



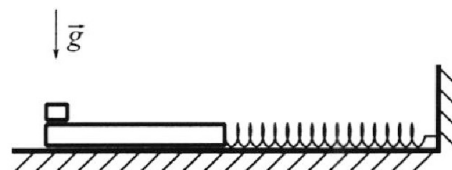
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



1. Длинную доску массой $M = 2$ кг удерживают на горизонтальной гладкой поверхности. На одном конце доски лежит небольшой брусок массой $m = 1$ кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жёсткостью $k = 50$ Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,3$. Доску отпускают, она начинает движение, а брусок начинает двигаться относительно доски. Начальное сжатие пружины подобрано так, что в момент, когда ускорение доски почти достигает нуля первый раз, относительное движение бруска по доске прекращается. 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.

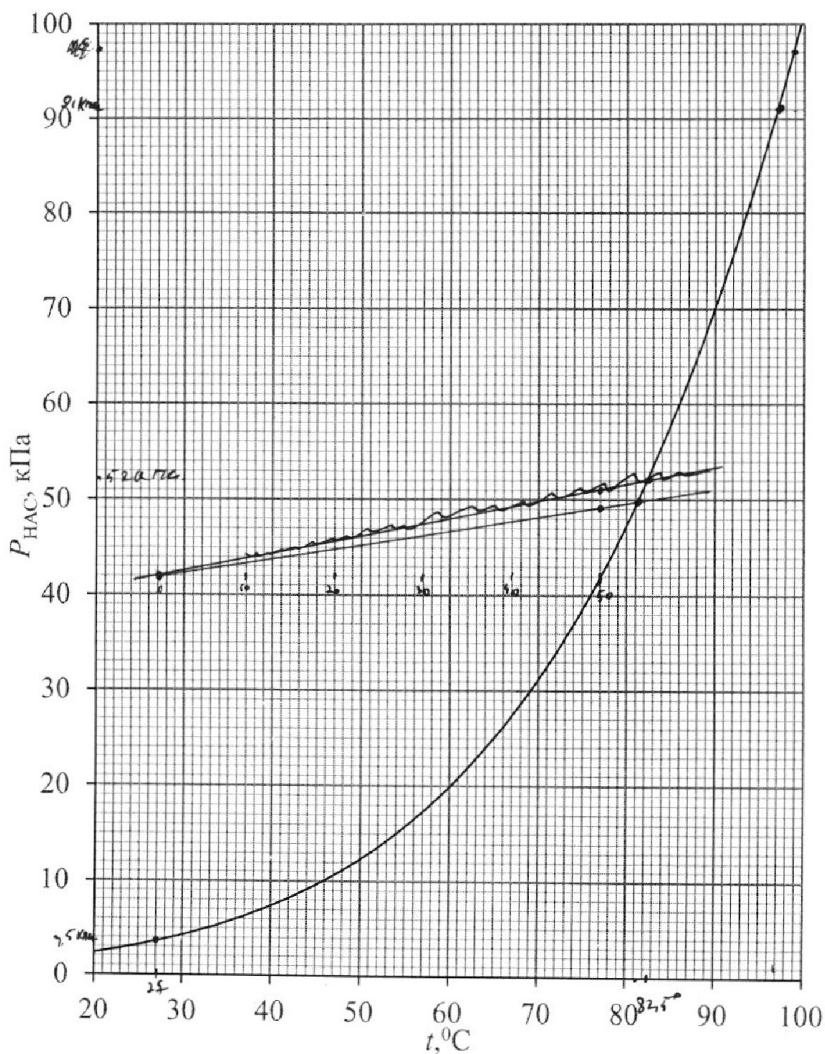


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре $t_0 = 27$ °С и жидкая вода. Масса жидкой воды в 11 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 97$ °С. В результате вся вода превращается в пар. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти отношение масс пара в конце и в начале нагревания.
- 2) Найти температуру t^* , при которой прекратится испарение воды.
- 3) Найти относительную влажность ϕ в конце нагревания.

