



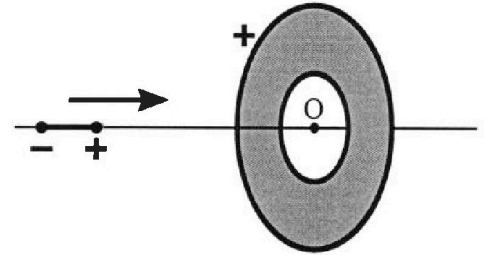
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

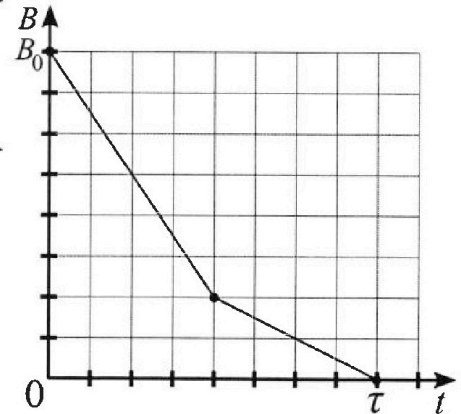
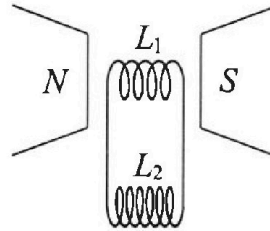


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется с некоторой начальной скоростью из бесконечно удаленной точки вдоль оси симметрии диска и пролетает через отверстие. Заряды диполя находятся на маленьких шариках, на диполь действуют только силы электрического поля диска, диск закреплен, при пролете диполь не отклоняется от оси диска. Минимальная начальная скорость диполя, необходимая для пролета, равна V_0 . Диполь сообщают начальную скорость $\frac{3}{2}V_0$.



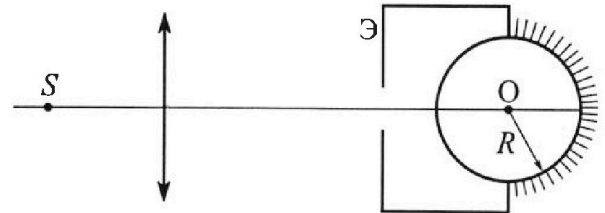
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 3L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек и соединительных проводов пренебрежимо мало. Изначально тока в катушках нет. Внешнее поле выключают в течение времени τ . Зависимость индукции внешнего поля от времени показана на рисунке. Взаимной индуктивностью катушек пренебречь.



- 1) Найти ток I_0 через катушку L_1 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку L_1 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы с фокусным расстоянием F расположены центр O прозрачного шара и точечный источник S , удаленный от линзы на расстояние $a = 1,1F$ (см. рис.). На поверхность шара, противоположную поверхности входа лучей, нанесено идеально отражающее зеркальное покрытие. С шаром жестко скреплен непрозрачный экран $\mathcal{E}$ с небольшим круглым отверстием. Если шар расположен так, что расстояние от центра линзы до ближайшей к нему точки шара равно $b = 10,5F$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти радиус R шара.

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы увеличилось на $\Delta = 5,5F$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

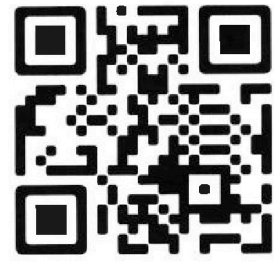
Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран $\mathcal{E}$ обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.



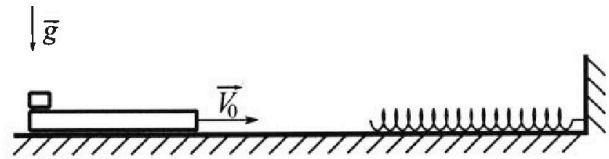
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинная доска массой $M = 2$ кг, на одном конце которой лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, движется по горизонтальной гладкой поверхности со скоростью $V_0 = 1$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 36$ Н/м, которая одним концом упирается в стенку (см. рис.). Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. Ускорение свободного падения $g = 10$ м/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

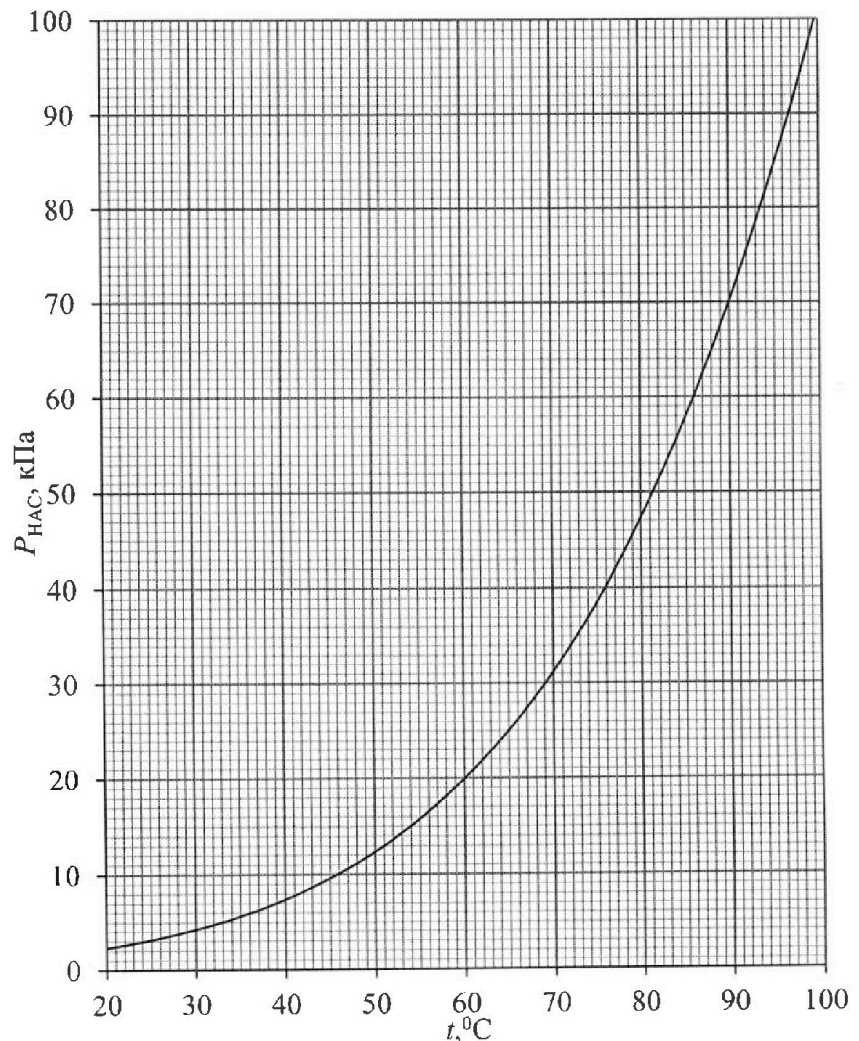


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 105$ кПа, температуре $t_0 = 97$ °С и относительной влажности $\varphi_0 = 1/3$ (33,3%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 33$ °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 97 °С.
- 2) Найти температуру t^* , при которой начнётся конденсация пара.
- 3) Найти отношение объёмов содержимого цилиндра V/V_0 в конце и в начале остывания.

