



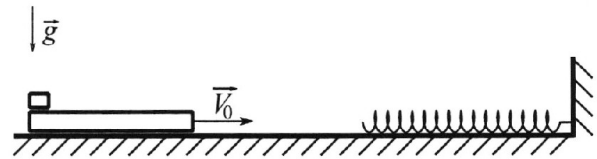
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

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 $V_0 = 1$ м/с. В некоторый момент доска начинает сжимать лежащую на поверхности легкую достаточно длинную пружину с коэффициентом жёсткости $k = 36$ 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/с². Число «пи» в расчётах можете считать равным $\pi \approx 3$. Груз и доска всё время движутся в одной вертикальной плоскости.

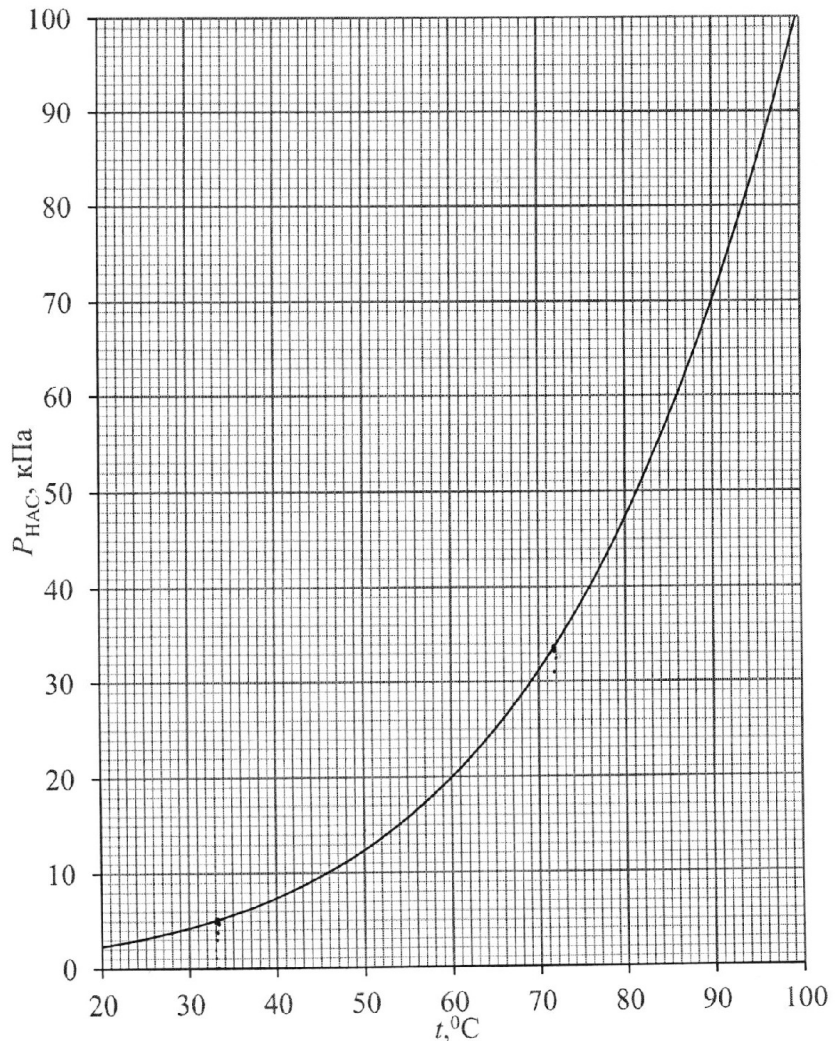


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

2. В вертикальном цилиндре с гладкими стенками под массивным поршнем находится влажный воздух при давлении $p_0 = 105$ кПа, температуре $t_0 = 97$ °С и относительной влажности $\varphi_0 = 1/3$ (33,3%). Содержимое цилиндра постепенно остывает до температуры $t = 33$ °С. Известен график зависимости давления насыщенного пара воды от температуры.

- 1) Найти парциальное давление пара P_1 при 97 °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.





