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{f'} + \frac{1}{y} \Rightarrow f' = \frac{yF}{y-F} = \\ = \frac{\frac{5h}{6} \cdot \frac{4}{3}}{\frac{5h}{6} - \frac{h}{3}} = h \cdot \frac{\frac{5}{18}}{\frac{1}{6}} = h \cdot \frac{10}{18} = \frac{5}{9}h$$



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.

1

2

3

4

5

6

7

СТРАНИЦА
4 ИЗ 4

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

Из геометрии рисунка найдём радиус r_2 светового пятна на стекле, образованного отражением, прошедшими через линзу нурки:

$$\frac{r_2}{h - \frac{5}{9}h} = \frac{r}{\frac{5}{9}h}, \Rightarrow r_2 = r \cdot \frac{\frac{4}{9}}{\frac{5}{9}h} = \frac{4}{5}r.$$

Площадь необрезанной части стекла:

$$S' = S_1' - S_2' = \pi(r^2 - r_2^2) = \pi\left(\frac{121}{25}r^2 - \frac{16}{25}r^2\right) = \frac{21\pi}{5}r^2 = \frac{21\pi}{5} \cdot 25 \text{ см}^2 = 105\pi \text{ см}^2.$$

Ответ: 1) $S = \frac{200\pi}{3} \text{ см}^2$

2) $S' = 105\pi \text{ см}^2$.



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

$$d\varphi = \frac{kQ}{\epsilon r^2} dr$$

$$\varphi_R = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \frac{kQ}{r} + \frac{kQ}{\epsilon R}$$

~~$$\varphi_0 - \varphi_R = kQ \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{R} \right)$$~~

$$\varphi_0 = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \frac{kQ}{r_0} + \frac{kQ}{\epsilon R} + \frac{kQ}{r_0} - \frac{kQ}{R} = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \frac{kQ}{r_0} +$$

~~$$\frac{\varphi_0}{kQ} = \frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \frac{1}{r_0} + \frac{1}{\epsilon R} = n_1$$~~

$$E_K = \frac{LI^2}{2}$$

$$\Phi = LI = BnS$$

~~$$2ma_{2x} = F_{2x} \cos \alpha_2 - N_2 \sin \alpha_2$$~~

$$E_{i1} + E_{i2} = I(r_1 + r_2)$$

~~$$B_{i1} B_{i2} \text{ или } (B_{i1} + B_{i2}) n_1 S = L_1 I = \Phi_1$$~~

$$(B_{i1} + B_{i2}) n_2 S = L_2 I = \Phi_2$$

$$E_{i1} + E_{i2} = 0$$

$$\left(\alpha + \frac{dB_1}{dt} \right) n_1 S = L_1 \frac{dI}{dt}$$

$$-B_1 n_1 S = B_2 n_2 S$$

$$B_2 n_2 S = L_2 \dot{I}$$

$$\alpha = L_1 \dot{I} + L_2 \dot{I} \Rightarrow \dot{I} = \frac{\alpha}{L_1 + L_2}$$

12
- 9
33

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"/> |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|

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!

$$\mathcal{E}_{i_1} + \mathcal{E}_{i_2} = 0$$

$$\mathcal{E}_i = -\frac{d\phi}{dt} = -\frac{dB}{dt} \cdot S_{hi}$$

$$I = \frac{\mathcal{E}_i}{R} = -\frac{k S_{hi}}{R}$$

$$\cancel{\Delta \Phi_{внешн}} = \Delta E_{сист}$$

$$\Delta \Phi_{внешн} = ?$$

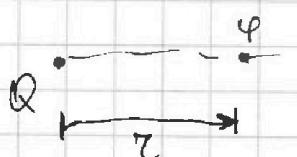
$$\cancel{\Delta \Phi} \quad \phi = \phi_{внешн} + \phi_{внутр}$$

$$\frac{d\phi_{внешн}}{dt} - \frac{d\phi_{внутр}}{dt} = \dots$$

$$\Rightarrow \frac{dB_{внешн}}{dt} S_{h1} + \frac{dB_{внутр}}{dt} S_{h1} = \frac{dB_{внешн}}{dt} S_{h2} + \frac{dB_{внутр}}{dt} S_{h2}$$