Объём жидкости по сравнению с объёмом газа можно пренебречь. Пар считать идеальным газом.





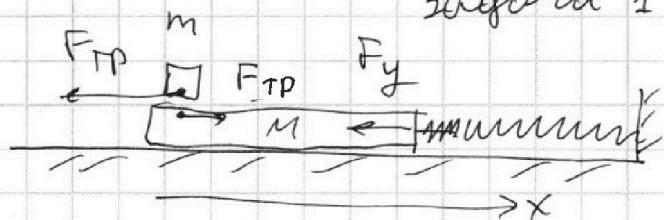
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 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



II 3-й И:

$$Ma = F_y - F_{тр}$$

$$ma = F_{тр}$$

$$F_{тр} \leq \mu mg$$

$$\ddot{a} = -\ddot{x}$$

$$\ddot{x}(M+m) + kx = 0$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}} = \sqrt{\frac{36}{3}} = \frac{6}{\sqrt{3}} \text{ с}^{-1} = 2\sqrt{3} \text{ с}^{-1}$$

$$x = -A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$\dot{x} = \omega A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$\ddot{x} = -\omega^2 A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

Н.у: $x(0) = 0$
 $\dot{x}(0) = v_0$

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{2}$$

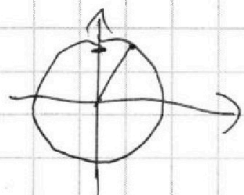
$$A = \frac{v_0}{\omega} = \frac{1}{2\sqrt{3}} \text{ м}$$

↑ справедливо при $ma \leq \mu mg$] $a = \mu g = 3 \text{ м/с}^2$

$$a = v_0 \omega \cdot \cos\left(\omega t^* + \frac{\pi}{2}\right) \Rightarrow \cos\left(\omega t^* + \frac{\pi}{2}\right) = \frac{a}{v_0 \omega}$$

$$\sin(\omega t^*) = \frac{a}{v_0 \omega} = \frac{3 \text{ м/с}^2}{1 \text{ м/с} \cdot 2\sqrt{3} \text{ с}^{-1}} = \frac{\sqrt{3}}{2} \Rightarrow \omega t^* = \frac{\pi}{3} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow t^* = \frac{\pi}{3\omega} \approx \frac{\pi}{8\omega} = \frac{\sqrt{3}}{6} \text{ с}$$



$$|x| = A \cos\left(\omega t^* + \frac{\pi}{2}\right) = \frac{1}{2\sqrt{3}} \cos\left(\frac{\pi}{3} + \frac{\pi}{2}\right) = \frac{1}{2\sqrt{3}} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = \frac{1}{4} \text{ м} = 0,25 \text{ м}$$

м. м. стр.



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 3

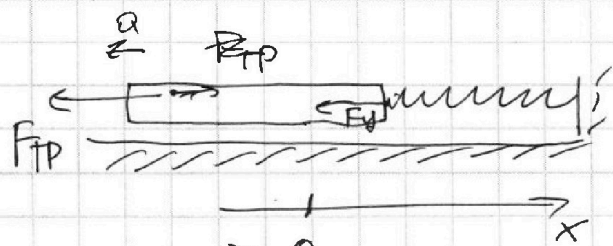
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Ответ: 1) $x_1 = 25 \text{ см}$
2) $t = \frac{\sqrt{31}}{6} \text{ с}$

Т.к. дождевая глыба то груз не дойдет до края за время торможения

После того как груз начнет скользить

$F_{тр}$ станет const: $F_{тр} = \mu mg$



$$a = -\ddot{x}$$

не деф. пружины

II 3-й Ньютона:

$$M\ddot{x} + kx$$

$$Ma = F_y - F_{тр}$$

const

$$M\ddot{x} + kx - \frac{\mu mg}{k} = 0$$

$$y = x - \frac{\mu mg}{k}$$

$$M\ddot{y} + ky = 0$$

$$\ddot{y} = \ddot{x}$$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{k}{M}}$$

из прошлой части задачи

$$y = -A \cos(\omega_2 t + \phi_0)$$

Н.у.

$$x(0) = x_1 = \frac{a}{\omega^2} \cdot \frac{\omega_2}{\omega} = \frac{\mu g}{\omega^2}$$

$$x = \frac{\mu mg}{k} + A \cos(\omega_2 t + \phi_0)$$

$$\ddot{x}(0) = \mu g$$

$$\ddot{x} = -\omega_2^2 A \cos(\omega_2 t + \phi_0)$$

м.с.с.тр.



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.



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!

Н.у. такие, потому что "второе" движение начинается, когда заканчивается "первое"

$$\frac{mg}{\omega^2} = \frac{m\omega}{k} + A \cos(\omega t + \phi_0) \quad t=0$$

$$mg = -\omega^2 A \cos(\omega t + \phi_0)$$

$$\cos(\omega t + \phi_0) = \frac{mg}{A\omega^2} = \frac{mg}{A\omega^2} - \frac{m\omega}{k}$$
$$mg = A\omega^2 \left(\frac{mg}{A\omega^2} - \frac{m\omega}{k} \right)$$

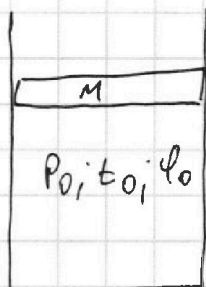


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
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
давление нас. пара

$$P_{н.п.1} \text{ при } t_0 = 97^\circ\text{C} : P_{н.п.1} \approx 91 \text{ кПа}$$

$$P_{п.п.1} \text{ при } \phi_0 = 1/3 : \frac{P_{п.п.1}}{P_{н.п.1}} = \phi_0 \Rightarrow P_{п.п.1} = \phi_0 P_{н.п.1} =$$

$$P_{п.п.1} = 91 : 3 \approx 30,3 \text{ кПа}$$

$\Rightarrow$

$$P_{в.1} = P_0 - P_{п.п.1} \approx 64,7 \text{ кПа}$$

Ответ: 1) $P_{п.п.1} = 30,3 \text{ кПа}$

Т.к. смесь газов находится под поршнем, то

$$P_0 = P_{внеш} + \frac{Mg}{S} = \text{const} \Rightarrow \text{процесс изобарический}$$

По графику $P_{н.п.}(t)$ из условия найдем t^* ,

чтобы $P_{н.п.} = P_{п.п.1}$ (Пар стал насыщенным, $\phi = 100\%$, при дальнейшем охлаждении он конденсируется в воду)

$$t^* \approx 69^\circ\text{C}$$

Ответ: 2) $t^* = 69^\circ\text{C}$

$$T_0 = 273 \text{ K} + 97 \text{ K} = 370 \text{ K}$$

$$P = \text{const} \Rightarrow V \sim T$$

$$T = 273 \text{ K} + 33 \text{ K} = 306 \text{ K}$$

(начало конденсации пара)

$$T^* = 273 \text{ K} + 69 \text{ K} = 342 \text{ K}$$

Процесс $O \rightarrow *$
уравнение состояния смеси:

$$P_0 V_0 = (\nu_B + \nu_{п.п.0}) R T_0$$

$$P_0 V^* = (\nu_B + \nu_{п.п.0}) R T^*$$

$$\Rightarrow \frac{V_0}{V^*} = \frac{T_0}{T^*} \Rightarrow V^* = V_0 \frac{T^*}{T_0}$$

$$V^* = V_0 \cdot \frac{342}{370} \approx \text{см. и. с. т. р.}$$



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!

