



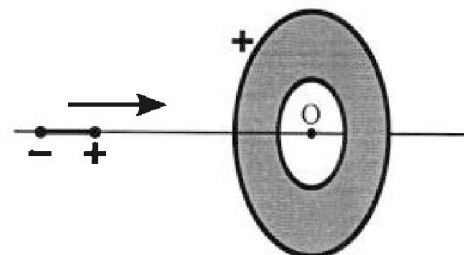
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

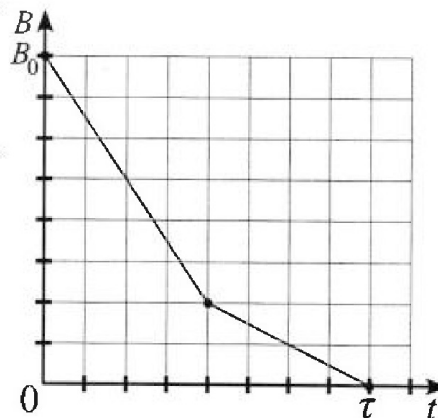
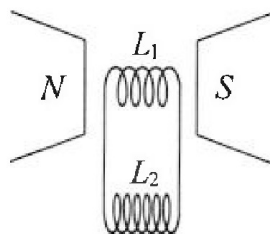


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



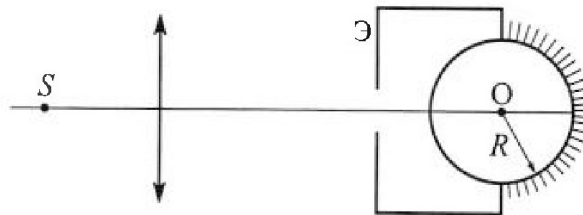
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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.

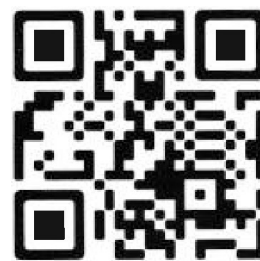
Отражение света от наружной поверхности шара пренебрежимо мало. Экран $\mathcal{E}$ обеспечивает малость углов α лучей (падающих на шар) с оптической осью и справедливость приближения $\sin \alpha \approx \alpha$.



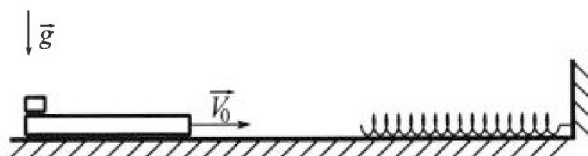
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

