



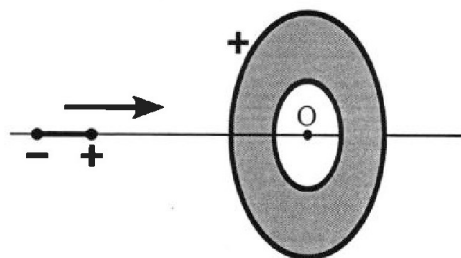
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.

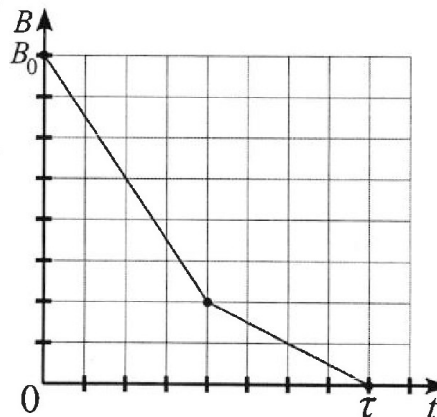
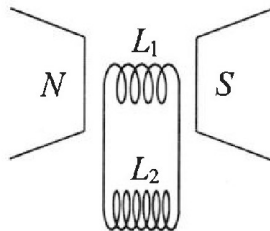


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке  $O$ . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) 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  $\frac{3}{2}V_0$ .



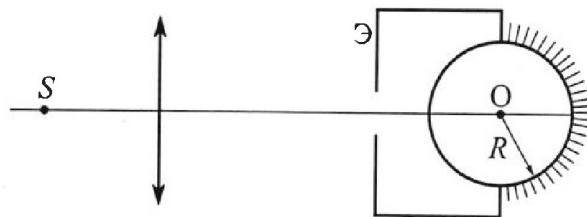
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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  $\tau$ . 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.

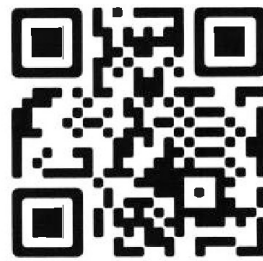
Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран  $\mathcal{E}$  обеспечивает малость углов  $\alpha$  лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения  $\sin \alpha \approx \alpha$ .



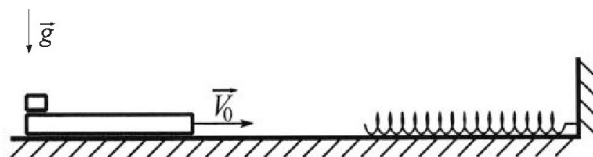
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## 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/с<sup>2</sup>. Число «пи» в расчётах можете считать равным  $\pi \approx 3$ . Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

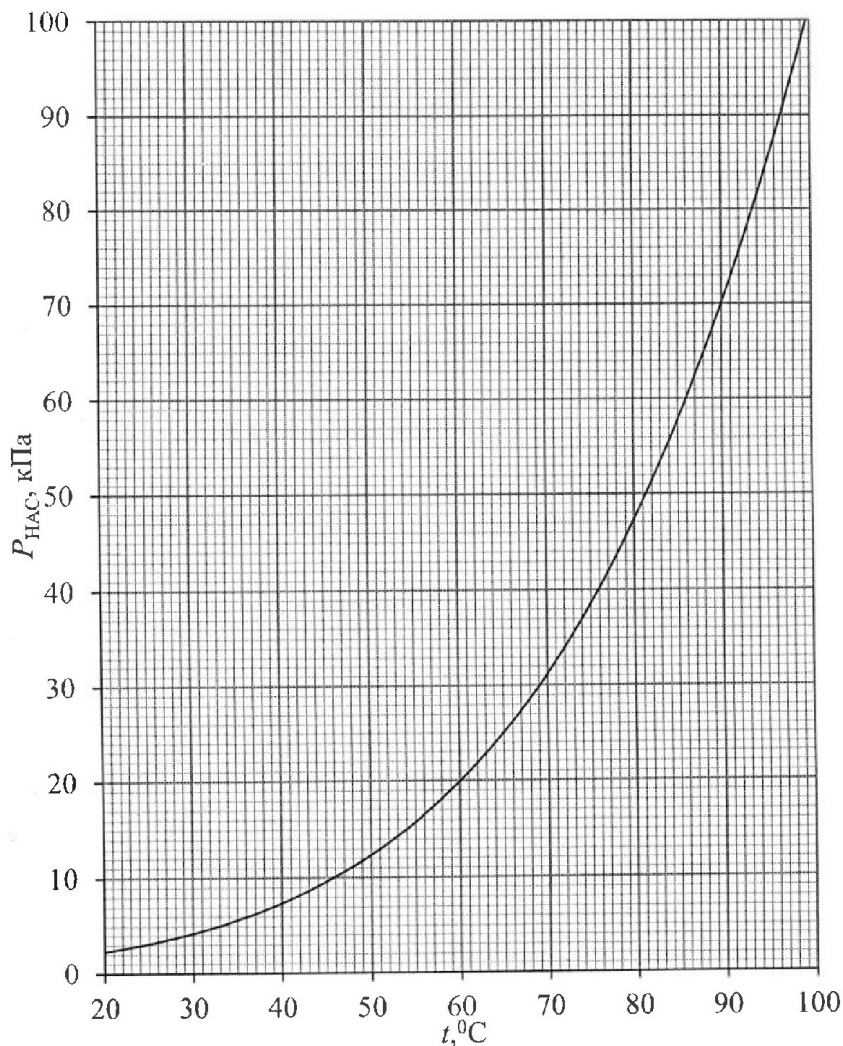


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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.

