



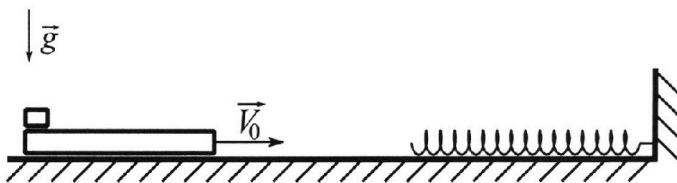
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## 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 брусок 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.

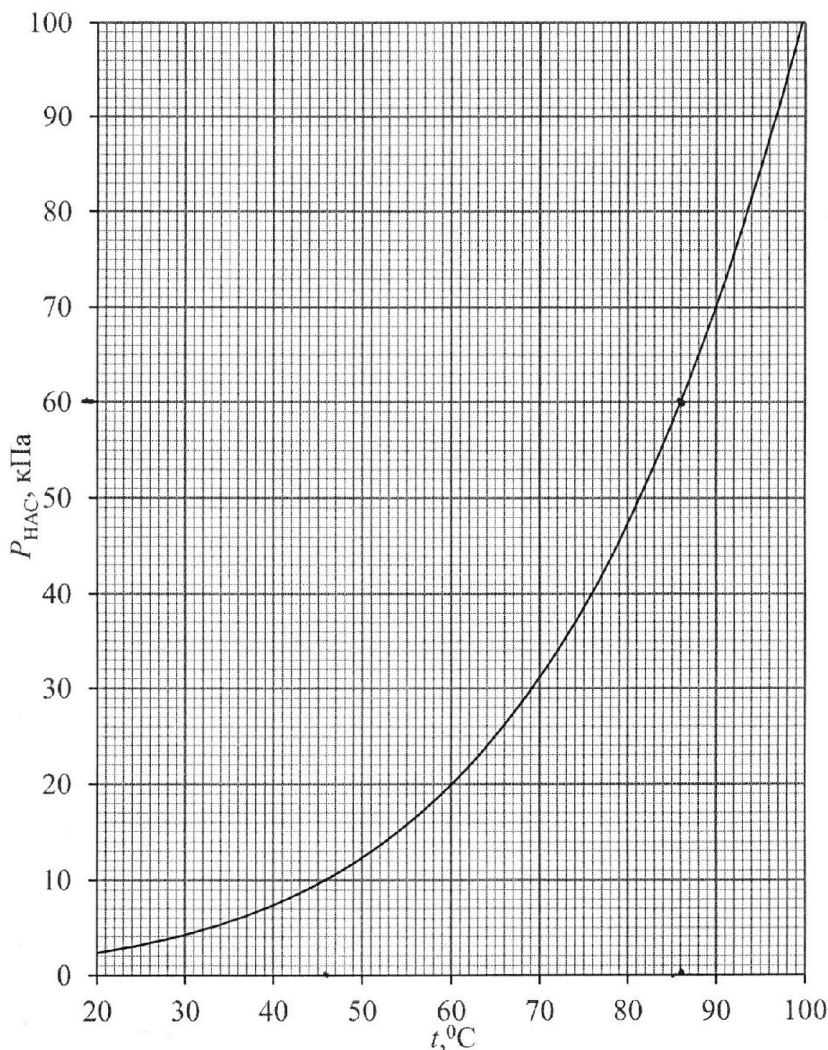


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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  $\phi_0 = 2/3$  (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.



$$\begin{array}{r} 319 : 2 = 1 \\ \begin{array}{r} 319 \\ \times 11 \\ \hline 319 \\ 319 \\ \hline 3509 \end{array} \end{array}$$



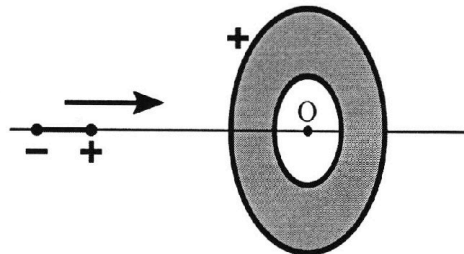
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-01

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



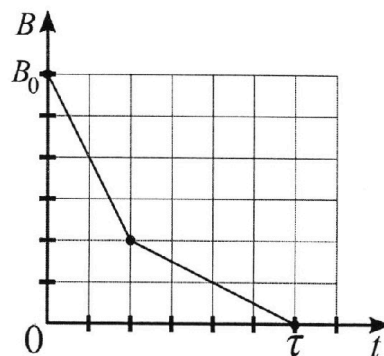
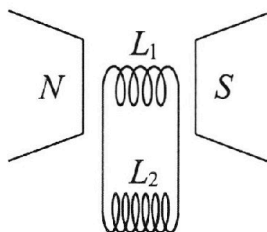
3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке  $O$ . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь)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

