



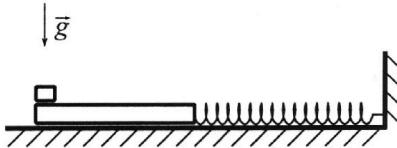
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-04



В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Длинную доску массой $M = 4$ 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 жёсткостью $k = 100$ Н/м, прикреплённая к стенке. Коэффициент трения скольжения бруска по доске $\mu = 0,4$. 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/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

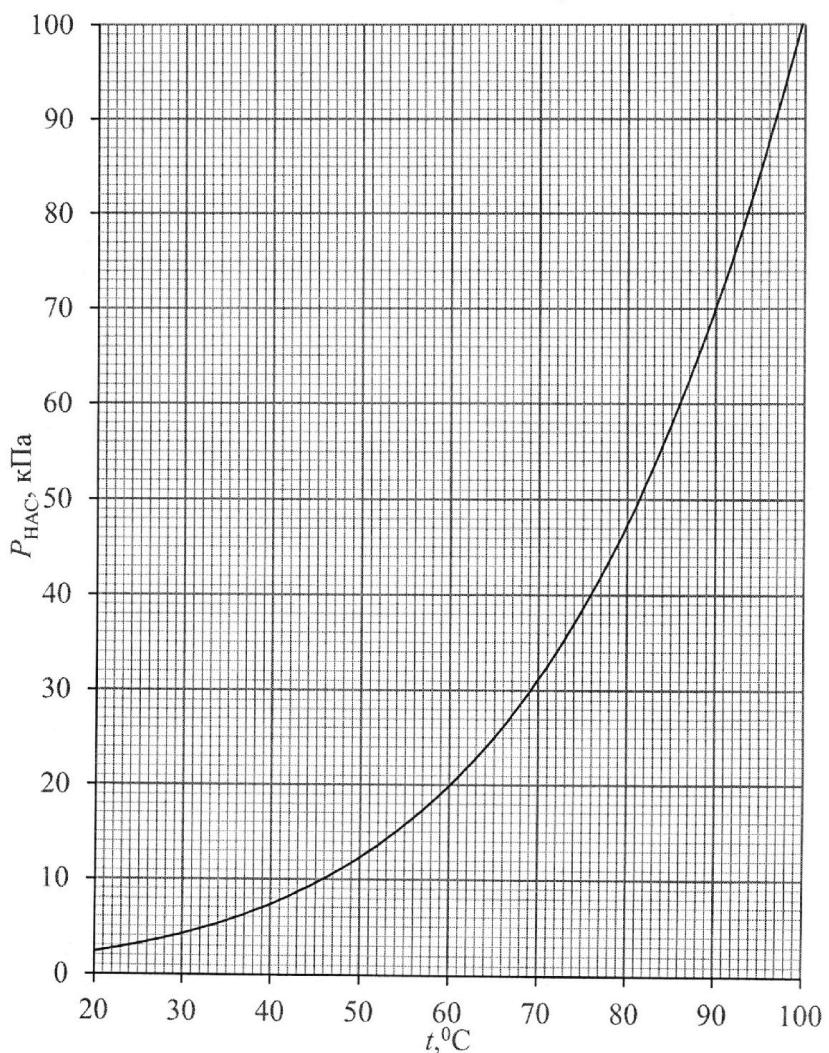


- 1) Найдите сжатие пружины в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным нулю, впервые после начала движения.
- 2) Найдите ускорение доски сразу после начала движения.
- 3) Найдите скорость доски в момент времени, когда относительное ускорение бруска и доски станет равным 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 7 раз больше массы пара. Содержимое сосуда постепенно нагревают до температуры $t = 90$ °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.

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





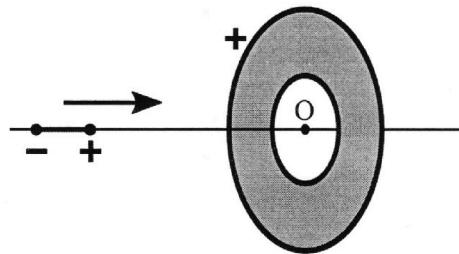
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025



Вариант 11-04

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

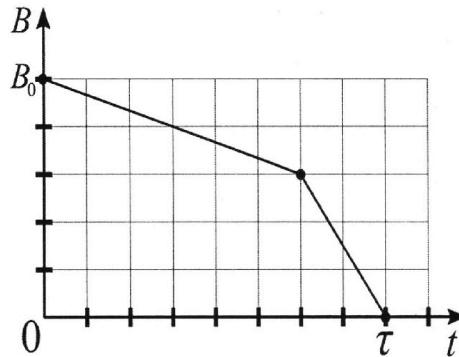
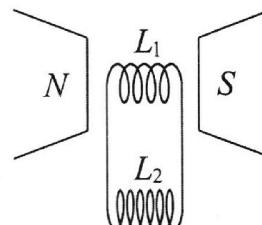
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.