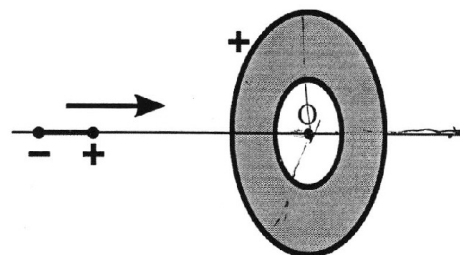
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

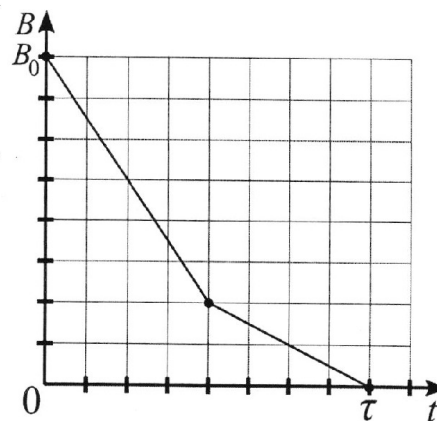
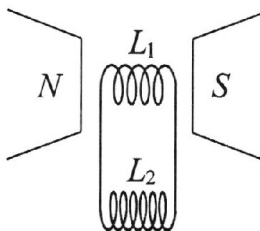


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется 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 $\frac{3}{2}V_0$.



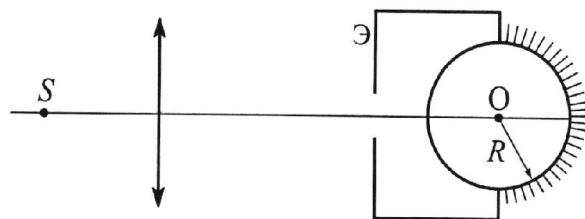
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

4. Катушка индуктивностью $L_1 = L$ 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 $L_2 = 3L$ 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_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 $a = 1,1F$ (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 $b = 10,5F$, 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 $\Delta = 5,5F$, изображение источника снова совпало с самим источником.

- 2) Найти показатель преломления вещества шара.

Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран $\mathcal{E}$ обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.

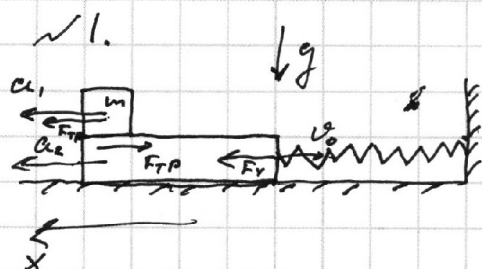


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 ИЗ 1

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



наше движение как $a_1 \neq a_2$ значит
сдвиг. движение μ : $F_{TP} = \mu N$
по II ЗН:

$$\text{О.Х: } 1) F_{TP_{\max}} = \mu N$$

$$2) F_y - F_{TP_{\max}} = M a$$

$$F_y = F_{TP} \left(\frac{M}{m} + 1 \right)$$

$$F_{TP_{\max}} = \mu mg \quad F_y = kx$$

$$x = \frac{\mu mg}{k} \left(\frac{M}{m} + 1 \right) = \frac{1}{4} \text{ м} = 0,25 \text{ м}$$

до момента отн. движение можно рассматривать
как одно тело

2 ЗН

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

$$\ddot{x} - \frac{k}{M+m} x = 0$$

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

синусоида ω ЗСД $\frac{kA^2}{2} = \frac{(M+m)\omega^2}{2}$

$$\Rightarrow A = \sqrt{\frac{1}{12}} \text{ м}$$

$$x = A \sin(\omega t) = \sqrt{\frac{1}{12}} \cdot \sin(\sqrt{12} \cdot t) = 0,25$$

$$\sin(\sqrt{12} \cdot t) = \sqrt{\frac{3}{4}} = \frac{\sqrt{3}}{2}$$

$$t \cdot \sqrt{12} = \frac{\pi}{3} \text{ с}$$

$$a = A \cdot \omega^2 = \sqrt{\frac{1}{12}} \cdot \sqrt{12} = \frac{1}{\text{с}^2} \quad t = \frac{\sqrt{12}}{36} \text{ с} = \frac{\sqrt{3}}{9} \text{ с}$$

Ответы: 1) 25 см 2) $\frac{\sqrt{3}}{9} \pi \text{ с}$ 3) $\frac{1}{\text{с}^2}$



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 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!

