



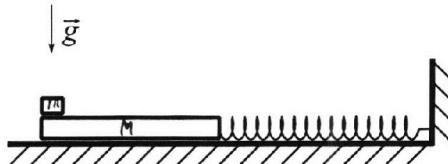
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## 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 брускок массой  $m = 1$  кг, а в другой конец упирается легкая сжатая пружина жесткостью  $k = 50$  Н/м, прикрепленная к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске  $\mu = 0,3$ . Доску отпускают, она начинает движение, а брускок начинает двигаться относительно доски. Начальное сжатие пружины подобрано так, что в момент, когда ускорение доски почти достигает нуля первого раз, относительное движение бруска по доске прекращается. 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.

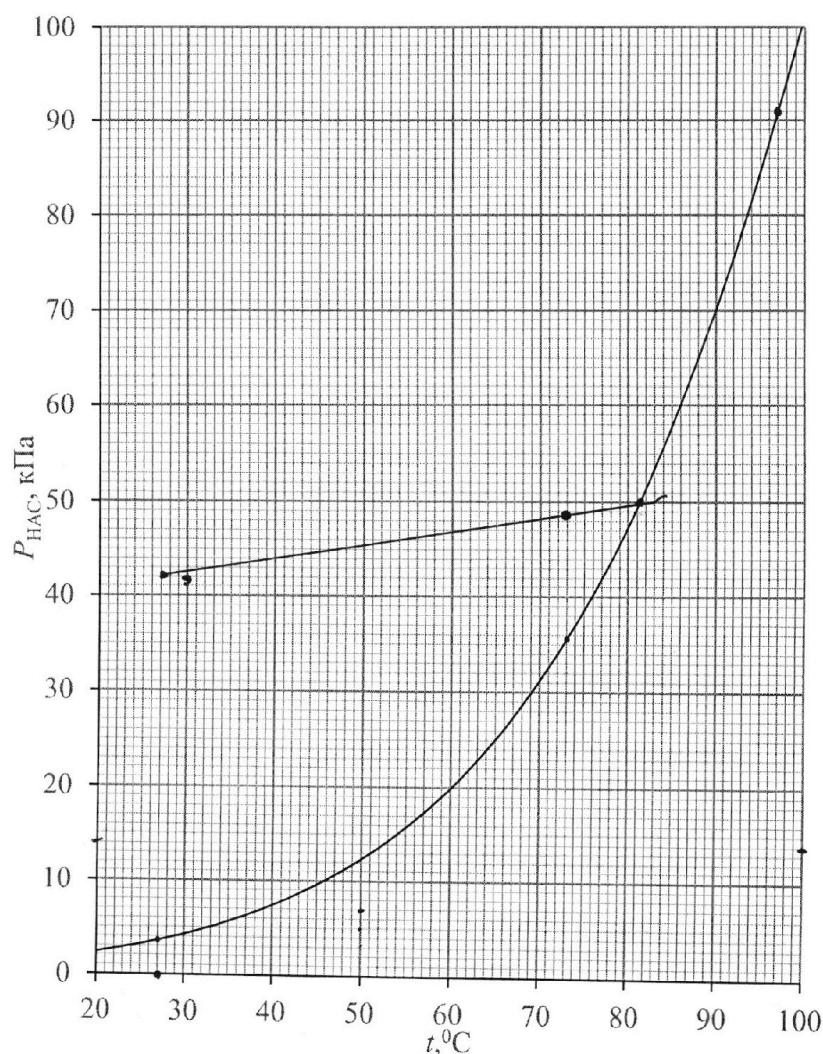


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным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

2. В сосуде постоянного объема находятся в равновесии влажный воздух при температуре  $t_0 = 27$  °C и жидккая вода. Масса жидкой воды в 11 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры  $t = 97$  °C. 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  $\phi$  в конце нагревания.

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





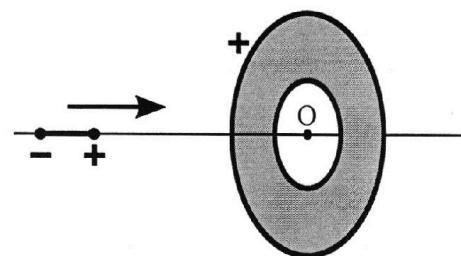
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**



**Вариант 11-02**

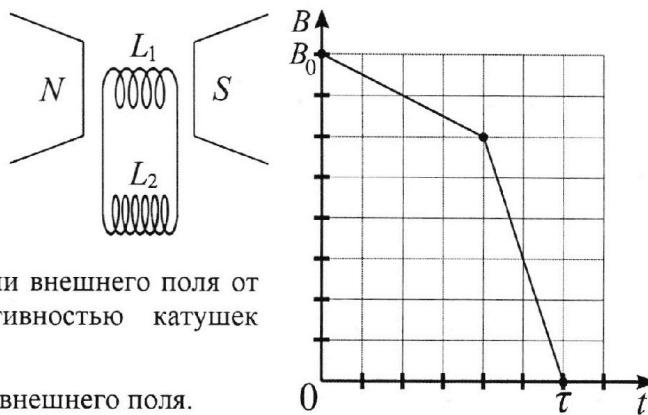
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

- 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  $V_0$ .



