



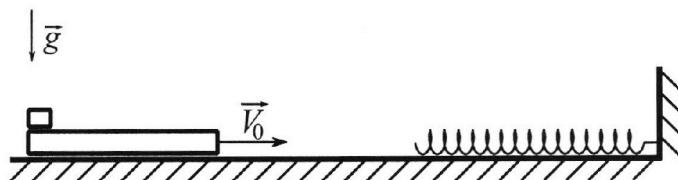
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01



*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  $V_0 = 2$  м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости  $k = 27$  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.

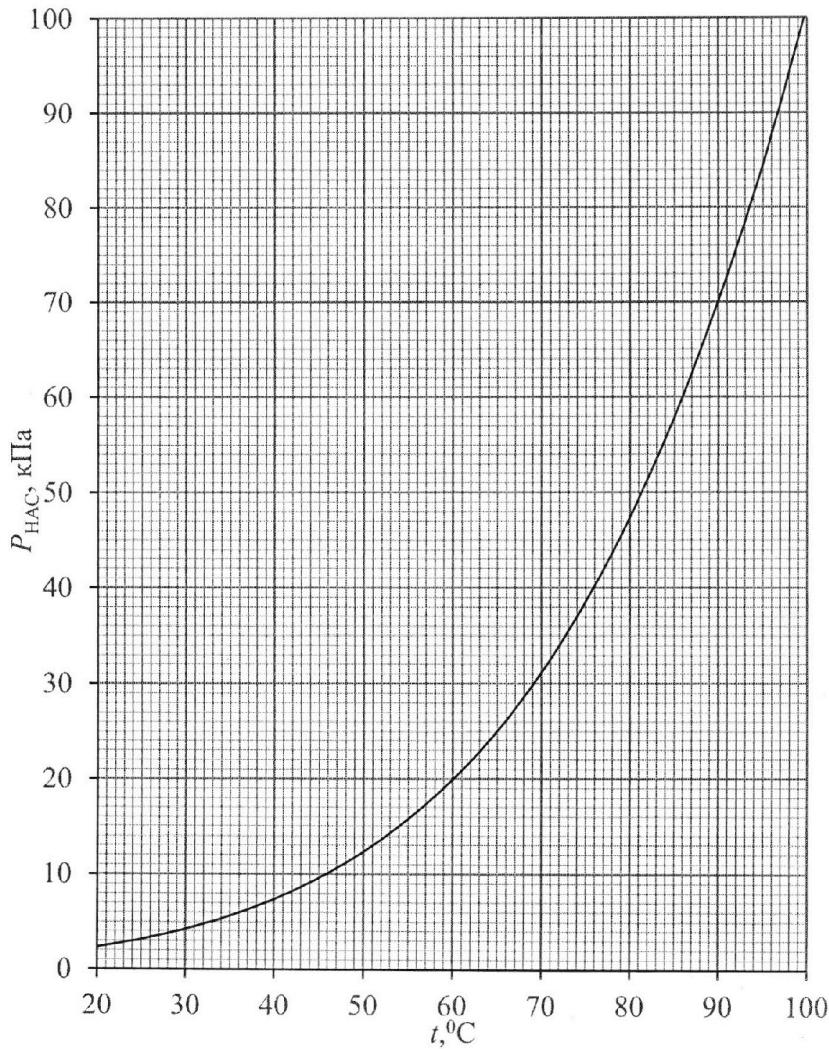


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении  $p_0 = 150$  кПа, температуре  $t_0 = 86$  °С и относительной влажности  $\varphi_0 = 2/3$  (66,7%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры  $t = 46$  °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара  $P_1$  при 86 °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.





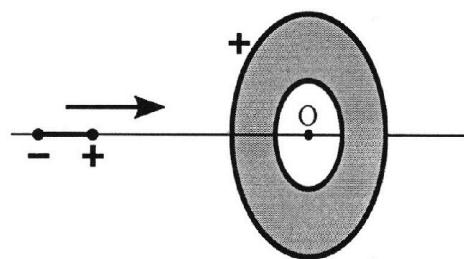
**Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025**



**Вариант 11-01**

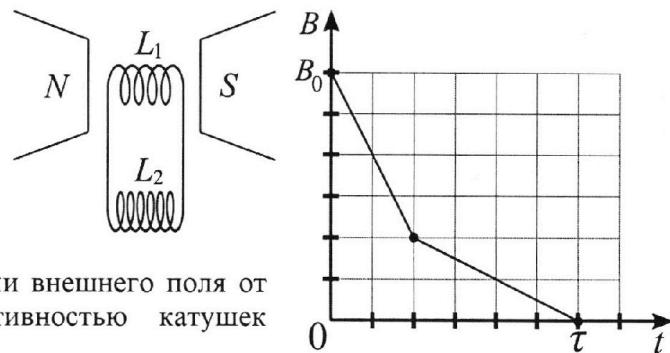
*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.*

- 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  $2V_0$ .