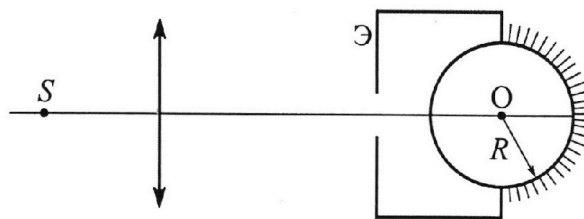
4. Катушка индуктивностью  $L_1 = L$  с числом витков  $n$  и площадью каждого витка  $S_1$  находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией  $B_0$ . Силовые линии поля перпендикулярны плоскости каждого витка. Вторая катушка индуктивностью  $L_2 = 4L$  находится вне поля (см. рис.). Сопротивление 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  $S$ , удаленный 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.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

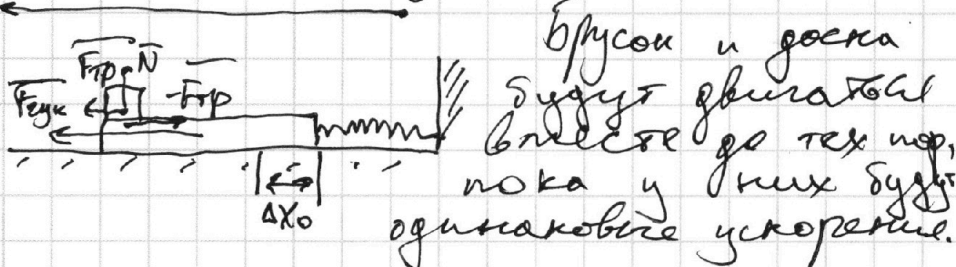
СТРАНИЦА  
1 из 4

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

$M = 2 \text{ кг}$   
 $m = 1 \text{ кг}$   
 $v_0 = 2 \text{ м/с}$   
 $k = 27 \text{ Н/м}$   
 $\mu = 0,3$   
 $\pi = 3$

$\Delta x_0$  - статиче пружины, когда начнётся  
отн движение бруска и доски

①



①  $\Delta x_0$  - ?

введем  $Ox$  как на рис.

②  $\Delta t_0$  - ?

Ускорение доски:

③  $a_1$  - ?

$$Ox: a_m = \frac{F_{тук} - F_{гр}}{M}$$

Ускорение бруска:  $Ox: a_m = \frac{F_{гр}}{m}$

Сила трения:  $F_{гр} = \mu \cdot N = \mu \cdot m \cdot g$  (предельный случай, когда сила трения покоя равна силе тр. скольжения)

Сила тук:  $F_{тук} = \Delta x \cdot k = \Delta x_0 \cdot k$ , в момент начала отн. движения.

$$a_m = a_m \Leftrightarrow \frac{\Delta x_0 \cdot k - \mu m g}{M} = \frac{\mu m g}{m}$$

$$\frac{\Delta x_0 \cdot k}{M} = \frac{\mu m g}{m} + \frac{\mu m g}{M}$$

$$\Delta x_0 = \frac{\mu g M}{k} + \frac{\mu m g}{k} = \frac{\mu g (M + m)}{k} =$$

$$\frac{0,3 \cdot 10 \text{ м/с}^2 \cdot (2 \text{ кг} + 1 \text{ кг})}{27 \text{ Н/м}} = \left( \frac{1}{3} \text{ м} \right)$$



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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 4

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

2)  $\Delta t_0$  - промежуток времени с начала ст. пруж. до нач. отн. движ. доски и бруска.

По нач. отн. движ. можно считать, что брусок и доска движутся как единое тело массой  $M+m$ .

по III з. Ньютона силы пружины покал будут равны, а значит ускорения будут определены только  $F_{\text{пж}}$ .

Ускорение бруска и доски:

$$\text{Ох: } a_0 = \frac{F_{\text{пж}}}{M+m} = -\frac{X \cdot k}{M+m}, \text{ где } X - \text{деформация}$$

пружинки. ( $X < 0$ , т.к. статие происходит покал. движ., то ось прав Ох)

$$a_0 + X \cdot \frac{k}{M+m} = 0$$

$$\ddot{X} + X \cdot \frac{k}{M+m} = 0 - \text{уравнение гармонич. колебаний.}$$

$$\omega^2 = \frac{k}{M+m}, \text{ тогда: } X = A \cdot \cos(\omega t + \alpha) =$$

$A$  - амплитуда колебаний

$$= A \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{M+m}} t + \alpha\right)$$

в мом. вр  $t=0$   $a_0=0$  (т.к. пружинка не деформ.)  
 $X=0$  (т.к. пруж. не деформ.)

$$0 = A \cdot \cos(\omega \cdot 0 + \alpha) = A \cdot \cos(\alpha) \Rightarrow \alpha = \frac{\pi}{2}$$

$$\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) = \sin(\omega t)$$

$$X = A \cdot \sin(\omega t)$$





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  
3 из 4

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

из п.1 известно, что при  $\Delta x_0 = \frac{1}{3} \text{ м}$  ( $x = -\frac{1}{3} \text{ м}$ )

$$a_0 = am = \frac{F_{\text{тр}}}{m} = \frac{\mu \cdot m \cdot g}{m} = \mu \cdot g$$

(1)  $-\Delta x_0 = -\frac{1}{3} \text{ м} = A \cdot \sin(\omega \Delta t_0)$ , где  $\Delta t_0$  - время, которое надо найти.