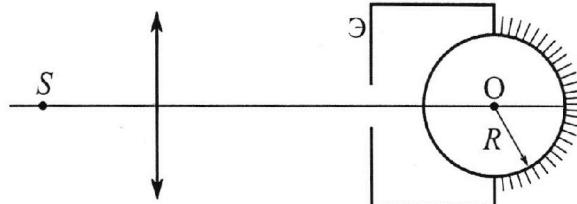
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

- 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  $t$ . 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 о т 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                        |
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

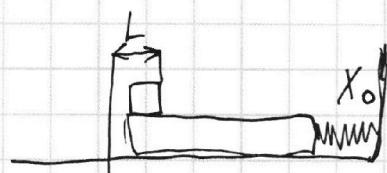
СТРАНИЦА  
2 из 2

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!

2) если в описанной <sup>(в условии)</sup> машиной относительное движение прекращается, а доска движется с постоянной (на машине промежутке) скоростью ( $a = 0$ ), ускорение бруска <sup>также</sup> должно быть 0;

~~аналогичн. для бруска~~

$$F_{\text{нр}} = 0; F_H = 0 \\ X_1 = 0$$



$$E_0 = \frac{k X_0^2}{2}$$



$$E_1 = \frac{(m+M)v^2}{2}$$

$$\frac{Mv^2}{2} = 2A_{\text{тр}} \frac{mV^2}{2} = 2A_{\text{тр}}$$

3. С. Э.

для бруска

$$\frac{mV^2}{2} = A_{\text{тр}} = L \cdot F_H$$

~~3. С. Э. для системы~~

$$\frac{(m+M)V^2}{2} = \frac{k(X_0^2 - X_1^2)}{2} - A_{\text{тр}}$$

3. С. Э. для доски

$$\frac{Mv^2}{2} = \frac{k(X_0^2 - X_1^2)}{2} - A_{\text{тр}}$$

$$2L \cdot F_{\text{нр}} = \frac{k(X_0^2 - X_1^2)}{2}, F_{\text{нр}}(X_0 X_1) A_{\text{тр}} = (X_0 - X_1) F_H$$