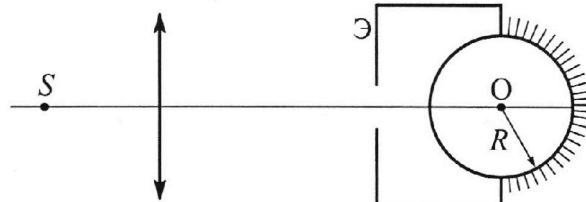
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти разность максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

- 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  $L_2 = 4L$  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  $a = 1,5F$  (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  $b = 8F/3$ , 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  $\Delta = 2F$ , 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  $\sin \alpha \approx \alpha$ .

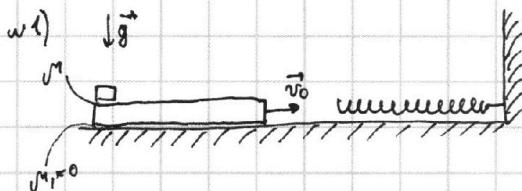


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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



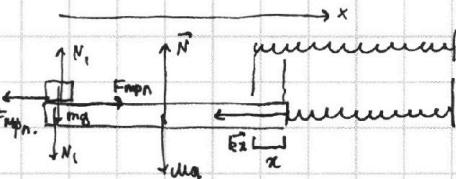
$$M = 2\text{kg}$$

$$m = 1\text{kg}$$

$$v_0 = 2\frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$k = 27\frac{\text{N}}{\text{cm}}$$

$$M = 0,3$$



① II дж. на Ox для доски:

$$ma = F_{\text{fric},n} - kx$$

Числовой отсчет:  $ma_1 = -F_{\text{fric},n}$ .

Помимо отталкивающее тело начнется  $a_{\text{отн}} = 0$ . Значит  $a_1 = a$ .

Значит,

$$ma = F_{\text{fric},n} - ka$$

$$ma = -F_{\text{fric},n}, \quad a = -\frac{F_{\text{fric},n}}{m}$$

$$-\frac{m}{m} F_{\text{fric},n} = F_{\text{fric},n} - kx$$

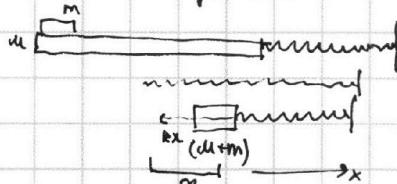
Для на бу для доски  $N_1 = mg$

$$F_{\text{fric},n} = \frac{(m+m)}{m} mg$$

$$F_{\text{fric},n} \leq \mu mg$$

В момент, когда начнется движение доска

② Р-е сжатие пружин до начала отсчета движения.



и.к. нет отсч.

движения доску и

чтоб шарнир

представлять, пока

одно тело

массой  $(M+m)$

$$(M+m)a = -kx \quad (\text{по II дж. на Ox})$$

$$(M+m)a + kx = 0$$

$$a + \frac{k}{M+m} x = 0 \quad w^2 = \frac{k}{M+m} \quad w = \sqrt{\frac{k}{M+m}}$$

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

$$x(0) = 0 \quad v(0) = v_0$$

$$v_0 = A \omega \cos \omega t$$

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

$$t = \frac{\arcsin \frac{3}{2} \sqrt{\frac{3}{27}}}{\sqrt{\frac{27}{3}}} = \frac{\frac{\pi}{6}}{3} = \frac{1}{6} \text{c}$$

$$x(t) = \sqrt{Mg(M+m)} \frac{1}{k} \sin \left( \frac{\sqrt{k}}{\sqrt{M+m}} t \right)$$

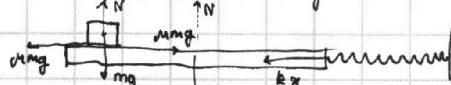
$$n = v_0 \sqrt{\frac{M+m}{k}} \cdot \sin \left( \frac{\sqrt{k}}{\sqrt{M+m}} t \right)$$

$$\sqrt{Mg} \frac{1}{v_0} \frac{1}{\sqrt{M+m}} = \sqrt{M+m} \cdot \sin \left( \frac{\sqrt{k}}{\sqrt{M+m}} t \right)$$

$$\frac{Mg}{v_0} \frac{1}{\sqrt{M+m}} = \sin \left( \frac{\sqrt{k}}{\sqrt{M+m}} t \right)$$

$$t = \frac{\arcsin \frac{Mg}{v_0} \frac{1}{\sqrt{M+m}}}{\sqrt{\frac{k}{M+m}}}$$

③ Р-е сжатие пружин после начала отсчета движения.