После того как пар начал конденсироваться, его давление остается равным давлению нас. пара $\Rightarrow$
 $\Rightarrow P_{н.п.2}$ при $t = 33^\circ\text{C}$: $P_{н.п.2} \approx 5 \text{ кПа}$

Пр-и $\textcircled{*} \rightarrow \textcircled{1}$
 ур-ние ост. пара:

$J_{п1}$ - кол-во пара в конце

$$P_1 V^* = J_{п0} R T^*$$

$$P_{н.п.2} V = J_{п1} R T$$

$$\therefore \frac{J_{п1}}{J_{п0}} \cdot \frac{T}{T^*} = \frac{V}{V^*} \cdot \frac{P_{н.п.2}}{P_1}$$

$$\frac{J_{п1}}{J_{п0}} = \frac{V P_{н.п.2} T^*}{V^* P_1 T} = \frac{V \cdot 5 \text{ кПа} \cdot 342 \text{ К}}{V_0 \cdot \frac{342}{370} \cdot 30 \text{ кПа} \cdot 306 \text{ К}} = \frac{V}{V_0} \cdot \frac{370}{6 \cdot 306}$$

(округлим до целых)

Пр-с $\textcircled{*} \rightarrow \textcircled{1}$
 ур-ние ост. смеси:

$$P_0 V^* = (J_B + J_{п0}) R T^*$$

$$P_0 V = (J_B + J_{п1}) R T$$

$$\Rightarrow \frac{V}{V^*} = \frac{J_B R T}{J_B R T^*} + \frac{J_{п1} R T}{J_{п0} R T^*}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{306 \text{ К}}{342 \text{ К}} + \frac{V}{V_0} \cdot \frac{370}{6 \cdot 306} \cdot \frac{306}{342} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{V}{V_0} \left(\frac{370}{342} - \frac{370}{6 \cdot 342} \right) = \frac{306}{342}$$

$$370 \frac{V}{V_0} \left(\frac{5}{6} \right) = 306 \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{6}{5} \cdot \frac{306}{370} = \frac{918}{925}$$

Ответ: $\frac{V}{V_0} = \frac{918}{925}$

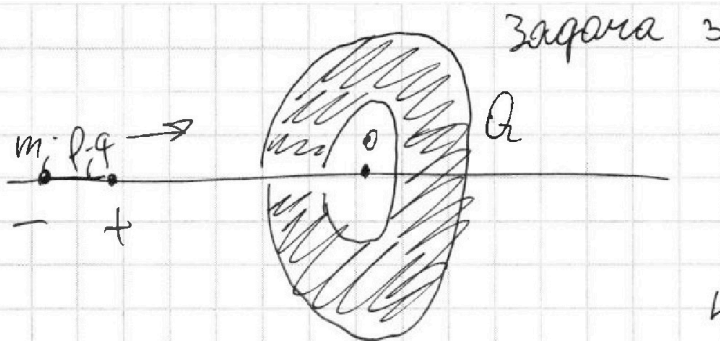


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

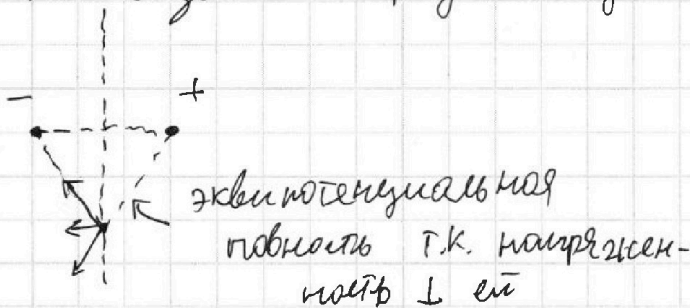
СТРАНИЦА
1 из 2

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



Потенциал
поля кольца в центре
 ϕ_0 , а на бесконеч-
ности $\phi_\infty = 0$

Потенциал середины диска $\phi_c = 0$



Потенциал поля
кольца на оси на
расстоянии r от
центра ("длина" диска)
 ϕ_r

ЗЛЭ: ~~энергия~~ потенциальная энергия

$$\frac{m v_0^2}{2} + W_g = \phi_0 \cdot (-q) + \phi_r q + W_g \Rightarrow$$

энергия "внутри"
диска

диск не расщеплять
его энергия излучения

$$\Rightarrow (\phi_r - \phi_0) = \frac{m v_0^2}{2q}$$

ЗЛЭ:

$$\frac{9 m v_0^2}{8} + W_g = (\phi_r - \phi_0) q + W_g + \frac{m v_1^2}{2}$$

см. сл. стр.



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!

$$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{9/4 m v_0^2}{2 \cdot 4} - \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_0^2}{2} \left(\frac{9}{4} - 1 \right) = \frac{5}{4} \frac{m v_0^2}{2}$$

$$v_1^2 = \frac{5}{4} v_0^2 \Rightarrow v_1 = \frac{v_0 \sqrt{5}}{2} \text{ — минимальная скорость}$$

$$L = \frac{\frac{3}{2} v_0}{v_1} = \frac{\frac{3}{2} v_0}{\frac{v_0 \sqrt{5}}{2}} = \frac{3 \cdot 2}{\sqrt{5}} = \frac{6 \sqrt{5}}{5}$$

$$\text{Ответ: } 2) \frac{v_{\max}}{v_{\min}} = \frac{6 \sqrt{5}}{5}$$

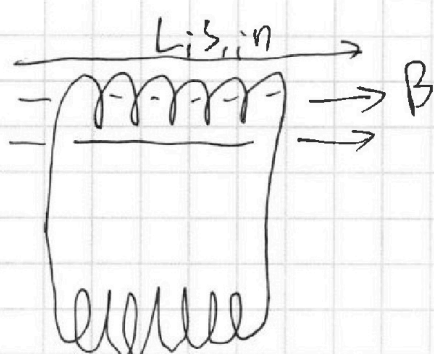
$\frac{3}{2} v_0$ — max т.к. приближаясь увеличивается энергия взаимодействия $\Rightarrow$ к. энергия уменьшается.