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

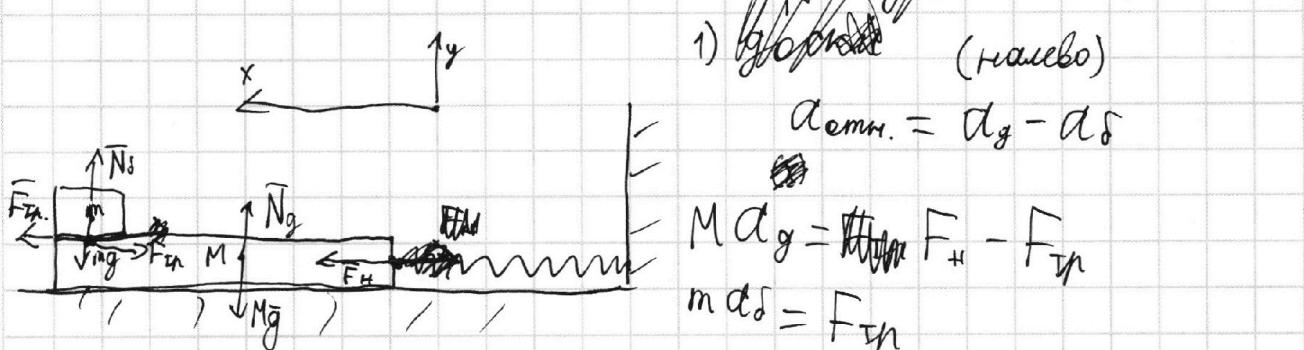
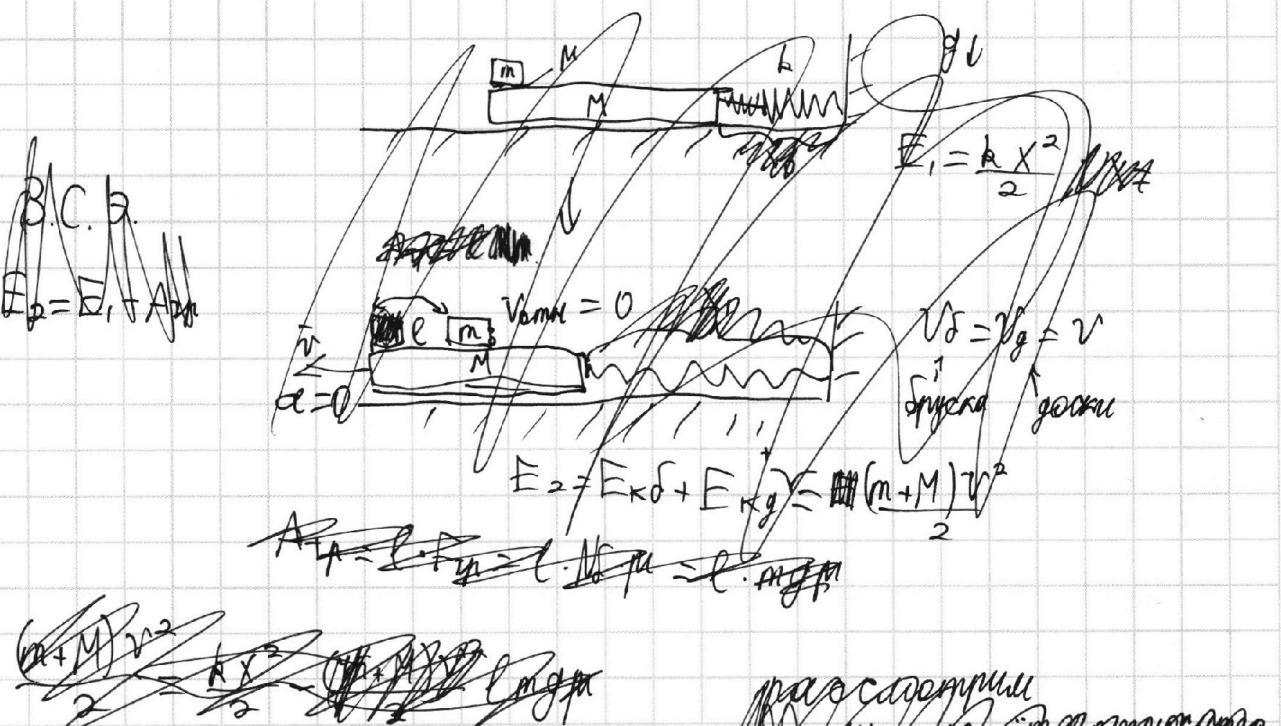







СТРАНИЦА  
1 из 2

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!



1) ~~вправо~~ (направо)

$$\alpha_{\text{спир.}} = \alpha_g - \alpha_\delta$$

$$M\alpha_g = F_H - F_{Hn}$$

$$m\alpha_\delta = F_{Hp}$$

$$\alpha_g - \alpha_\delta = \frac{F_H - F_{Hn}}{M} - \frac{F_{Hp}}{m} = 0$$

$$\frac{F_H - F_{Hn}}{M} = \frac{F_{Hp}}{m}$$

$$\frac{F_H}{M} = F_{Hp} \left( \frac{1}{M} + \frac{1}{m} \right)$$

$$F_{Hp} = N_\delta \mu = mg \mu$$

$$kx = M \cdot mg \mu \left( \frac{1}{M} + \frac{1}{m} \right) = mg \mu + Mg \mu = (M+m)g \mu$$

$$F_H = kx$$

$$x = \frac{(M+m)g \mu}{k} = \frac{(1+2) \cdot 10 \cdot 0.3}{50} = \frac{3 \cdot 3}{50} = \frac{9}{50} = \frac{18}{100} = 0,18 \text{ м.}$$

Ответ 1): 0,18 м

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**.









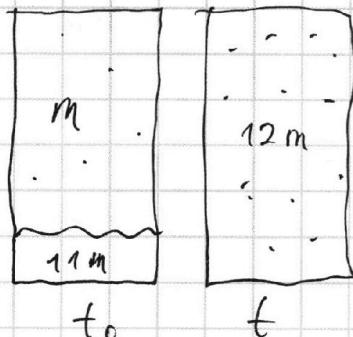



СТРАНИЦА  
1 из 1

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!

$$t_0 = 27^\circ C = 300^\circ K$$

$$t_1 = 97^\circ C = 370^\circ K$$



$$\text{1) } M_{\text{ни}} = m$$

$$M_{\text{в1}} = 11m$$

$$\begin{array}{r} 243 \\ + 354 \\ \hline 597 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 80 \\ 354 \\ - 354 \\ \hline 80 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 12 \\ 300 \\ - 270 \\ \hline 30 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 283,9 \\ - 308,2 \\ \hline 14,7 \end{array}$$

$$M_{\text{в2}} = 0 \quad M_{\text{н2}} = 12m$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{M_{\text{кл}}}{M_{\text{ни}}} = \frac{12}{1} = [12]$$