$$ma_1 = -\mu mg$$

$$ma_2 = \mu mg - kx$$

$$a = a_2 + a_{\text{отн}}$$

Чтобы записать SCJ для системы пружин + доска:

$$\frac{(M+m)v_0^2}{2} = \frac{m v^2}{2} + \frac{k x^2}{2} + Q$$

$$Q = \mu mg \Delta l \quad \text{где, пружина} \text{ отскакивает} \text{ по доске.}$$

$$m(a_2 + a_{\text{отн}}) = \mu mg$$

$$ma_2 = \mu mg - kx$$

Чтобы записать SCJ для системы пружин + доска:

При сжатии пружин доска имеет скорость 0.

Ответ: 1)  $\frac{1}{3} \text{c}$

2)  $\frac{1}{6} \text{c}$

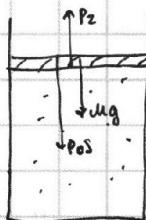
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

u2)



$$p_0 = 100 \text{ кПа}$$

$$t_0 = 26^\circ\text{C}$$

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

$$t = 46^\circ\text{C}$$

$$1) P_1 - ?$$

$$2) t^* - ?$$

$$3) \frac{V}{V_0} - ?$$

$$\textcircled{1} \quad \frac{P_1}{P_{\text{пар}}} = \varphi_0$$

$$P_1 = \varphi_0 \cdot P_{\text{пар}} = \frac{2}{3} P_{\text{пар}}$$

Пар при  $t_0 = 26^\circ\text{C}$  идет из градуса

$$P_{\text{пар}} = 60 \text{ кПа.} \quad (\Rightarrow)$$

$$\Rightarrow P_1 = 60 \text{ кПа} \cdot \frac{2}{3} = \boxed{40 \text{ кПа}}$$

$$P_{\text{CB}} = P_0 - P_1 = 100 \text{ кПа} - 40 \text{ кПа} =$$

\textcircled{2}. Содержание оставшегося воздуха = 110 кПа.

$$\textcircled{3} \quad \alpha_n = 0 \quad \Rightarrow \quad P_2 s = P_0 s + m g$$

$$P_2 = P_0 + \frac{m g}{s} - \text{const.}$$

то начальная конденсация пара  $V_n = \text{const.}$ ,  $P_{\text{CB2}} =$

$$P_1 V_0 = V_n R t_0 \quad P_2 V_2 = V_n R t_1^* \quad \frac{P_2}{P_{\text{CB2}}} = \frac{4}{11} = P_0 - P_2$$

$$P_{\text{CB}} V_0 = V_{n2} R t_0 \quad P_{\text{CB2}} V_2 = V_{n2} R t_1^*$$

$$\frac{V_n}{V_{n2}} = \frac{P_1}{P_{\text{CB}}} = \frac{40 \text{ кПа}}{110 \text{ кПа}} = \frac{4}{11} \quad V_{n2} = \frac{11}{4} V_n$$

$$P_2 = \frac{4}{11} (P_0 - P_2)$$

$$\frac{15}{11} P_2 = \frac{4}{11} P_0$$

$$P_2 = \text{const} = 40 \text{ кПа.}$$

$$P_2 = \text{const}$$

Когда начальная конденсация  $P_n = P_{\text{пар2}} = 40 \text{ кПа.}$

\textcircled{3}. В конце оставшегося  $t = 46^\circ\text{C}$   $t^*$  при этом ровно  $[76^\circ\text{C}]$  (из градуса)

$$P_3 = 60 \text{ кПа.}$$

$$P_1 V_0 = V_n R t_0$$

$$P_3 V = V_{n2} R t_0$$

$$P_1 V_0 = V_n R t_0$$

$$P_3 V = \frac{11}{56} V_n R t$$

$$P_{\text{CB}} = P_0 - P_n$$

$$(P_0 - P_3) V = \frac{11}{4} V_n R t$$

$$\frac{P_0 - P_3}{V P_3} = \frac{V_{n2}}{\frac{11}{4} V_n} \quad \Rightarrow$$

$$V_{n2} = \frac{110 \text{ кПа}}{10 \text{ кПа}} \cdot \frac{11}{4} \cdot V_n =$$

$$= \frac{11 \cdot 11}{14 \cdot 4} V_n =$$

$$= \frac{11}{56} V_n$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{P_1}{P_3} = \frac{11}{56} \cdot \frac{t}{t_0} = \frac{40 \text{ кПа}}{60 \text{ кПа}} \cdot \frac{11}{56} \cdot \frac{46^\circ\text{C}}{26^\circ\text{C}} =$$