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

1
☐2
☐3
☐4
☒5
☐6
☐7
☐СТРАНИЦА
1 из 2

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



3L

обусловлен маг. полем
в начале

$$\Phi_{20} = 0 \text{ (поле нет, тока нет)}$$

$$\Phi_{10} = B S_1 n$$

$$\Phi_{0\text{вс}} = \Phi_{10} + \Phi_{20}$$

↑ ↑
через L_1 через L_2

$$\Phi_{0\text{вс}1} = \Phi_{0\text{вс}0} = \Phi_{11} + \Phi_{21}$$

↑ ↑
через L_1 в конце через L_2 в конце

$$|\Phi_{11}| = I_0 L ; |\Phi_{21}| = 3 I_0 L \text{ (по модулю, т.к.}$$

не знаем направления
тока в катушках,
т.к. взаимной индукцией
пренебрегаем, то — " в
формуле $\Phi = -LI$
означает только направление

$$B S_1 n = 4 I_0 L \Rightarrow I_0 = \frac{B S_1 n}{4 L}$$

$$\text{или: } I_0 = \frac{B S_1 n}{4 L}$$

$$B S_1 n \cdot 6 = 4 I_0 L \Rightarrow B S_1 n \cdot 2 = 4 I_0 L \Rightarrow I_0 = \frac{B S_1 n \cdot 2}{4 L}$$

ш.ш.стр.



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!

$$B S_1 n = 4 I_0 L \Rightarrow I_0 = \frac{B S_1 n}{4L} \quad \text{Ответ: 1) } I_0 = \frac{B S_1 n}{4L}$$

$$\Phi = \text{const}$$

выраженный момент.] ток I

$$\Phi = B(t) S_1 n - 4L I = \text{const} = B_0 S_1 n \quad \left| \begin{array}{l} I = q \\ \cdot dt \end{array} \right.$$

$$\int_0^q 4L dq = \int_0^{\tau} (B(t) dt - B_0 dt) S_1 n$$

$$|4L q| = \left(\frac{3B_0 \tau}{16} - B_0 \tau \right) S_1 n$$

$$|4L q| = \frac{13}{16} B_0 \tau S_1 n$$

ответ:

$$q = \frac{13 B_0 \tau S_1 n}{16 \cdot 4 L} = \frac{13 B_0 \tau S_1 n}{64 L}$$

$$\int_0^{\tau} B(t) dt \approx \text{площадь под графиком}$$

$$\approx 2q \frac{B_0}{8} \frac{\tau}{8} = \frac{3B_0 \tau}{16}$$



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.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 4

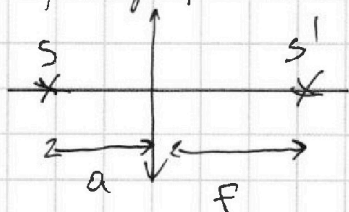
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

Задача 5

Если изображение источника в линзе "мнимая" совпадает с источником, то в каждом "полу-пространстве", образованном линзой это выполняется.

Изображение источника в линзе совпадает с его изображением в зеркале.

1) Изображение источника в линзе

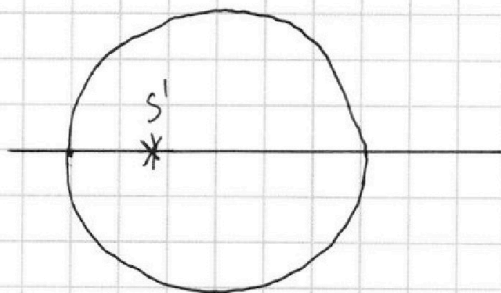


ФТЛ:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \Rightarrow f = \frac{Fa}{F-a}$$

$$a = 1,1F \Rightarrow f = \frac{1,1F^2}{0,1F} \Rightarrow f = 11F$$

2) Правое полу-пространство линзы:



~~Последовательно рассмотрим отражения света. Выходит в шар~~

S' попал внутрь шара
т.к. $f > b \Rightarrow$ он
мнимый источник для
шара.

при этом S' и S''
совпадают

S'' — изображение
в шаре и зеркале

ш.ш. шр.



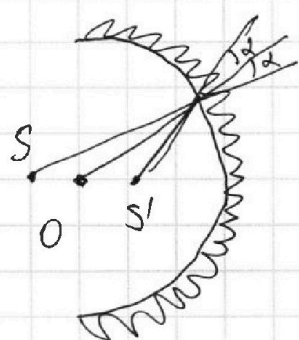
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 4

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

Аналогично первому вы скажете, что изображение источника в шаре до преломления зеркальной поверхности и после должны совпадать



S' и S будут совпадать

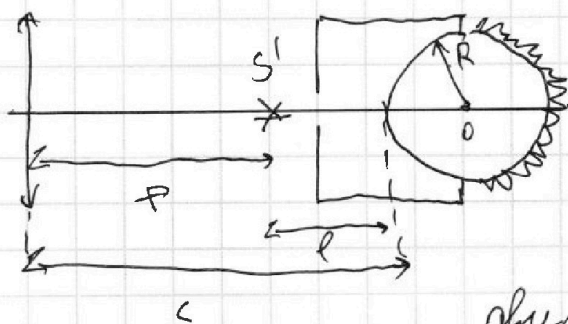
только если они оба совпадают с O (центром) при $l \ll R$

чтобы при любой l , после преломления лучей поверхностью шара ониходились в центре S' должен совпадать с O (центром шара)

$$\Rightarrow f - b = R = 0,5F$$

Ответ: $R = 0,5F$

Провое полу-прозрачное зеркало и миска после смешения



при этом $c = b + \Delta =$
 $= f(10,5 + 5,5) = 16F$

Т.к. источник и миска не двигались, то S' остался на $f = 11F$ от миски

При этом S' должен совпасть с S'' (и. начало решения)

$$l = c - f = 5F$$

и.и. стр.



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

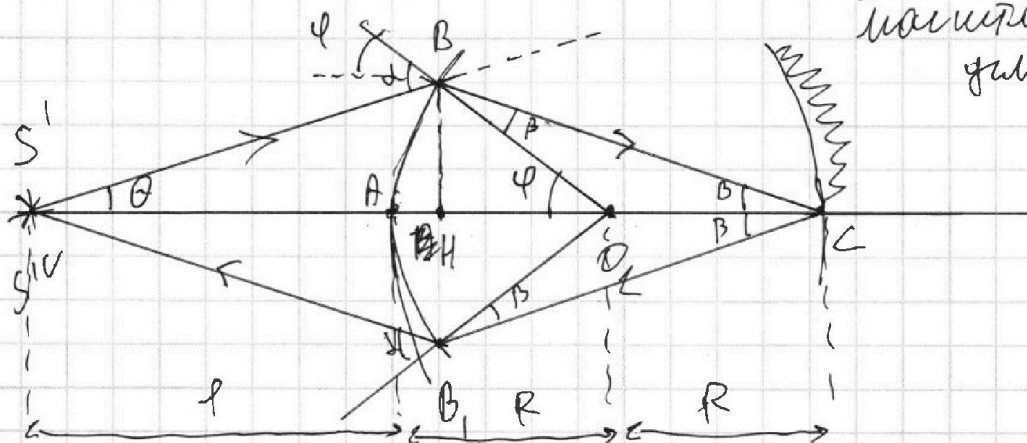
СТРАНИЦА
3 ИЗ 4

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

Т.к. шар был сферич., то лучи не могут попасть в центр, значит есть еще под, который
и $S' \rightarrow S''$