2) при  $t_0$  пар насыщенный  
при  $P_0 \approx 3,5 \text{ kPa}$

$$\begin{array}{r} 14 \\ - 340 \\ \hline 99 \\ - 148 \\ \hline 518 \\ - 34 \\ \hline 174 \\ - 140 \\ \hline 34 \\ - 34 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 350 \\ - 140 \\ \hline 210 \\ - 140 \\ \hline 70 \\ - 70 \\ \hline 0 \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 3 \\ - 92 \\ \hline 92 \end{array}$$

$$PV = \nu R T$$

$$\nu_{112} \quad V; R - \text{const.}$$

если будем считать  
 $V$  постоянным

$$P = \nu P(T) \quad \frac{P(T)}{T} = \frac{\nu R}{V} \quad \nu_{112}$$

$$\cancel{12} \cdot \frac{3,5 \text{ kPa}}{300} = \frac{P(t^*)}{t^*} = \frac{14}{700} = 0,14$$

из графика  $t^*$  пересекаем прямую  $\rho(t) = 0,14(t+273)$

$$\text{Ответ: } t^* \approx 81^\circ C$$

$$3) \quad \varphi_k = \frac{P_k}{P_{\text{нас}}} \quad \cancel{\text{III}}$$

$$P_k = \frac{\nu_{112} R t_*}{V_*} = \frac{12 \nu_{112} R t_*}{V} \quad P_0 = \frac{\nu_{112} R t_0}{V} \approx 350$$

$$P_k = 12 \frac{t}{t_0} P_0$$

$$P_{\text{нас}} = P(t) \approx 71 \text{ kPa}$$

$$\varphi_k \approx \frac{12 \cdot \frac{340}{300} \cdot 35}{71} = \frac{56 \cdot 37}{91} \approx 22,7\%$$