$$= \frac{4 \cdot 11}{14 \cdot 56} \cdot \frac{46}{26} =$$

$$= \frac{11}{14} \cdot \frac{23}{43} = \frac{253}{602} \approx$$

$$\approx \boxed{0.42}$$

Ответ: 1) 40 кПа

2) 76 °C

3) 0.42



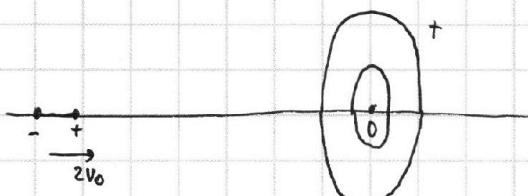
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1                        | 2                        | 3                                   | 4                        | 5                        | 6                        | 7                        |
| <input 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!

№3)



④ касательная скорость цилиндра будет минимальной, когда при прохождении через центр отверстия он не будет иметь кинетическую энергию.

$$\text{тогда из ЗСЭ: } E_{n_1} + \frac{m v_0^2}{2} = E_{n_2}$$

$$\frac{m v_0^2}{2} = E_{n_2} - E_{n_1}$$

$$r_0 = \sqrt{\frac{2}{m} (E_{n_2} - E_{n_1})}$$

Решение: Пусть начальная с касательной скоростью равна  $2v_0$

$$E_{n_1} + \frac{m \cdot 4v_0^2}{2} = E_{n_2} + \frac{m v_1^2}{2}$$

$$\frac{m \cdot 4v_0^2}{2} = \underbrace{\frac{m v_0^2}{2}}_{(E_{n_2} - E_{n_1})} + \frac{m v_1^2}{2}$$

$$\frac{m v_1^2}{2} = \frac{3m v_0^2}{2} \Rightarrow v_1 = v_0 \sqrt{3}$$

② В начальном положении кинетическая энергия цилиндра равна 0, т.к. он находится на  $\infty$  расстоянии от конца.

значит, из ЗСЭ:  $\frac{4m v_0^2}{2} = E_n + \frac{m v^2}{2}$

$$\frac{m v^2}{2} = \frac{4m v_0^2}{2} - E_n$$

Ответ: 1)  $v_0 \sqrt{3}$

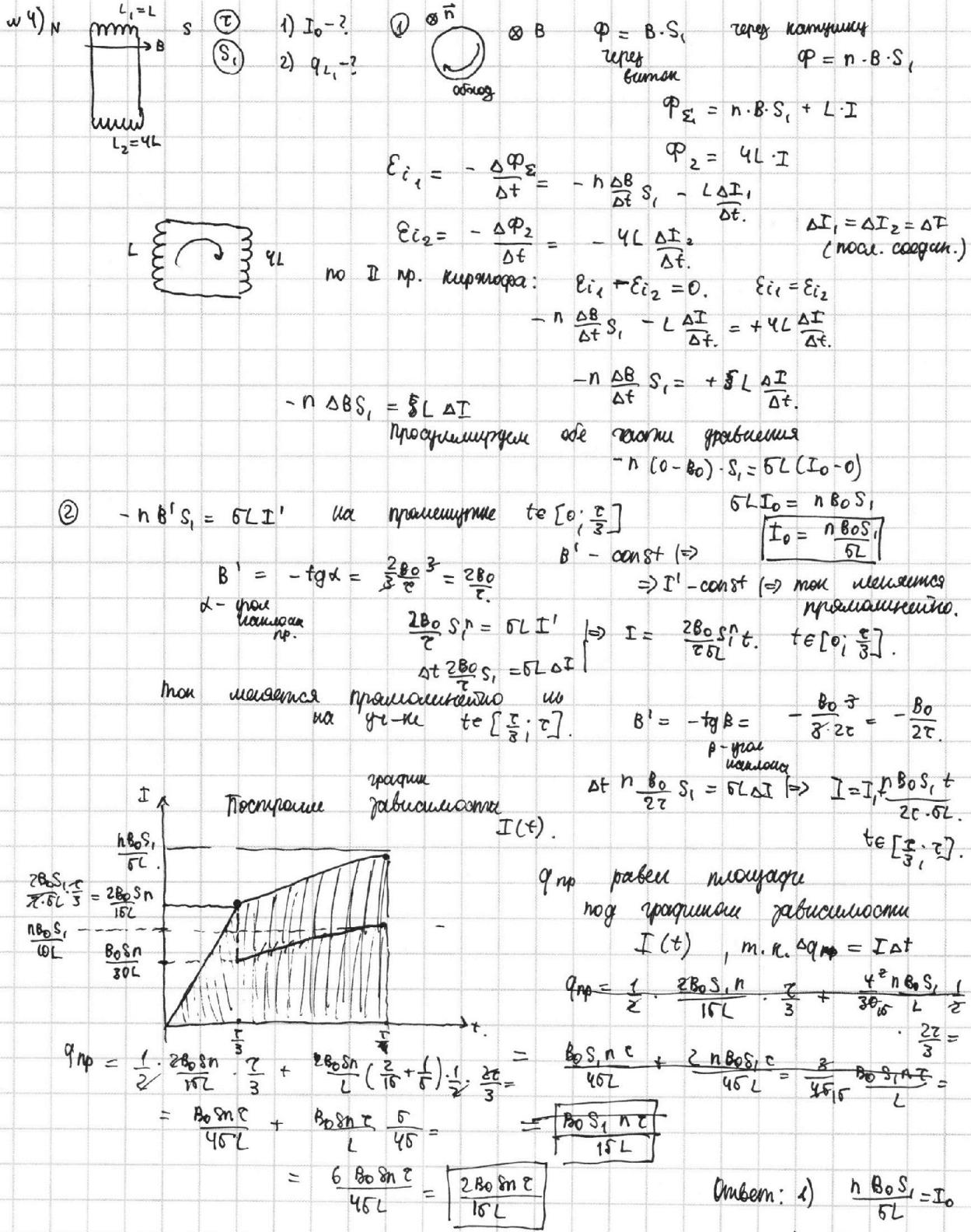
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.