~~$$a_0 = \mu g = \frac{A \cdot \sin(\omega \Delta t_0)}{\Delta t_0}$$~~

$$\ddot{x} = -A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega t)$$

(2)  $a_0 = \mu g = -A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \Delta t_0)$

из (1) берем  $A$ :

$$A = -\frac{\Delta x_0}{\sin(\omega \cdot \Delta t_0)}$$

(3) ( $\Delta x_0 \geq 0$ , т.к. это <sup>модуль</sup> смещение)

Допустим, что пружина с доской и далее рывком как единое целое. Тогда, по ЗСЭ:

$$\frac{(m+M) \cdot v_0^2}{2} = \frac{k \cdot x_k^2}{2}, \text{ где } x_k - \text{максимальное статическое сжатие пружины при таком движении.}$$

$$x_k^2 = \frac{(m+M) \cdot v_0^2}{k}$$

$$x_k = \sqrt{\frac{(m+M) v_0^2}{k}}$$

, а  $x_k = 2|A|$ , т.к. амплитуда колебаний - это расстояние от средней точки до крайней точки, а  $x_k$  - расстояние между крайними точками.

$$|A| = \frac{\sqrt{\frac{(m+M) v_0^2}{k}}}{2} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{(m+M) v_0^2}{k}}$$



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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
4 из 4

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

из (3) понятно, что  $A < 0$ , тогда:  $A = -\frac{1}{2} \sqrt{\frac{(m+M)v_0^2}{k}}$

$$-\Delta x_0 = -|A| \cdot \sin\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}} \Delta t_0\right)$$

$$\sin\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}} \Delta t_0\right) = \frac{\Delta x_0}{|A|}$$

$$\Delta t_0 = \arcsin\left(\frac{\Delta x_0}{|A|}\right) \sqrt{\frac{m+M}{k}} =$$

$$= \arcsin\left(\frac{\frac{1}{3}m}{\frac{1}{2} \sqrt{\frac{(1k+2k) \cdot (2Mc)^2}{27 \frac{M}{m}}}}\right) \sqrt{\frac{1k+2k}{27 \frac{M}{m}}} =$$

$$= \arcsin(1) \sqrt{\frac{1+2k}{27 \frac{M}{m}}} = \frac{\pi}{2} \cdot \frac{1}{3} c = \left(\frac{1}{2} c\right)$$

3) скорость  $v_T$  при начале отн. движен.  
(из ур. 6 из п. 1)

$$v_T = \dot{x} = -\frac{1}{2} \sqrt{\frac{(m+M)v_0^2}{k}} \cdot \sqrt{\frac{k}{m+M}} \cdot \cos\left(\sqrt{\frac{k}{m+M}} \Delta t_0\right)$$

тогда:

энергии системы при начале отн. движен:

$$E_k = \frac{k \cdot \Delta x_0^2}{2} + \frac{(m+M)v_T^2}{2}$$

при отн. движении

Ответ: 1)  $\Delta x_0 = \frac{1}{3} m$  2)  $\Delta t_0 = \frac{1}{2} c$



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.

1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
1 из 4

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

$$P_0 = 150 \text{ кПа}$$

$$t_0 = 86^\circ \text{C}$$

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

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

$$86 + 273 = 359 \text{ K}$$

$$46 + 273 = 319 \text{ K}$$

~~Нормальное давление  $P_1$  пара~~

~~$86^\circ \text{C}$  можно найти у графика, т.к. нормальное давление~~

~~пара — это и есть давление насыщенного пара при к.п.т.~~

$P_1 = 60 \text{ кПа}$  у графика.

1)  $P_1$

2)  $t^*$

3)  $\frac{V}{V_0}$  — ?

2)  $\varphi$  — коэффициент переноса для пар. условий:

пар:

$$P_1 \cdot V_0 = \frac{m_p}{M_p} \cdot R \cdot T_0, \text{ где } m_p - \text{масса пара}$$

$M_p$  — молярная масса

возд.

$$T_0 = t_0 + 273 \text{ K}$$

$$\nu_p = \frac{m_p}{M_p}$$



воздух:

$$P_2 \cdot V_0 = \nu_v \cdot R \cdot T_0$$

отн. 1) влажность:  $\varphi = \frac{P}{P_{\text{нп}}}$ , где  $P$  — давление пара.

тогда при  $t = 86^\circ \text{C}$ :  $\varphi_0 = \frac{P_1}{P_{\text{нп}}} \Rightarrow P_1 = \varphi_0 \cdot P_{\text{нп}}$

давл. нас. пара при  $86^\circ \text{C}$ :  $P_{\text{нп}} = 60 \text{ кПа}$  (у графика)

тогда:  $P_1 = \varphi_0 \cdot P_{\text{нп}} = \frac{2}{3} \cdot 60 \text{ кПа} = 40 \text{ кПа}$

продолжение п. 2:

З.т.т.к. газ под корителем, то сверху на него всегда действует атмосферное давление  $\Rightarrow$  давление газа тоже const  $P = \text{const} \Rightarrow$

$\Rightarrow P_1 + P_2 = \text{const}$ , где  $P_1$  — давл. пара,  $P_2$  — воздуха.