3) Ответ:  $\varphi \approx 22,7\%$

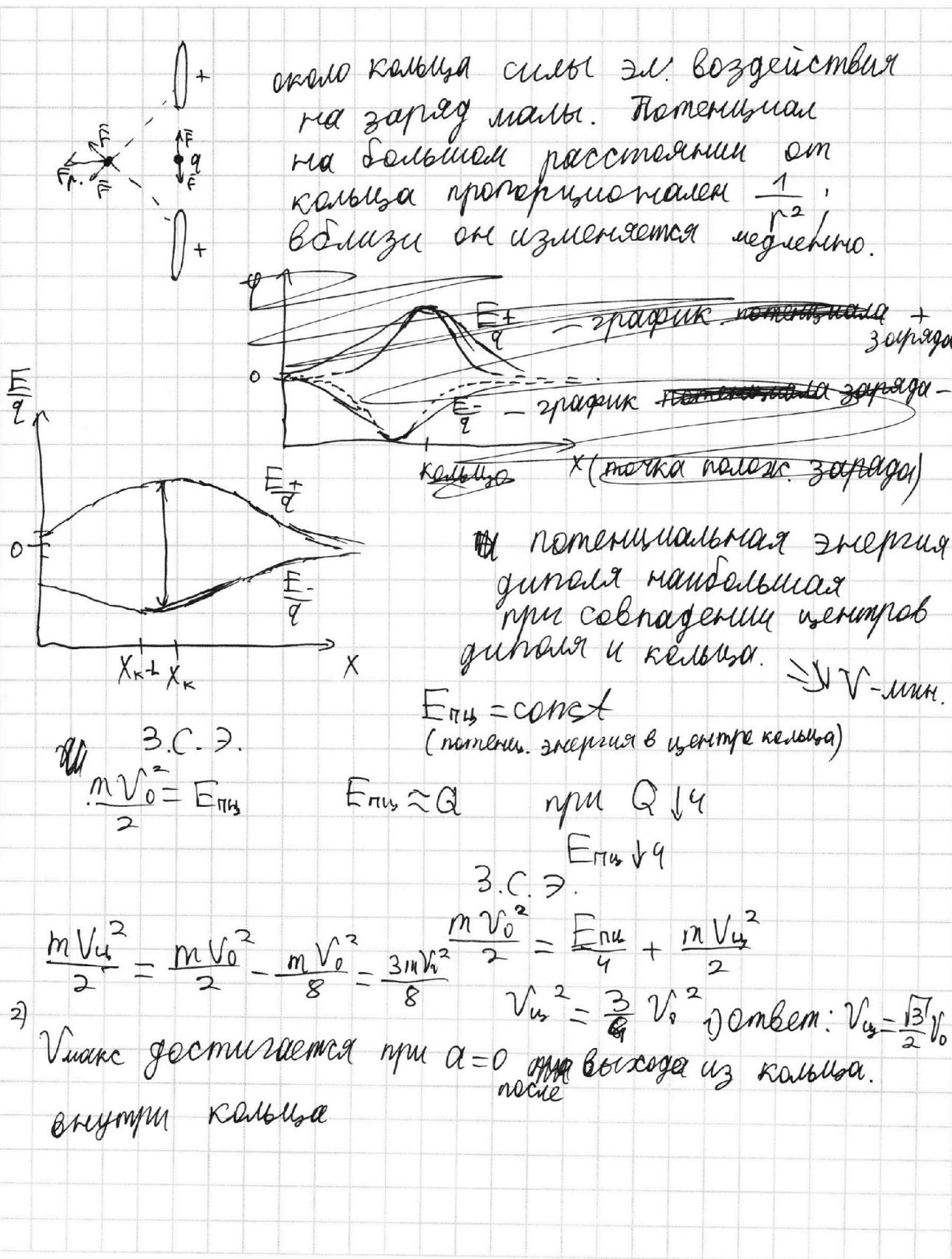


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА  
2 из 2

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



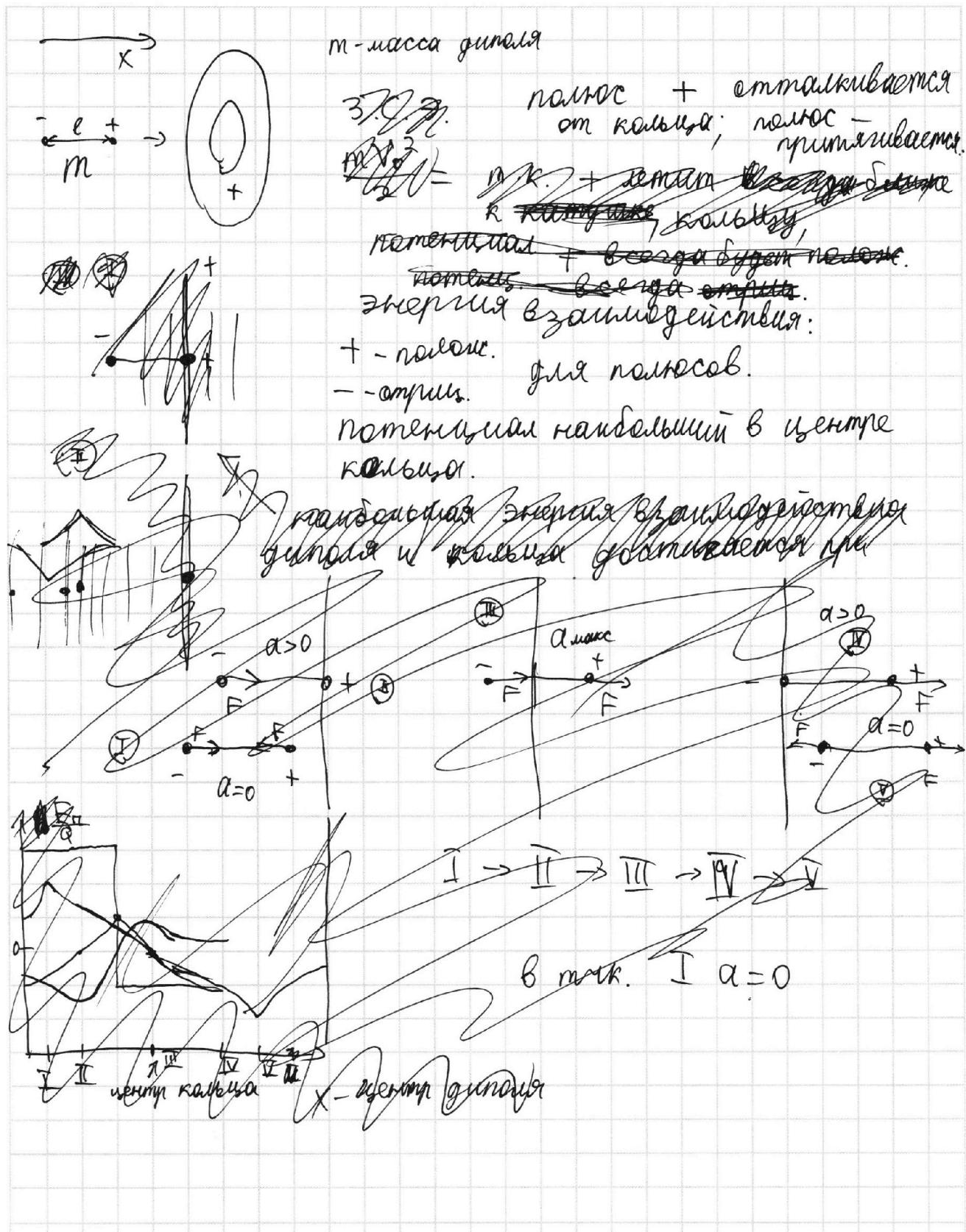


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи **отдельно**.