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





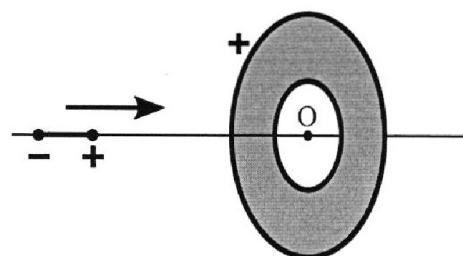
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-02

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

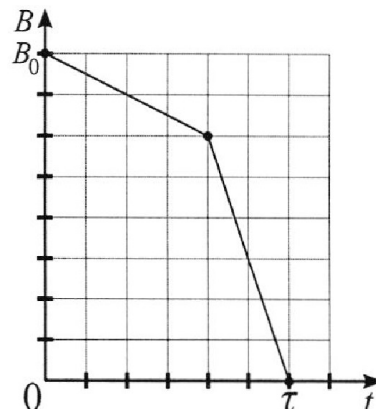
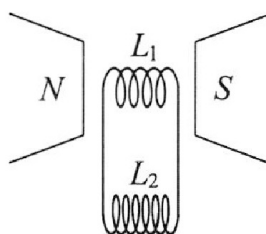


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется 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 . Заряды диполя уменьшают по модулю в 2 раза и сообщают диполю начальную скорость V_0 .



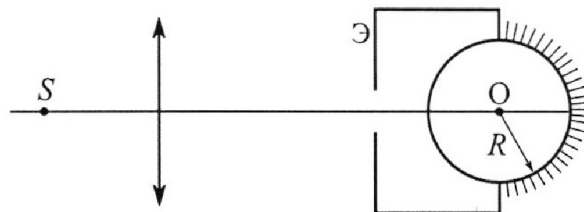
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 $L_2 = 6L$ 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_2 в конце выключения внешнего поля.
- 2) Найти заряд, протекший через катушку L_2 за время выключения внешнего поля.

5. На главной оптической оси тонкой собирающей линзы расположены центр O прозрачного шара радиуса R и точечный источник S (см. рис.). Расстояние между источником S и центром линзы $a = 2R$. 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 $b = 7R$, то изображение источника в системе «линза-шар» совпадает с самим источником при любом показателе преломления вещества шара.



- 1) Найти фокусное расстояние линзы F .

После того, как центр шара переместили вдоль оптической оси так, что расстояние от него до центра линзы уменьшилось на $\Delta = 4R$, 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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



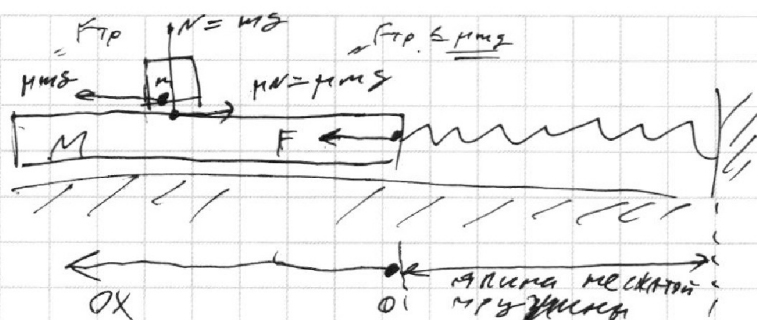
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

1 ИЗ 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!



Условие отсутствия

пробуксовывания

$$\mu mg \frac{F_{\text{тр}}}{mg} = \frac{F - F_{\text{тр}}}{mg} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{\text{тр}}(M + m) = F \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{F}{M + m} \leq \mu g m$$

2-й закон Ньютона: $M\ddot{x} = -kx - \mu mg$

$$\Rightarrow M\ddot{x} + kx + \mu mg = 0 \quad | \quad t = x + \frac{\mu mg}{k}$$

$$\Rightarrow M\ddot{t} + kt = 0 \quad \Rightarrow \text{получить частоту колебаний: } \ddot{x} = -\omega^2 x \quad (\omega^2 = \frac{k}{M}); \quad \omega = \frac{k}{M} = \frac{40}{1} = 40 \text{ рад/с}$$

Отн. движ. прекращается. ($\Rightarrow$ гравитационная сила = 0 $\Rightarrow$)

$$\Rightarrow 1. F_{\text{р}} = F \Rightarrow F_{\text{тр}} \frac{M + m}{m} = F \Rightarrow F = F_{\text{тр}} = 0 \Rightarrow$$

$\Rightarrow$ нули $x=0$ остаются неподвижными.