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

1  
☐

2  
☒

3  
☐

4  
☐

5  
☐

6  
☐

7  
☐

СТРАНИЦА  
4 из 4

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

$$V \left(1 - \frac{P_{чб}}{P_0}\right) = V_0 \left(\frac{(P_0 - P_1) T}{P_0 \cdot T_0}\right) \quad P_{чб} = 10 \text{ кПа}$$

(из графика при  $t = 46^\circ\text{C}$ )

$$\frac{V}{V_0} = \frac{(P_0 - P_1) T \cdot P_0}{P_0 T_0 (P_0 - P_{чб})} =$$

$$= \frac{(150 \text{ кПа} - 40 \text{ кПа}) \cdot 319 \text{ К} \cdot 110}{359 \text{ К} (150 \text{ кПа} - 10 \text{ кПа})} =$$

$$= \frac{319 \cdot 11}{359 \cdot 14} = \frac{3509}{5026}$$

Ответ: ①  $P_1 = 40 \text{ кПа}$ ; ②  $t^* = 76^\circ\text{C}$ ;

$$\textcircled{3} \frac{V}{V_0} = \frac{3509}{5026}$$





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

СТРАНИЦА  
3 из 4

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

$v_B = \text{const}$  — кпд-во молей воздуха:  $v_B = \frac{P_2 \cdot V_0}{R T_0}$ ,

где  $P_2$  — парц. дав возд ( $P_2 = P_0 - P_1$ ) в начале.

ур. Клапейрона — Менделеева для всей смеси:  
в начале:

$$P_0 V_0 = (v_H + v_B) R T_0$$

в конце:

$$(P_0 = \text{const.})$$

$$P_0 \cdot V = (v_{Hk} + v_B) R T$$

$$V_0 = \frac{(v_H + v_B) R T_0}{P_0}$$

$$V = \frac{(v_{Hk} + v_B) R T}{P_0}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{(v_{Hk} + v_B) T}{(v_H + v_B) T_0} = \frac{\left( \frac{P_{H6} \cdot V}{R T} + \frac{(P_0 - P_1) V_0}{R T_0} \right) T}{\left( \frac{P_1 V_0}{R T_0} + \frac{(P_0 - P_1) V_0}{R T_0} \right) T_0} =$$

$$= \frac{P_{H6} \cdot V}{P_0} = \frac{\left( \frac{P_1 V_0}{R T_0} + \frac{(P_0 - P_1) V_0}{R T_0} \right) T_0}{P_0}$$

$$V = \frac{\left( \frac{P_{H6} \cdot V}{R T} + \frac{(P_0 - P_1) V_0}{R T_0} \right) T \cdot R}{P_0}$$

$$V = \frac{P_{H6} V}{P_0} + \frac{(P_0 - P_1) V_0 \cdot T}{P_0 T_0}$$



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  
2 из 4

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

абсолют. темп.  $t^*$ :  $T^* = t^* + 273K$

при изобарич. процессе  $V \sim T \Rightarrow \frac{T}{V} = \text{const.}$

парциал. давление пара и возг. при изобарич. температуре:

пар:  $P_1 = \frac{\nu_{\text{п}} \cdot R T}{V}$  (из ур. Клапейрона-Менделеева)

возг:  $P_2 = \frac{\nu_{\text{в}} R T}{V}$   $\frac{T}{V} = \text{const} \Rightarrow$  при  $\nu_{\text{п}} = \text{const}$   
 $P_1 = \text{const}$

при  $\nu_{\text{в}} = \text{const}$

тогда  $P_1 = \text{const.}$  до тех пор, пока  $P_1$  не станет  $P_{\text{нп}}$  при какой-л.  $T$ .  
(давл. нас.)

$P_2 = \text{const.}$

тогда пар начнет конденсироваться.

температуры, при которой конденсирование  $t^*$ -надо найти.  $\Rightarrow t^*$  - температура, при которой

$P_{\text{нп}} = P_1$ , если мы находим в п. 1

из графика  $t^*$ , при которой  $P_{\text{нп}} = P_1 = 40 \text{ кПа}$

это  $76^\circ\text{C} \Rightarrow t^* = 76^\circ\text{C}$

нап. кол-во молей пара:

$\nu_{\text{п}} = \frac{P_1 \cdot V_0}{R T_0}$  (из ур. Клапейрона-Менделеева)

конечное:

$\nu_{\text{пк}} = \frac{P_{\text{нп}} \cdot V}{R T}$

где  $P_{\text{нп}}$  - давл. нас. пар при  $t = 76^\circ\text{C}$   
 $V, T$  - конечные  $V, T$ .



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

при старте тела с макс. ск  $v_0$   $v_y = 0$ , а  
при старте с большей скоростью макс. Энерг.  
больше  $\Rightarrow$  при пролёте <sup>перезвон</sup> будет скорость  $v_y > 0$

$$\frac{m \cdot 4v_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{mv_y^2}{2}$$

$$v_y^2 = 3v_0^2$$

$$v_y = \sqrt{3} v_0$$

Ответ: 1)  $v_y = \sqrt{3} v_0$



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.