Объёмом 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

\_\_ 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!

$$x = A \sin(\omega t)$$

$$v = \omega A \cos(\omega t)$$

$$\text{или } v = \dots$$

$$A = v_0 \sqrt{\frac{m+m_1}{k}}$$

если

$A < x_{кр}$  значит отнп. скользит  
не будет

$$v_0 \sqrt{\frac{m+m_1}{k}} < \frac{m+m_1}{k} \mu g$$

$$v_0 < \sqrt{\frac{m+m_1}{k}} \mu g = \sqrt{\frac{1}{12}} \cdot 3$$

$$v_0 < \sqrt{\frac{9}{12}} \Rightarrow \text{проектируем вперед}$$

будет.

$$x_{кр} = 0,25 \text{ м}$$

2) время  $x_{кр} = A \sin(\omega t_{кр})$

$$\Rightarrow t_{кр} = \arcsin\left(\frac{x_{кр}}{A}\right) = \arcsin\left(\frac{\frac{m+m_1}{k} \mu g}{v_0 \sqrt{\frac{m+m_1}{k}}}\right)$$

$$t_{кр} = \arcsin\left(\frac{\sqrt{\frac{24}{36}}}{\sqrt{\frac{k}{m+m_1}}}\right)$$

$$= \frac{\pi}{3 \sqrt{\frac{k}{m+m_1}}} = \frac{\pi}{3 \sqrt{\frac{17}{60}}} = \frac{\sqrt{3}}{6} \text{ с} \approx 0,28 \text{ с}$$

$$t_{кр} = \frac{\sqrt{3}}{6} \text{ с} \approx 0,28 \text{ с}$$

$$t_{кр} = \frac{\sqrt{3}}{6} \text{ с} \approx 0,28 \text{ с}$$

После начала скольжения

$F_{тр} \leq F_{тр}^{\max}$  т.к. брусок скользит.

Брусок будет ехать  
вправо отнп.

$$\Rightarrow \text{II З.Н.: } -M \ddot{x} = kx \text{ или}$$

$$\Rightarrow \ddot{x} + \frac{k(x - \frac{m+m_1}{k})}{m} = 0$$



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.



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!

$$x - \frac{Mmg}{K} = A \cos(\omega_1 t + \varphi) \quad \omega_1 = \sqrt{\frac{K}{M}}$$

$$\dot{x} = -A \sin(\omega_1 t + \varphi) \cdot \omega_1 \quad \text{или максим. смещении.}$$

$$\ddot{x} = -\omega_1^2 A \cos(\omega_1 t + \varphi) \quad \ddot{x}_M \approx \ddot{x}_m = 0$$

$$\Rightarrow \ddot{x}_M = -\omega_1^2 A \quad \frac{36}{2} \cdot \frac{Mg}{K} = \frac{36}{2} \cdot \frac{10}{\sqrt{K}} = \sqrt{\frac{1}{36}} \cdot \frac{1}{2}$$

Находим  $A$  из пр. условия:  $\frac{1}{36}(1 + \frac{1}{2})$

$$x_{кр} - \frac{Mmg}{K} = A \cos(\omega_1 t_0 + \varphi)$$

$$\ddot{x} = \frac{Kx_{кр} - F_{пр}}{M} = -A \omega_1^2 \cos(\omega_1 t_0 + \varphi)$$

$$\Rightarrow \ddot{x}_{кр} = -A \omega_1^2 \cos(\omega_1 t_0 + \varphi) \quad \frac{1}{72} \cdot \frac{36}{36} = \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \frac{1}{36}}$$

$$\left(\frac{\dot{x}_{кр}}{\omega_1}\right)^2 + \left(x_{кр} - \frac{Mmg}{K}\right)^2 = A^2$$

$$\dot{x}_{кр} = v_0 \cos\left(\frac{\pi}{3}\right) = \frac{v_0}{2}$$

$$\Rightarrow \left(\frac{v_0}{2} \sqrt{\frac{M}{K}}\right)^2 + \left(\frac{MgM}{K}\right)^2 = A^2$$

$$\ddot{x}_M = \frac{K}{M} \sqrt{\left(\frac{v_0}{2} \sqrt{\frac{M}{K}}\right)^2 + \left(\frac{MgM}{K}\right)^2} \quad \begin{matrix} 1,25 \\ -1,25 \end{matrix}$$

$$= \frac{36}{2} \sqrt{\left(\sqrt{\frac{2}{36 \cdot 4}}\right)^2 + \left(\frac{6}{36}\right)^2} \frac{M}{C^2}$$

$$= \frac{36}{2} \sqrt{\frac{1}{2 \cdot 6^2} + \frac{1}{6^2}} \frac{M}{C^2} \quad \frac{M}{C^2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{3}{2} \cdot \frac{1}{C^2}}$$

$$a_M = \sqrt{\frac{12}{82}} \frac{M}{C^2} = \frac{12}{28} \frac{M}{C^2}$$

$$= 0,52 + 0,012 \approx 0,53 \frac{M}{C^2} \quad a_M = 3 \cdot \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{M}{C^2}$$

Ответ:  $x_{кр} = 0,25m$ ;  $t = \frac{\sqrt{3}}{6} C$ ;  $\frac{1}{36} \sqrt{\frac{3}{2}} \frac{M}{C^2}$



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!