$$\Rightarrow 1) \mu mg \frac{(M + m)}{m} = F = M\ddot{x} + \mu mg = M_0 - \omega^2 x + \mu mg$$

$$\Rightarrow \mu mg = M\omega^2 x - \omega^2 x = -x \cdot \frac{k}{M} \Rightarrow x = \frac{\mu mg}{k}$$

$$= \frac{1,3 \cdot 10^{-2} \cdot 40^2 \cdot 20}{40} = 2,52 \text{ м}$$

$$\Rightarrow \sqrt{\frac{k}{M}} \quad 3) \left(\frac{kx + \mu mg}{M\omega^2} \right)^2 + \checkmark$$



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 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!

$$t_0 = 29^\circ\text{C}$$



пар: перем. клан.: масса: вода: $p_{\text{пар}} V = \sqrt{RT} \Rightarrow$

$$\Rightarrow \sqrt{V} = \frac{p_{\text{пар}}(T)}{T} \frac{V}{R}$$

вода нет:

$$\sqrt{V} = \frac{p}{T} \frac{V}{R}$$

$$1) \text{ вода } \Rightarrow \text{ пар } \Rightarrow \frac{m_{\text{пар}}}{m_{\text{вода}}} = \frac{12\sqrt{V}}{\sqrt{V}} = 12$$

$$2) \text{ масса воды: внутренне вода } \Rightarrow \sqrt{V} = \frac{p_{\text{пар}}(t_0)}{t_0} \frac{V}{R}$$

$$12\sqrt{V} = \frac{p_{\text{пар}}(t^*)}{t^*} \frac{V}{R} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{p_{\text{пар}}(t^*)}{t^*} = 12 \cdot \frac{p_{\text{пар}}(t_0)}{t_0} = 12 \cdot \frac{3,5 \text{ МПа}}{300^\circ\text{K}} = \frac{5 \text{ МПа}}{50^\circ\text{K}}$$

пересечем график $p = 12 \frac{p_{\text{пар}}(t_0)}{t_0} \cdot t$ с гр. макс. пар. для воды t^* (см. табл. $t^* = 213^\circ\text{K}$).

из графика: $t^* = 81,5^\circ\text{C}$ $p^* = p_{\text{пар}}(t^*) = 50 \text{ МПа}$

$$\Rightarrow p_{\text{пар}} V = 12 \sqrt{R t^*}$$

$$p^* V = 12 R t^*$$

$$\Rightarrow p_{\text{пар}} = p^* \frac{t}{t^*}$$

$$\Rightarrow \eta = \frac{p_{\text{пар}} - p_{\text{пар}}(t_0)}{p_{\text{пар}}(t_0)} = \frac{50 \text{ МПа} - 3,5 \text{ МПа}}{3,5 \text{ МПа}} = \frac{p^* \frac{t}{t^*} - p_{\text{пар}}(t_0)}{p_{\text{пар}}(t_0)}$$

$$= \frac{5 \text{ МПа}}{3,5 \text{ МПа}} \cdot \frac{300^\circ\text{K}}{213^\circ\text{K}} = \frac{38}{65}$$

ответ:

1) 12

2) $t^* = 81,5^\circ\text{C}$

3) $\eta = \frac{38}{65}$

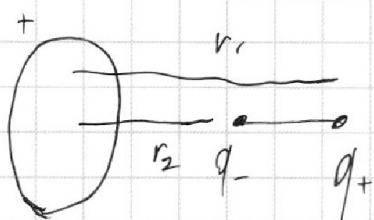


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

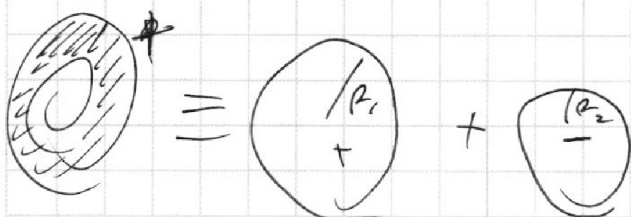
1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
из 1