№2.

влажность $\varphi_0 = \frac{p_i}{p_{\text{нп}_{97^\circ}}$

из графика $p_{\text{нп}_{97^\circ}} = 91 \text{ кПа}$

$p_{\text{нп}_{97^\circ}}$ — давление насыщенного пара при 97°C

$p_i = \varphi_0 p_{\text{нп}_{97^\circ}} = 30,33 \text{ кПа}$

пожалуй стенки гладкие, то давление внутри сосуда $p = p_0 = 105 \text{ кПа} = \text{const}$

конденсация начнется, когда $p_i = p_{\text{нп}_{t^*}}$ — давление насыщенного пара при t^*

по графику $t^* \approx 71,5^\circ\text{C}$

$p_{\text{воздух}_1} = (p_0 - p_i) = 74,67 \text{ кПа}$

$p_{\text{воздух}_2} = (p_0 - p_{\text{нп}_{33^\circ}}) = 100 \text{ кПа}$ — парциальное давление в газе без воды

из Менделеева-Клапейрона

$$\frac{p_{\text{воздух}_1} V_0}{t_0} = \frac{p_{\text{воздух}_2} V}{t}$$

$$\frac{V}{V_0} = \frac{p_{\text{воздух}_1} t}{p_{\text{воздух}_2} t_0} = \frac{74,67 \cdot 306}{100 \cdot 370} \approx \frac{3}{5}$$

Ответ: 1) $30,33 \text{ кПа}$ 2) $71,5^\circ\text{C}$ 3) $\frac{3}{5} = \frac{V}{V_0}$



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 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.

для диска в центре потенциал = 0, как и на бесконечности $\Rightarrow V = \frac{3}{2} V_0$

потенциал диска $\varphi = \varphi_+ + \varphi_-$

минимальная скорость, когда $\varphi_+ = \max$
 $|\varphi_-| = \min$

максимальная скорость, когда $\varphi_+ = \min = |\varphi_-|_{\min}$
 $|\varphi_-| = \max = \varphi_{+ \max}$

из-за положительного заряда диска

$V_{\min}$ соответствует, когда в центре (+) $\varphi = \varphi_1 = \varphi_{+ \max} + \varphi_{- \min}$

$V_{\max}$ когда в центре (-) $\varphi = \varphi_2 = \varphi_{+ \min} + \varphi_{- \max}$

$$m V_0^2 = 3 C \varphi_1 \cdot d$$

$$m 2,25 V_0^2 = \varphi_1 \cdot d + m V_{\min}^2$$

$$V_{\min}^2 = \sqrt{\frac{5}{4}} V_0^2$$

$$m 2,25 V_0^2 = \varphi_2 \cdot d + m V_{\max}^2 = -\varphi_1 \cdot d + m V_{\max}^2$$

$$V_{\max}^2 = \sqrt{\frac{13}{4}} V_0^2$$

$$\frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \sqrt{\frac{13}{5}}$$

Ответ: 1.) $\frac{3}{2} V_0$ 2.) $\sqrt{\frac{13}{5}}$



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

1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
1 из 1

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

~ 4.

$$L_0 \Delta I = \Delta \Phi$$

$$\Delta \Phi = \cancel{\mu S} \mu S \cdot \Delta \beta$$

$$L_0 \Delta I = \mu S \Delta \beta$$

$$I_0 = 0$$

$$I_0 = \frac{\mu S \beta_0}{L_1 + L_2} = \frac{\mu S \beta_0}{4L}$$



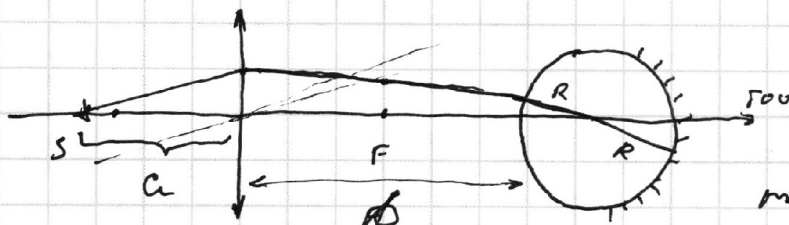
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 1