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!

$v_0$   
 $2v_0$   
 1)  $v_{\text{к}} = ?$   
 2)  $v_{\text{max}} - v_{\text{min}}$

и все кин. энергия диполя переходит в потенциальную энергию взаимодействия диполя и кольца. (конечная скорость > скорость) при пролете через кольцо  
 В начале они на бесконечном удалении  $\Rightarrow$  потенц. энерг. в начале 0.  $E_{\text{ки}} = 0$   
 конеч. потенц. энергии обозначим  $E_{\text{п}}$   
 ЗСД при кон. скорости  $v_0$ :  

$$\frac{mv_0^2}{2} = E_{\text{п}} \Rightarrow \text{потенциальная энергия в кон. сл: } E_{\text{п}} = \frac{mv_0^2}{2}, \text{ где}$$
 $m$  - масса диполя (неизвестна)  
 Если диполь стартует со ск.  $2v_0$ , то это все вписывается на  $E_{\text{ки}}$  и  $E_{\text{п}}$ , т.к. скорость диполя не вписывается на конечное и кон. положение диполя и кольца друг. отн. друг.а. тогда ЗСД при  $2v_0$ :  

$$\frac{m(2v_0)^2}{2} = E_{\text{п}} + \frac{mv_{\text{к}}^2}{2}$$





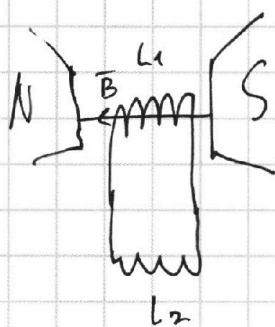
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
1 из 4

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

$L_1 = L$   
 $n$   
 $S_1$   
 $B_0$   
 $L_2 = 4L$   
 $\tau$   
 $I_0 = ?$   
 $q_1 = ?$



Поток через верх катушки:

$$\Phi_1 = B \cdot S_1 \cdot n$$

$$S_1, n - \text{const} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \dot{\Phi}_1 = \dot{B} S_1 n$$

$$\mathcal{E}_i = -\dot{\Phi}_1 = -\dot{B} S_1 n \quad - \text{эдс индуцируется в верхней катушке.}$$

из графика понятно, что есть 2 участка с равномерным уменьшением поле  $B$ .

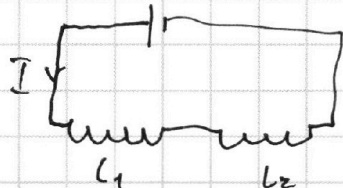
~~$B$  в точке  $t = \tau$  это угл наклона касательной к  $Ox$~~

изменение потока ( $B$ ) на втором участке:  
ке:  $\dot{B} = -\frac{2B_0}{4\tau} =$  (уменьшение равномерн. и за  $\frac{2}{3}\tau$   $B$  уменьшился на  $\frac{1}{3}B_0$ )  
 $= -\frac{1}{2} \frac{B_0}{\tau}$

$$\mathcal{E}_i = \frac{1}{2} \frac{B_0}{\tau} \cdot S_1 \cdot n \quad \text{при } t = \tau$$

т.к.  $R = 0$  (идеал.), то  $\mathcal{E}_i = \mathcal{E}_{iS_1} + \mathcal{E}_{iS_2}$  - эдс самоиндукции I и II катушки.

можно  $\mathcal{E}_i$  представить так:



$\mathcal{E}_i$  - эквивалентный источник.

$$\mathcal{E}_{iS_1} = L_1 \cdot \dot{I} = L \dot{I}$$

$$\mathcal{E}_{iS_2} = L_2 \cdot \dot{I} = 4L \dot{I}$$



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  
2 из 4

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

тогда:  $\frac{1}{2} \frac{B_0}{r} S_1 \cdot h = L \dot{I} + 4L \dot{I} = 5L \dot{I}$

$\dot{I} = \frac{B_0 S_1 \cdot h}{10 r L}$  - скорость уменьшения тока на 2 уз.,

обозначим как  $\dot{I}_2$ .

Аналогично для 1 участка:

$\dot{B} = -\frac{2B_0}{r}$

$\mathcal{E}_1 = \frac{2B_0}{r} S_1 \cdot h \quad \mathcal{E}_1 = \mathcal{E}_{1s1} + \mathcal{E}_{1s2}$

$\frac{2B_0}{r} \cdot S_1 \cdot h = L \cdot \dot{I}_1 + 4L \dot{I}_1 = 5L \dot{I}_1$

$\dot{I}_1 = \frac{2B_0 S_1 \cdot h}{5L r}$  - скорость уменьшения на 1 уз.