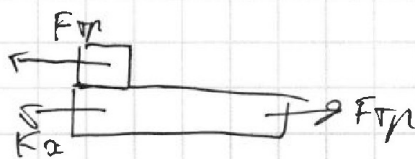
Запишем уравнение для системы  
масса + пружина:

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

$$(1) \Leftrightarrow \ddot{x} + \frac{Kx}{M+m} = 0$$

$\omega = \sqrt{\frac{K}{M+m}} = \sqrt{\frac{36}{1+1}} = \sqrt{18} = 3\sqrt{2}$  - угловая частота колебаний

Запишем II З.Н:



для пружины

$$-m\ddot{x} = F_{Tp}$$

$$-M\ddot{x} = F_{Tp} + Kx - F_{Tp}$$

$$\Leftrightarrow -\ddot{x} = \frac{F_{Tp}}{m}$$

Найдем максимальное  $F_{Tp}$ .  $N = mg$

$$\Leftrightarrow \text{если } -\ddot{x} \geq \frac{F_{Tp}}{m} = \mu g \text{ пружина выскочит.}$$

Подставим в ур.(1)

$$\mu g = \frac{Kx_{кр}}{M+m} \Rightarrow x_{кр} = \frac{M+m}{K} \mu g$$

$$x_{кр} = \frac{3}{36} \cdot 10 \cdot 0,3 = 0,25 \text{ м}$$

Запишем ур. гарм. колебаний.

$$x = A \sin(\omega t)$$

$$v_0 = \omega A \Rightarrow A = \frac{v_0}{\omega} = v_0 \sqrt{\frac{M+m}{K}} = \frac{1}{\sqrt{12}} \text{ м} \cdot \sqrt{\frac{1}{12}}$$



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!

Т.к. в предыдущем пункте показано, что  $\frac{p_2}{p_1} = \frac{p_2'}{p_1'}$ , а  $p_2' + p_1' = p_0$   
 $\Rightarrow p_2' = C \quad p_1' = C$

при  $t^*$   $p_1$  — давление насыщенного пара. Найдем такую точку на графике

$p_{\text{нас}}(t^*) = 30,3 \text{ кПа} = p_1$

2) Из таблицы  $t^* \approx 69^\circ \text{C} = 342 \text{ K}$

Далее пар будет оставаться насыщенным. Если пар будет пересыхать, то у него будет оставаться давление  $p_1$ , как было показано в предыдущем пункте, т.е.  $p_1 > p_{\text{нас}}(t) \quad t < t^*$   
 $\Rightarrow$  будет пересыхать.

$\Rightarrow$  В н. з. Закон Мену для воздуха

$$(1) p_0 V_0 = \nu_0 R T_0$$

Закон Мену. для воздуха для конца

$$(2) p' V = \nu R T \quad p' \text{ — давление воздуха}$$

$p' = p_0 - p_{\text{нас}}(t)$ , т.к. давление постоянно и пар — насыщенный

Поделим (2) на (1)  $\Rightarrow \frac{p' V}{p_0 V_0} = \frac{T}{T_0} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0} \frac{p_0}{p'}$

$$\Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{306}{370} \cdot \frac{74 + \frac{3}{4}}{100} = \frac{225 \cdot 73,75}{370 \cdot 100} = \frac{225 \cdot 73,75}{37000} = \frac{230}{37}$$

Ответ:  $p_1 = 30,3 \text{ кПа}$   
 $t^* = 342 \text{ K}$   
 $\frac{V}{V_0} = \frac{23}{37}$

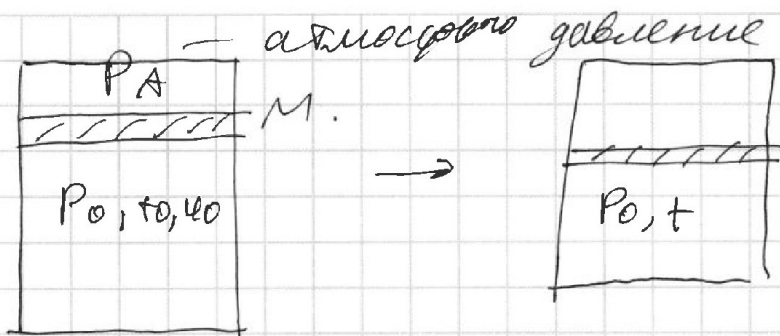


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$P_0 = 105 \text{ кПа}$$

$$t_0 = 97^\circ\text{C} = 370 \text{ K}$$

$$\phi_0 = \frac{1}{3}$$

$$t = 33^\circ = 306 \text{ K}$$

~~На~~ Давление насыщенного пара при  $t_0 \approx P_n(t_0) \approx 91 \text{ кПа}$  — по таблице

т.к. влажность  $\phi = \frac{P_1}{P_n} \Rightarrow \frac{P_1}{P_n} = \Rightarrow$

$$1) P_1 = \phi P_n = \frac{91}{3} \text{ кПа} = \boxed{30,3 \text{ кПа}}$$

2) давление влажного воздуха будет постоянным, т.к. удерживают поршень

$$\Rightarrow P_0 = \frac{Mg}{S} + P_A$$

~~На~~ Клейдэн  $P_2$  — парциальное давление воздуха:  $P_2 = P_0 - P_1 \approx 74,7 \text{ кПа}$

Закон Менделеева — количество газа

$$P_1 V = \nu_P R T_0$$

$$P_2 V = \nu_B R T_0$$

← количество воздуха

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{\nu_B}{\nu_P}$$

$$\nu_B = \frac{\nu_P P_2}{P_1}$$

до начала конденсации количество молей вещества не будет меняться, а т.к.