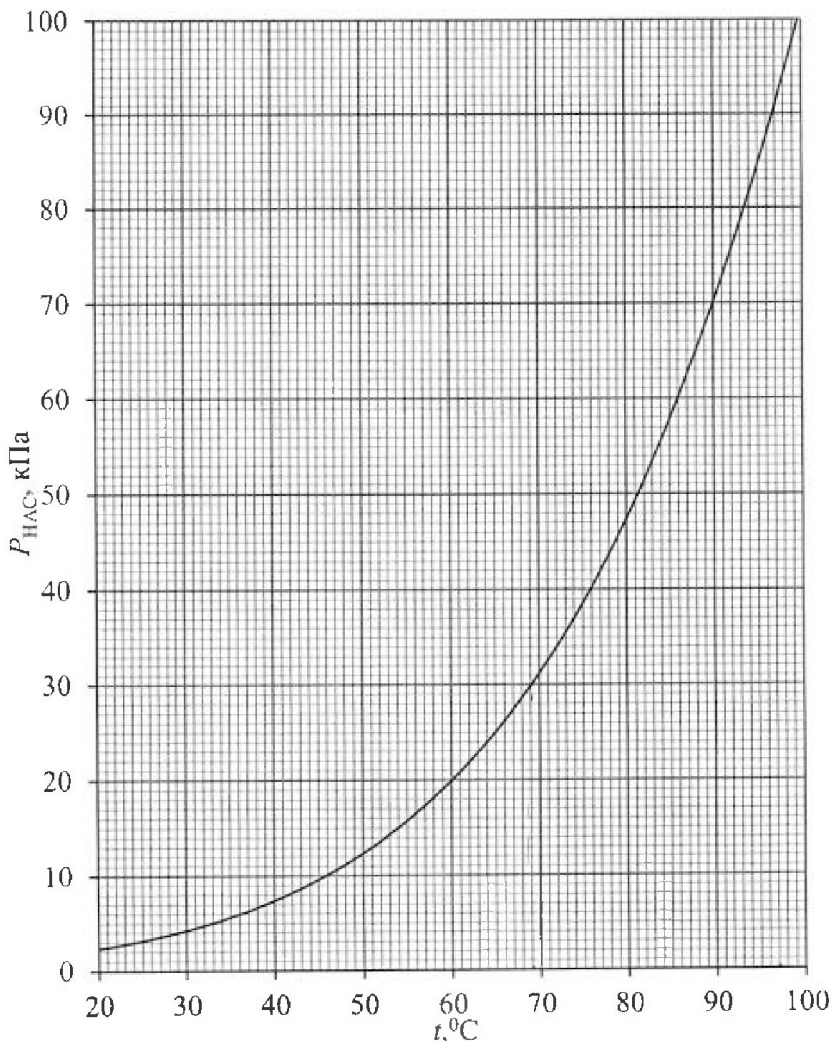


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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.



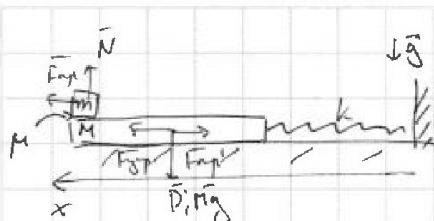


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



№ 1

Дано: $M = 2 \text{ кг}$, $m = 1 \text{ кг}$, $v_0 = 1 \text{ м/с}$, $k = 36 \text{ Н/м}$, $\mu = 0,3$
Найти: 1) Δx в момент съезда груза
2) τ от контакта с пружиной до прекращения
3) ускорение доски в момент макс. статист

Решение

1) По 2-й закону Ньютона для доски и груза вдоль оси x :

$$\begin{cases} Ma = F_{\text{спр}} - F_{\text{тр}} \\ ma = F_{\text{тр}} \end{cases} \quad \text{По 3-й закону Ньютона } F_{\text{тр}}' = F_{\text{тр}} \quad \left| \begin{array}{l} F_{\text{спр}} = k \Delta x \\ a_1 = a_2 \text{ т.к. проскальзывания нет} \end{array} \right.$$

$$\Rightarrow \frac{k \Delta x + F_{\text{тр}}}{M} = \frac{F_{\text{тр}}}{m} \Rightarrow k \Delta x = \frac{M+m}{m} F_{\text{тр}} \quad \text{в момент проскальзывания: } F_{\text{тр}} = \mu N = \mu mg$$

$$\Rightarrow \Delta x = \frac{M+m}{k \mu} \mu g = \frac{3 \text{ кг} \cdot 0,3 \cdot 9,8}{36} = \frac{1}{4} \text{ м}$$

2) До прекращения

$(M+m)a = F_{\text{спр}}$ В момент $t=0$ - т.к. соприкосновения груза и пружины $\Rightarrow$

$$(M+m)\ddot{x} = -kx \quad \text{у-е гармонических колебаний с } \omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}} = \sqrt{\frac{36}{5}} = 2\sqrt{5}$$

$$\Rightarrow x = A \cos(\omega t + \varphi_0) \quad x(0) = 0 \Rightarrow \begin{cases} A = \frac{v_0}{\omega} \\ \varphi_0 = -\frac{\pi}{2} \end{cases} \quad \text{В момент } \tau$$

$$\Rightarrow \cos(\omega \tau - \frac{\pi}{2}) = \frac{v_0}{A} = \frac{v_0}{\frac{v_0}{\omega}} = \omega \tau = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \omega \tau = \frac{\pi}{2} \Rightarrow \tau = \frac{\pi}{2\omega} = \frac{\pi}{2 \cdot 2\sqrt{5}} = \frac{\pi}{4\sqrt{5}}$$

$$\Rightarrow \omega \tau = \frac{\pi}{2} - \frac{\pi}{6} = \frac{\pi}{3} \quad \tau = \frac{\pi}{3\omega} \approx \frac{1}{2\sqrt{5}} \text{ с}$$