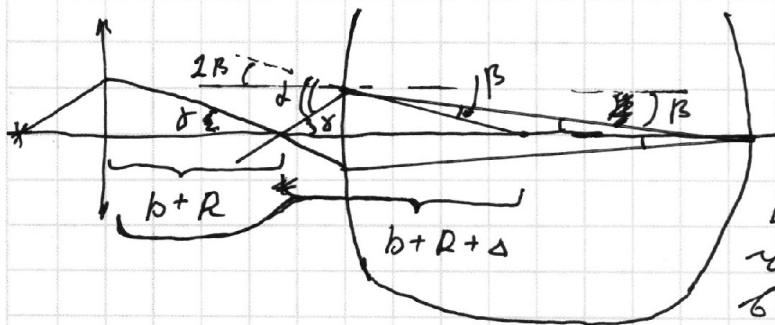
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№5.



по формуле тонкой линзы

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b+R} \Rightarrow R = \left(\frac{1}{F} - \frac{1}{a} \right)^{-1} - b = 11F - 10,5F = 0,5F$$



рисую не в левом
чаще для наглядности

переходим от геометрии
кратчайшей линии,
чтобы найти падение
в заданную часть линзы
чтобы отсечь часть линзы
перпендикулярно ГОО.

т.к. угол падения и отбоя части по
норме считаем плоской, то.

$$(\Delta - R) \operatorname{tg} \gamma = 2R \operatorname{tg} \beta$$

$$\gamma (\Delta - R) = 2R \beta$$

$$\Delta = 2\beta + \gamma$$

по закону Бреггса

$$\Delta = \eta \beta \Rightarrow \eta = \frac{\Delta}{\beta} = \frac{2\beta + \gamma}{\beta} = 2 + 0,2 = 2,2$$

Ответ: $R = 0,5F$; $\eta = 2,2$



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
☐

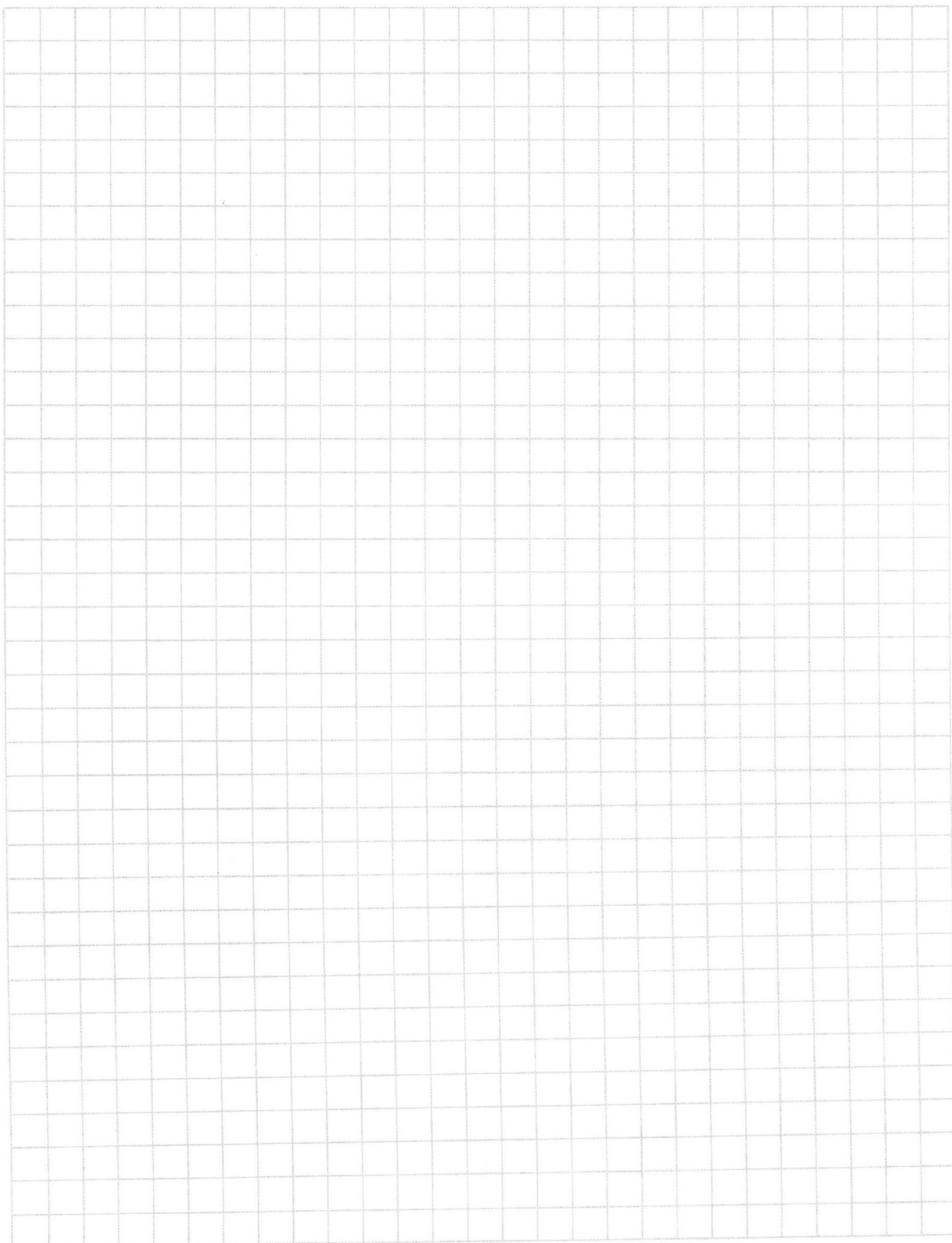
5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
__ 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!