давление постоянно  $\Rightarrow$  парциальное давление не будет меняться



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  
☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

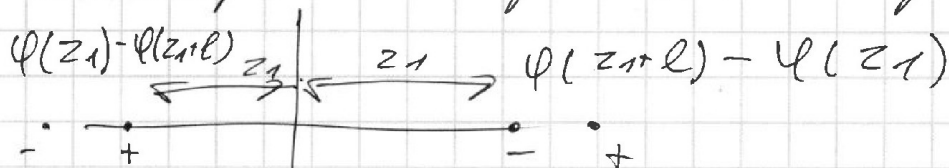
СТРАНИЦА  
 \_ ИЗ \_

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!

Аналогично после того, как ось симметрии пройдет диск  $\varphi(z) - \varphi(z+l)$  будет

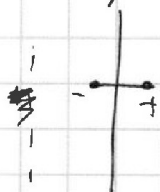
отрицательной величины  $\varphi(z) - \varphi(z+l)$

или симметрично отражённым диск



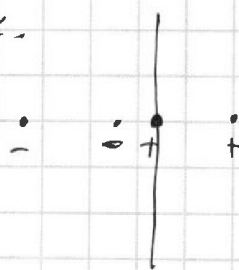
$\Rightarrow$  их максимум и минимум  $\Rightarrow$  всегда диск касается центра.

Рассмотрим, что происходит внутри.



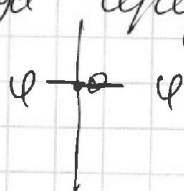
тут потенциал по модулю меньше, чем если диск касался  $\emptyset$ .

т.к.



Потенциал  $\tau$  меньше, а потенциал  $u$  больше  $\Rightarrow$  максимум и минимум каска касаются

Минимальная маг. скорость  $\Rightarrow$  при максимальной  $\varphi(z) - \varphi(z+l)$  - скорость между серединами дисков в центре



$$\Rightarrow (\varphi - \varphi) q = 0$$

скорость зависит только от  $\mathbb{R}^2$ .

$$\Rightarrow E_{K0} = E_{Ky} \Rightarrow \text{скорость не изменяется}$$

$$\boxed{v_y = \frac{3}{2} v_0}$$



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.

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!

Условие для минималности скорости.

$$v=0$$

$$E_k = (\varphi_+ - \varphi_-) q$$

$$\Rightarrow \frac{mv_0^2}{2} = (\varphi_+ - \varphi_-) q$$

минимальная  
скорость

~~$\Rightarrow 2\varphi_+ - \varphi_-$~~

макс скорость

когда касается центра.

~~минимальная~~

~~максимальная~~

$$E_{k0} = E_{kmax} - (\varphi_+ - \varphi_-) q$$

$$\Rightarrow \frac{mv_{max}^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{m}{2} \frac{g}{4} v_0^2$$

$$\Rightarrow v_{max} = \frac{\sqrt{13}}{2} v_0$$

~~мин~~

$$E_{k0} = E_{kmin} + (\varphi_+ - \varphi_-) q$$

$$\Rightarrow \frac{mv_{min}^2}{2} = \frac{g}{4} \frac{m}{2} v_0^2 - \frac{mv_0^2}{2}$$

$$\Rightarrow v_{min} = \frac{\sqrt{5}}{2} v_0$$

$$\text{Ответ: } v_y = \frac{3}{2} v_0; \quad v_{max} = \frac{\sqrt{13}}{2} v_0; \quad v_{min} = \frac{\sqrt{5}}{2} v_0$$



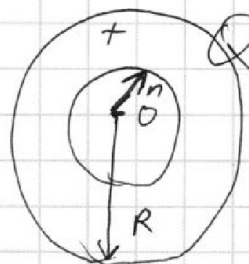
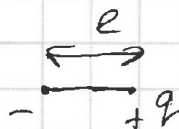
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

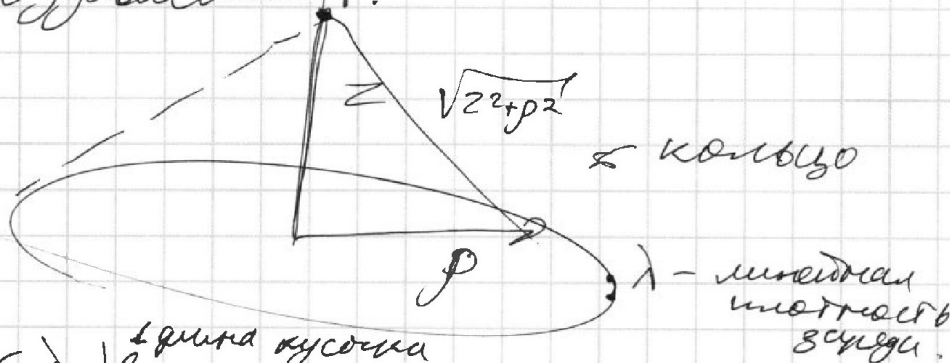
$$U_{\min} = U_0$$

$$U_H = \frac{3}{2} U_0$$



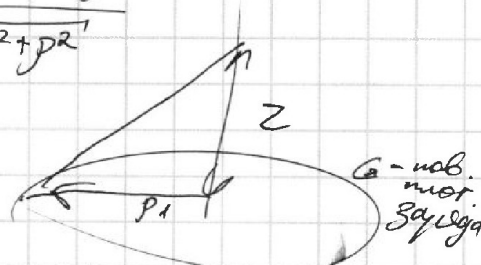
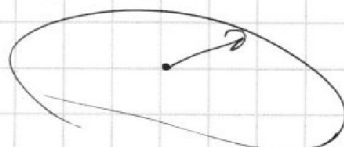
Отношения показаны на рисунке.