луч света - электромагнитная волна, а значит справедлива теорема о единственности

рассмотрим шар который так преломляет
лучи, что $S' \rightarrow S''$



рисунк не в масштабе, все углы малы

также это справедливо, потому что любой луч исходящий в шар луч выйдет под тем же углом к нормаль что и зашел (т.к. треугольник $\triangle BOC = \triangle B'OC$ и $\triangle S'AB = \triangle S''AB$)
то они совпадут только при таком ходе лучей

т.к. углы малы, то AH - второй порядок к малости $\Rightarrow AH \approx 0$

$$\theta = \delta - \varphi; BH = R \varphi \approx 2R\beta = r\theta \Rightarrow \beta = \frac{\varphi}{2}; \varphi = 2\beta$$

3-й закон: $L = n\beta \neq$

$$r(\delta - 2\beta) = 2R\beta \Rightarrow r(n-2) = 2R\beta \Rightarrow n-2 = \frac{2R}{r} \Rightarrow n = \frac{2R}{r} + 2$$

ч.с.с.т.р.



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.

☐☐☐☐☒☐☐

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!

$$n = \frac{2R}{p} + 2 = \frac{2 \cdot 0,5 \cancel{K}}{\cancel{5K}} + 2 = 2,2$$

Ответ: $n = 2,2$



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

1
☒

2
☒

3
☒

4
☒

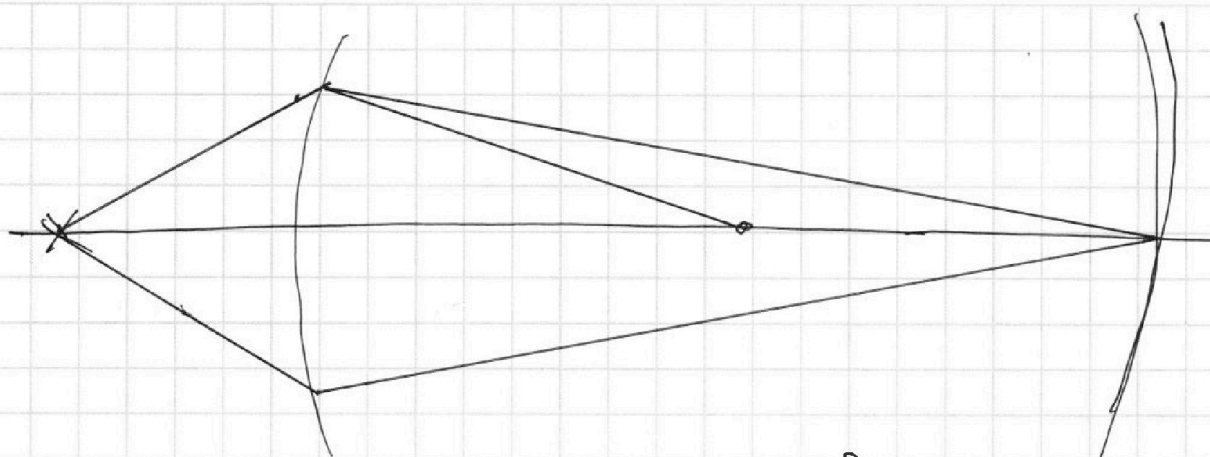
5
☒

6
☒

7
☒

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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



$$\varphi = \frac{\kappa q}{r^2}$$

$$\frac{\kappa q^2}{r^2} = [H] = \left[\frac{\kappa \Gamma \cdot M}{c^2} \right]$$

$$\varphi = \frac{\kappa \Gamma \cdot M^3}{\kappa \Gamma^2 \cdot c^2} \cdot \frac{\kappa A}{\kappa}$$

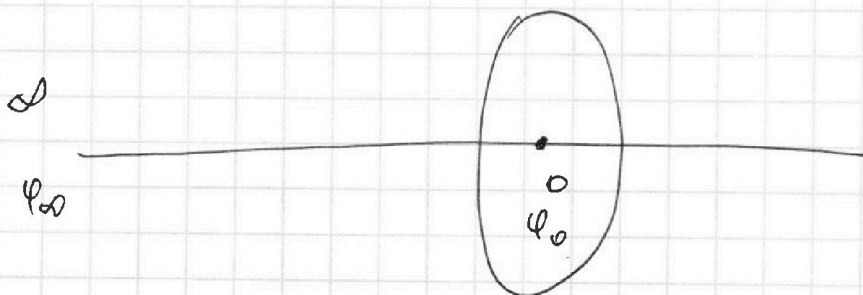
$$\frac{\kappa \cdot [\kappa \Gamma^2]}{[M^2]} = \frac{\kappa \Gamma \cdot M}{c^2}$$

$$= \frac{\kappa \Gamma \cdot M^3}{\kappa \Gamma \cdot c^2}$$

$$\kappa = \frac{\kappa \Gamma \cdot M^3}{\kappa \Gamma^2 \cdot c^2}$$

$$\varphi \cdot q \cdot \frac{\kappa \Gamma \cdot M^3}{c^2}$$

$$\text{mag } h = \left[\kappa \Gamma \cdot \frac{M}{c^2} \cdot M \right]$$





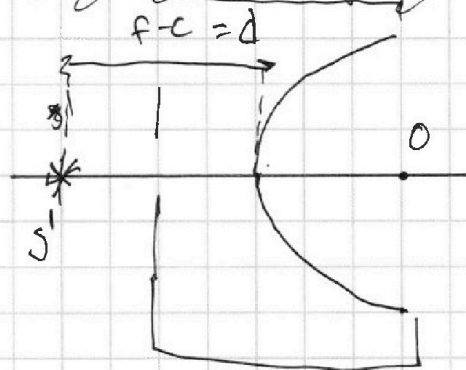
На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