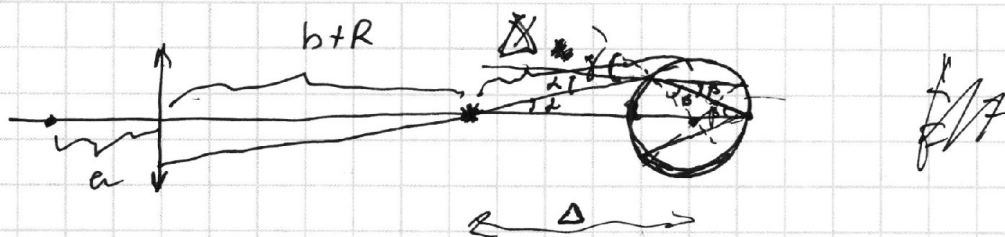


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении **каждой задачи отдельно**.

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!



27
12
14

$$(\Delta - R) \approx \beta \cdot 2R \quad \Delta = \frac{1}{5} \beta$$

$$\beta \cdot 2R \approx \Delta (\Delta - R)$$

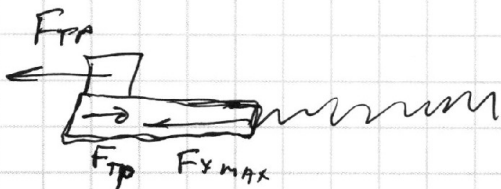
$$t = \frac{1}{4} T = \frac{1}{4} \cdot 2\pi \sqrt{\frac{m}{k}}$$

$$t = \frac{1}{2} \pi \sqrt{\frac{m+M}{k}} = \frac{1}{24} \cdot 8 \sqrt{3} = \frac{\sqrt{3}}{4}$$

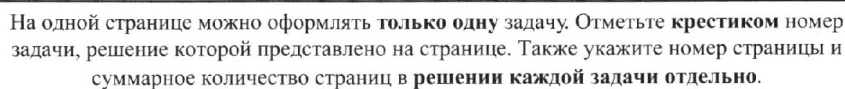
$$\gamma = 2\beta + \Delta$$

$$\gamma = \frac{1}{2} \beta$$

$$n = \frac{\gamma}{\beta} = \frac{2\beta + \Delta}{\beta} = 2 + 0,2 \approx 2,2$$



$$L_c = n S$$



СТРАНИЦА
ИЗ

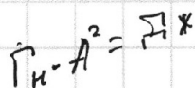
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

интенсивная скорость роста (+) в центре.
неинтенсивная, когда (-) в центре.