Найдём потенциал на оси диска, или создаваемый.



$$\int d\varphi = \int \frac{K \lambda dl}{\sqrt{z^2 + r^2}} = \frac{K \lambda \cdot 2\pi r}{\sqrt{z^2 + r^2}}$$

теперь найдём для диска.  
у него



Тронтируем потенциал от колец.

$$d\varphi = \frac{K \lambda \cdot 2\pi r}{\sqrt{z^2 + r^2}}$$

$$G \cdot d\varphi$$

Найдём линейную плотность кольца с пов. плот. заряда  
 $G \cdot dr \cdot 2\pi r = \lambda \cdot 2\pi r$   
 $\Rightarrow \lambda = G \cdot dr$

$$\Rightarrow d\varphi = \frac{2K G \pi d(r^2 + z^2)}{2 \sqrt{z^2 + r^2}}$$

$$\Rightarrow \int d\varphi = \left[ 2K G \pi \sqrt{R^2 + z^2} - \sqrt{r^2 + z^2} \right] = \varphi.$$



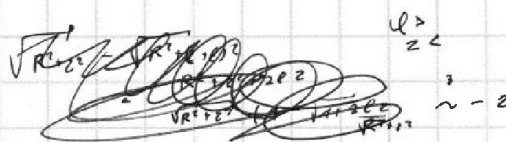
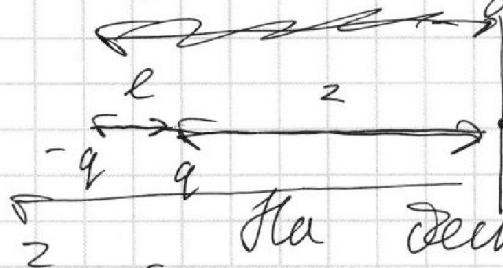
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Затем 3С9 для димона



На симметричности потенциал  
 $E_{\infty}$  - кин. энергии на беск.  
= кин. энергии от z.

$$R^2 + z^2 = r^2 + z^2$$

$z \rightarrow \infty$

$$E_{\infty} = E_K(z) + (\varphi(z) - \varphi(z+l))q$$

Чтобы нас интересовало  $E_K(z) \geq 0$  или  
любой  
координат.

$$\varphi(z) - \varphi(z+l) = 2K$$

$\varphi$  - всегда больше 0 чем

т.к.  $R^2 + z^2 > r^2 + z^2$  или наоборот z

Найдём моменты когда ~~скорость~~ <sup>потенциал</sup>  
максимальный и минимальный

или  $z \rightarrow \infty$  +q димона

$$\varphi(z) - \varphi(z+l) > 0 \text{ и } \varphi(z) - \varphi(z+l) < 0$$

$$т.к. R^2 + z^2 > r^2 + z^2 \text{ и } R^2 + (z+l)^2 > r^2 + (z+l)^2$$

максимальное  
 $\varphi(z) - \varphi(z+l)$

минимальное  
 $\varphi(z) - \varphi(z+l)$

т.к. функция  
возрастает быстрее при меньшем z

значит  $\varphi(z) - \varphi(z+l)$  увеличивается или больше  
пока не достигнет максимума



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!

Из этой же формулы  $B - \frac{1}{16}$

$$\int_{B_0}^{B(t)} dB = \int_0^T \frac{-\mu_0 L dI}{n S_1} \Rightarrow B_0 - B(t) = \frac{\mu_0 L I}{n S_1}$$

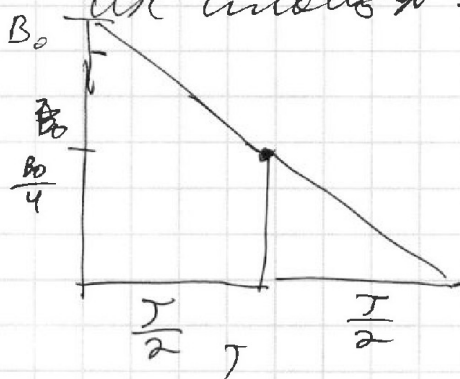
$I \cdot dt = dq$

$$\Rightarrow (B_0 - B(t)) \cdot dI = \frac{\mu_0 L}{n S_1} dq$$

$$\frac{\mu_0 L}{n S_1} \int (B_0 - B(t)) dI = q$$

$B(t) \cdot dI$  - площадь под графиком.