2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

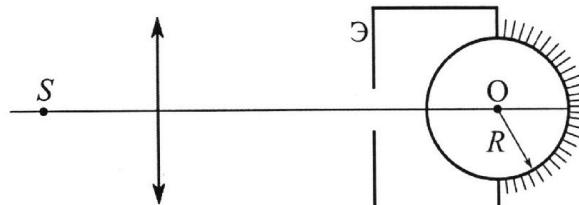
4. Катушка индуктивностью $L_1 = 5L$ с числом витков n и площадью каждого витка S_1 находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией B_0 . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью $L_2 = 8L$ находится вне поля (см. рис.). Сопротивление катушек 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 , удалённый от линзы на расстояние $a = 4,5R$ (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 $b = 8R$, 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 $\Delta = 3R$, 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**.

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

Задача 1

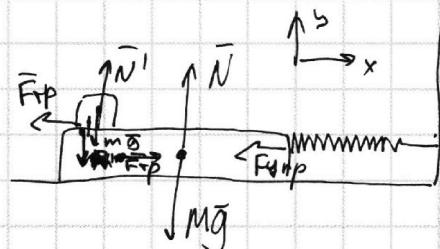
дано
 $M = 4 \text{ кг}$
 $m = 1 \text{ кг}$
 $k = 100 \text{ Н/м}$
 $\mu = 0,4$
 $g = 10 \text{ м/с}^2$
 $\pi \approx 3$

Нашли

$$\Delta X - ?$$

$$a_0 - ?$$

$$v - ?$$



На брусков по оси ОY;
 $\sum \text{закон Иютона}$
 $N' + mg = 0$
 $N' = mg$

Пока брусков движется оги.

$$\text{доски}, \text{если } F_{\text{тр}} = F_{\text{бр}} \text{ макс}$$

$$F_{\text{бр}} \text{ макс} = \mu m g / \mu = m g / \mu$$

\Rightarrow когда движение бруска относительно доски прекращается

$$F_{\text{тр}} = F_{\text{бр}} \text{ макс}$$

В этот момент а доски $\approx 0 \Rightarrow$

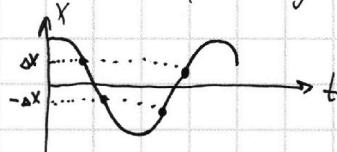
\Rightarrow На доску по оси X II закон Иютона

$$F_{\text{упр}} + F_{\text{тр}} = \text{Ма доски} = 0$$

$$F_{\text{упр}} = F_{\text{тр}} \Rightarrow k \Delta X = m g / \mu$$

$$\Delta X = \frac{m g / \mu}{k} = \frac{4}{100} = 0,04 \text{ м} = 4 \text{ см}$$

После того, как доску отпустили, она начнет колебаться



от ΔX до $-\Delta X$ по времени, тк

нет ускорения ($F_{\text{упр}} = F_{\text{тр}} < F_{\text{бр}} \text{ макс}$)

Далее оставляем только первое

$$kx - mg / \mu = Ma \quad \text{или} \quad mg / \mu = kx - Ma$$

$$kx - mg / \mu = Ma$$

$$k(x - \Delta X) = Ma \Rightarrow (x - \Delta X) - \frac{m}{k} \ddot{x} = 0$$

Если бы $F_{\text{тр}}$ не было, то амплитуда бы не изменилась

$$kx - Ma = 0 \Rightarrow x = \frac{M}{k} \ddot{x} = 0 \quad w = \sqrt{\frac{k}{M}}$$

$$x = A \cos(\omega t) \quad \ddot{x} = -A \omega^2 \cos(\omega t)$$

$$x = \Delta X \quad \ddot{x} = -\frac{mg / \mu}{M} \Rightarrow A \cos(\omega t) = \Delta X \quad \omega^2 = \frac{mg / \mu}{M \cdot A \cos(\omega t)} = \frac{k}{M}$$