3) В момент прекращения v_1 груза и пружина равна $-A\omega \sin(\omega \tau - \frac{\pi}{2}) = -v_0 \cdot \sqrt{1 - \frac{1}{16}} = -\frac{\sqrt{15}}{4} v_0$

При этом для скользящего груза $F_{\text{тр}} = \text{const} = \mu mg$, тогда по 2-й закону Ньютона для:

$$Ma = -kx - \mu mg \quad \text{у-е гармонических колебаний для } x' = x + \frac{\mu mg}{k}; \quad \omega' = \sqrt{\frac{k}{M}} = 3\sqrt{2}$$

$$\text{Начальные условия: } x'_0 = -\frac{1}{4} + \frac{0,3 \cdot 1 \cdot 10}{36} = -\frac{1}{3} \quad v_0(0) = v_1 = -\frac{\sqrt{15}}{4} v_0$$

$$\Rightarrow \begin{cases} A \cos(\omega' t + \varphi_0) = -\frac{1}{3} \\ A \sin \varphi_0 = -\frac{\sqrt{15}}{4} \end{cases} \Rightarrow A = \sqrt{\frac{1}{9} + \frac{15}{16}} = \frac{1}{3} \sqrt{1 + \frac{15}{4}} = \frac{1}{3} \sqrt{\frac{19}{4}} = \frac{\sqrt{19}}{6}$$

$$\text{следовательно минимальное отклонение } x' = -A, \text{ следовательно } x = x' - \frac{\mu mg}{k} = -\frac{\sqrt{19}}{6} - \frac{0,3 \cdot 1 \cdot 10}{36} = -\frac{\sqrt{19}}{6} - \frac{1}{12} = -\frac{\sqrt{19} + \sqrt{3}}{12}$$

$$\text{Ответ: 1) } \frac{1}{4} \text{ м; 2) } \frac{1}{2\sqrt{5}} \text{ с; 3) } \frac{35\sqrt{47} + 34}{24} \text{ м/с}^2$$



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!

Задача №2



Дано: $p_0 = 105 \text{ кПа}$ $t_0 = 33^\circ\text{C} \rightarrow t = 33^\circ\text{C}$ $\varphi_0 = \frac{1}{5}$

Найти: 1) парциальное давление пара p_1
2) t^* конденсации пара
3) $\frac{V}{V_0} - ?$

Решение

1) По уравнению $\varphi_0 = \frac{p_1}{p_0} \Rightarrow p_1 = \frac{1}{5} \cdot 105 \text{ кПа} = 21 \text{ кПа}$
 $p_{\text{нас}}(33^\circ) = 30 \text{ кПа}$ по графику

2) Конденсация пара начинается, когда $p_1 = p_{\text{нас}}(t^*)$
 По графику $p_{\text{нас}}(63^\circ) = p_1 \Rightarrow$ температура 63°C

3) До начала конденсации ^{сухой} воздух в сосуде сжимается изобарически, т.к. поршень массивный, а $p_1 = \text{const.}$

$\Rightarrow \frac{V_0}{V_1} = \frac{T_0}{T_1} \quad (1) \quad T_1 = 63^\circ\text{C} - \text{начало конденсации}$

После начала конденсации ~~температура~~ давление водяных паров равно насыщенному при данной температуре $p_{\text{нас}}(T)$. По Трэнэти по уравнению Менделеева-Клапейрона для сухого воздуха для начальной и конечной состояний конденсации

$$\begin{cases} p_1 V_1 = \nu R T_1 \\ p_2 V = \nu R T_2 \end{cases}$$

$$p_1 (p_0 - p_{\text{нас}}(T_1)) = 0.75 \text{ кПа}$$

$$p_2 = (p_0 - p_{\text{нас}}(T_2)) = 100 \text{ кПа}$$

$\uparrow$
 $p_{\text{нас}}(33^\circ) = 30 \text{ кПа}$ по графику

$$\Rightarrow \frac{V}{V_1} = \frac{T_2 \cdot p_1}{T_1 \cdot p_2} \quad (2)$$

Из (1) и (2) получаем $\frac{V}{V_0} = \frac{V}{V_1} \cdot \frac{V_1}{V_0} = \frac{T_2 \cdot p_1}{T_1 \cdot p_2} \cdot \frac{T_1}{T_0} = \frac{(273+33) \cdot 75 \text{ кПа}}{(273+63) \cdot 100 \text{ кПа}} = \frac{306}{336} \cdot \frac{3}{4} = \frac{459}{740}$