Разделим на трапецию и  $\Delta$  и посчитаем их площадь.



$$S = \frac{\frac{B_0}{4} + B_0}{2} \cdot \frac{I}{2} + \frac{B_0}{4} \cdot \frac{I}{2} \cdot \frac{1}{2}$$

$$= \frac{5}{16} B_0 I + \frac{B_0 I}{16}$$

$$= \frac{3}{8} B_0 I$$

$$\int_0^I B_0 dI = B_0 I - \text{площадь}$$

$$\Rightarrow q = \left( B_0 I - \frac{3}{8} B_0 I \right) \frac{\mu_0 L}{n S_1} = \frac{5 B_0 I \mu_0 L}{8 n S_1}$$

$$= \frac{5 B_0 I \mu_0 L}{32 L}$$

ответ:  $I_0 = \frac{B_0 S_1 n}{\mu_0 L}$  ;  $q = \frac{5 B_0 I S_1 \cdot n}{32 L}$

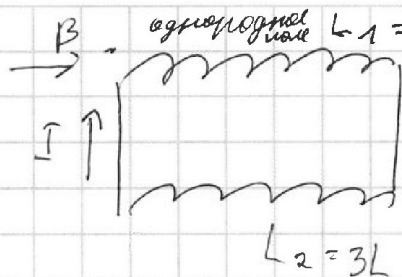


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

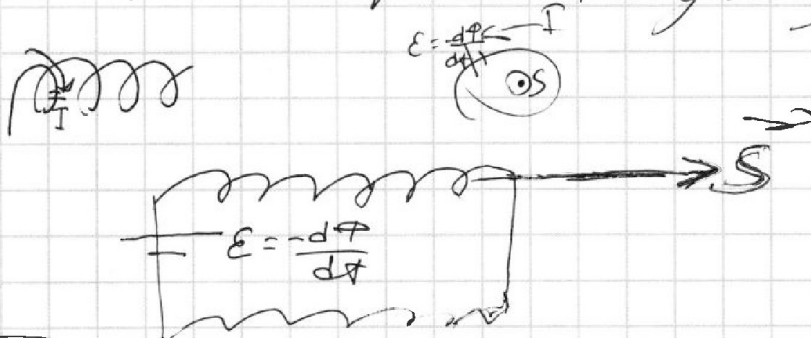
СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

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!



Изначально тока нет.

1) у нас есть самоиндукция + внешнее поле. рассмотрим катушку +.



Поток от внешнего магнита:

$\Phi_1 = B S_1 n$ . От самоиндукции

$\Phi = L I + 3 L I$ , т.к. ток одинаковый

из II закона Кирхгофа  

$$\sum \epsilon = \frac{d\Phi}{dt} = 0 = \frac{dB S_1 n}{dt} + 4 L \dot{I}, \Rightarrow$$
 из I уравнения Кирхгофа для контура.

$$\Rightarrow \frac{dB}{dt} = \frac{-4 L \dot{I}}{S_1 n} \Rightarrow dB = \frac{-4 L dI}{S_1 n}$$

$$\int_{B_0}^0 dB = \frac{-4 L}{S_1 n} \int_0^{I_0} dI$$

$$-B_0 = \frac{-4 L}{S_1 n} I_0 \Rightarrow I_0 = \frac{B_0 S_1 n}{4 L}$$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
\_\_ 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!

Рассмотрим движение луча ~~внутри~~.

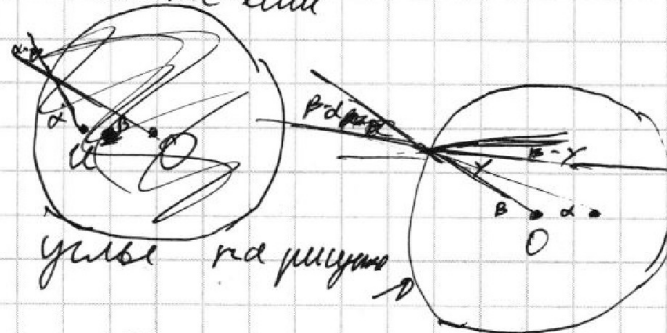


Если изображение в центре  
шара луч не будет преломляться.  
Раз его конечное изображение  
в том же месте, где и источник  
 $\Rightarrow$  то изображение источника в линзе  
после шара преломления в шаре  
остается в той же точке  $\Rightarrow R = 0,5 F$   
Так как лучи из центра не преломляются.  
Пусть изображение от линзы  
внутри шара.

$$R = 0,5 F$$

иначе если

Закон Снелла:



т.к. если  
сдвинуть  
на  
 $5,5 F$   
то  
уже  
не  
будет  
внутри  
шара  
изобр.

$$\sin \alpha = n \sin \beta$$

лучи параллельно

1) Если изображение в линзе  
будет изначально в центре шара, то  
изображение системы линза+шар  
будет в S. а также при особом  
расстоянии ~~уже~~ наше изображение  
будет в источнике.



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.

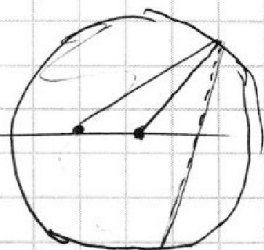
1 2 3 4 5 6 7  
☐ ☐ ☐ ☐ ☒ ☐ ☐

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!

Рассмотрим преломление в шаре.

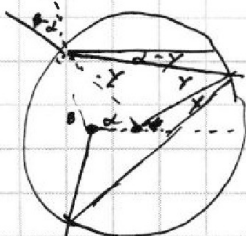
Если  $I$  изобр.  
 внутри шара.