$$\text{Период колебаний } T = 2\pi \frac{1}{\omega} = 6 \cdot \sqrt{\frac{M}{k}} = 6 \sqrt{\frac{4}{100}} = 6 \cdot \frac{2}{10} = 1,2 \text{ с}$$

$$\cos(\omega t) = \frac{x}{A} \quad \ddot{x} = -A \omega^2 \cos(\omega t) \quad t=0 \Rightarrow \cos(0)=1$$

$$\ddot{x} = A \omega^2 \cdot 1 = A \omega^2 \cdot \frac{\cos \omega t}{\cos \omega t} = \frac{A \omega^2 \cos \omega t}{\cos \omega t} = \frac{A \omega^2 \cos \omega t}{\frac{\cos \omega t - 1}{\sin \omega t}} =$$

$$= \frac{A \omega^2 \cos \omega t}{\sin \omega t} =$$

$$\text{Ответ: } \Delta X = 4 \text{ см}$$



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 2

Дано

$$t_0 = 27^\circ\text{C} = 300\text{ K}$$

$$t = 90^\circ\text{C} = 363\text{ K}$$

$$m_{\text{возд}} = 7\text{ мол}$$

$$M_{\text{возд}} = 18 \frac{\text{г}}{\text{мол}}$$

Найти

$$\frac{m_{\text{пар}}}{m_{\text{возд}}} = ?$$

$$T^* = ?$$

$$\varphi = ?$$

Решение

(1) Так как все вода превратилась в пар,

то масса пара в конце t_0

масса пара 8 разнее и масса воды

$$m_{\text{пар}} = m_{\text{возд}} + m_{\text{вода}} = m_{\text{возд}} + 7m_{\text{возд}} = 8m_{\text{возд}}$$

$$\text{тогда } \frac{m_{\text{пар}}}{m_{\text{возд}}} = \frac{8}{1} = 8$$

(2) \bar{v}_0 - кон-80 пара 8 начальное

\bar{v}_k - кон-80 пара 8 конечное

$$\bar{v} = \frac{m}{M} \Rightarrow \bar{v}_0 = \bar{v}_k = 8 \bar{v}_0 \quad (\text{тк } m_{\text{пар}} = 8m_{\text{возд}})$$

В начальне: $p_0 V = \bar{v}_0 R t_0$

p_0 - давление пара в

при температуре t^* : $p_{\text{нас}}^* V = 8\bar{v}_0 R t^*$

$p_{\text{нас}}^*$ - давление насыщенного пара при температуре t^* ,

тк в момент температуры t^* все вода испарилась.

p_0 - давление насыщенного пара при температуре t_0 ,

тк в сосуде была только вода, которая не испарилась.

Из графика $p_0 = 3,5 \text{ кПа}$

$$\frac{8t^*}{t_0} = \frac{p_{\text{нас}}^*}{p_0} \Rightarrow t^* = \frac{p_{\text{нас}}^*}{8p_0} \cdot t_0 \quad \text{и } p_{\text{нас}}^* \text{ задана}$$

$$t^* = 300 \cdot \frac{p_{\text{нас}}^*}{8 \cdot 3,5 \cdot 10^3} = \frac{300 \cdot p_{\text{нас}}^*}{28 \cdot 10^3} \quad (\text{температура } 8^\circ\text{K})$$

Из графика получают $t^* = 343^\circ\text{K} = (70 + 273) \text{ при } p_{\text{нас}}^* = 32 \text{ кПа}$

$$t^* = 70^\circ\text{C}$$

$$(3) pV = 8\bar{v}_0 R t_0 - 3 \text{ конечное} \quad \text{и } p = \frac{8t}{t_0} p_0 = \frac{8 \cdot 363}{300} \cdot 3,5 \cdot 10^3 = 33,88 \text{ кПа}$$

$p_{\text{нас}} = 70 \text{ кПа}$ давление насыщенного пара 8 конечное

$$\varphi = \frac{p}{p_{\text{нас}}} \cdot 100\% = \frac{33,88}{70} \cdot 100\% = 48,4\%$$

Ответ: 1 $\frac{m_{\text{пар}}}{m_{\text{возд}}} = 8$ 2 $t^* = 70^\circ\text{C}$ 3 $\varphi = 48,4\%$

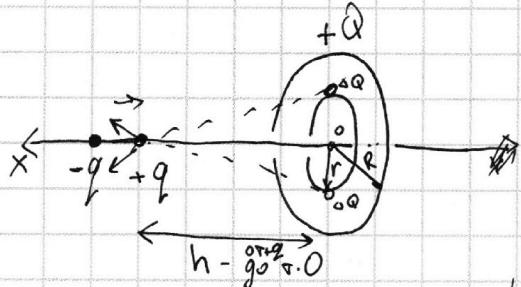
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!