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

СТРАНИЦА  
1 ИЗ 2

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



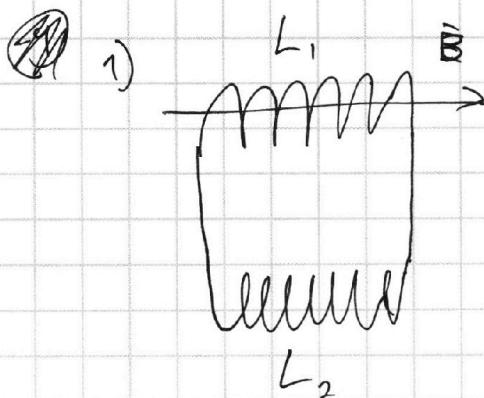
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



- 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!



по правилу Кирхгофа

$$\sum \mathcal{E} = \frac{I^2}{R}$$

$$\sum \mathcal{E} = 0$$

~~$$E_{\text{нж}} - E_{i1} - E_{i2} = 0$$~~

$$\Delta \varphi = \Delta I (L_1 + L_2)$$

суммируя

~~$$\frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} - \frac{\Delta I}{\Delta t} L_1 - \frac{\Delta I}{\Delta t} L_2$$~~

$$= 0$$

$$(I_0 - I_{\text{нж}})(L_1 + L_2) = \Delta \varphi$$

$$I_0 = \frac{\Delta B S n}{L_1 + L_2} = \frac{B_0 S n}{4L} \quad \text{отвем 1: } I_0 = \frac{B_0 S n}{4L}$$

$$2) \Delta \varphi = \Delta I (L_1 + L_2) \quad \cancel{\frac{\Delta \varphi}{\Delta t}} \cdot \cancel{\Delta t}$$

$$-\frac{27}{16} \text{ с}$$

$$\Delta I \Delta \varphi \approx Q (L_1 + L_2) \quad \text{суммируя.}$$

~~$$\Delta B \Delta t (S_n) = \Delta Q (L_1 + L_2) \quad \text{графиком } \Phi(t)$$~~

$\Delta B \Delta t$ : геометрический смысл — площадь под графиком магнитом (как трапеция и трапециевидник)

$$\frac{B_0 + \frac{6}{8} B_0}{2} \cdot \frac{9T}{6} + \frac{6}{8} B_0 \cdot \frac{2T}{2} = \frac{7}{8} \cdot \frac{17}{3} T B_0 + \frac{3}{8} \cdot \frac{1}{3} T B_0 =$$

$$= \left( \frac{7}{12} + \frac{1}{8} \right) T B_0 = \left( \frac{14+3}{24} \right) T B_0 = \frac{17}{24} T B_0$$

отвем 2:

$$Q = \frac{S_n \cdot \frac{17}{24} T B_0}{L_1 + L_2} = \frac{17 T B_0 S n}{24 \cdot 168 L}$$

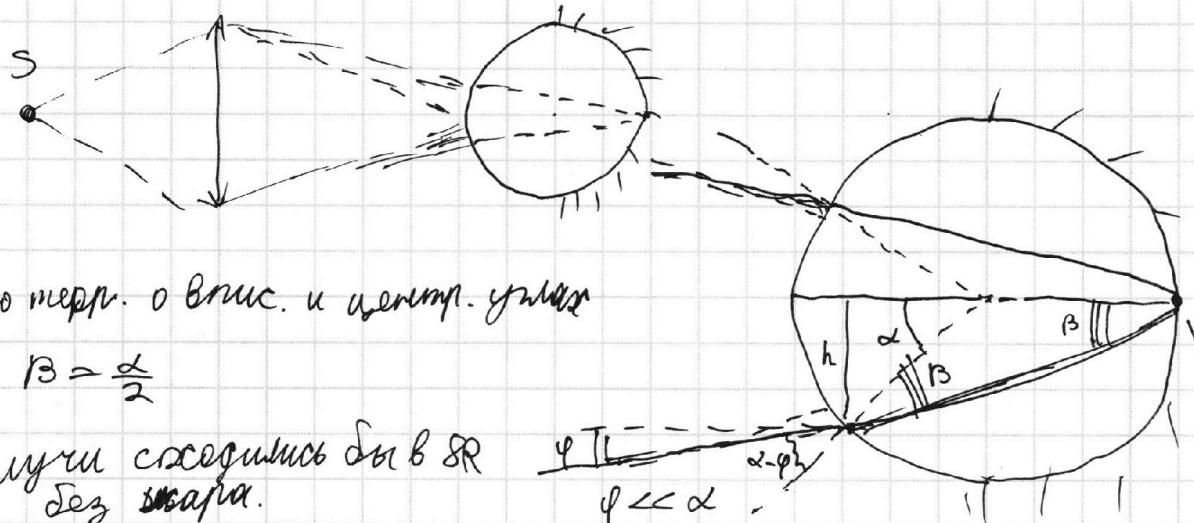


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

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



по теор. о впис. и центр. углах

$$\beta = \frac{\alpha}{2}$$

лучи сходились бы в  $8R$   
без линзы.