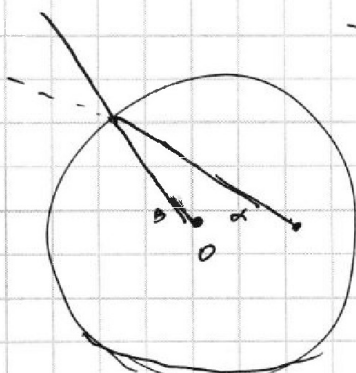
Закон Снелла:

$$B - \alpha = n\gamma$$

$$\gamma = \frac{B - \alpha}{n}$$



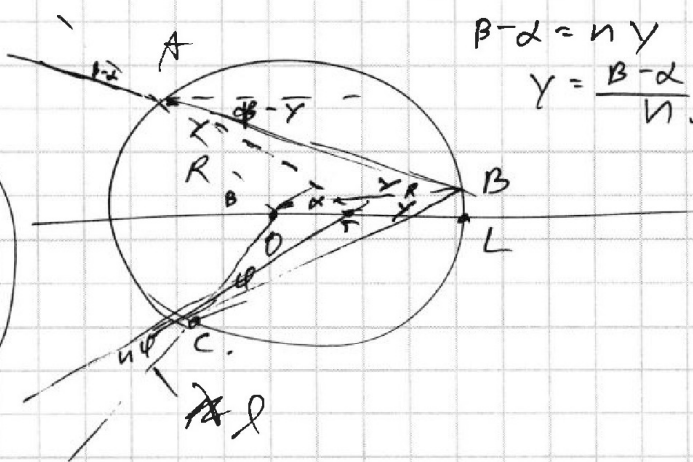
вот  $\alpha - \gamma$  муг должен выходить.  
 так же может.



3. Снелло

$$B - \alpha = n\gamma$$

$$\gamma = \frac{B - \alpha}{n}$$



$T$  - 1 изобр.ижение.

$B$  - отражение

$C$  - выход из шара.

$$\angle BCL = 2\gamma - B$$

Найдём угол  
 $\angle OCL = \varphi$



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  
☐

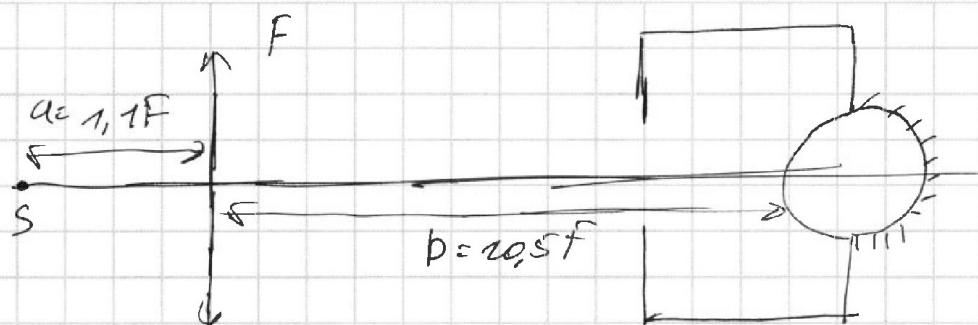
5  
☒

6  
☐

7  
☐

СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

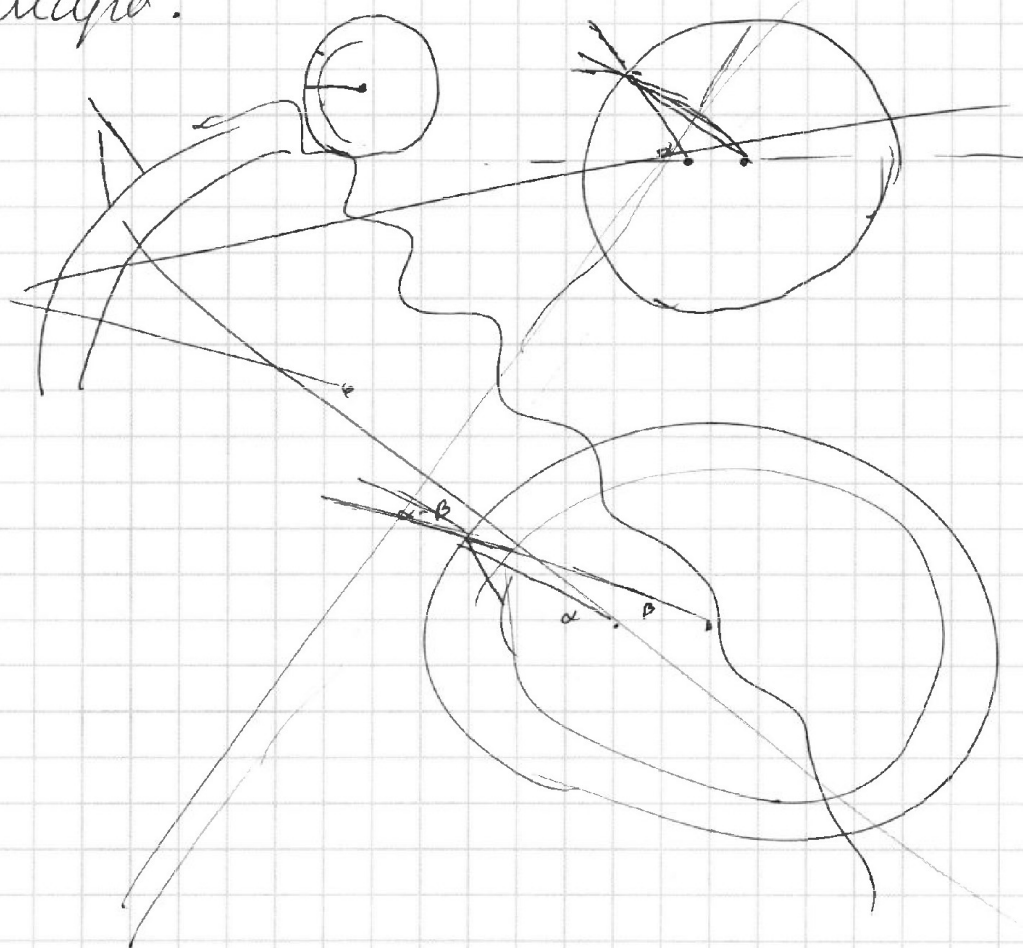
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



Форм. Т. Л:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{y} \Rightarrow y = \frac{aF}{a-F} = 11F.$$

~~Изображение~~ Пусть изображение внутри  
шара.