СТРАНИЦА
3 из 3

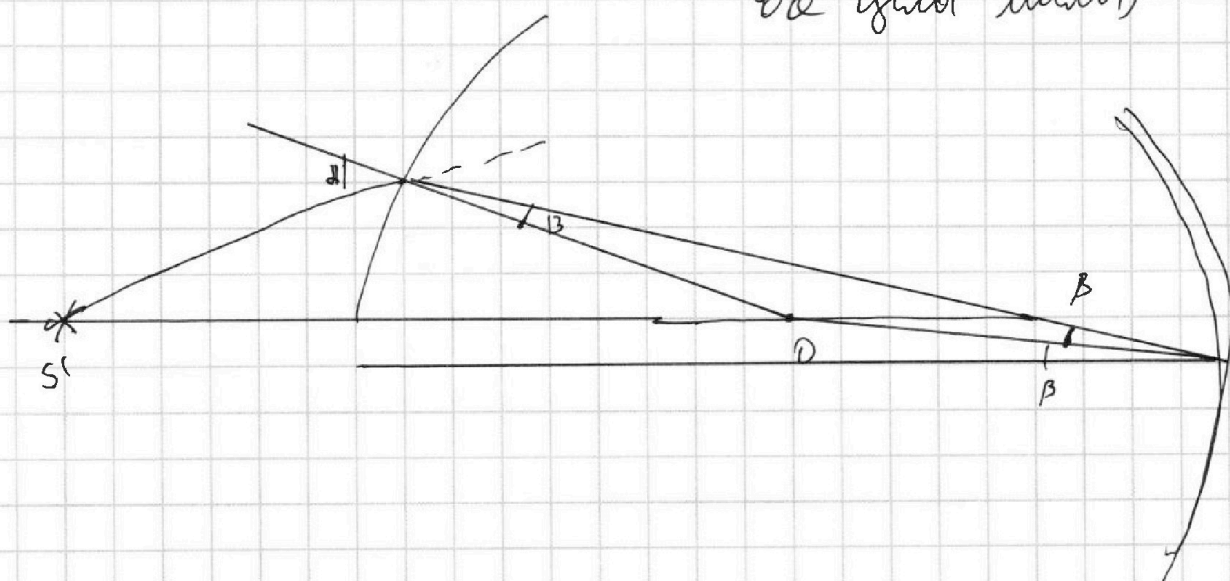
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

~~Нам известно, что внутри сферы S^{IV} и S^{III} 90°
преломления сферической зеркалом и поле
обнадеют, а зрачок обнадеют с.т.д.~~
~~Значит S^{IV} преломляется сферической поверхс-
тостью обнадеют в S^{IV} с.т.д.~~



$$d = f - c = 16f - 11f = 5f$$

(рисуюк не в масштабе,
во цмы нальб)





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.



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!

$$\Phi = \omega n s t$$

$\dot{\Phi} = 4$

$$\Phi = B S_1 n + 4 L I = \omega n s t = B_0 S_1 n$$

$$\frac{dB}{dt} S_1 n - 4 L \frac{dI}{dt} = B_0 S_1 n$$

$$\int_0^4 4 L dI = \int_{B_0}^{B(t)} dB S_1 n - \int_0^t B_0 S_1 n dt$$

$$4 L I =$$

$$4 L I = B_0 S_1 n - B_0 S_1 n t$$

$$B(t) S_1 n - 4 L \dot{I} = B_0 S_1 n$$

$$4 L dI = B(t) dt S_1 n - B_0 S_1 n dt$$



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
☐

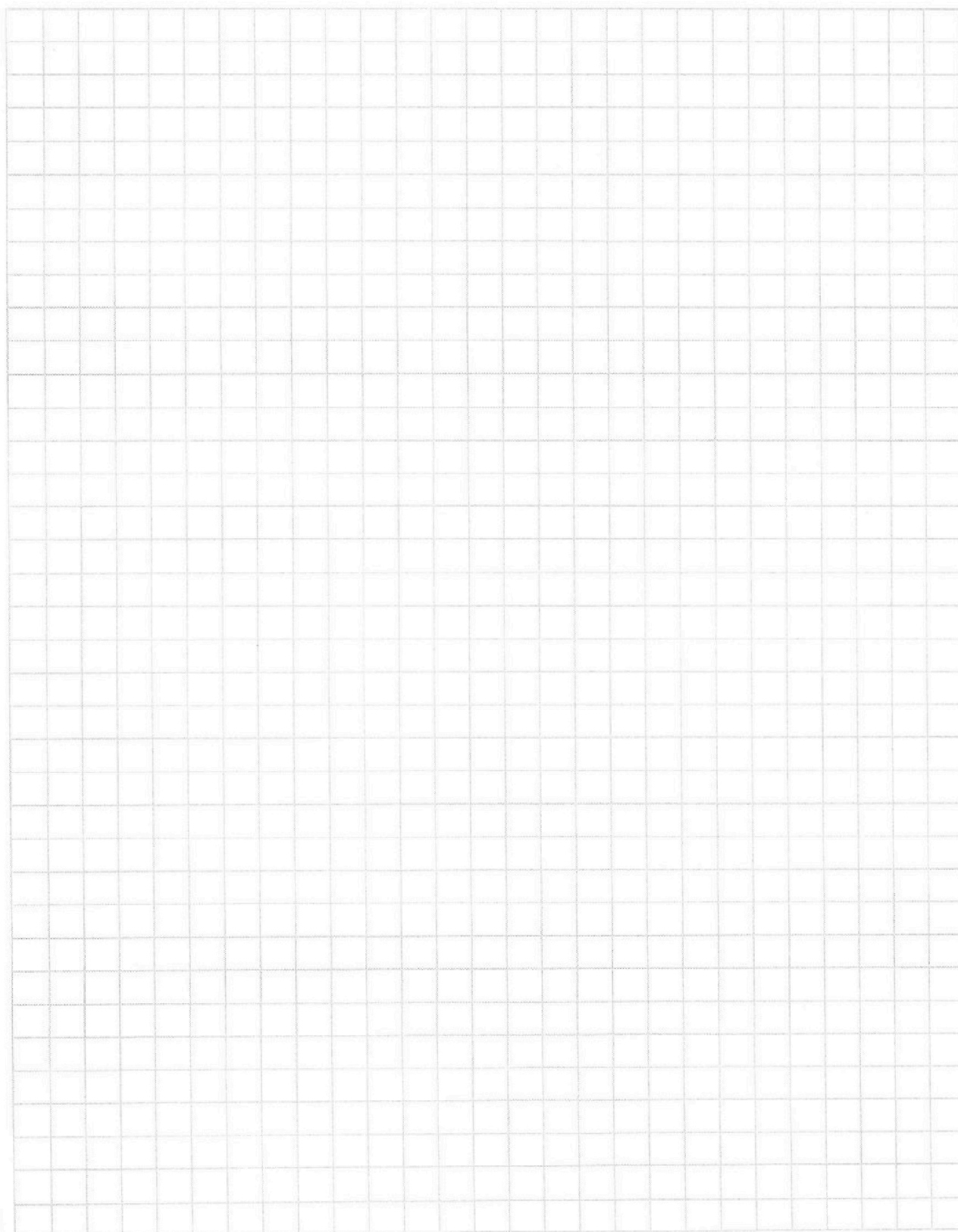
5
☐

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!