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



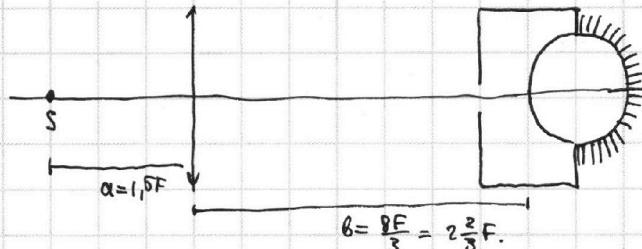
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

w5)



① Из определят такое изображение:

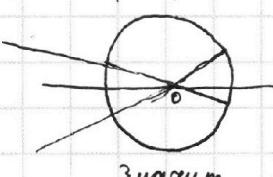
$$\frac{1}{1,5F} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$$

$$\frac{1}{f} = \frac{1}{8F} \quad f = 8F.$$

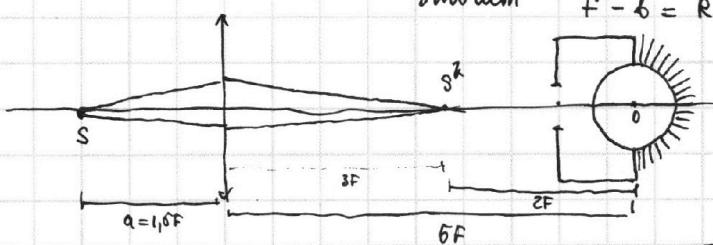
известно, что изображение получается равнодействующими источниками, излучающими от  $n$ .

это значит, что  $S_1$  - действ. изображение, сформированное излучением  $S_2$ .

Две линии симметрии совпадают с  $S_2$  - изображением, сформированным излучением  $S_1$ , совпадает с центром шара. Лучи пройдут через переднюю линзу без преломления. Отражаются от задней линзы под-изоги и выходят в том же направлении в которых падали на шар.



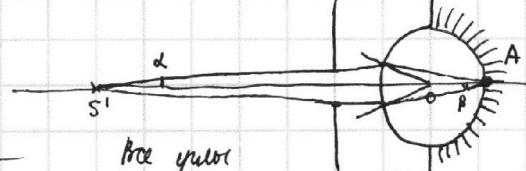
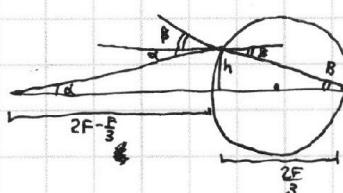
②



$$f - b = R$$

$$R = 3F - 2\frac{5}{8}F = \boxed{\frac{F}{8}}$$

изображение источника совпадает с источником ( $\Rightarrow$ )  
 $\Rightarrow$  ини, излучающие из иона должны пересекаться на расстоянии  $2F$  от его центра.



$$d = \tan \alpha = \frac{h}{2F - F} = \frac{h}{\frac{F}{3}} = \frac{3h}{F}$$

$$\beta = \tan \beta = \frac{h}{2R} = \frac{h}{2F} = \frac{3h}{2F}$$

$$\alpha + \beta = \pi - n$$

$$\frac{3h}{F} + \frac{3h}{2F} = \frac{3h}{2F} \cdot n$$

$$\frac{3h}{2F} = \frac{6+15}{10} = \frac{21}{10} \cdot 5$$

$$\Rightarrow n = \frac{7}{8} = \boxed{1,4}$$

Ответ: 1)  $\frac{F}{3}$

2) 1,4.