Zagara 3



На заряд $+q$ действует сила F_1 ^{электр. поле}

$$\Delta F_1 = \frac{k q \Delta Q}{h^2 + (r+ar)^2} \quad r \leq (r+ar) \leq R$$

$$F_1 = \frac{k q Q}{h^2 + R^2 + r^2} \quad \text{вдоль оси } OX$$

$$\Delta F_2 = -\frac{k q \Delta Q}{(h+d)^2 + (r+ar)^2}$$

На заряд $-q$ действует сила F_2 ^{электр. поле}
 $F_2 = -\frac{k q Q}{(h+d)^2 + R^2 + r^2}$ ^{вдоль оси}
 d - расстояние между $+q$ и $-q$

$$\text{На весь диполю } F = F_1 + F_2 = k q Q \left(\frac{1}{h^2 + R^2 + r^2} - \frac{1}{(h+d)^2 + \frac{R^2+r^2}{2}} \right) =$$

m - масса диполя

$$a = \text{ускорение } \delta \text{ диполя} \quad = k q Q \left(\frac{d^2 + 2dh}{(h^2 + \frac{R^2+r^2}{2})(h+d)^2 + \frac{R^2+r^2}{2}} \right) = m a$$

$$\text{В данном случае } \frac{\Delta v}{\Delta t} = a \Rightarrow \Delta v = a \Delta t \quad \Sigma a \Delta t \approx 20$$

$$\text{By Kengangu: } v_0 - \Sigma \Delta v \approx 0 \Rightarrow v_0 - \Sigma a \Delta t \approx 0$$

тк v_0 минимальная для пролета

Если уменьшить q в 3 раза, то a в 3 раза

уменьшится в 3 раза \Rightarrow

$$\Rightarrow v_0 - \frac{a}{3} \Delta t = v_0 - \frac{v_0}{3} = \frac{2}{3} v_0$$

Ответ: $\frac{2}{3} v_0$



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.

- | | | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <input type="checkbox"/> 1 | <input type="checkbox"/> 2 | <input type="checkbox"/> 3 | <input checked="" 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!

Задача 4/1

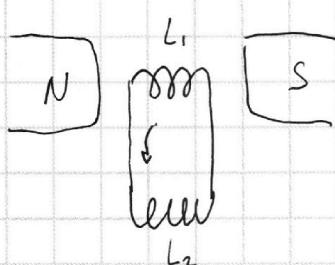
Дано

$$L_1 = 5L$$

$$n, S,$$

$$B_0$$

$$L_2 = 8L$$



По закону Фарадея $\Delta\phi = -\frac{\Delta B}{\Delta t} nS \Rightarrow \frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\frac{\Delta B}{\Delta t} nS$, тогда получаем правило Кирхгофа.

$$-n \frac{\Delta B}{\Delta t} S - L_1 \frac{\Delta I}{\Delta t} + L_2 \frac{\Delta I}{\Delta t} = 0$$

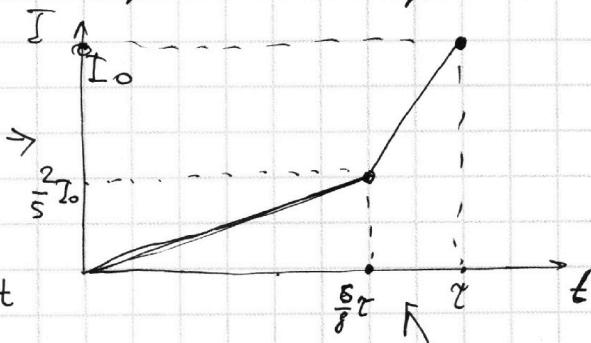
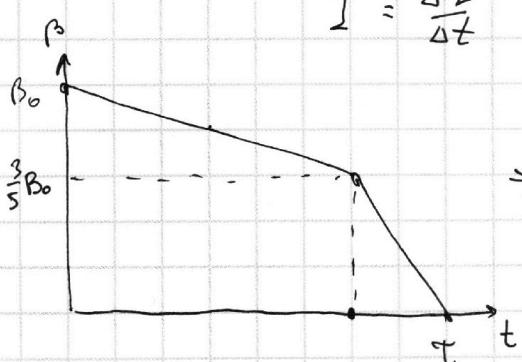
$$-nS \frac{\Delta B}{\Delta t} = (L_1 + L_2) \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