$H + Y \rightarrow \text{I} \rightarrow \text{I}^+$

~~Van - K - K + B~~

$\Delta \Phi = N S \Delta B$



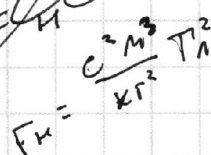
$$\frac{H^2}{T_n \cdot M} = H \cdot M$$

$$I_{\beta} \ell = H$$

$$A = T \cdot \frac{1}{c^2} = \frac{r}{c^2}$$

$$T_n = \frac{H}{A \cdot M}$$

$$A = \frac{M}{T_{\text{a.m.}}}$$



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b+R}$$

$$\Gamma_H \frac{A}{c} = \beta$$

$$\Gamma_H = \frac{\beta \cdot C}{A}$$

$$R = \left(\frac{1}{F} - \frac{1}{1,9F} \right)^{-1} = \frac{1,9}{11F} = 0,5F$$

$$T_H = \frac{B \cdot C}{H} T_L \cdot M$$

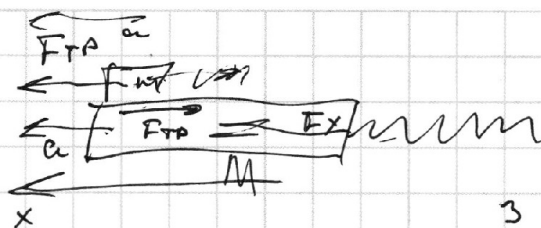


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.



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!



$$F_{TP} = ma$$

$$a = \frac{F_{TP}}{m}$$

$$F_x - F_{TP} = Ma$$

$$F_y = 2F_{TP} + Ma$$

$$kx = 2mg \cdot \frac{1}{36} = \frac{1 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 1}{36}$$

$$\frac{2}{3} = \frac{12}{36} \cdot x^2 \quad x^2 = \frac{1}{24}$$

$$x = \frac{mg(M+m)}{k}$$

$$F = ma$$

$$mg \cdot \frac{2}{3} = ma$$

$$x = \frac{1}{6} m$$

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

$$k \cdot \frac{1}{6} = \frac{1}{4} m$$

$$kx = c(m+M)$$

$$m \cdot \frac{1}{6} - (M)x = 0$$

$$t = \frac{1}{4} T =$$

$$\frac{1}{24}$$

$$\frac{1}{25}$$

$$F_y = F_{TP} + F_{TP} \frac{M}{m}$$

$$0,2$$

$$kx = 2mg \cdot \frac{3}{36} \left(1 + \frac{M}{m}\right)$$

$$x = \frac{1 \cdot 10 \cdot 2 \cdot 3 \cdot 3}{36} = \frac{1}{4} m = 25 \text{ cm}$$

$$T = \frac{2\pi}{\omega}$$

$$t = \frac{1}{4} T = \frac{\pi}{2} \sqrt{\frac{M+m}{k}} = \frac{3}{12} \sqrt{3} \quad \frac{\sqrt{3}}{4}$$

$$kx^2 = (M+m) \cdot \frac{1}{36} \cdot 3$$



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.

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!

$$v = v_0 - at = 1 \frac{m}{c} - \sqrt{3}$$

$$\frac{(M+m)v^2}{2} + \frac{kx^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{kx_{max}^2}{2}$$

$$\frac{(M+m)v_0^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} + \frac{kx_{max}^2}{2}$$

$$F_x - mg_x = Ma$$

$$kx - mg_x = M\ddot{x}$$

$$-\left(\frac{k}{M}\right)x = -\frac{mg_x}{M}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$$

$$\frac{v_0 - v}{p_0 - p_1} = \frac{1}{V}$$

$$p_0 v_0 = p_1 v$$

$$p_1 = (p_0 - p_1)$$

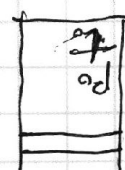
$$t^* \approx 710$$

$$T = 33^\circ C$$

$$T_0 = 92^\circ C$$

$$p_0 = 105 \text{ kPa}$$

$$V_0 = \frac{3}{1}$$



$$p_1 = p_{H_0} V_0 = \frac{3}{16} \text{ kPa}$$

$$V_0 = \frac{p_{H_1}}{p_{H_0}}$$

$$p_{H_0} = 91 \text{ kPa}$$

$$p_{H_1} = p_{H_0} V_0$$