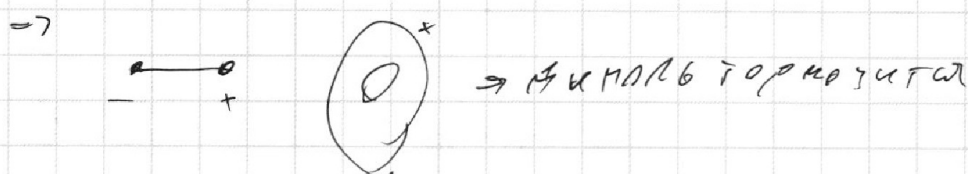
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



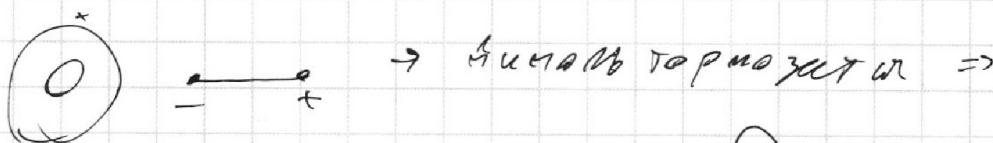
$r_1 > r_2 \Rightarrow$ сила тормозится



$r_2 < r_1 \Rightarrow$



$\Rightarrow$ сила тормозится



$\Rightarrow$ сила тормозится $\Rightarrow$

$\Rightarrow$ пусть $E_{\text{торм}}$: $\rightarrow$ А торможение $\Rightarrow$

$$\Rightarrow V_0 = v_{\text{min}} \Leftrightarrow \frac{mv_0^2}{2} - \cancel{A_{\text{торм}}} = 2A_{\text{торм}} + \frac{mv_{\text{min}}^2}{2}$$

$$\Rightarrow A_{\text{торм}} = \frac{mv_0^2}{4} \quad (A_{\text{торм}} = \beta q) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \beta = \frac{mv_0^2}{4q}$$

$$\Rightarrow \textcircled{1} \frac{mv_0^2}{2} = \beta \frac{q}{2} + \frac{mv'^2}{2} \Rightarrow V'^2 = v_0^2 - \frac{\beta q}{m} =$$

$$= v_0^2 - \frac{mv_0^2}{4q} \cdot \frac{1}{m} = \frac{3}{4} v_0^2$$

$$\Rightarrow V' = \frac{\sqrt{3}}{2} v_0 \quad \textcircled{2} \text{ з.и. } \frac{mv_0^2}{2} = \frac{1}{2} \beta \frac{q}{2} + \frac{mv_{\text{min}}^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{\text{min}}^2 = v_0^2 - \frac{1}{2} \beta \frac{q}{m} = v_0^2 - \frac{1}{2} \cdot \frac{q}{2} \cdot \frac{mv_0^2}{4q} = \frac{v_0^2}{2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow v_{\text{min}} = \frac{v_0}{\sqrt{2}} \Rightarrow \Delta V = \left(\frac{\sqrt{3}}{2} - \frac{1}{\sqrt{2}} \right) v_0 = \boxed{\frac{\sqrt{3} - \sqrt{2}}{2} v_0}$$

Примеч: 2) $\frac{v_0 - \sqrt{2}}{2} v_0$

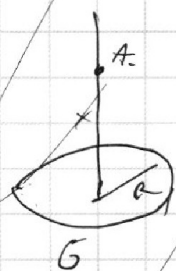
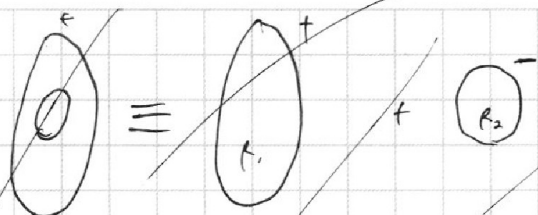


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$\varphi_A = \int_0^R \frac{k \cdot 2\pi r \cdot \rho \cdot G}{\sqrt{r^2 + x^2}} = \int_x^{\sqrt{R^2+x^2}} k\pi G \frac{dt}{t^{1/2}} = k\pi G \cdot 2(\sqrt{R^2+x^2} - x)$$

$$\Rightarrow \frac{\partial \varphi}{\partial x} = 2k\pi G \left(\frac{1}{2} \frac{1}{\sqrt{R^2+x^2}} \cdot 2x - 1 \right)$$

$$\Rightarrow \frac{\partial \varphi}{\partial x} = 2k\pi G \left(\frac{x}{\sqrt{R^2+x^2}} - 1 \right)$$

$$\Rightarrow W = q \cdot \varphi \text{ от } \odot = -2k\pi G q \cdot \left(\frac{x}{\sqrt{R^2+x^2}} - 1 \right) =$$

$$= -\rho d \cdot x \left(\frac{1}{\sqrt{R^2+x^2}} - \frac{1}{\sqrt{R^2+x^2}} \right)$$

