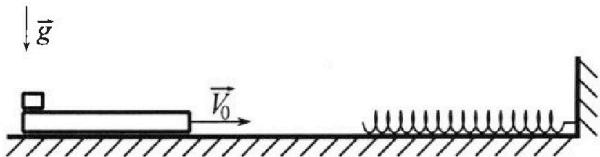


**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**  
**Вариант 11-03**



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

1. Длинная доска массой  $M = 2$  кг, на одном конце которой лежит небольшой брускок 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.

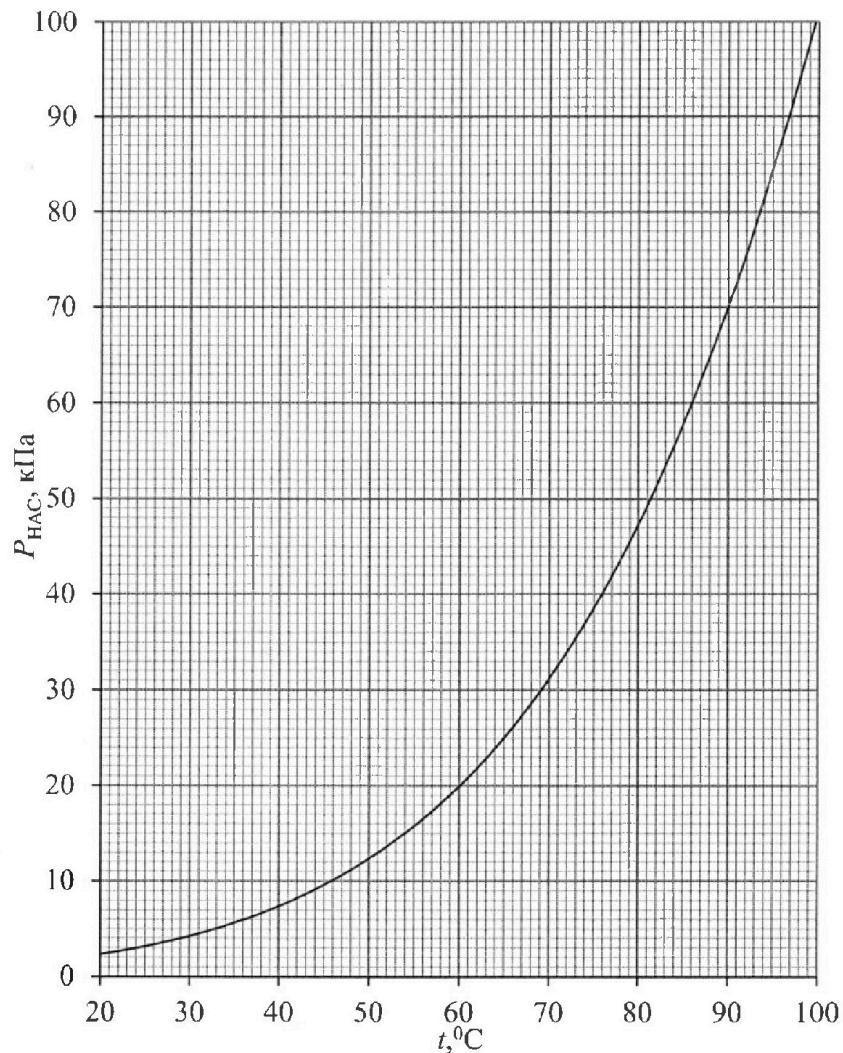


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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

- 1) Найти парциальное давление пара  $P_1$  при 97 °C.
- 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.





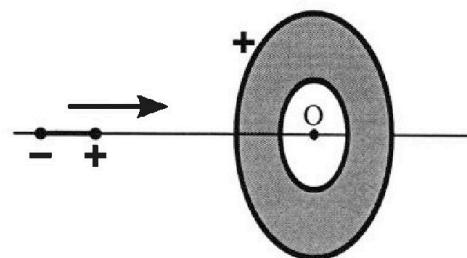
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**



**Вариант 11-03**

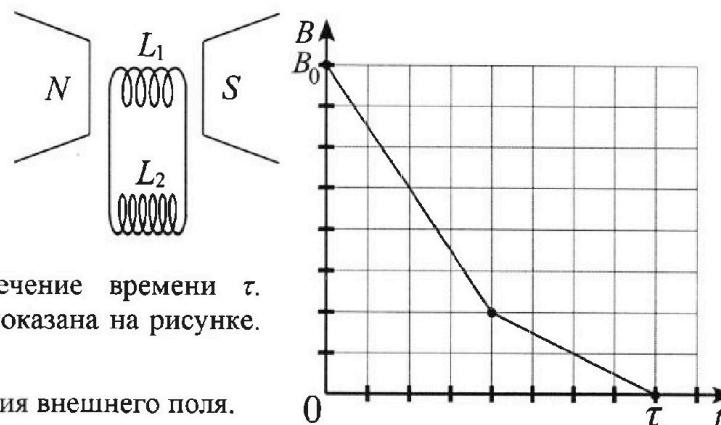
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

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  $V_0$ . Диполю сообщают начальную скорость  $\frac{3}{2}V_0$ .