$$\Delta I = \frac{nS \Delta B}{L_1 + L_2}$$

Так изначально тока в катушках нет, поэтому

$$I_0 = \frac{nS B_0}{L_1 + L_2} = \frac{nS B_0}{13L}$$

$$I = \frac{q}{\Delta t}$$



$q = \frac{1}{2} I_0 \cdot \frac{5T}{8}$ — площадь под графиком

$$q = \frac{2}{5} I_0 \cdot \frac{5T}{8} + \frac{2}{5} I_0 \cdot \frac{2T}{8} + \frac{3}{5} I_0 \cdot \frac{2T}{8} = I_0 T \frac{13}{40}$$

$$q = \frac{13}{40} \frac{nS B_0}{13L} T = \frac{nS B_0}{40L} T$$

Ответ: $I_0 = \frac{nS B_0}{13L}$, $q = \frac{nS B_0}{40L} T$



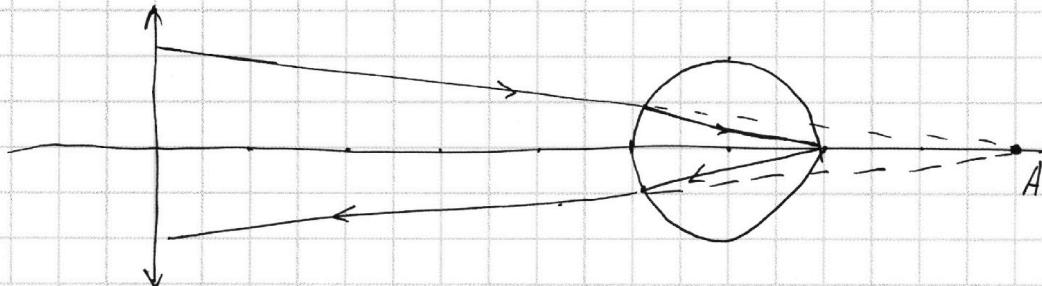
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

- 1 2 3 4 5 6 7

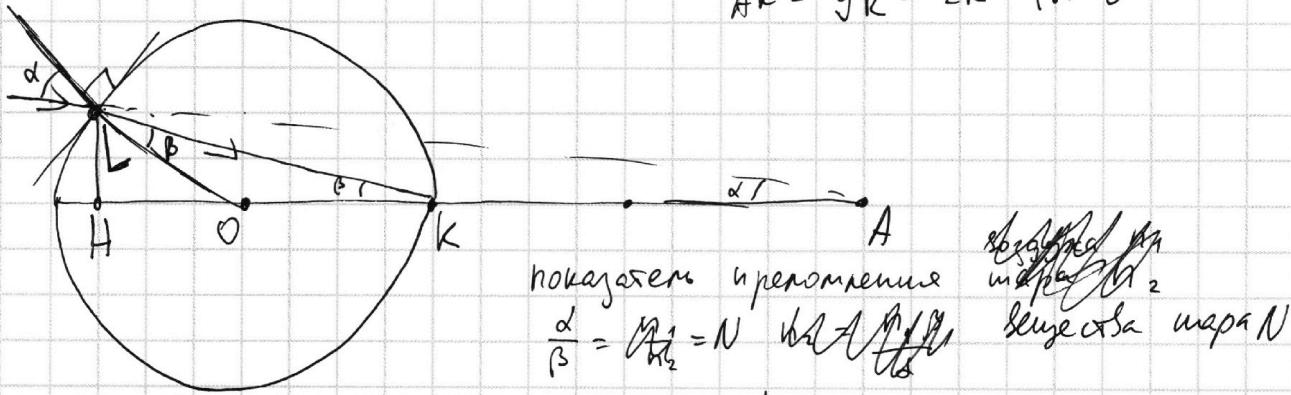
СТРАНИЦА
2 ИЗ 2

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!