~~$8R - 3R = 5R$~~

$$R\alpha \approx 8R \quad \varphi \approx h \quad \varphi \approx \frac{\alpha}{5}$$

2) Ответ:  $n = 1,6$

$$n \beta = \alpha - \varphi$$

$$\beta = \frac{\alpha - \varphi}{n}$$

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{\alpha - \varphi}{n}$$

$$\frac{\alpha}{2} = \frac{4\alpha}{5n} \quad n = \frac{4}{5} \cdot 2 = \frac{8}{5}$$

$$\approx 1,6$$

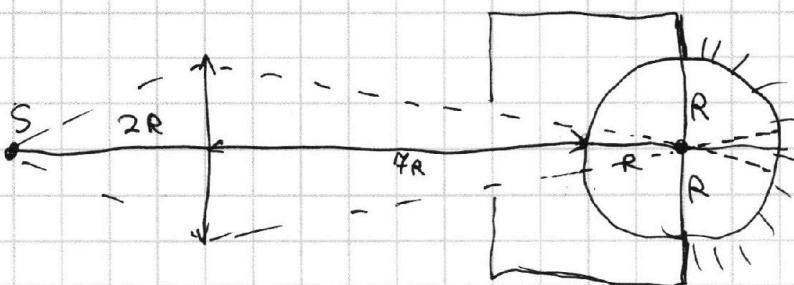


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- |                            |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

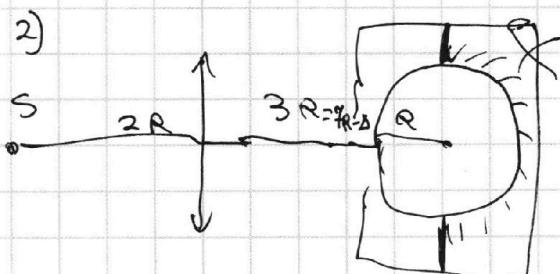
СТРАНИЦА  
1 из 2

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!

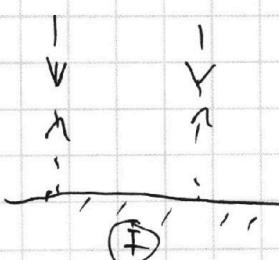
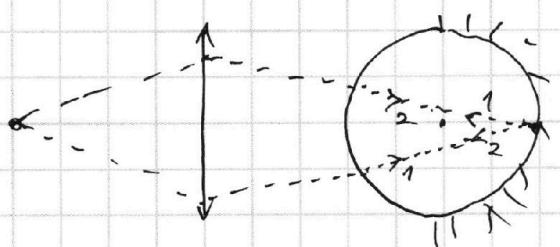


1) т.к. изображение не зависит от ~~расстояния~~ от шара, можно заключить, что лучи проходят перпендикулярно поверхности шара и проходят через <sup>его</sup> центр. Дальше лучи отражаются и возвращаются тем же путём. Центр шара - первичное изображение.

$$d = 2R \quad f = 7R + R \quad \frac{1}{f} = \frac{1}{2R} + \frac{1}{8R} = \frac{5}{8R} \quad f = \frac{8R}{5} \quad \text{Отв 1): } f = \frac{8R}{5}$$



изображение снова совпало.  
(с источником)  
значит, крайние лучи пучка света источника опять совпали. Совпадение двух лучей возможно, когда <sup>①</sup> либо они отразились перпендикулярно, либо <sup>②</sup> поменялись местами, упав в одну точку под равным углом. Здесь виден второй случай, т.к. лучи не перпендикулярны шару и не могут быть перпендикулярны внутренней поверхности.