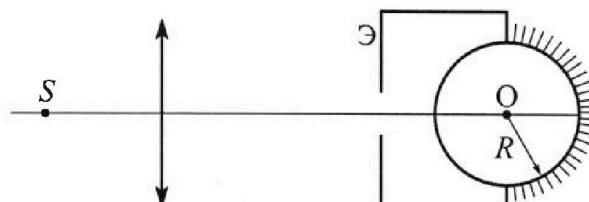
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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  $S$ , удалённый 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  $\sin \alpha \approx \alpha$ .



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!

$$\omega = \sqrt{V_0^2 - \frac{k \Delta l^2}{(M+m)}} = \sqrt{1 - \frac{36 \cdot \frac{1}{16}}{3}} \text{ м/с} = \sqrt{1 - \frac{12}{16}} \text{ м/с} = \sqrt{1 - \frac{3}{4}} \text{ м/с}$$

$$= \frac{1}{2} \text{ м/с}$$

$$A_0 = \sqrt{\left(\frac{\mu Mg}{k}\right)^2 + \frac{M\omega^2}{K}} = \sqrt{\left(\frac{0,3 \cdot 2 \cdot 10}{36}\right)^2 + \frac{2 \cdot \frac{1}{4}}{36}} \text{ м} = \frac{1}{6} \text{ м} \cdot \sqrt{\frac{6^2}{36} + \frac{1}{2}} =$$

$$= \frac{1}{6} \text{ м} \cdot \sqrt{\frac{3}{2}} = \frac{\sqrt{6}}{12} \text{ м} \quad \Delta l_{max} = \Delta l + A_0 = \left(\frac{1}{4} + \frac{\sqrt{6}}{12}\right) \text{ м} = \frac{3 + \sqrt{6}}{12} \text{ м}$$

$$a_0 = \frac{-\mu mg + k \cdot \Delta l_{max}}{m} = \frac{-0,3 \cdot 1 \cdot 10 + 36 \cdot \frac{3 + \sqrt{6}}{12}}{2} \text{ м/с}^2 = \frac{-3 + 9 + 3\sqrt{6}}{2} \text{ м/с}^2 =$$

$$= \frac{6 + 3\sqrt{6}}{2} \text{ м/с}^2$$

$$(Ответ: 3) \frac{6 + 3\sqrt{6}}{2} \text{ м/с}$$



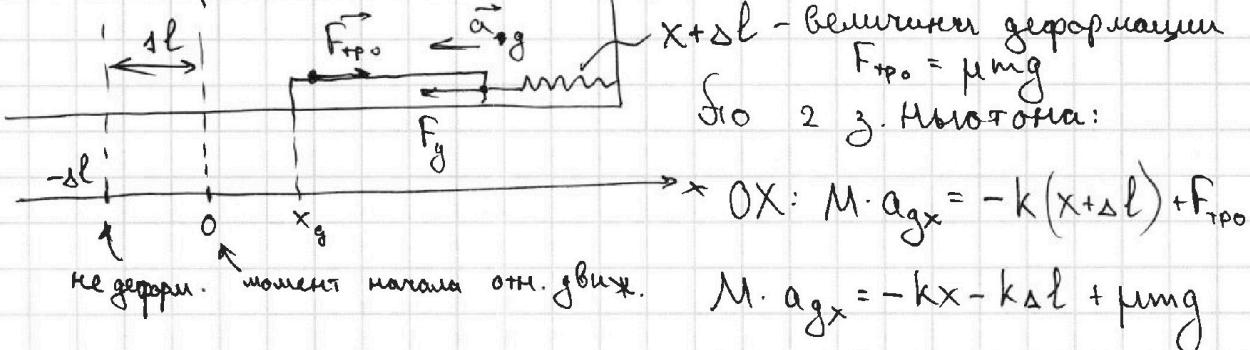
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

момент времени  $t$  после начала отн. движ.



$$k\Delta l = \mu Mg + \mu mg \quad \text{но п. (1)}$$

$$M \cdot a_{gx} = -kx - \mu Mg - \mu mg + \mu mg$$

$$\therefore \ddot{x}_g + \frac{k}{M} \cdot x = -\mu mg \quad | \cdot \frac{M}{k}$$

$$\ddot{x}_g \cdot \frac{M}{k} + x + \frac{\mu mg}{k} = 0; \quad | \quad z = x + \frac{\mu Mg}{k}; \quad \ddot{z} = \ddot{x}$$

$$\ddot{z} + \frac{k}{M} \cdot z = 0, \quad \text{зн. } z = A_0 \cos(\omega_0 t + \varphi_0), \quad \omega_0 = \sqrt{\frac{k}{M}}$$

$$x + \frac{\mu Mg}{k} = A_0 \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi_0)$$

$$x = A_0 \cdot \cos(\omega_0 t + \varphi_0) - \frac{\mu Mg}{k}$$

Начальные условия:  $\begin{cases} x(0) = 0 \\ \dot{x}(0) = \dot{v} = 0,5 \cancel{m/s} \end{cases} \quad \left| \begin{array}{l} A_0 \cdot \cos \varphi_0 = \frac{\mu Mg}{k} \\ -A_0 \cdot \sqrt{\frac{k}{M}} \cdot \sin \varphi_0 = \dot{v} \end{array} \right.$