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**.



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!

This image shows a handwritten page from a physics or engineering notebook. It contains several diagrams and equations related to mechanics, thermodynamics, and fluid dynamics.

- Top Left:** A free body diagram of a horizontal beam with a mass  $m$  at one end and a spring of stiffness  $k$  at the other. The beam is pivoted at the left end. Below it, a system of three masses  $m_1$ ,  $m_2$ , and  $m_3$  is shown, with a note  $a_{dp} = a_g = g$ .
- Top Right:** A series of free body diagrams for a horizontal beam. One shows a mass  $m$  at the center, another shows a spring  $k_1$  and a spring  $k_2$  attached to the beam, and a third shows a mass  $m$  at the right end.
- Middle Left:** A free body diagram of a horizontal beam with a mass  $m$  at the left end and a spring  $k$  at the right end. Below it, a system of two masses  $m_1$  and  $m_2$  is shown, with a note  $m \alpha_{\text{beam}} = \mu mg - kx$ .
- Middle Right:** Equations for rotational dynamics. It includes  $W = \sqrt{\frac{k}{m}}$ ,  $F_{\text{imp}} \geq \mu mg$ ,  $n = A + m\omega t + B \cos \omega t$ ,  $\tau_0 = A \omega \cos \omega t$ ,  $A = \frac{v_0}{\omega}$ ,  $(\mu + m) v_0 = T = \frac{2\pi}{\omega}$ ,  $m \alpha_i = \mu mg$ , and  $\frac{b \times m}{\mu} = F_{\text{imp}} (\text{max})$ .
- Section 2:** A free body diagram of a vertical pipe with a flow velocity  $v_0$ . Below it, a thermodynamic cycle diagram with states  $P_1$ ,  $T_1$ ,  $P_2$ ,  $T_2$ ,  $P_3$ ,  $T_3$ ,  $P_4$ , and  $T_4$ . Equations include  $P_0 = P_0 + \frac{\mu g}{S}$ ,  $P_1 = P_0 + \frac{\mu g}{S}$ ,  $P_1 V = \sqrt{RT}$ ,  $P_0 = P_0 + \frac{\mu g}{S}$ ,  $P_1 = P_0 + \frac{\mu g}{S}$ ,  $P_0 = 100$ ,  $P_0 = 110$ ,  $P_1 V_1 = \sqrt{RT_0}$ ,  $P_2 V_2 = \sqrt{RT_1}$ ,  $\frac{P_0}{P_1} = \varphi = \frac{2}{3}$ ,  $P_1 = \frac{2}{3} P_0$ ,  $\frac{2}{3} \cdot 100 = 40$ ,  $P_0 \cdot V_1 = V_1 R T_0$ ,  $P_0^2 V_2^2 = V_2 R T_1$ , and  $\frac{P_0}{P_2} = \frac{V_2}{V_1}$ .
- Section 3:** A free body diagram of a horizontal pipe with a valve. Below it, a diagram of a tank with a central vertical pipe and a horizontal pipe branching off to the left. Equations include  $\frac{dI}{dt} = v_0$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{2} \rho g h^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{4} \rho g d^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{8} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{16} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{32} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{64} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{128} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{256} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{512} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1024} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{2048} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{4096} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{8192} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{16384} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{32768} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{65536} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{131072} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{262144} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{524288} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1048576} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{2097152} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{4194304} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{8388608} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{16777216} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{33554432} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{67108864} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{134217728} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{268435456} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{536870912} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1073741824} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{2147483648} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{4294967296} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{8589934592} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{17179869184} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{34359738368} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{68719476736} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{137438953472} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{274877906944} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{549755813888} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1099511627776} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{2199023255552} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{4398046511104} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{8796093022208} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{17592186044416} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{35184372088832} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{70368744177664} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{140737488355328} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{281474976710656} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{562949953421312} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1125899906842624} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{2251799813685248} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{4503599627370496} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{9007199254740992} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{18014398509481984} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{36028797018963968} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{72057594037927936} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{144115188075855872} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{288230376151711744} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{576460752303423488} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1152921504606846976} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{2305843009213693952} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{4611686018427387904} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{9223372036854775808} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{18446744073709551616} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{36893488147419103232} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{73786976294838206464} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{147573952589676412928} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{295147905179352825856} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{590295810358705651712} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1180591620717411303424} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{2361183241434822606848} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{4722366482869645213696} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{9444732965739290427392} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{18889465931478580854784} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{37778931862957161709568} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{75557863725914323419136} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{151115727458228646838272} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{302231454916457293676544} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{604462909832914587353088} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1208925819665829174706176} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{241785163933165834941232} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{483570327866331669882464} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{967140655732663339764928} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1934281311465326679529856} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{3868562622930653359059712} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{7737125245861306718119424} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{15474250491722613436238848} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{30948500983445226872477696} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{61897001966890453744955392} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{123794003933780907489910784} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{247588007867561814979821568} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{495176015735123629959643136} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{990352031470247259919286272} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1980704062940494519838572544} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{3961408125880989039677145088} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{7922816251761978079354290176} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{15845632503523956158708580352} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{31691265006747912317417160704} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{63382530013495824634834321408} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{126765060026991649269668642816} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{253530120053983298539337285632} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{507060240107966597078674571264} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1014120480215933194157489142528} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{2028240960431866388314978285056} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{4056481920863