Задача 5 Продолжение



$$AK = 9R - 2R - (8R - 3R) = 2R$$



$$\sin \alpha = a \Rightarrow \cos \alpha = \sqrt{1-a^2} \Rightarrow \operatorname{tg} \alpha = \frac{a}{\sqrt{1-a^2}} \approx a$$

$$\tan \beta \approx \beta$$

$$fg\alpha = \frac{LH}{AH} \approx \frac{LH}{4R} \quad fg\beta = \frac{LH}{HK} = \frac{LH}{2R}$$

$$\frac{d}{\beta} = \frac{\log 2}{\log \beta} = \frac{1}{2} = N$$

Order. $\frac{1}{2}$



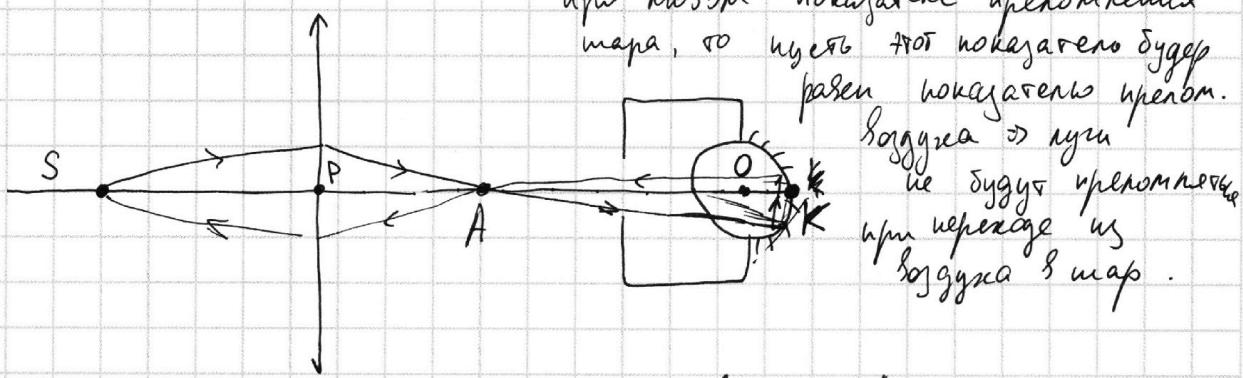
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

 1 2 3 4 5 6 7СТРАНИЦА
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!

Задача 5

1 Тк изображение совпадает с источником, при этом показатель преломления шара, то есть тот показатель буде равен показателю преломления воздуха \Rightarrow лучи не будут преломлены при переходе из воздуха в шар.



Изображение источника в лице \Rightarrow точка $F \Rightarrow$
 \Rightarrow изображение точки A в лице \rightarrow точка S (источник)

\Rightarrow т. A является изображением зеркала

$$SP = 4,5R$$

$$PA = x$$

$$AK = 8R + 2R - x$$

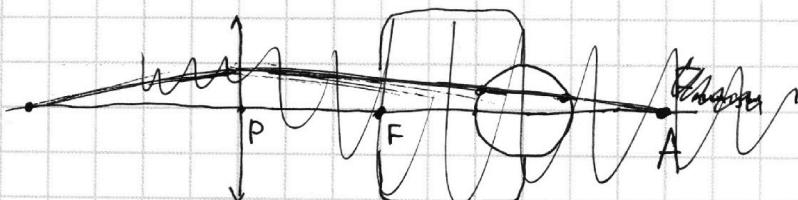
$$\text{Формула линзы } \frac{1}{F} = \frac{1}{4,5R} + \frac{1}{x}$$

$$\text{Формула сфер. зеркала } \frac{2}{R} = \frac{1}{10R-x} + \frac{1}{10R-x} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow x = 9R \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{4,5R} + \frac{0,5}{4,5R} = \frac{15}{4,5R} = \frac{1}{3R}$$