$$\begin{cases} A_0 \cdot \cos \varphi_0 = \frac{\mu Mg}{k} \\ A_0 \cdot \sin \varphi_0 = -0,5 \sqrt{\frac{M}{k}} \end{cases}$$

$$A_0 = \sqrt{\left(\frac{\mu Mg}{k}\right)^2 + \frac{M \dot{v}^2}{k}} =$$

$$= \sqrt{\frac{(0,3 \cdot 2 \cdot 10)^2}{36} + \frac{2 \cdot \frac{1}{4}}{36}} m = \sqrt{\frac{1}{36} \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{2}\right)} m =$$

$$= \sqrt{\frac{1}{36} \cdot \frac{4}{6} m} = \frac{2}{6\sqrt{6}} m = \frac{1}{3\sqrt{6}} m = \frac{\sqrt{6}}{18} m$$

$$\Delta l_{max} = \Delta l + A_0 = \frac{1}{4} m + \frac{\sqrt{6}}{18} m = \frac{9 + 2\sqrt{6}}{36} m$$



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

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

СТРАНИЦА  
2 из 4

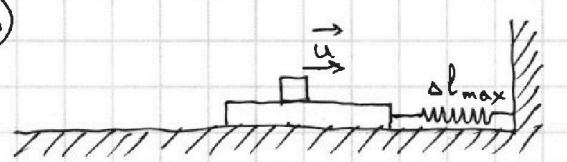
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

$$\frac{1}{24} = \frac{\sqrt{3}}{6} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{36}{3}} \cdot \frac{t_0}{1c}\right) \quad \frac{6}{\sqrt{3}} \cdot \frac{t_0}{1c} = \arcsin\left(\frac{\sqrt{3}}{2\cancel{12}}\right) = \frac{\pi}{3} \approx 1$$

$$t_0 = \frac{\sqrt{3}}{6} \cdot \cancel{12} \quad (c)$$

$$O_{\text{ответ: 2}} t_0 = \frac{\sqrt{3}}{6} \cdot \cancel{12} \quad (c)$$

2)



В момент максимального скатия скорость доски равна нулю, а скорость бруска равна  $\vec{u}$

по 2 з. Ньютона:

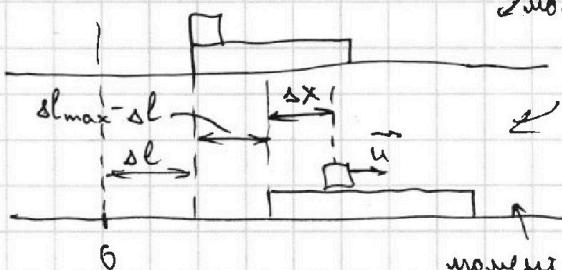
$$\text{OV: } \vec{g} = mg - \vec{N} \Rightarrow N = mg, \text{ тогда: } F_{\text{тр}} = \mu mg, \text{ г.-в. скользящий}$$

$$a_0 \cdot M = \mu mg - k \delta l_{\max}$$

$$\begin{aligned} OX: & -a \cdot m = -\mu mg \Rightarrow a = \mu g \\ OX: & -a_0 \cdot M = -F_{\text{тр}} + \mu mg \end{aligned}$$

$$a_0 = \frac{-\mu mg + k \delta l_{\max}}{M}$$

момент начала отн. движения



на брусе всегда действовало постоянное ускорение:  $a = \mu g$

$$\text{тогда: } \delta l_{\max} - \delta l + \Delta x = \frac{g^2 - u^2}{2\mu g}$$

момент max скатия

Т. о. для макс. потен. мех. энергии:  $\Delta W_{\text{потен.}} = A_{\text{перем.}}$

$$\cancel{\frac{(M+m)}{2} \frac{v_0^2}{2} + \frac{k \delta l^2}{2} - \frac{(M+m) v_0^2}{2}} = 0 \Rightarrow g^2 = \frac{(M+m) V_0^2 - k \delta l^2}{M+m}$$

$$\cancel{\frac{36 \cdot 16}{48} \frac{m^2}{c^2} - \frac{36 \cdot 16}{16} \frac{m^2}{c^2}} = \cancel{\frac{36}{48} \frac{m^2}{c^2} - \frac{36}{16} \frac{m^2}{c^2}} \cancel{+ \frac{36}{48} \frac{m^2}{c^2} - \frac{36}{16} \frac{m^2}{c^2}}$$

$$\frac{m u^2}{2} + \frac{M \cdot 0^2}{2} + \frac{k \delta l_{\max}^2}{2} - \frac{(M+m) V_0^2}{2} = -\mu mg \cdot (\delta l_{\max} + \Delta x) + \mu mg \cdot \delta l_{\max}$$

$$\frac{m u^2}{2} + \frac{k \delta l_{\max}^2}{2} - \frac{(M+m) V_0^2}{2} = -\mu mg \cdot \Delta x$$