732776629956570112} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{8112963841727465553259913140224} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{16225927683454931106519826280448} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{32451855366909862213039652560896} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{64903710733819724426079305121792} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{129807421467639448852158610243584} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{259614842935278897704317220487168} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{519229685870557795408634440974336} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1038459371741115590817268881948672} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{2076918743482231181634537763897344} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{4153837486964462363269075527794688} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{8307674973928924726538151055589376} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{16615349947857849453076302111178752} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{33230699895715698906152604222357504} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{66461399791431397812305208444715008} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{132922799582862795624610416889430016} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{265845599165725591249220833778860032} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{531691198331451182498441667557720064} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1063382396662902364996883335115440128} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{2126764793325804729993766670230880256} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{4253529586651609459987533340461760512} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{8507059173303218919975066680923521024} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{17014118346606437839950133361847042048} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{34028236693212875679900266723694084096} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{68056473386425751359800533447388168192} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{136112946772851502719601066894776336384} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{272225893545703005439202133789532672768} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{544451787091406010878404267578865345536} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1088903574182812021756808535157730690672} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{2177807148365624043513617070315461381344} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{4355614296731248087027234140630922762688} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{8711228593462496174054468281261845525376} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{17422457186924992348108936562537691050752} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{34844914373849984696217873125075382101504} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{69689828747699969392435746250150764203008} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{139379657495399938784871492500301528406016} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{278759314985799877569742985000603056812032} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{557518629971599755139485970001206113624064} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1115037259943199510278919440002412227240128} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{2230074519886399020557838880004824454480256} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{4460149039772798041115677760009648908960512} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{8920298079545596082231355520019297817921024} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{17840596159091192164462711040038595639842048} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{35681192318182384328925422080077191279684096} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{71362384636364768657850844160015382559368192} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{142724769272729537315701682320030765118736384} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{285449538545459074631403364640061530237472768} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{570898577090918149262806729280012306074945536} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1141797154181836298525613458560024612149891072} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{2283594308363672597051226817120049224299782144} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{4567188616727345194102453634240098448599564288} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{9134377233454690388204907268480196897199128576} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{18268754466909380776409814536960393744398257152} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{36537508933818761552819629073920787488796514304} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{73075017867637523105639258147841574977593028608} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{146150035735275046211274516295631499551186057168} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{292300071470550092422549032591262999102372114336} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{584600142941000084845098065182525998204744228672} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{116920028588200016969019613036505997640948855744} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{233840057176400033938039226073011995281897711488} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{467680114352800067876078452146023990563795422976} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{93536022870560013575215690429204798112759084552} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{187072045741120027150431380858409596225518169104} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{374144091482240054300862761716819192451036338208} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{748288182964480108601725523433638384902072676416} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1496576365928960217203451046867276769804145352832} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{2993152731857920434406902093734554139608290705664} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{5986305463715840868813804187469108279216581411328} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{11972610927431681737627608374938216584332762822656} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{23945221854863363475255216749876433168665525645312} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{47890443709726726950510433499752866337331051290624} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{95780887419453453901020866999505732674662102581248} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{191561774838906907802041733998751465349324205162496} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{383123549677813815604083467997502930698648410324992} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{766247099355627631208166935995005861397296820649984} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1532494198711255262416334871990011722794593641299768} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{3064988397422510524832669743980023445589187282599536} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{6129976794845021049665339487960046891178374565199072} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{12259953589690042099330678955920093782356749130387544} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{24519907179380084198661357911840187564713498260775088} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{49039814358760168397322715823680375129426996521550176} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{98079628717520321794645431647360750258853993043050352} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{196159257435040643589290863294721500517707986086050704} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{392318514870081287178581726589443001035415972172101408} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{784637029740162574357163453178886002070831944344202816} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1569274059480325148714326906357772004141663888688405632} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{3138548118960650297428653812715544008283327777376811264} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{6277096237921300594857307625431088016566655554753622528} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1255419247584260118971461525086217603313331110951445056} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{2510838495168520237942923050172432066626662221902890112} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{5021676980337040475885846100344864133253324443805780224} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{1004335396067408095177169220068972826650664888761156048} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{2008670792134816190354338440017945653301329777522312096} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{4017341584269632380708676880035891306602659555044624192} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{8034683168539264761417353760071782613205319110089248384} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{16069366337078529522834707520143565226410638220178496768} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{32138732674157059045669415040287130452821276440356993536} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{64277465348314118091338830080574260905642552880713987072} \rho g R^2$ ,  $\frac{dI}{dt} = \frac{1}{12855493069662823618267$