Ответ: 1) 30 кПа ; 2) 63°C 3) $\frac{459}{740}$



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
☐

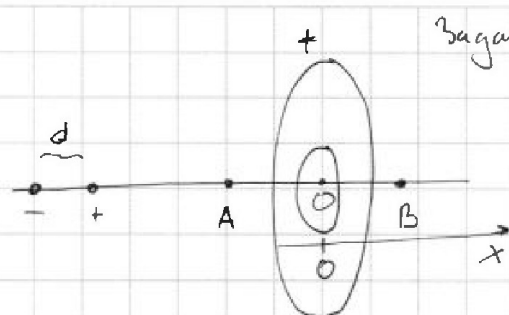
5
☐

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!



Задача №3

Минимальная скорость для полёта V_0

Предела скорости $\frac{3}{2} V_0$

1) V в центре

2) $\frac{V_{\max}}{V_{\min}}$

Решение

Пусть вдоль оси симметрии потенциал, создаваемый диполем равен $\varphi(x)$

Из соображений симметрии $\varphi(x) = \varphi(-x)$ (с 0-и в т-ке 0). $\varphi(\infty) = 0$

Рассмотрим энергию диполя при пролёте. Она складывается из кинетической, потенциальной взаимодействия с диполем, потенциальной энергии взаимодействия зарядов диполя

Пусть длина диполя - d ; масса каждого из потенциалов зарядов - m , заряды равны q ; x - координата положительного заряда

$$W = 2m \cdot \frac{V^2}{2} + q \cdot \varphi(x) - q \cdot (\varphi(x-d)) + E_{\text{пот}} = \text{const.}$$

↑ взаимодействие зарядов диполя

$$W(x) = E_{\text{пот}} + m V^2(x) + q(\varphi(x) - \varphi(x-d)) = W(\infty) = E_{\text{пот}} + m V_{\text{кор}}^2 \quad (2)$$

↑ начальная скорость диполя
(константа минимально - $\varphi_{\min}$)

Пусть максимальное значение $\varphi(x) - \varphi(x-d) = \varphi_{\max}$, тогда т.к. кинетическая энергия не может быть отрицательной

$$q \varphi_{\max} \leq m V_{\text{кор}}^2 \quad \text{из ур-я (2)} \Rightarrow q \varphi_{\max} = m V_0^2 \quad \text{из условия}$$

$$1) \text{ в т-ке } x = \frac{d}{2} \quad W(x) = E_{\text{пот}} + m \cdot V^2 + q(\underbrace{\varphi(\frac{d}{2}) - \varphi(-\frac{d}{2})}_{0 \text{ из ур-я (1)}}) = E_{\text{пот}} + m V^2 = E_{\text{пот}} + m V_{\text{кор}}^2 \quad \text{из ур-я (2)}$$

$$\Rightarrow V = V_{\text{кор}} = \frac{3}{2} V_0$$

$$2) \text{ ~~Возьмем~~ из ур-я (2) } m V^2 = m V_{\min}^2 - q(\varphi(x) - \varphi(x-d)) \Rightarrow \text{мин. скорость достигается при } \varphi_{\min}$$

минимальная скорость - при $\varphi_{\max}$

Возьмем, что $\varphi_{\min} = -\varphi_{\max}$, действительно, ищем $-q(\varphi(x) - \varphi(x-d)) = -q(\varphi(x-d) - \varphi(x))$