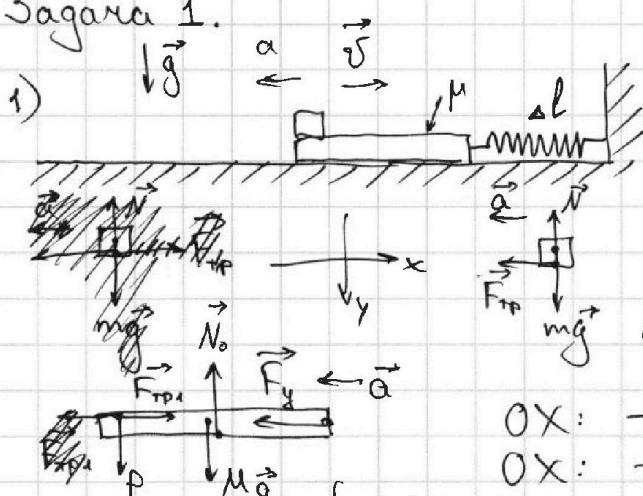
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

- |                                       |                            |                            |                            |                            |                            |                            |
|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 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 1.



$\Delta l$  - сжатие пружины в момент начала отн. движения бруска и доски В этот момент движутся с постоянными одинаковыми ускорениями:  $\vec{a}$  и скорость  $\vec{v}$ .  
По 2 з. Ньютона:  
 $OY: 0 = mg - N \Rightarrow N = mg$

$$OX: -a \cdot m = -F_{\text{тр}} \Rightarrow am = F_{\text{тр}}$$

$$OX: -a \cdot M = +F_{\text{тр}} - F_y \Rightarrow a \cdot M = -F_{\text{тр}} + F_y$$

По III з. Ньютона:  $F_{\text{тр}} = F_y$

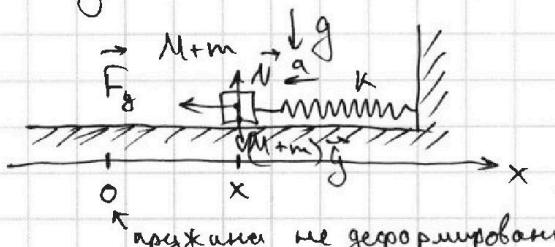
В этот момент сила трения покоя принимает max значение:  $F_{\text{тр}} = \mu N$

$$\begin{cases} a \cdot m = \mu mg \\ a \cdot M = \mu Mg + Kal \end{cases} \quad \begin{cases} a = \mu g \\ \mu Mg = \mu mg + Kal \end{cases} \quad \mu(M+m)g = Kal$$

$$\Delta l = \frac{\mu(M+m)g}{K} = \frac{0,3 \cdot (2m+1m) \cdot 10^4 \text{ м/с}^2}{36 \text{ Н/м}} = \frac{0,3 \cdot 3 \cdot 10}{36} \text{ м} = \frac{3 \cdot 3}{36} = \frac{1}{12} \text{ м}$$

Ответ: ~~0,25 м~~ 1) 0,25 м

2) ~~т.к.~~ до отн. проскальзывания можно рассматривать доску и бруск как одно тело массой  $(M+m)$ :



По 2 з. Ньютона:

$$OX: (M+m) \cdot a_x = -kx$$

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

$$x = A \cdot \cos(\omega t + \varphi), \omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} x(0) = 0 \\ \dot{x}(0) = V_0 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} A \cdot \cos \varphi = 0 \\ -A \cdot \omega \cdot \sin \varphi = V_0 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} \varphi = \frac{\pi}{2} \\ A = -\frac{V_0}{\omega} \end{array} \right.$$

Начальные условия:  $\left\{ \begin{array}{l} x(0) = 0 \\ \dot{x}(0) = V_0 \end{array} \right.$

$$x = -V_0 \sqrt{\frac{M+m}{K}} \cdot \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) \Rightarrow x = V_0 \sqrt{\frac{M+m}{K}} \cdot \sin(\omega t), \omega = \sqrt{\frac{K}{M+m}}$$

В момент максима отн. движения:  $x(t_0) = \Delta l$

$$\Delta l = V_0 \cdot \sqrt{\frac{M+m}{K}} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{K}{M+m}} \cdot t_0\right); \frac{1}{12} \text{ м} = 1 \text{ м/с} \cdot \sqrt{\frac{2m+1m}{36 \text{ Н/м}}} \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{36 \text{ Н/м}}{2m+1m}} \cdot t_0\right)$$

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

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

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 2.

$$1) \psi_0 = \frac{P_{no}}{P_{n.n.97}}$$

$P_{n.n.97} = 30 \text{ кг/м}^3$  из графика  
 $P_{no}$  - нач. давление сухого пара  
 $P_{n.n.97}$  - давление нал. паров при  $97^\circ\text{C}$

$$P_{no} = \psi_0 \cdot P_{n.n.97} = \frac{1}{3} \cdot 30 \text{ кг/м}^3 = 10 \text{ кг/м}^3 ; P_1 = P_{no} = 10 \text{ кг/м}^3$$