учитывая что  $I = 0$ , т.к. внешнее поле  $B = \text{const} \Rightarrow \mathcal{E}_1 = 0$

тогда ток  $I_0$ :  $I_0 = \dot{I}_1 \cdot \frac{1}{3} r + \dot{I}_2 \cdot \frac{2}{3} r$

(т.к. 1 участок длиннее  $\frac{1}{3} r$ , а второй  $\frac{2}{3} r$ )

$I_0 = \frac{2B_0 S_1 \cdot h}{5L \cdot r} \cdot \frac{1}{3} r + \frac{B_0 \cdot S_1 \cdot h}{10 r L} \cdot \frac{2}{3} r = \frac{3}{15} \frac{B_0 S_1 h}{L} =$

$= \left( \frac{1}{5} \frac{B_0 S_1 h}{L} \right)$

2) q-заряд, протекающий через катушку  $L$  за время выключения.



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  
3 из 4

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

Заряд:  $q = \int_{\tau} I(t) dt$  | в п. 1 были найдены скорости  
численные токи серы катушки  
на 2 участках.  
исчисляем заряд отдельно на  
каждом участке.

I участок: начальный ток  $I_H = 0$

$$\dot{I}_1 = \frac{2 B_0 S_1 \cdot n}{5 L \tau}$$

тогда ток в мом. вр.  $t$  на I уз:

$$I_1 = I_H + \dot{I}_1 \cdot t = \frac{2 B_0 S_1 \cdot n}{5 L \tau} \cdot t$$

Заряд:

$$q_{11} = \int_0^{\frac{1}{3}\tau} \frac{2 B_0 S_1 \cdot n}{5 L \tau} \cdot t \cdot dt = \frac{B_0 S_1 n \tau^2}{5 L \tau} \Big|_0^{\frac{1}{3}\tau} =$$

$$= \frac{B_0 \cdot S_1 \cdot n \cdot \frac{1}{9} \tau^2}{5 L \tau}$$

конечный ток на I уз -  
это начальный на II уз:

$$I_{1K} = I_{2H} = \dot{I}_1 \cdot \frac{1}{3} \tau = \frac{2 B_0 S_1 \cdot n}{15 L}$$

II участок:

ток в мом. вр.  $t$  на II уз:

$$I_2 = I_{2H} + \dot{I}_2 t = \frac{2 B_0 S_1 n}{15 L} + \frac{B_0 S_1 \cdot n}{10 \tau L} t$$

(будем считать, что в начале II участка  $t=0$ )

$$q_{12} = \int_0^{\frac{2}{3}\tau} \left( \frac{2 B_0 S_1 n}{15 L} + \frac{B_0 S_1 \cdot n}{10 \tau L} t \right) dt =$$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
4 ИЗ 4

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

$$= \left( \frac{2B_0 \sin \omega t}{15L} + \frac{B_0 \sin^2 \omega t}{20\tau L} \right) \Big|_0^{\tau} =$$

$$= \frac{2 \cdot 2 B_0 \sin^2 \tau}{15 \cdot 3 L} + \frac{4 B_0 \sin^2 \tau}{20 \cdot 9 \cdot L}$$

Суммарный заряд:  $q_1 = q_{11} + q_{22} =$

$$= \frac{B_0 \sin^2 \tau}{L} \left( \frac{1}{45} + \frac{4}{45} + \frac{4}{180} \right) = \frac{6}{45} \frac{B_0 \sin^2 \tau}{L} = \left( \frac{2}{15} \frac{B_0 \sin^2 \tau}{L} \right)$$

Ответ: 1)  $I_0 = \frac{1}{5} \frac{B_0 \sin \omega}{L}$  ; 2)  $q_1 = \frac{2}{15} \frac{B_0 \sin^2 \tau}{L}$





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**.



СТРАНИЦА  
1 из 4

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

$$F$$

$$a = 1,5F$$

$$b = \frac{8}{3}F$$


---

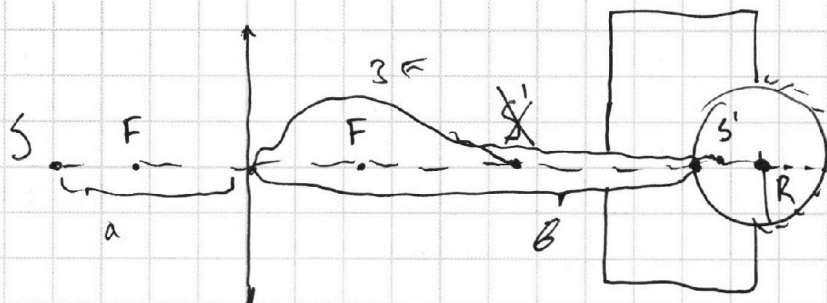
1)  $R = ?$

---


$$\Delta = 2F$$


---

2)  $n_{\text{ш}} = ?$



найдем изображение  $S$ , созданное линзой (до попадания лучей в шар.)

Формул. тонк. линзы:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{d} = \frac{1}{F}, \text{ где } a - \text{расст. до ист. } d - \text{расст. до устр.}$$

$$\frac{1}{d} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a} = \frac{a - F}{aF}$$

$$d = \frac{aF}{a - F} = \frac{1,5F^2}{1,5F - F} = 3F.$$

Тогда по закону одн. световых лучей, чтобы устр. источника совпало с источником, нужно, чтобы  $S'$  совпало с изображением  $S'$  после шара. (т.к. в  $S'$  фокусируются лучи и полностью, что  $S'$  - источник.)