Ведь для любой т-ки с положительным потенциалом φ_x , есть другая т-ка с отрицательным потенциалом $-\varphi_x$

$$\varphi_x = \varphi(x) - \varphi(x-d)$$

$$-\varphi_x = -(\varphi(x) - (\varphi(x-d))) = \varphi(x-d) - \varphi(x) = \varphi(-x+d) - \varphi(-x) = \varphi(t) - \varphi(t-d),$$

$$\Rightarrow m V_{\max}^2 = m \cdot \frac{9}{4} V_0^2 - (-m V_0^2) = \frac{13}{2} V_0^2 \quad m V_{\min}^2 = m \cdot \frac{9}{4} V_0^2 - m V_0^2 = \frac{5}{4} V_0^2 \Rightarrow \frac{V_{\max}}{V_{\min}} = \frac{\sqrt{13}}{\sqrt{5}} \text{ где } t = -x+d \text{ где } t \text{ - т-ка}$$

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

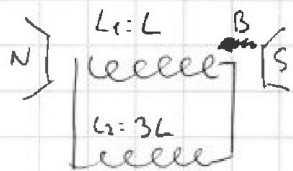


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

Задача №4

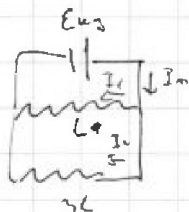
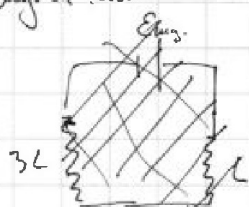
Дано: $L; 3L; B_0; \tau$ Найти: 1) I_0 через L_1 в τ 2) q через L_1

Решение

По закону индукции $\mathcal{E} = -\frac{d\Phi}{dt}$ для контура катушки
 где индукция B дана, следовательно $\mathcal{E} = -\frac{dB}{dt} \cdot n \cdot S_1$

По графикам $\frac{dB}{dt}$ - тангенс угла наклона касательной к графику $\frac{dB}{dt} = \begin{cases} -\frac{3B_0}{2\tau} & t < \frac{\tau}{2} \\ -\frac{1B_0}{2\tau} & \frac{\tau}{2} < t < \tau \end{cases}$

ЭДС индукции действует на контур $\Rightarrow$ где индукция или на протяжении катушки $L_1 \Rightarrow$
 Задача аналогична схеме



По правилу Кирхгофа

$$\begin{cases} \mathcal{E} = I_1 L \\ \mathcal{E} = I_2 L \end{cases}$$

$$\begin{aligned} 1) \quad \mathcal{E} = I_1 L \Rightarrow I_1 = \frac{\mathcal{E}}{L} \quad I_1(t) &= \int_0^t \frac{\mathcal{E}}{L} dt \cdot I_0 = I_1(\tau) = \int_0^{\frac{\tau}{2}} \frac{3B_0 n S_1}{2\tau L} dt + \int_{\frac{\tau}{2}}^{\tau} \frac{1B_0 n S_1}{2\tau L} dt = \\ &= \frac{3}{4} \frac{B_0 n S_1}{L} + \frac{1}{4} \frac{B_0 n S_1}{L} = \frac{B_0 n S_1}{L} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2) \quad \text{по определению } q = I \Rightarrow \text{через катушку прошел заряд } q_1 = \int_0^{\tau} I dt = \\ = \int_0^{\frac{\tau}{2}} I dt + \int_{\frac{\tau}{2}}^{\tau} I dt \end{aligned}$$

$$\text{а при } t \leq \frac{\tau}{2} \quad I(t) = \int_0^t \frac{3B_0 n S_1}{2\tau L} dt = \frac{3B_0 n S_1}{2L} \cdot \frac{t}{\tau}$$

$$\text{при } t > \frac{\tau}{2} \quad I(t) = \int_0^{\frac{\tau}{2}} \frac{3B_0 n S_1}{2\tau L} dt + \int_{\frac{\tau}{2}}^t \frac{1B_0 n S_1}{2\tau L} dt = \frac{3B_0 n S_1}{4L} + \frac{1B_0 n S_1}{2L} \left(\frac{t - \frac{\tau}{2}}{\tau} \right)$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow q_1 &= \int_0^{\frac{\tau}{2}} \frac{3B_0 n S_1}{2L\tau} t dt + \int_{\frac{\tau}{2}}^{\tau} \frac{1B_0 n S_1}{2L\tau} \left(t - \frac{\tau}{2} \right) dt = \frac{3B_0 n S_1}{2L\tau} \left(\frac{t^2}{2} \right) \Big|_0^{\frac{\tau}{2}} + \frac{1B_0 n S_1}{2L\tau} \left(\frac{t^2}{2} - \frac{\tau t}{2} \right) \Big|_{\frac{\tau}{2}}^{\tau} = \\ &= \frac{3B_0 n S_1 \tau}{16L} + \frac{1B_0 n S_1 \tau}{16L} = \frac{B_0 n S_1 \tau}{4L} \end{aligned}$$