Ответ: 10 кг/м<sup>3</sup>

$$2) \begin{array}{c} \text{---} \\ | \quad | \\ P \cdot V_0 \quad \rightarrow \quad | \quad | \\ | \quad | \quad | \quad | \\ \psi_0 \quad \psi_1 \end{array} \quad \begin{array}{l} B(1): P_0 = P_1 + P_{c1} \\ P_{c1} - \text{начальное давление сухого воздуха в начале} \end{array}$$

$$T_0 = t_0 + 273K = 370K$$

$T$  - К. количество газа постоянно, то есть ~~изменение температуры~~, ~~изменение давления~~

$$\cancel{\text{изменение давления}} \quad \frac{P_{c1} \cdot V_0}{T_0} = \frac{V_1 \cdot P_{c2}}{T} \quad \leftarrow \quad P_{c1} = P_0 - P_1 = 270 \text{ кг/м}^3$$

$$\frac{P_1 \cdot V_0}{T_0} = \frac{V_1 \cdot P_2}{T} \quad \rightarrow \quad P_{c2} = P_0 \cdot \frac{V_0 \cdot T}{V_1 \cdot T_0}$$

$$P_2 = P_0 - P_{c2} = P_0 - P_{c1} \cdot \frac{V_0 \cdot T}{V_1 \cdot T_0}$$

$$\cancel{\frac{(P_{c1} + P_1)V_0}{T_0}} = \frac{V_1(P_{c2} + P_2)}{T_0} ; \quad \frac{P_0 \cdot V_0}{T_0} = \frac{P_0 V_1}{T_0} \Rightarrow \frac{V_0}{T_0} = \frac{V_1}{T}$$

$$\text{тогда: } P_{c2} = P_{c1}$$

$$P_2 = P_0 - P_{c1} = P_1 = 10 \text{ кг/м}^3$$

$$\psi_1 = 1 = \frac{P_1}{P_{n.n.T}} \rightarrow P_{n.n.T} = 10 \text{ кг/м}^3 \rightarrow \text{из графика: } T = (69 + 273)K$$

$$t^* = 69^\circ\text{C} \quad (t^* \Leftrightarrow T) \quad \text{Ответ: } t^* = 69^\circ\text{C}$$

3) выше  $69^\circ\text{C}$  пар будет насыщенным, т.к.:

$$P_3 = P_{n.n.38^\circ\text{C}} = 5 \text{ кг/м}^3 \Rightarrow P_{c3} = P_0 - P_3 = 100 \text{ кг/м}^3 = 306K$$

$P_3$  и  $P_{c3}$  - давление нал. паров и сух. воз. при  $t = 38^\circ\text{C}$

$T$  - К. количество сухого воз. const, +0!

$$\frac{P_{c1} \cdot V_0}{T_0} = \frac{P_{c3} \cdot V}{T_3} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{P_{c1} \cdot T_3}{P_{c3} \cdot T_0} = \frac{10 \cdot 38}{5 \cdot 370} = \frac{3.152}{370} = \frac{459}{740}$$

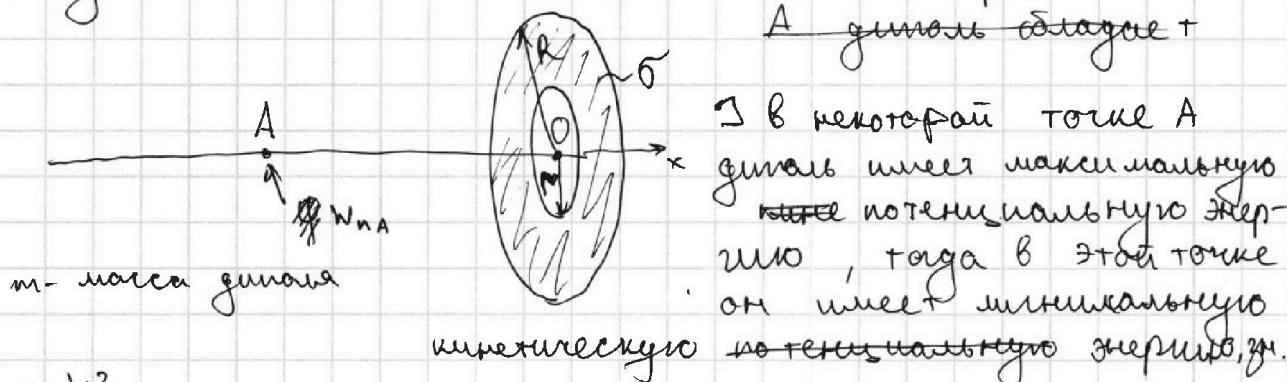


- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------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

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 3



$$\frac{mV_0^2}{2} = W_{nA} \quad \text{чтобы пролетел}$$

скорость динам. в +. А при нач. ск.  $\frac{3}{2}V_0$

тогда:  $\sqrt{5}$ , тогда:  $\frac{\frac{3}{2}V_0^2}{2} = W_{nA} + \frac{m\sqrt{5}^2}{2}$

$$\frac{9}{4} \cdot \frac{mV_0^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} + \frac{mV^2}{2} \Rightarrow \frac{5}{4}V_0^2 = V^2 \Rightarrow V = \frac{\sqrt{5}}{2}V_0$$

$$\frac{\sqrt{5}}{V_0} = \frac{\sqrt{5}}{2}$$

найдём потенциальную энергию динам. при пролёте через центр диска:

$$dW_{ni} = +q \cdot k \frac{\sigma dS_i}{r_i} - q \cdot k \frac{\sigma dS_i}{r_i} = 0$$