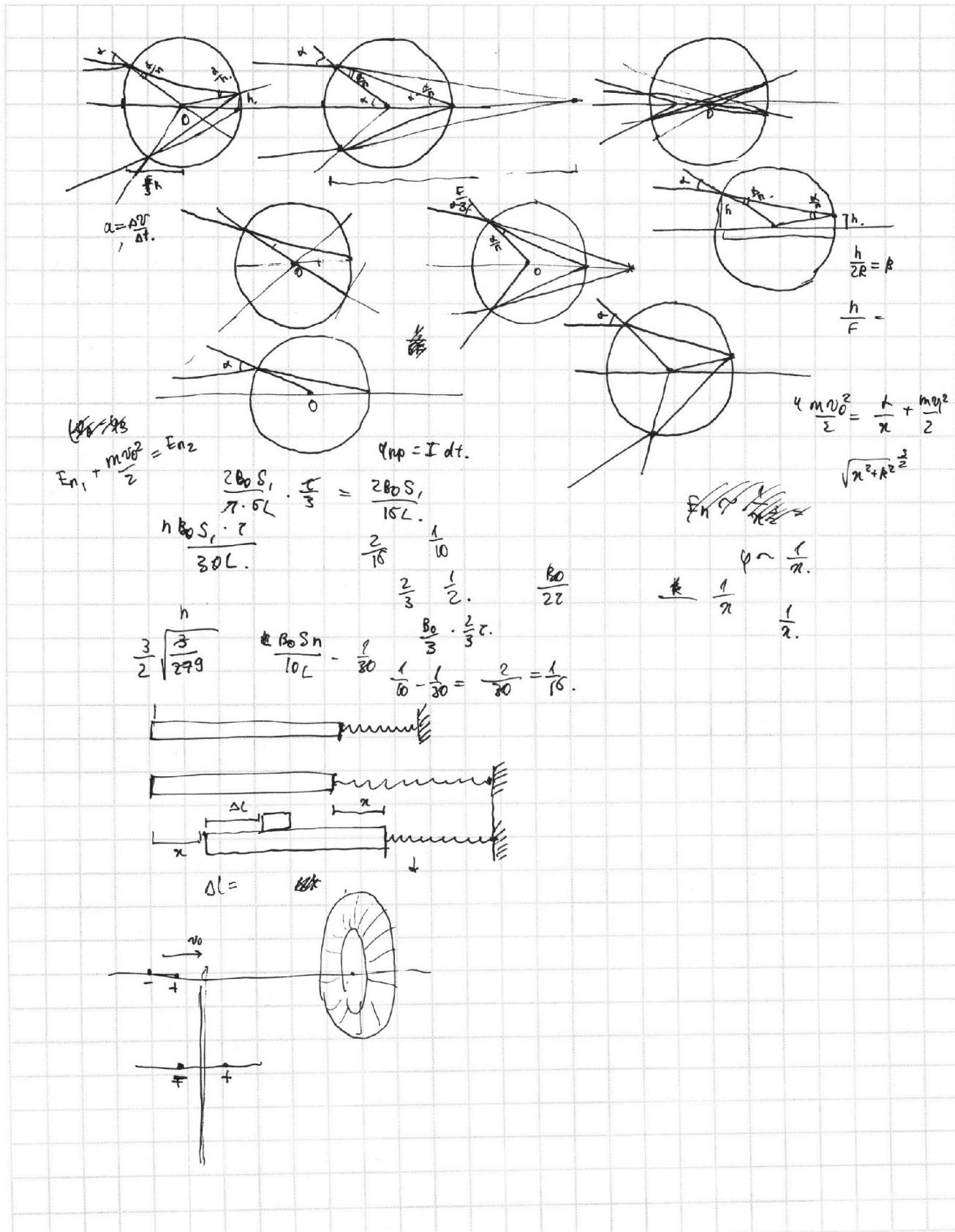


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.



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!





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!