Ответ: 1) $\frac{B_0 n S_1}{L}$ 2) $\frac{B_0 n S_1 \tau}{4L}$



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

$a = 1,1F$

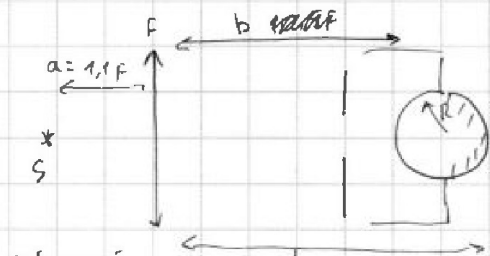
Дано: при $b = 10,5F$ S отображается в S в n

при $b = 10,5 \cdot 5,5$ S отображается в S

Найти: 1) R

2) n

Решение



Ф-ий линзы: $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} + \frac{1}{F} \Rightarrow$ для изображения S' после прохождения в линзе:

$$\frac{1}{1,1F} + \frac{1}{b_1} = \frac{1}{F} \Rightarrow \frac{1}{b_1} = \frac{1}{F} \left(1 - \frac{1}{1,1}\right) = \frac{1}{11F} \Rightarrow b_1 = 11F$$

1) Если S отображается в S в n , то это верно для $n=1$, тогда преломления на передней части линзы не будет и линза будет состоять из линзы и зеркала.

$S \rightarrow S$, следовательно $S' \rightarrow S'$ (S - ~~прямой~~ образ S' после обратного прохождения луча света сквозь линзу)

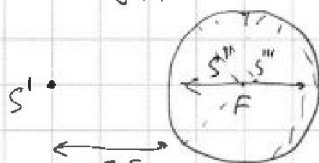
$S' \rightarrow S'$ тогда и только тогда, когда расстояние от S' до зеркала равно R по сути отражения в сферическом зеркале:

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{a} = \frac{2}{R} \Rightarrow a = R, \text{ следовательно расстояние от линзы до зеркала равно равно:}$$

$$\begin{cases} d = 10,5F + 2R \\ d = 11F + R \end{cases} \Rightarrow R = \frac{F}{2}$$

2) Запишем последовательности отображений $S' \rightarrow S'' \rightarrow S''' \rightarrow S'$, т.к. S' теперь лежит вне линзы $\Rightarrow$ лучи из линзы выходят в S' тогда линза ~~отражает~~ S

Тр-е преломления на линзе: $\frac{1}{a} + \frac{n}{b} = \frac{n-1}{R} \xrightarrow{a=b} \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{R} \xrightarrow{R=\frac{a}{2}} \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{R} \xrightarrow{R=\frac{a}{2}} \frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{2}{R}$



$$\textcircled{1} a_1 = 5F \text{ \& } R = \frac{F}{2} \Rightarrow \frac{n}{b_1} = \frac{(n-1)^2}{F} - \frac{1}{5F} = \frac{1}{nF} \left(\frac{10n-6}{5} \right) \Rightarrow b_1 = F \frac{5n}{10n-6}$$

$$\textcircled{2} a_2 = F - b_1 = F \frac{5n-6}{10n-6} \quad \frac{1}{b_2} = \frac{1}{F} - \frac{10n-6}{5n-6} = \frac{1}{F} \left(\frac{10n-18}{5n-6} \right) \Rightarrow b_2 = \frac{5n-6}{10n-18} F$$

$$\textcircled{3} a_3 = nF - b_2 = \frac{5n-12}{10n-18} F \quad \frac{1}{a_3} + \frac{n(10n-18)}{5n-12} = \frac{(n-1)^2}{F} \Rightarrow \frac{10n-6}{5n-12} = \frac{5n-12}{10n-18}$$

$$\begin{aligned} 50n^2 - 30n &= 50n^2 - 150n + 72 \\ \Rightarrow 60n &= 72 \\ n &= \frac{12}{10} = 1,2 \end{aligned}$$