тогда  $W_{no} = 0$

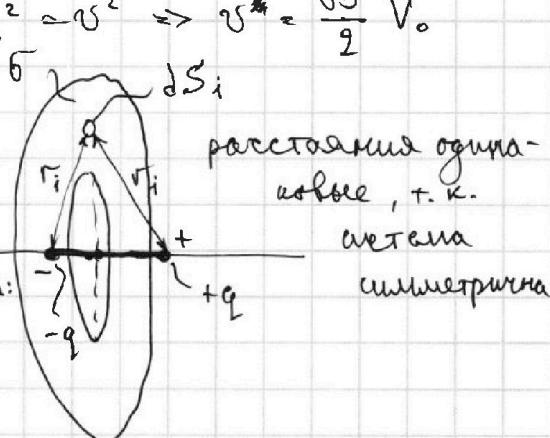
на бесконечности потенциальная энергия динам. также равна нулю, зн. из ЗСГ:

$$\sqrt{5} \text{ при пролёте} = \frac{3}{2}V_0$$

как уже было сказано в т. А. динам. имеет  $\min W_k$  и  $\max W_n$ ,

т. е. в этой точке скорость минимальна, зн.  $V = V_{\min} = \frac{\sqrt{5}}{2}V_0$ .  
максимальная скорость в начале или при пролёте через центр, т.к. там минимальная потенциальная энергия, т.е.  $V_{\max} = \frac{3}{2}V_0$ .

тогда:  $\frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{3}{\sqrt{5}} = \frac{3\sqrt{5}}{5}$  Ответ: 1)  $\frac{3}{2}V_0$ . 2)  $\frac{3\sqrt{5}}{5}$





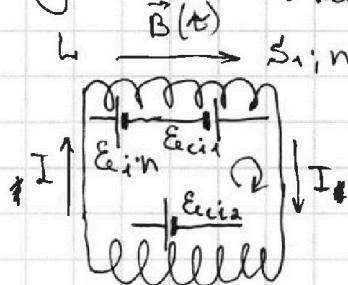
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

 1 2 3 4 5 6 7СТРАНИЦА  
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

в некоторый момент времени



$$E_i = -\frac{dB}{dt} \cdot S_1, \quad E_{ci_1} = -L \cdot \frac{dI}{dt}$$

$$E_{ci_2} = -3L \cdot \frac{dI}{dt}$$

по 2-ому правилу Кирхгофа:

$$\begin{aligned} 3L & - E_{i,n} + E_{ci_1} + E_{ci_2} = 0 \\ \frac{dB}{dt} \cdot S_1,n &= 4L \cdot \frac{dI}{dt} \Rightarrow \int \frac{dB}{dt} \cdot S_1,n dt = 4L \int dI \end{aligned}$$

$$(B(t) - B_0) S_1,n = 4L \cdot (I - 0)$$

$$1) T: B(t) = 0 \Rightarrow (0 - B_0) S_1,n = 4L I \Rightarrow I = -\frac{B_0 S_1,n}{4L}$$

т.е. ток течёт в другую сторону и равен  $I_0 = \frac{B_0 S_1,n}{4L}$

$$\text{Ответ: 1) } I_0 = \frac{B_0 S_1,n}{4L}$$

$$2) I(t) = (B(t) - B_0) \cdot \frac{S_1,n}{4L} \quad \left| \Rightarrow q = \int_0^T (B(t) - B_0) \frac{S_1,n}{4L} dt \right| =$$

$$= \left| \frac{S_1,n}{4L} \cdot \left( \int_0^T B(t) dt - B_0 T \right) \right|$$

изображь под графиком  $B(t)$

$$\int_0^T B(t) dt = \frac{B_0 + B_0/4}{2} \cdot \frac{T}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{B_0}{4} \cdot \frac{T}{2} = \frac{5B_0 T}{16} + \frac{B_0 T}{16} = \frac{3B_0 T}{8}$$

$$q = \left| \frac{S_1,n}{4L} \cdot \left( \frac{3}{8} B_0 T - B_0 T \right) \right| = \frac{5 S_1,n B_0 T}{32 L} - \text{заряд, прошедший}$$

через обе катушки

$$\text{Ответ: 2) } q = \frac{5 S_1,n B_0 T}{32 L}$$



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.

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

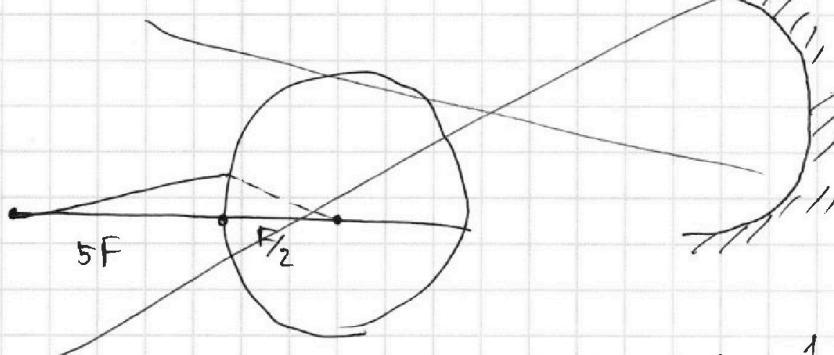
СТРАНИЦА  
3 из 3

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

Это возможно только, если изображение формируется в центре зеркала

$$\text{т.е. } f_4 = \frac{R}{2} = \frac{F}{2}; \quad \frac{F}{2} = \frac{F}{2\left(1 - \frac{1}{n}\right) - \frac{1}{5}}$$