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

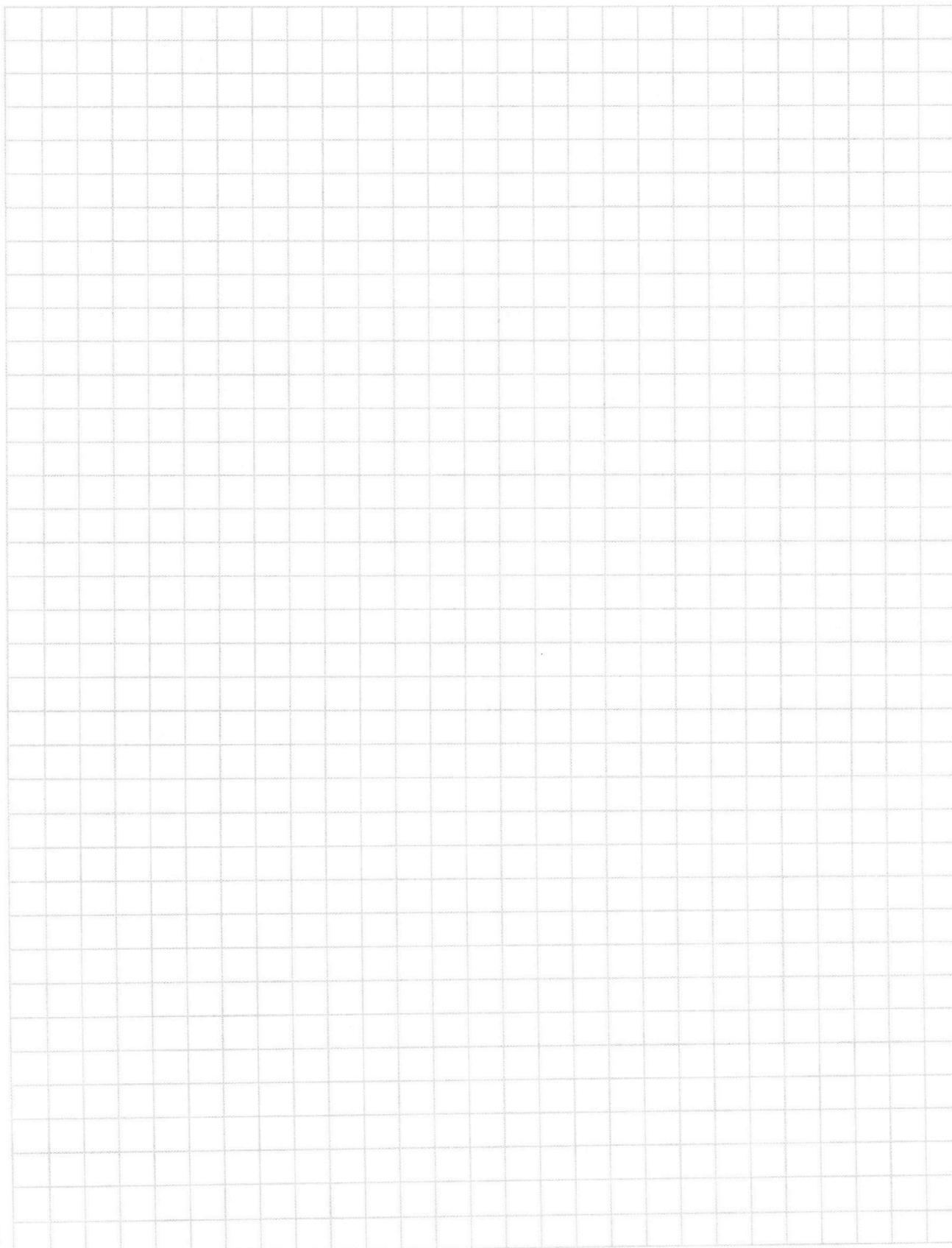
5

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!

$$2) \quad a_0 M = F_{\text{ext}} - F_{\text{mp}} \quad (\text{Спринт спорта на соревнования})$$

$$F_{\text{up}} = mg/\mu \quad F_{\text{oh}} = kX_0$$

$$(V_{\text{corr}}=0); \quad d_g=0$$

$$M \cdot d_g = F_H - F_{Hg} \neq 0$$

$$kx_1 - \mu mg = 0$$

$$a_x = \mu mg$$

$$\cancel{F_i = \frac{GMm}{r^2}}$$

$$A_{Ip} = L \cdot F_{Ip} \neq mg\mu L$$

~~$$\frac{mV^2}{2} = A_{\text{sp.}} \quad (3.C. \rightarrow \text{для бруска})$$~~

$$\frac{(m+M)V^2}{2} + \frac{mV^2}{2} + \frac{kx_1^2}{2} = \frac{kx_0^2}{2}$$

$$\frac{M V^2}{2} = \frac{k(x_0^2 - x_1^2)}{2} \cdot A_{\text{cp}}$$

~~Фок = F<sub>mp</sub> X<sub>0</sub> = mgm~~ ~~b<sup>2</sup>(B<sub>m</sub>+M<sub>m</sub>)<sup>2</sup>~~ (З.С.Э. гидр. геом.)

$$\frac{(M+m)V^2}{2} = \frac{\kappa(X_0^2 - X_1^2)}{2} + mg\mu L - mg\mu L \cancel{\text{половина скорости}} \cancel{\text{также (но убираем)}}$$

~~половина скорости~~  
~~а ускорения~~