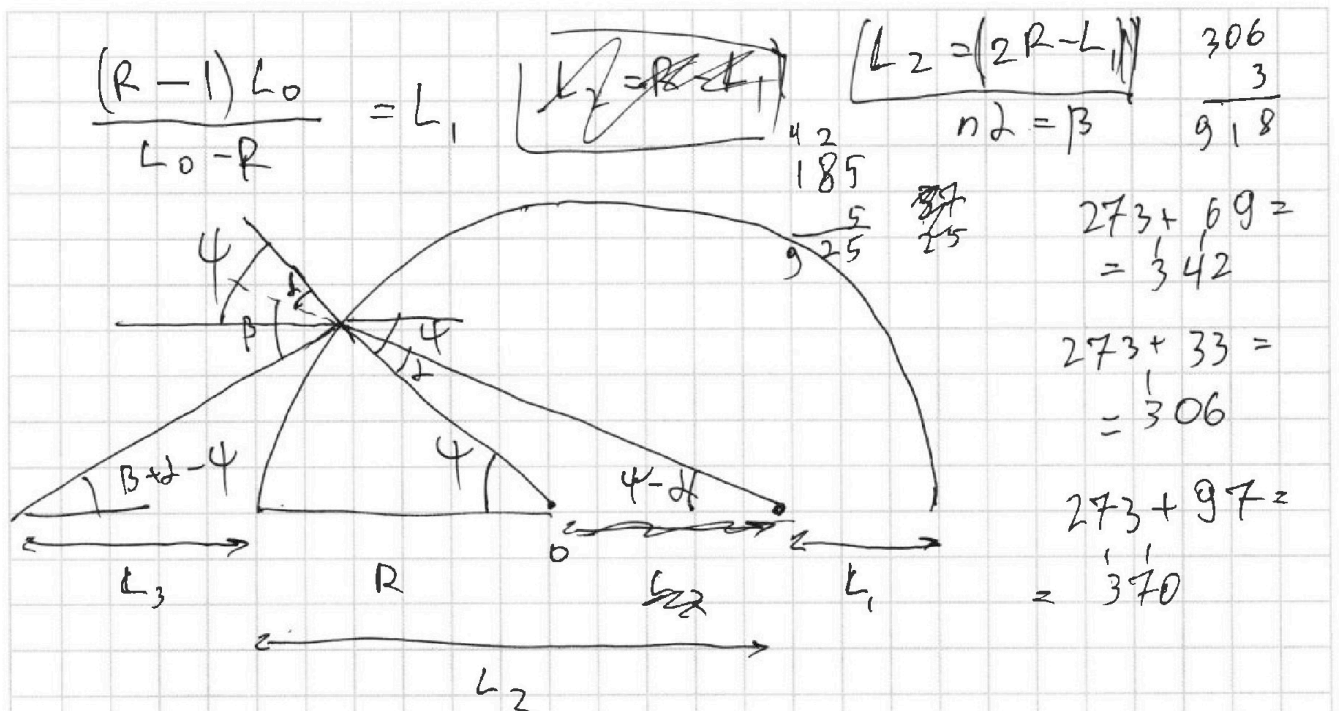


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$(\psi - \alpha)L_2 = \psi R \Rightarrow 2L_2 = 4(L_2 - R) \Rightarrow \psi = 2 \frac{L_2}{L_2 - R}$$

$$\psi R = L_3 (\beta + \alpha - \psi) \Rightarrow \frac{L_2 R}{L_2 - R} = L_3 \left(\frac{1}{3} (n+1) - \frac{L_2}{(L_2 - R)} \right)$$

$$L_3 = \frac{L_2 R (L_2 - R)}{(L_2 - R)((n+1)(L_2 - R) - L_2)} = \frac{L_2 R}{(n+1)(L_2 - R) - L_2}$$

$$L = \frac{n R}{(n+1) R + R} \Rightarrow L_0 = R - L \Rightarrow L_1 = \frac{(R-1)L_0}{L_0 - R} \Rightarrow L_2 = 2R - L_1$$

$$\Rightarrow L_3 = \frac{L_2 R}{(n+1)(L_2 - R) - L_2}$$

$$\frac{3 \cdot 306}{5 \cdot 370} = \frac{3 \cdot 306}{5 \cdot 185} = \frac{918}{925}$$

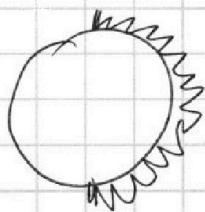


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☒ 3 ☒ 4 ☒ 5 ☒ 6 ☒ 7 ☒

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

Если отмечено болсе 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!



$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{F}$$

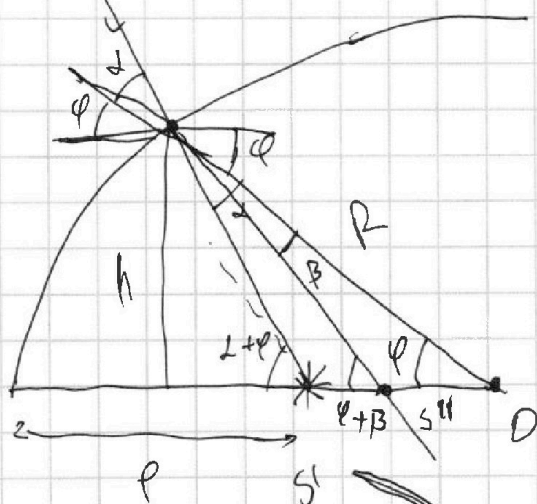
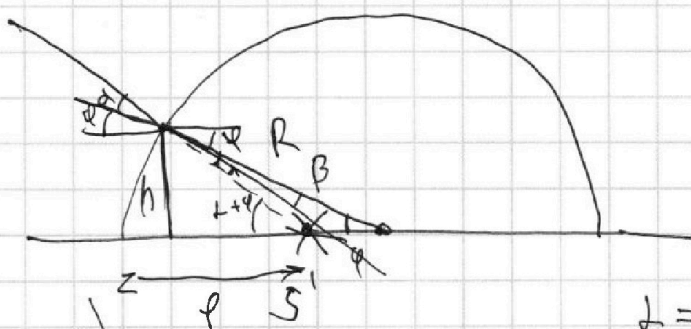
$$b_1 = \frac{Fa}{a-F} = \frac{1,1' F^2}{0,1 R} = \frac{11}{1} F$$

$$l = b_1 - b = 0,5 F$$

$$l(2+\varphi) = R\varphi$$

$$2 = \varphi \frac{(R-l)}{l}$$

$$2 = n\beta$$



$$R\varphi = L(\varphi + \beta)$$

$$L = R \frac{\varphi}{\varphi + \frac{\beta}{n}} = R \frac{\varphi}{\varphi \left(1 + \frac{R-l}{ne}\right)}$$