Здесь: (знаки, направление, угловые моменты относительно центра масс и оси симметрии)

$$\frac{m v_0^2}{2} = \rho d \cdot x \left(\frac{1}{\sqrt{R^2+x^2}} - \frac{1}{\sqrt{R^2+x^2}} \right) = m v_2$$

$$\Rightarrow \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_2}{2} + \frac{m v_1^2}{2}$$

$$\Rightarrow \frac{m v_0^2}{2} = \frac{m v_1^2}{2} \Rightarrow \boxed{v_1 = \frac{v_0}{\sqrt{2}}}$$

до центра: $\odot$ барьер и моль $\Rightarrow$ моль: разгоняет
C V от G + 50 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
 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!

$L_1: \phi_1 = I L_1 - \beta \int H$
 $\Rightarrow$ контура: $\dot{I} L_2 = \beta \dot{\int H} - \dot{I} L_1 \Rightarrow$
 $\Rightarrow \dot{I} (L_1 + L_2) = \beta \dot{\int H} \quad (\Rightarrow)$
 $\Rightarrow I (L_1 + L_2) = \beta \int H + \text{const}$
 $I(t=0) = 0 \Rightarrow \beta_0 \int H + \text{const} = 0$
 $\Rightarrow I(t) = \frac{(\beta - \beta_0) \int H}{L_1 + L_2}$
 $\Rightarrow q(L_2) = \int_0^{\tau} I(t) dt = \frac{\int H}{L_1 + L_2} \left(-\beta_0 \tau + \int_0^{\tau} \beta(t) dt \right)$
 $S_{\text{мгн}} \beta(t):$

 $S_{\text{мгн}} = \frac{\beta_0 \tau}{8 \cdot 6}$
 $S = S_{\text{мгн}} \left(\frac{2 \cdot 4}{2} + 4 \cdot 6 + \frac{6 \cdot 2}{2} \right) = \frac{\beta_0 \tau}{8 \cdot 6} \cdot (4 + 24 + 6) =$
 $= \frac{\beta_0 \tau}{48} \cdot \frac{14}{3} = \frac{14}{24} \beta_0 \tau$
 $\Rightarrow q(L_2) = \frac{\int H}{7L} \cdot \beta_0 \tau \left(\frac{14 - 24}{24} \right) = \frac{S_{\text{мгн}} \beta_0 \tau}{24L}$
 Ответ: 1) $\frac{\beta_0 \int H}{7L}$
 2) $\frac{S_{\text{мгн}} \beta_0 \tau}{24L}$

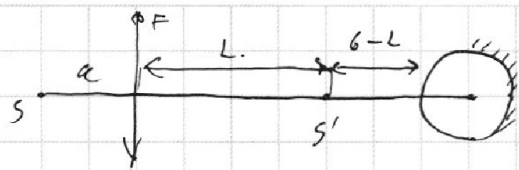


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

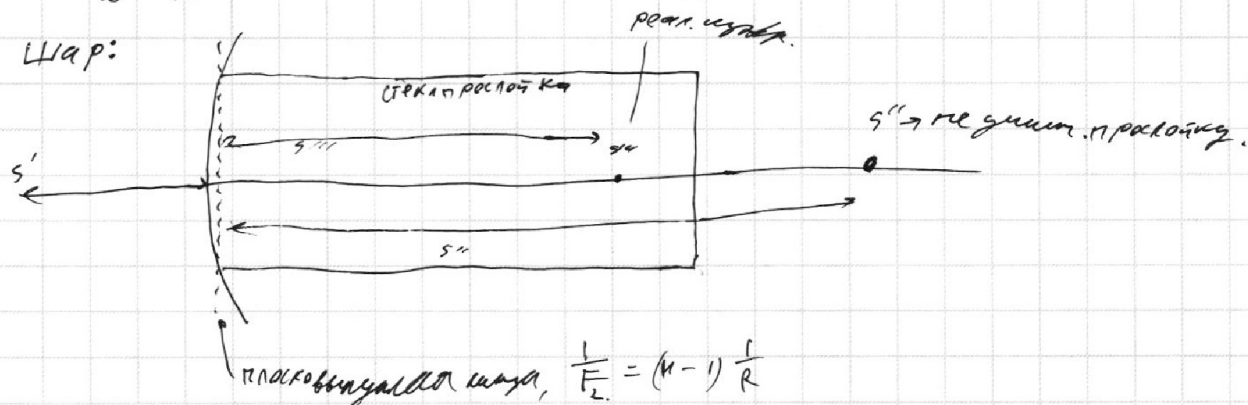
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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!