Ответ: 1) $\frac{F}{2}$
2) 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
☐

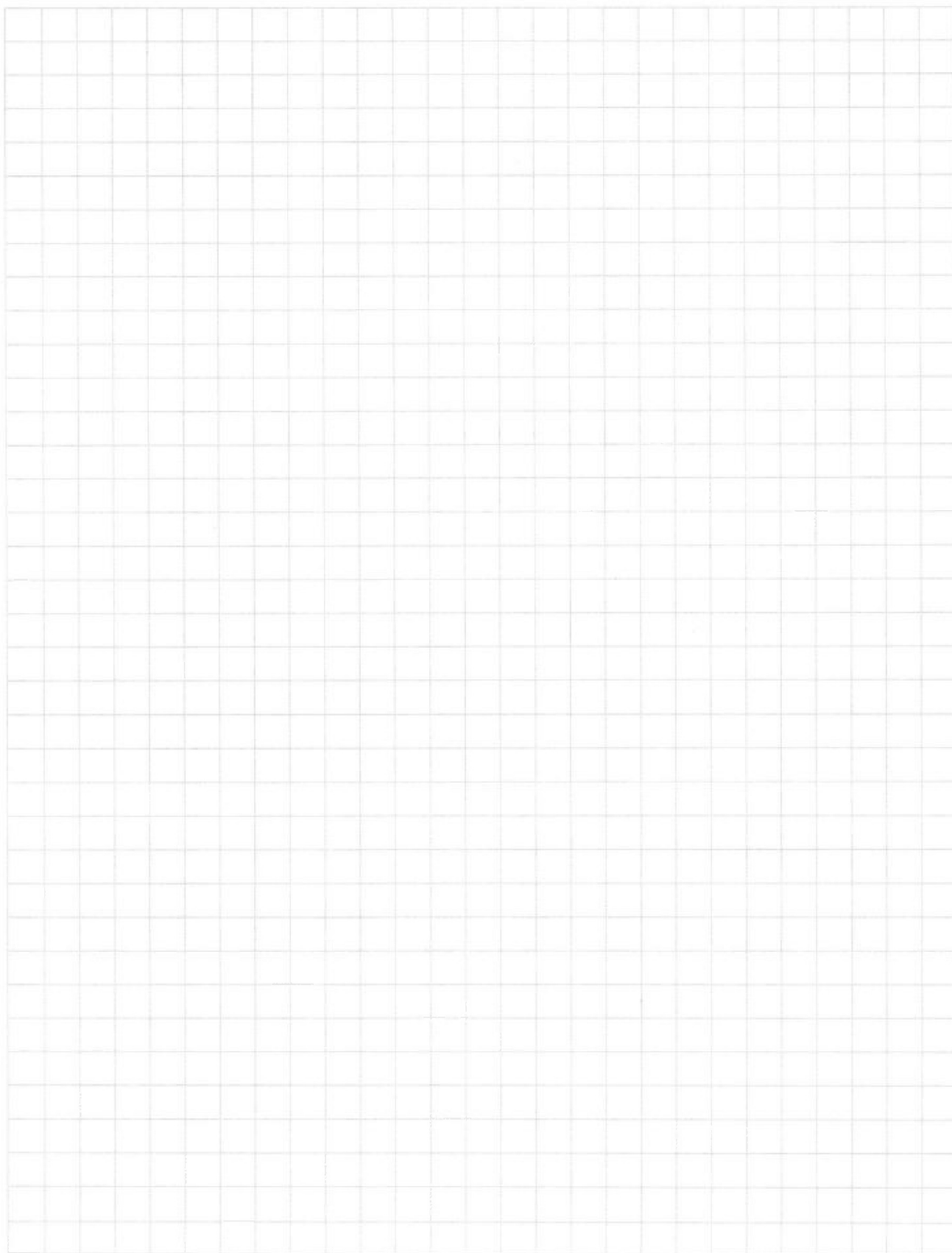
5
☐

6
☐

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!