$$\therefore \frac{2}{n} - \frac{1}{5} = 2$$



$$\text{расстояние до зеркала: } F - f_4 = F \left(1 - \frac{1}{2(1 - \frac{1}{n}) - \frac{1}{5}}\right) =$$

$$= F \frac{2\left(1 - \frac{1}{n}\right) - \frac{6}{5}}{2\left(1 - \frac{1}{n}\right) - \frac{1}{5}} = \frac{10(n-1) - 6n}{10(n-1) - 1 \cdot n} = c$$

$$\frac{1}{c} - \frac{1}{f_5} = \frac{2}{R}; \quad \frac{\frac{10(n-1)-1n}{F(10(n-1)-6n)}}{c} - \frac{1}{f_5} = \frac{4}{F}$$

$$\frac{1}{f_5} = \frac{1}{F} \left( \frac{\frac{10(n-1)-1n}{10(n-1)-6n} - 4}{c} \right) = \frac{1}{F} \left( \frac{23n - 30(n-1)}{10(n-1)-6n} \right)$$

$$f_5 = R \cdot \frac{\frac{10(n-1)-1n}{23n-30(n-1)}}{c}$$

$$\frac{1}{5F} + \frac{1}{f_4 + c + f_5} = \frac{2}{F} \cdot \frac{n}{n-1}$$

отсюда можно найти "n"

$$\frac{1}{5} + \frac{1}{\frac{1}{2\left(1 - \frac{1}{n}\right) - \frac{1}{5}} + \frac{10(n-1)-6n}{10(n-1)-n} + \frac{23n - 30(n-1)}{23n-30(n-1)}} = \frac{2n}{n-1}$$

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.

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

$$\frac{1}{f_3} = \frac{1}{x} - \frac{2}{R}; \quad \frac{1}{x} - \frac{1}{f_3} = \frac{2}{R}$$

$$\frac{1}{f_3} = \frac{2Rn + F(n-1)}{((4R-F)n + 2F(n-1))R} - \frac{2}{R} = \frac{1}{R} \left( \frac{2Rn + F(n-1)}{((4R-F)n + 2F(n-1))} - 2 \right) =$$

$$= \frac{1}{R} \cdot \frac{2Rn + F(n-1) - (8R-2F)n - 4F(n-1)}{(4R-F)n + 2F(n-1)} = \frac{1}{R} \cdot \frac{(2F-6R)n - 4F(n-1)}{(4R-F)n + 2F(n-1)}$$

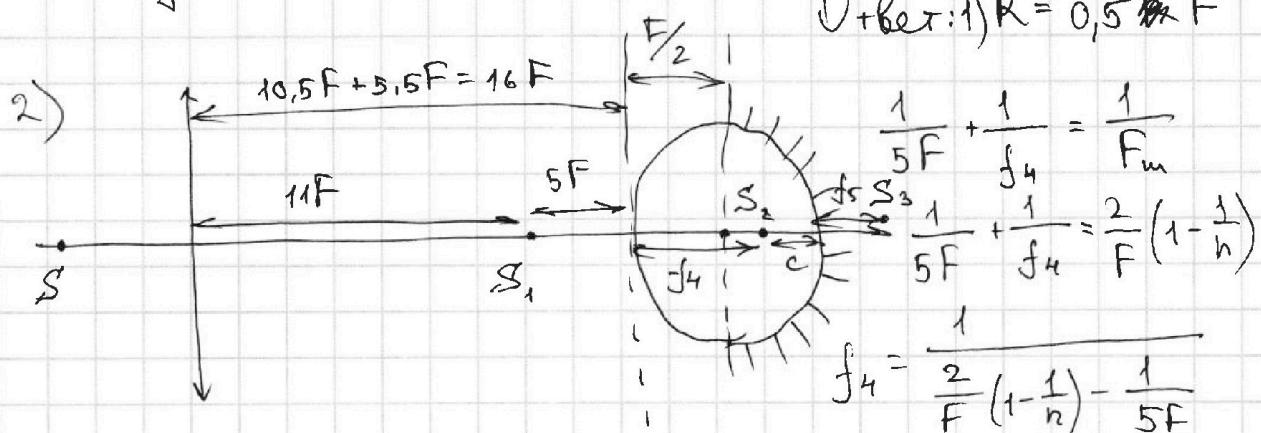
$$\Rightarrow f_3 = R \cdot \frac{(4R-F)n + 2F(n-1)}{(2F-6R)n - 4F(n-1)}$$

Если изображение совпадает с истинным при  $F_n$ , т.е. после преломления в зеркале, отражение в зеркале и преломления в зеркале изображение находится на расстоянии  $2F$  от зеркал.