найдем расст. от  $S'$  до ближн. точки шара ( $a_1$ )

$$a_1 = b - d = \frac{8}{3}F - 3F = -\frac{1}{3}F \Rightarrow S' \text{ находится}$$

внутри шара.



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

1  
☐

2  
☐

3  
☐

4  
☐

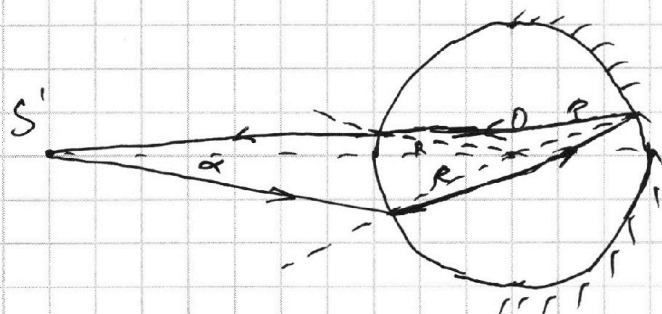
5  
☒

6  
☐

7  
☐

СТРАНИЦА  
4 ИЗ 4

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



Ответ: 1)  $R = \frac{1}{3} F$



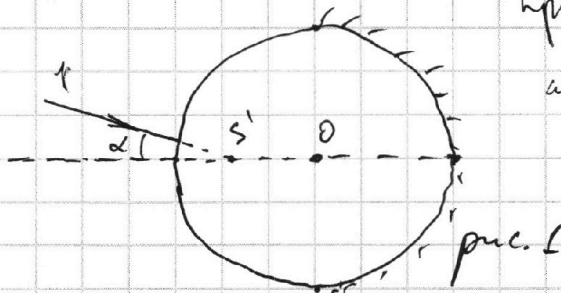
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

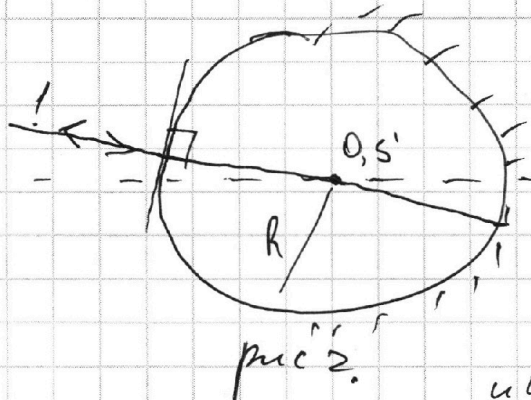
СТРАНИЦА  
2 из 4

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

Рассмотрим шар ниже:



продолжение луча 1 пересекать  
с гл. опт. осью в Т. S'



Заметим, что если  
точки O и S' сов-  
падают, то  
луч 2 проходит  
через центр шара  
и идёт по радиусу, а

касательная к поверхности шара перпенди-  
кулярна радиусу, проведённому в эту  
же точку. тогда луч перпендикулярен по-  
верхности и не будет преломляться.

То же справедливо при отражении от  
зеркальной поверхности.

А так как центр совпадет с источником при  
идеальном  $n_{\text{ш}}$  (показ преломл. шара), то луч  
не должен преломляться при прохождении  
серез шар (т.к. шара  $n_{\text{ш}}$  будет везде наход  
луча). А это возможно только если



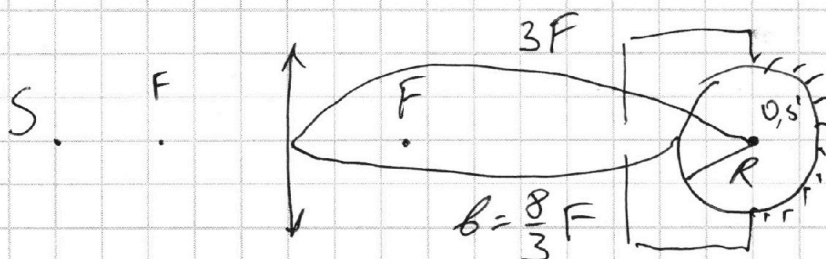
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
3 из 4

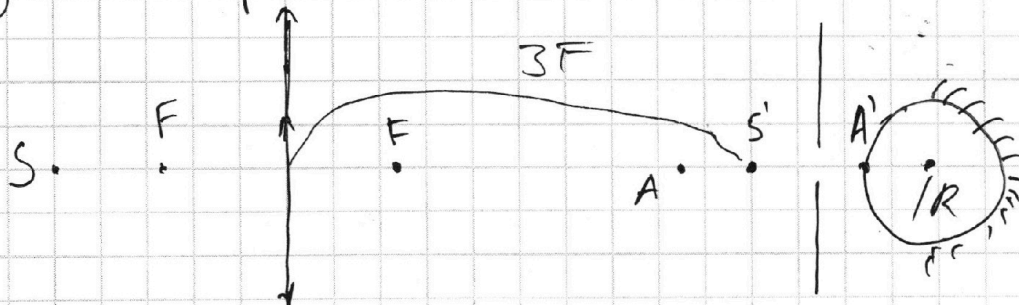
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