$$\text{Ответ: } F = 3R$$

2





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

1

2

3

4

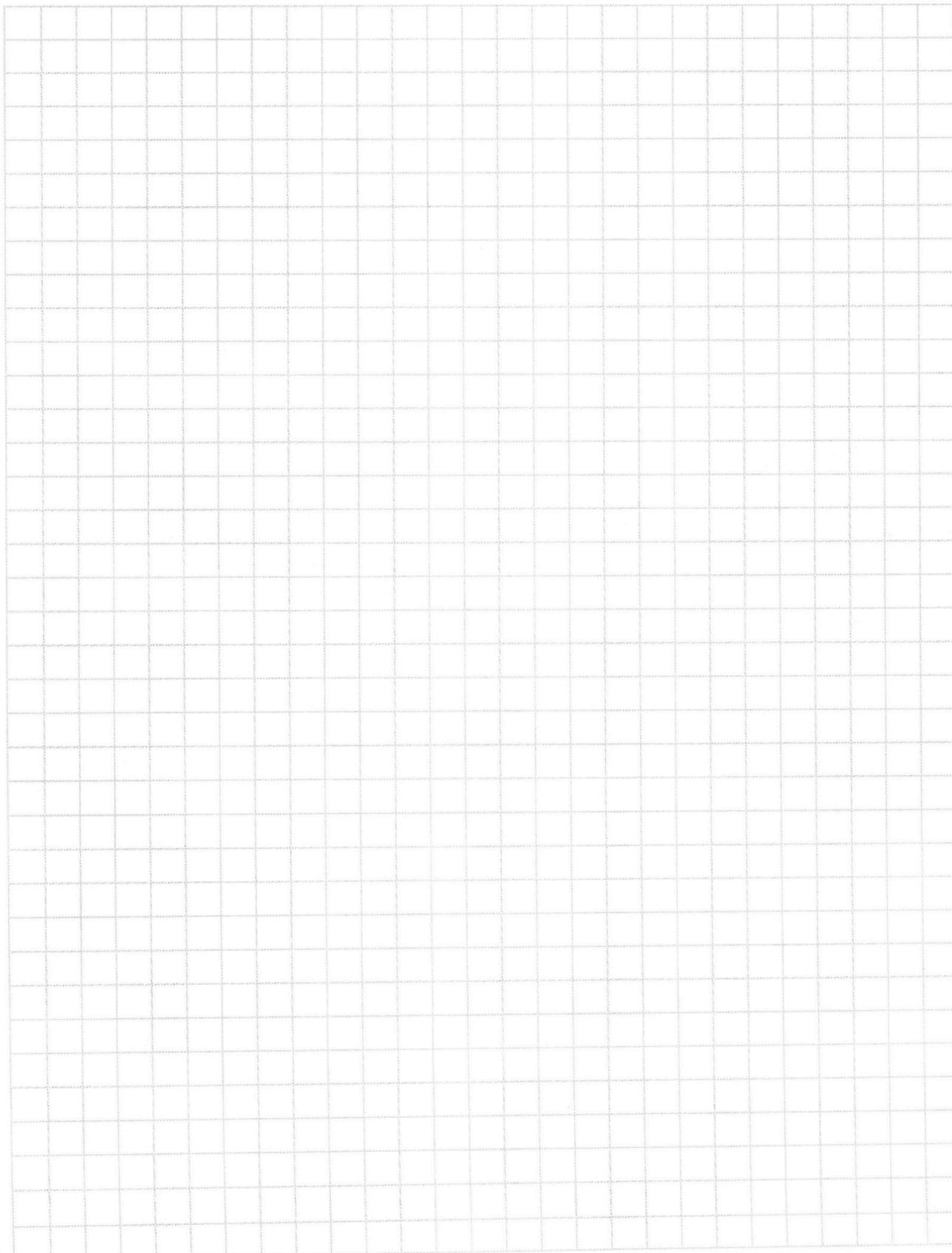
5

6

7

СТРАНИЦА
— ИЗ —

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





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!

$$v_1 = \sum_{\alpha} \alpha \Delta t = 0$$

$$v_1 - \sum_{\alpha} \alpha \Delta t = 0 \rightarrow \frac{1}{\Delta t} v_1 = 0$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{4.5\pi} + \frac{1}{X} - \frac{1}{\frac{I_1^2}{2}} - \frac{1}{\frac{I_2^2}{2}} = \frac{1}{10\pi - X}$$

$$\frac{2}{R} = \frac{1}{10^{p-x}} + \frac{1}{10^p x R}$$

A hand-drawn diagram on grid paper. It features several intersecting lines and curves. A prominent black curve arches from the top left towards the bottom right. Several straight black lines intersect this curve and each other. In the lower right area, there is a small square-like shape with a diagonal line through it, suggesting a geometric figure like a square rotated 45 degrees.

$$1 = \frac{1}{4} + \frac{1}{4}$$