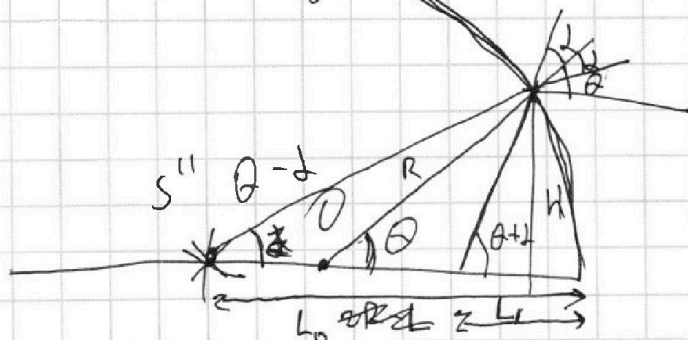
$$= \frac{neR}{(n-1)l+R}$$

$$L_0 = R - L$$

$$(\theta - 2) \frac{L_0}{L_0 - R} = \theta R = (\theta + 2) L_0$$

$$2 = \frac{Q(L_0 - R)}{L_0}$$

$$R = 1 + \left(\frac{L_0 - R}{L_0}\right) L_1$$



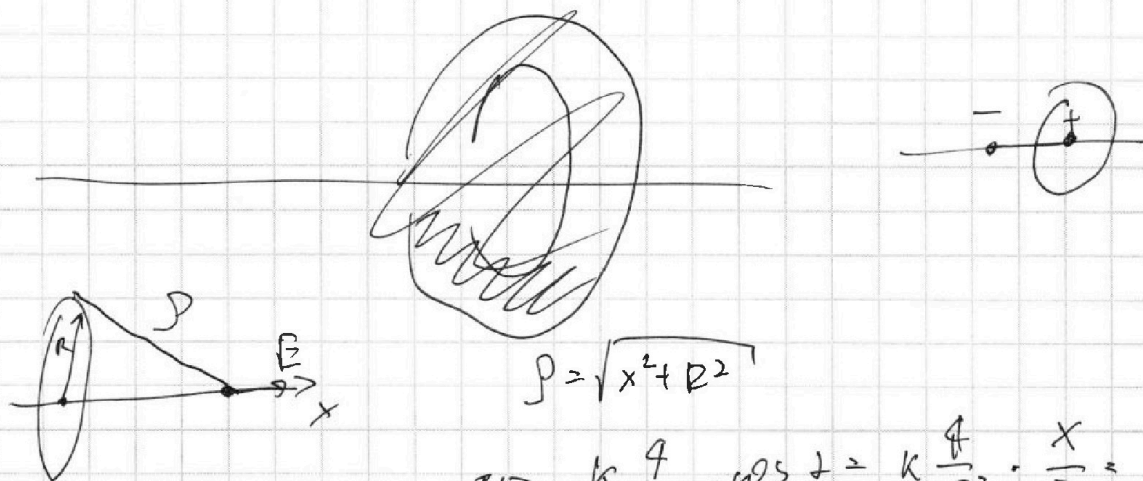


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$E = k \frac{q}{\rho^2} \cdot \cos \alpha = k \frac{q}{\rho^2} \cdot \frac{x}{\rho}$$

$$= \frac{k q x}{(x^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}} \quad \frac{x}{(x^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}} = A$$

$$E = \int_0^R \frac{\pi \cdot z \cdot dz}{(x^2 + z^2)^{\frac{3}{2}}} =$$

$$\frac{q}{k} = \int_{-\infty}^{\infty} E dx = \int \frac{x dx}{(x^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}}$$

$$\frac{m v^2}{2} = q_0 q - q_l q = (q_0 - q_l) q$$
$$- q_0 q + q_l q = (q_l - q_0) q$$

$$(q_l - q_0) = \frac{m v_0^2}{2 q}$$



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!

$$L = \frac{0,5 F n R}{(n-1) 0,5 F + R} \Rightarrow L_0 = R \left(1 - \frac{0,5 F n}{(n-1) 0,5 F + R} \right) =$$

$$= R \left(\frac{(n-1) 0,5 F + R - 0,5 F n}{(n-1) 0,5 F + R} \right) =$$

$$L_1 = \frac{(R-1) R \left(\frac{R - 0,5 F}{(n-1) 0,5 F + R} \right)}{R \left(\frac{R - 0,5 F}{(n-1) 0,5 F + R} - 1 \right)} = \frac{(R-1) (R - 0,5 F)}{R - 0,5 F - (n-1) 0,5 F + R} =$$

$$= \frac{(R-1) (R - 0,5 F)}{2R - 0,5 n F}$$

$$L_2 = 2R - L_1 =$$

$$L_3 = \frac{(2R - L_1) R}{(n+1) \left(\frac{2R - L_1}{R} - 1 \right) - 2R + L_1} =$$

$$= \frac{\left(2R - \frac{(R-1) (R - 0,5 F)}{2R - 0,5 n F} \right) R}{(n+1) \left(R - \frac{(R-1) (R - 0,5 F)}{2R - 0,5 n F} \right) - 2R + \frac{(R-1) (R - 0,5 F)}{2R - 0,5 n F}}$$



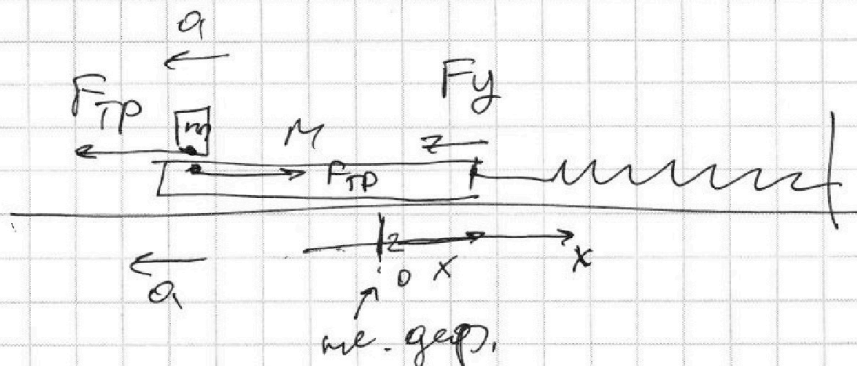
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$F_{TP} = \mu mg$$

$$F_{TP} \leq \mu mg$$

$$-Ma = +Kx + F_{TP}$$

$$F_{TP} = ma$$

$$\ddot{x} + \frac{k}{m} x + m \ddot{x} = 0$$

$$\ddot{x}(M+m) + Kx = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{K}{m+M} x = 0$$

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$\dot{x} = -A\omega \sin\left(\omega t + \frac{3\pi}{2}\right)$$

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{m+M}} = \frac{6}{\sqrt{3}}$$

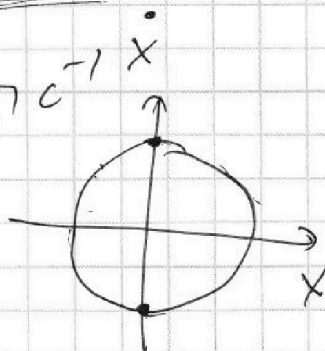
$$\varphi_0 = \frac{3\pi}{2}$$

$$x(0) = 0$$

$$\dot{x}(0) = V_0$$

$$A\omega = V_0$$

$$A = \frac{V_0}{\omega}$$



$$F_{TP} = m\ddot{x} = \mu mg$$

$$\ddot{x} = \mu g$$

$$\ddot{x} = -A\omega^2 \cos\left(\omega t + \frac{3\pi}{2}\right) = -V_0\omega \cos\left(\omega t + \frac{3\pi}{2}\right) = \mu g$$

$$\cos\left(\omega t + \frac{3\pi}{2}\right) = \frac{\mu g}{-V_0\omega} = \frac{3}{-1 \cdot 2\sqrt{3}} = -\frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$\omega t + 60^\circ = \frac{\pi}{3} \Rightarrow t = \frac{\pi}{3 \cdot 2\sqrt{3}} = \frac{\sqrt{3}}{6}$$