точки  $S'$  и  $O$  совпадают.  $\Rightarrow R$  — это расстояние от  $S'$  до ~~крайней~~ левой точки моря петангет на ч. оит. оскы, а как мы ранее выяснили оно равно:  $a_1 = -\frac{1}{3}F$  (см. рис. 3)



тогда  $R = |a_1| = 3F - b = \frac{1}{3}F$

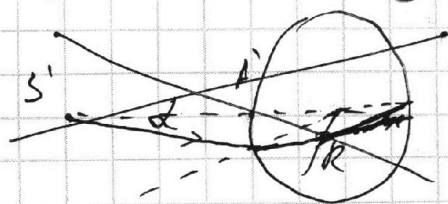
2) после перемещения:



т. А — бывшая крайняя левая точка моря.

$$S'R = \Delta = 2F \quad S'A' = 2F \Rightarrow R = \frac{2}{3}F \quad (R = \frac{1}{3}F)$$

Рассмотрим луг, исходящий из  $S'$ :





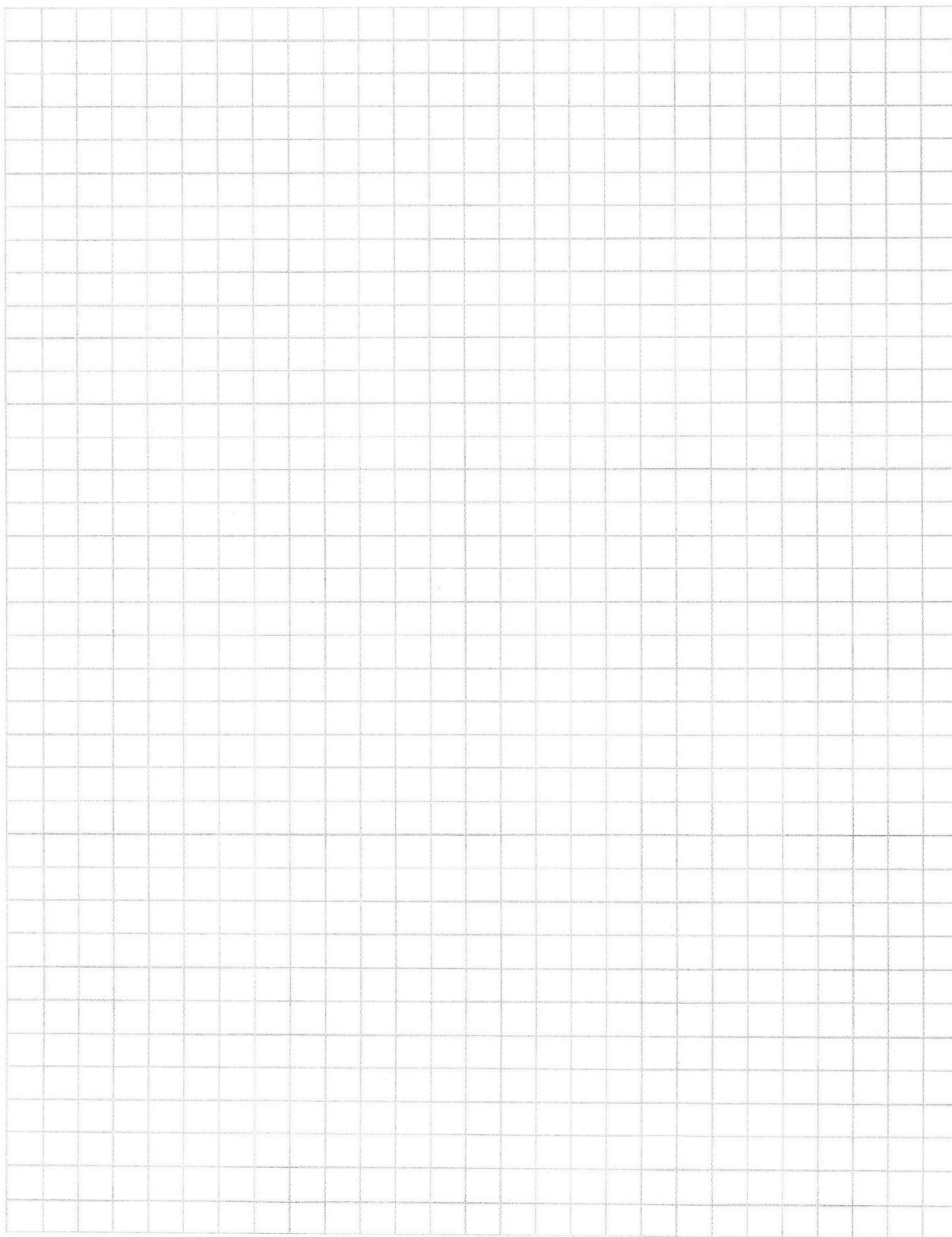


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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

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

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!