ФТЛ: $\frac{1}{a} + \frac{1}{L} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{L} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a} = \frac{a-F}{aF} \Rightarrow L = \frac{aF}{a-F}$

Шар:



ФТЛ:

$\frac{1}{b-L} + \frac{1}{s''} = (n-1) \frac{1}{R} \Rightarrow \frac{1}{s''} = \frac{n-1}{R} - \frac{1}{b-L} = \frac{(b-L)(n-1) - R}{R(b-L)}$

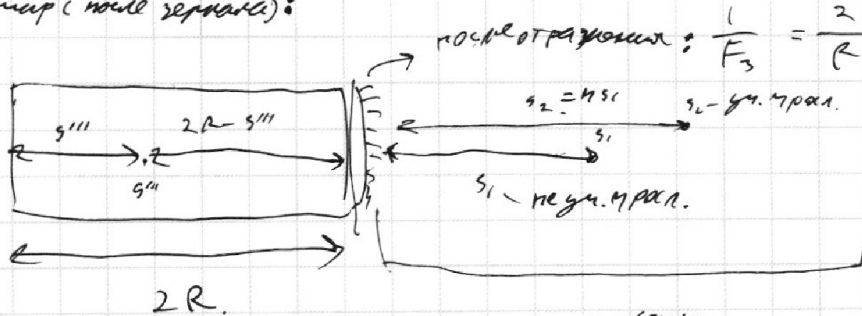
из г. (телескоп):



г-м. м. л. $n = 4 \Rightarrow \frac{R}{r} = n \Rightarrow \frac{R}{r} = 4$

$\Rightarrow s'' = s'' n = \frac{R(b-L)n}{(b-L)(n-1) - R}$

шар (под зеркалом):



послед. отражение: $\frac{1}{F_3} = \frac{2}{R} (n-1) + \frac{2}{R} = \frac{2n}{R}$

ФТЛ:

$\frac{2n}{R} = \frac{1}{s_1} + \frac{n}{2R-s''} \Rightarrow \frac{1}{n s_1} = n \left(\frac{2}{R} - \frac{1}{2R-s''} \right)$

$\Rightarrow n s_1 = s_2 = \frac{R(2R-s'')}{2(2R-s'') - R}$



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!

из условия $\Rightarrow$ извр. равн. (чит $\Rightarrow$)

$$\Rightarrow s_2 = 2R - s''' = \frac{R(2R - s''')}{2(2R - s''') - R}$$

$$\Rightarrow 2(2R - s''') - R = R \Rightarrow 2R - s''' = R \Rightarrow s''' = R.$$

$$\Rightarrow \frac{R(6-L)u}{(6-L)(u-1) - R} = R \Rightarrow (6-L)u = (6-L)(u-1) - R. \quad \rightarrow \text{исх. от } u.$$

$$\Rightarrow 0 = -(6-L) - R \Rightarrow R = L - 6 \Rightarrow L = R + 6.$$

$$\Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{L} \Rightarrow F = \frac{aL}{a+L} = \frac{a(R+6)}{a+6+R} = \frac{2R \cdot (R+7R)}{2R+7R+R} =$$

$$= \frac{16R^2}{10R} = \boxed{1,6R}$$

$$\Rightarrow \textcircled{2}: L = \frac{aF}{a+F} = \frac{2R \cdot \frac{8}{5}R}{2R + \frac{8}{5}R} = 8R.$$

$$\Rightarrow b' = 6 - a \mid b' - L = 3R - 8R = -5R.$$

$$\Rightarrow s''' = \frac{R - 5R)u}{(u-1) - 5R - R} = -\frac{5uR^2}{4R - 5uR} = \frac{5uR^2}{5uR - 4R}.$$