$$\cancel{\frac{L_1 I^2}{2} + \frac{L_2 I^2}} \alpha > 0$$

$$\alpha + \frac{dB_1}{dt} S_h = \frac{dB_2}{dt} S_h$$



$$\varphi = k \frac{Q}{r}$$

$$\varphi_0 = k \frac{Q}{\infty}$$



$$\cancel{E_E = \frac{E}{\epsilon}}$$

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

$$\cancel{\varphi(r) =}$$

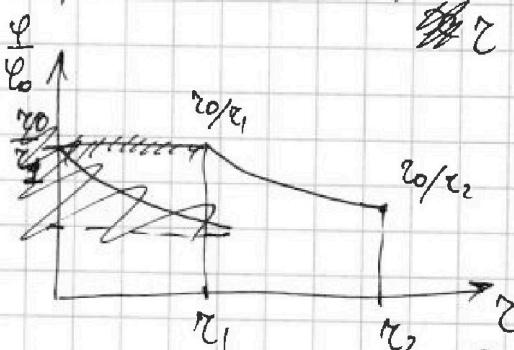
$$d\varphi = -Edr = -k \frac{Q}{r^2} dr$$

$$\cancel{\varphi(r) =}$$

$$-\frac{kQ}{\epsilon} \frac{dr}{r^2}$$

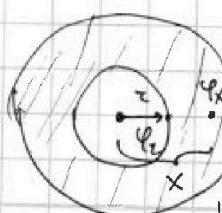
$$\varphi(r) - \varphi(r_0) = -\frac{kQ}{\epsilon} \int_{r_0}^r \frac{dr}{r^2}$$

$$\varphi(r) - \varphi(r_0) = \frac{kQ}{\epsilon} \left(-\frac{1}{r} \right) \Big|_{r_0}^r = \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r} \right)$$



$$\varphi_2 = k \frac{Q}{r_2}$$

$$\varphi_x - \varphi_r = \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{r} - \frac{1}{x-r} \right)$$



$$\varphi_2 - \varphi_x = \frac{kQ}{\epsilon} \left(\frac{1}{r_2} - \frac{1}{x-r} \right)$$

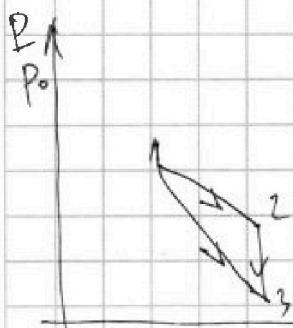
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- 1 2 3 4 5 6 7

СТРАНИЦА
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!



$$\Delta U_{12} = \frac{3}{2} VR(T_2 - T_1) = \cancel{\frac{3}{2} VR}$$

$$= \frac{3}{2} (P_1 V_1 - P_2 V_2)$$

$$A_{120} = \frac{1}{2} \cdot \cancel{\Delta V_{31}} \cdot (P_2 - P_3)$$

$$m_1 = \frac{\Delta U_{12}}{A_{120}} = \dots$$

$$pV = VRT$$

T_{\max} , $(pV)_{\max}$

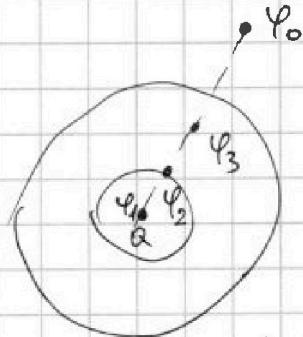
~~$\text{если } pV = \frac{p_0(V)}{V_0} = p_1 - k \frac{\Delta V}{V_0}$~~

~~$12p_0 = 12p_0 - \frac{2Vp_0}{2V_0} = 12p_0 - \frac{V}{V_0}$~~

~~$\frac{dV}{dt} = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{dB \cdot S}{dt}$~~