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!

Затем считаем для высоты:

$ny = 4$  — угол на высоте

$$5FB = 0,5F \cdot d \Rightarrow d = 10B$$

из высоты АН.

$$\Rightarrow 11B = ny$$

Расставим углы пользуясь тем, что  $ny = 4$  и углом  $ny$  в вершине А.  $\Rightarrow$  все углы при вершине А равны  $ny$ .

$$\Rightarrow AH_1 = (ny + 10B - 4y) 5F = AH$$

$$\Rightarrow (21B - \frac{4 \cdot 11B}{n}) 5F = B \cdot 5F$$

т.к. углы малы

$$\Rightarrow 21 = \frac{4 \cdot 11}{n} \quad n = \frac{44}{21}$$

Ответ:  $n = \frac{44}{21}$

$$2yF = (21 - \frac{4 \cdot 11}{n}) 5BF + 5FB$$

$$\frac{22 \cdot 11}{n} = 110 \quad - \text{равенство высоты}$$

Ответ:  $n = 2,2$

Ответ:  $n = 2,2$   
 $R = 0,5F$



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 ☐

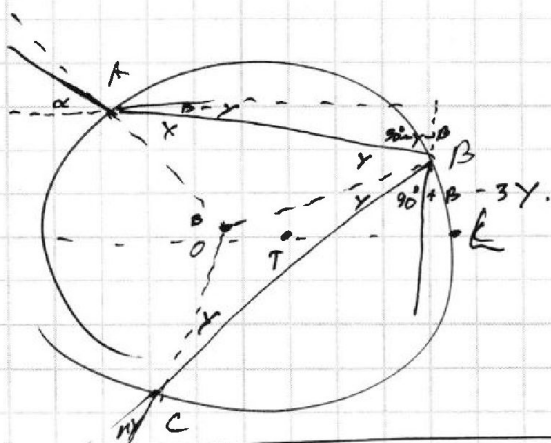
СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

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!

Закон Снелла для точки C.

т.е.  $\lambda > 114$

1)  $\angle A \alpha = \angle B R$  — высота оп.

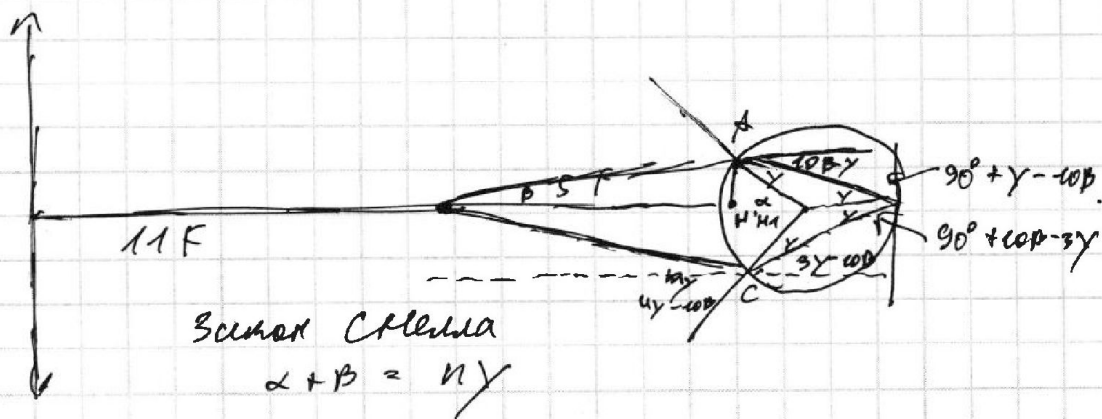
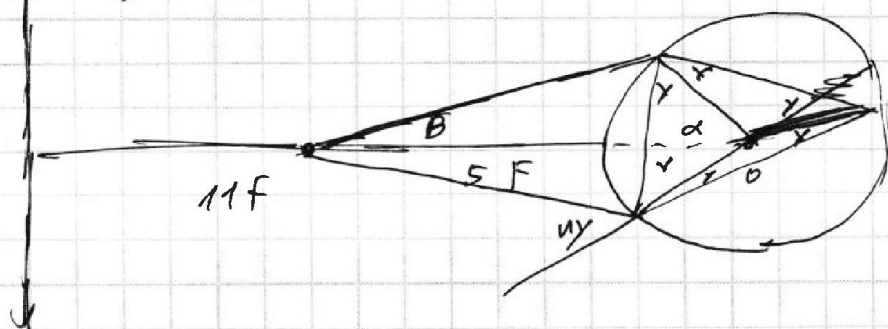


$$\varphi = \gamma$$

$$\tan A = \frac{BR}{\alpha}$$

$$10,5 + A = 16$$

Если сдвинуть B на  $\Delta = 5,5 F$ .



Закон Снелла  
 $\alpha + \beta = \pi \gamma$