Если лучи падают на зеркало 1 его поверхности, т.е. не преломляются и изображение находится в центре зеркала, т.е. и при отражении от зеркала изображение остается в центре зеркала и выходит из зеркала зеркально преломленным, т.е.

$$R = f - F = 11F - 10,5F = 0,5F$$

$$0 + \text{без :1}) R = 0,5 F$$



В этом случае после отражения в зеркале ~~изображение~~ изображение, которое формируется в зеркале должно оставаться на месте



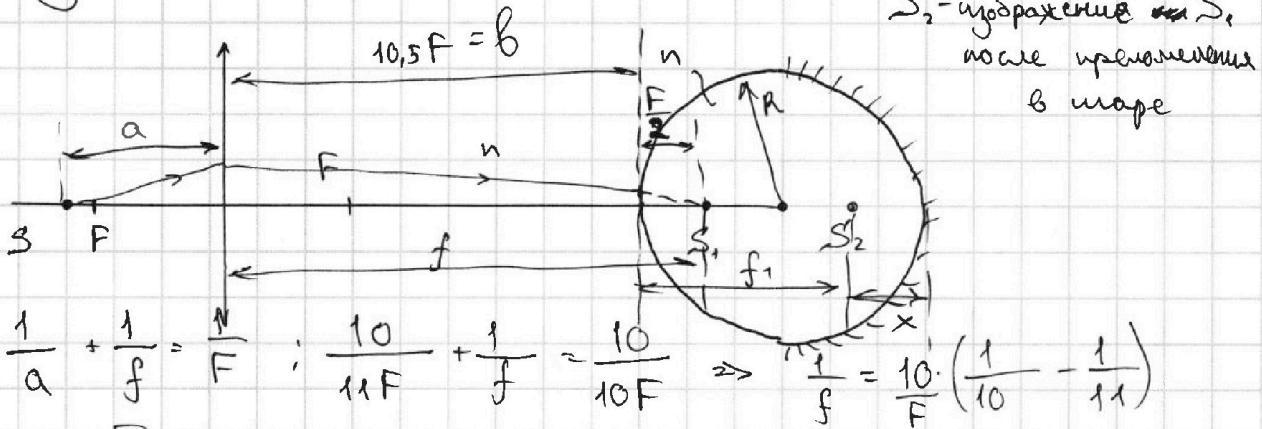
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА  
1 из 3

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

### Задача 5



$$f = \frac{F}{10} \cdot 10.5 \Rightarrow f = 1.1F$$

$S'_1$  - изображение источника в зрачке без зира  
после преломления в зира

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{f} = \frac{n}{F} ; \frac{1}{10} + \frac{1}{f} = \frac{10}{10F} \Rightarrow \frac{1}{f} = \frac{1}{F} \left( \frac{1}{10} - \frac{1}{10} \right)$$

$$f = \frac{F}{10} \cdot 10.5 \Rightarrow f = 1.1F$$

$S'_1$  - изображение источника в зрачке без зира

Найдём фокус зрачка, который по сути представляет собой зир

$$2 \cdot 1 = \beta \cdot n \Rightarrow \beta = \frac{2}{n}$$

$$2 = \frac{h}{R} \Rightarrow h = 2R$$

$$\beta = \frac{2}{n} = \frac{1}{n} \cdot \frac{h}{R}$$

$$\frac{h}{R} - \frac{1}{n} \cdot \frac{h}{R} = \frac{h}{F_m} \Rightarrow F_m = R \cdot \frac{n}{n-1}$$

$$F_m = R \cdot \frac{n}{n-1}$$

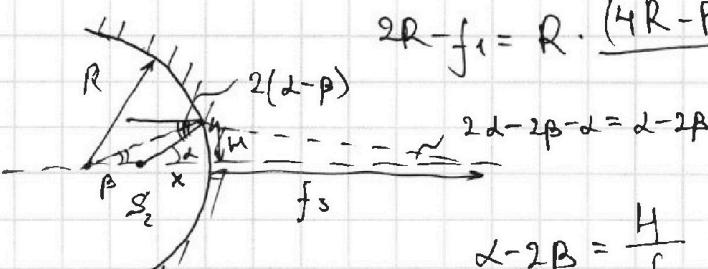
$$-\frac{1}{F_2} + \frac{1}{f_1} = \frac{1}{R} \cdot \left( 1 - \frac{1}{n} \right) \Rightarrow \frac{1}{f_1} = \frac{2}{R} + \frac{1}{R} \cdot \frac{n-1}{n}$$

$$f_1 = \frac{1}{\frac{2}{R} + \frac{1}{R} \cdot \frac{n-1}{n}}$$

$$f_1 = \frac{FR_n}{2R_n + F(n-1)}$$

$$2R - f_1 = R \cdot \frac{4R_n + 2F(n-1) - F_n}{2R_n + F(n-1)}$$

$$2R - f_1 = R \cdot \frac{(4R - F)n + 2F(n-1)}{2R_n + F(n-1)} = x$$



$$\alpha = \frac{h}{f_1} ; \beta = \frac{h}{R}$$

$$\alpha - 2\beta = \frac{H}{f_2} = \frac{H}{X} - \frac{2H}{R}$$