связание изобретений, но не независим от $u \Rightarrow$
 $\Rightarrow$ предельный случай: $s''' = 2R$.

$$\Rightarrow \frac{5uR^2}{5uR - 4R} = 2R \Rightarrow 5uR^2 = 10uR^2 - 8R^2$$

$$\Rightarrow 5uR^2 = 8R^2 \Rightarrow u = \frac{8}{5} = \boxed{1,6}$$

Ответы: 1) $F = 1,6R$

2) $u = 1,6$.

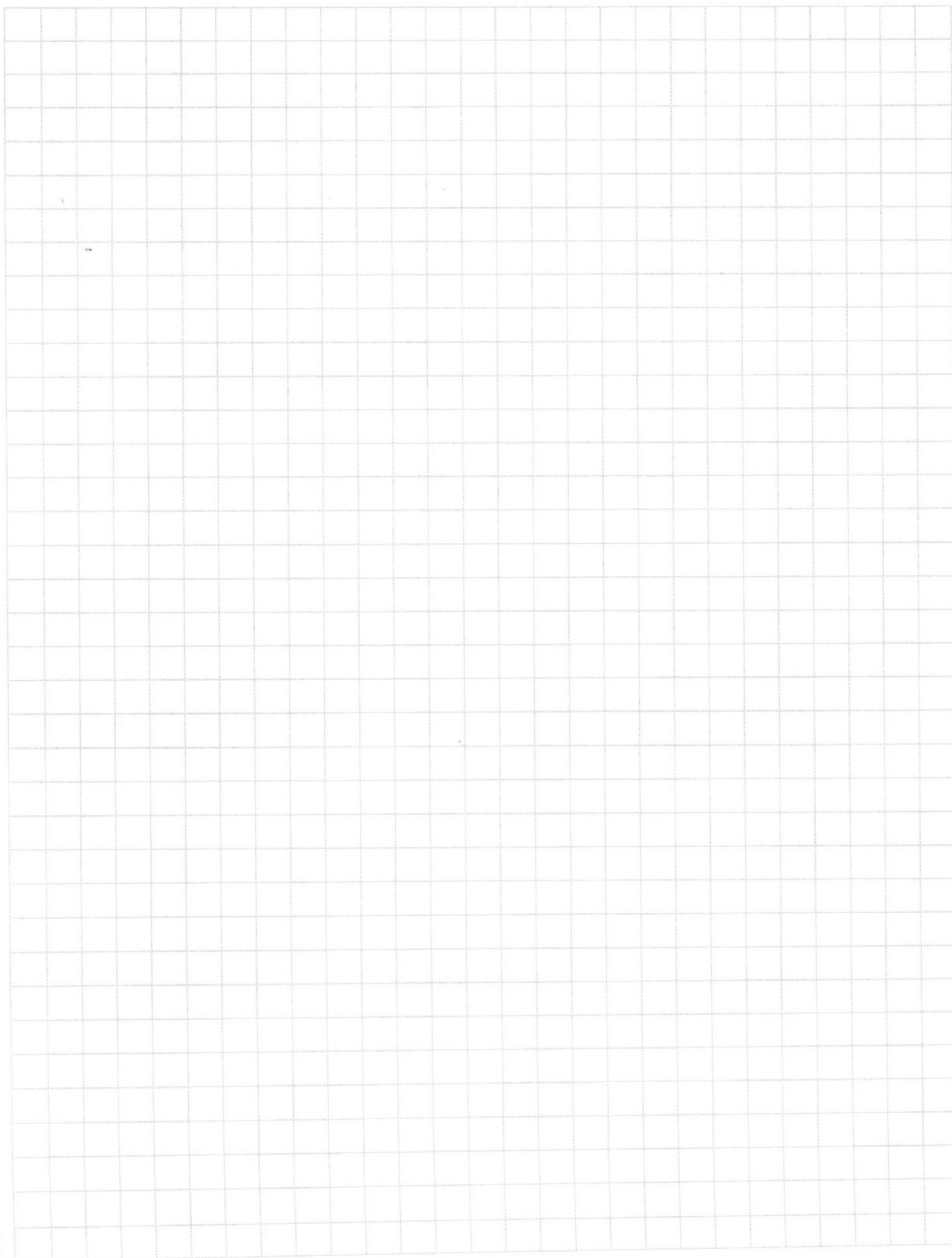


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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
☐