~~$E_{i1} + E_{i2} = 0$~~

~~$\frac{72}{28}$~~



$$Q_{12} = 9p_0 V_0 + \frac{1}{2} (8+6)p_0 \cdot (14-8)V_0 =$$

$$\frac{92}{28} = \frac{36}{14} = \frac{18}{7_2}$$

$$= 9 + 7 \cdot 6 = \frac{121}{105} = \frac{21}{5}$$

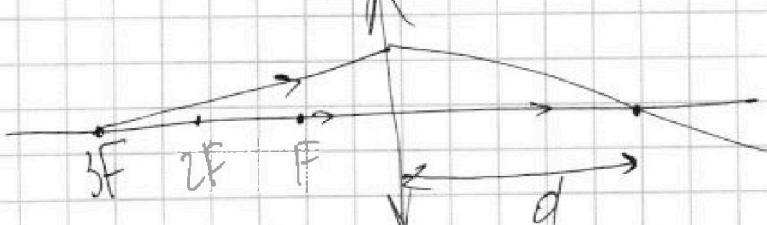
~~$\frac{25}{24}$~~

$$Q_{31} =$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{3F} + \frac{1}{f} + \frac{50}{600}$$

$$f = \frac{3F}{2}$$

$$\frac{600}{9} = \frac{200}{3}$$



$$\frac{R_1}{\frac{y}{6}} = \frac{z'}{sh}, z' = SR_1 = 5 \cdot \frac{z}{3} = \frac{5}{3}z$$

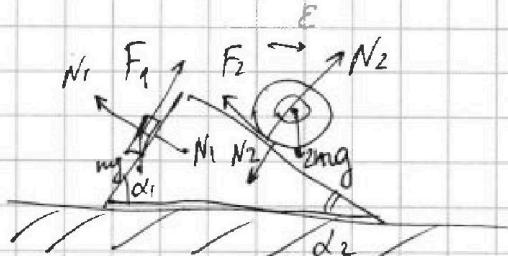
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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

СТРАНИЦА
ИЗ

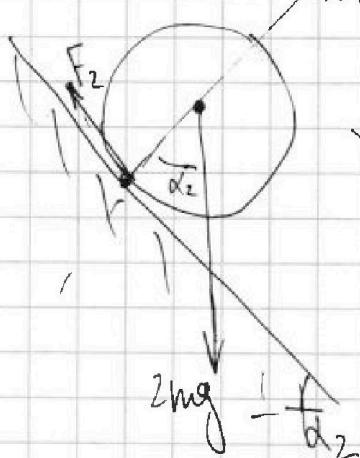
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$\epsilon = \frac{a_2}{R}$$

$$2m \cdot R^2 \cdot \epsilon = F_2 \cdot R$$

$$2ma_2 = F_2$$



$$2ma_2 \stackrel{?}{=} mg \sin \alpha_2$$

$$2m \cdot \frac{9}{4} \stackrel{?}{=} mg \frac{5}{13}$$

$$2mR^2 \frac{a_2}{R} + \frac{F_2 R}{R} = 2mg \sin \alpha_2 R$$

$$2ma_2 + F_2 = 2mg \sin \alpha_2$$

$$ma_1 = mg \sin \alpha_1 - \cancel{\mu N_1} \mu N_1$$

$$\cancel{\mu N_1} N_1 - mg \cos \alpha_1 = 0$$

$$F_1 = \mu N_1 \left(\frac{3}{5} - \frac{6}{13} = \frac{39-30}{5 \cdot 13} = \frac{9}{65} \right)$$

$$2mR^2 \frac{a_2}{R} = F_2 \cdot R$$

$$2ma_2 = 2mg \sin \alpha_2 - F_2$$

$$2ma_2 = 2mg \sin \alpha_2 - F_2$$

$$\frac{10}{13} - \frac{1}{4}$$

$$2m \cdot 0 = N_2 - 2mg \cos \alpha_2 \quad \frac{40-13}{52} = \frac{27}{52}$$

$$(2mR^2 + 2mR^2) \frac{a_2}{R} = 2mg \sin \alpha_2 \cdot R$$

$$4ma_2 = 2mg \sin \alpha_2$$

$$2mg(2mR^2 + I) \frac{a_2}{R} = 2mg \sin \alpha_2 \cdot R$$

$$I \frac{a_2}{R} = \cancel{2mR^2} F_2 \cdot R$$

$$F_2 = \frac{I a_2}{R^2} = \frac{52}{27} \cdot \frac{2}{2}$$

$$I = \frac{F_2 R^2}{a_2}$$

$$d\varphi = \frac{kQ}{E\varepsilon^2} dr$$

$$\Phi_K - \Phi_k = \frac{kQ}{\varepsilon}$$