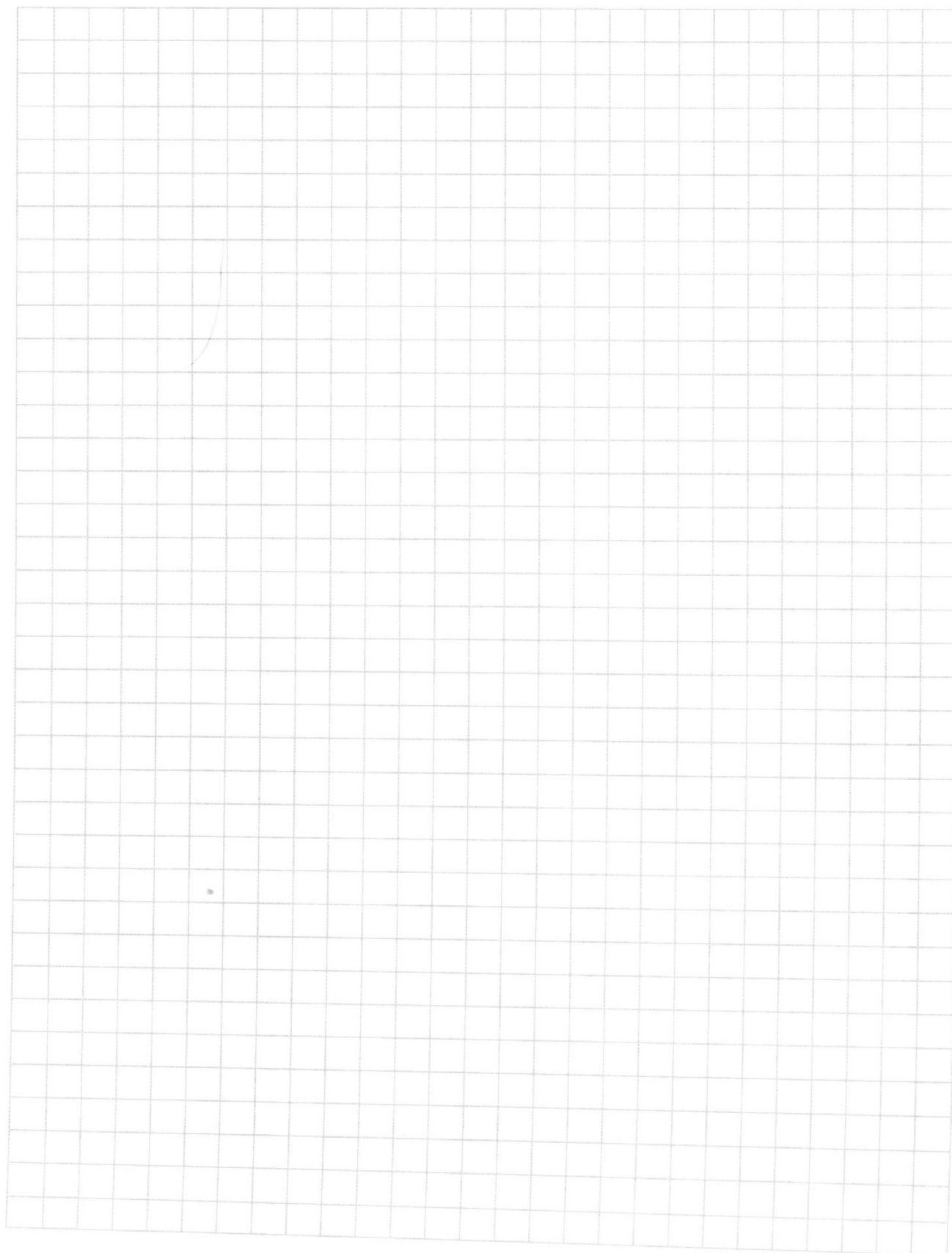
5
☐

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!





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!