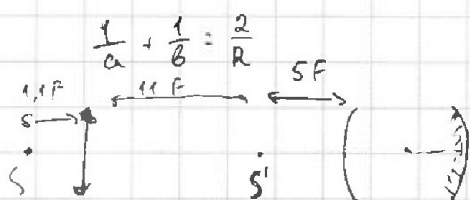
Черновик

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \quad b = \frac{1}{\frac{1}{1,1} + \frac{1}{b}} = 1 \quad \frac{1}{b} = \frac{0,1}{1,1} = \frac{1}{11} \quad b = 11 F \quad \text{Умножил на 11}$$

$$\text{Значо Лунга-Улар: } \frac{1}{a} + \frac{n}{b} = \frac{n-1}{R} \quad \frac{2}{F}(n-1+1) = \frac{2n}{F} \quad b = \frac{2}{F}$$

$$a = -\frac{F}{2} \quad \frac{n}{b} = \frac{n-1}{R} + \frac{2}{F} \quad b = \frac{n}{b} = \frac{F(n-1)+2R}{FR} \quad b = \frac{nFR}{F(n-1)+2R}$$

$$\text{Улар-Значо: } a = 2R - b = \frac{2R(F(n-1)+4R^2-nFR)}{F(n-1)+2R} = \frac{4R^2+nFR-2FR(n-1)}{F(n-1)+2R}$$



$$\frac{1}{5F} + \frac{n}{b} = \frac{2(n-1)}{F} \quad \frac{n}{b} = \frac{1}{F} \left(\frac{2}{5} + 2n-1 \right) = \frac{1}{F} \left(\frac{10n-6}{5} \right) \quad b = F \frac{5n}{10n-6}$$

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \quad \frac{1}{b} = \frac{1}{F} \left(4 - \frac{10n-6}{5n-6} \right) = \frac{1}{F} \left(\frac{10n-18}{5n-6} \right) \quad b = \frac{5n-6}{10n-18} \cdot \frac{1}{F}$$

$$a = 2R - b = \left(1 - \frac{5n-6}{10n-18} \right) = \frac{5n-12}{10n-18} F \quad \frac{n(10n-18)}{5n-12} + \frac{1}{5} = (1-n)2$$

$$\frac{50n^2-90n}{5n-12} + 1 + 10n - 10 = 0 \quad 50n^2-90n+50n^2-120n-45n+108=0$$

$$100n^2-255n+108=0 \quad a = \frac{27}{25}$$

$$\textcircled{+} = \frac{20}{20}$$

$$n = \frac{80}{225} = 0,3 \quad \frac{225}{100} = 2,25$$

$$100n^2-240n$$

$$50n^2-90n = 50n^2-20(50n+72)$$

$$60n = 72 \quad n = \frac{72}{60} = \frac{1,2}{10}$$

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

$$\frac{A}{2} = \frac{v_0}{\omega}$$

$$A = \frac{1}{2,25}$$

периодический

$$M a = -kx - F_{\text{тр}} = \mu mg$$

$$\frac{mv^2}{2} = \frac{kx^2}{2}$$

$$v = at$$

$$M a = -kx - \mu mg$$

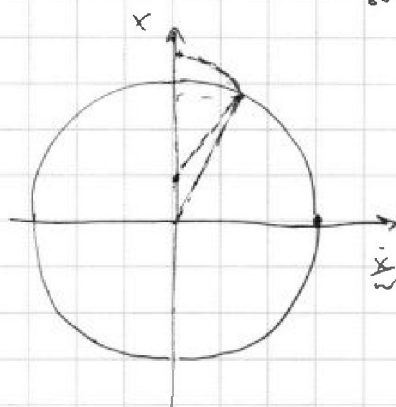
$$\omega = \sqrt{\frac{k}{M}}$$

$$\varphi_0 = -\frac{\pi}{2} \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}} = 2\sqrt{3}$$

$$\text{го момента: } x = \frac{1}{4}, \text{ давне со скоростью}$$

здесь:

$$\frac{\mu mg}{x_0 = k} = \frac{3}{36} = \frac{1}{12}$$



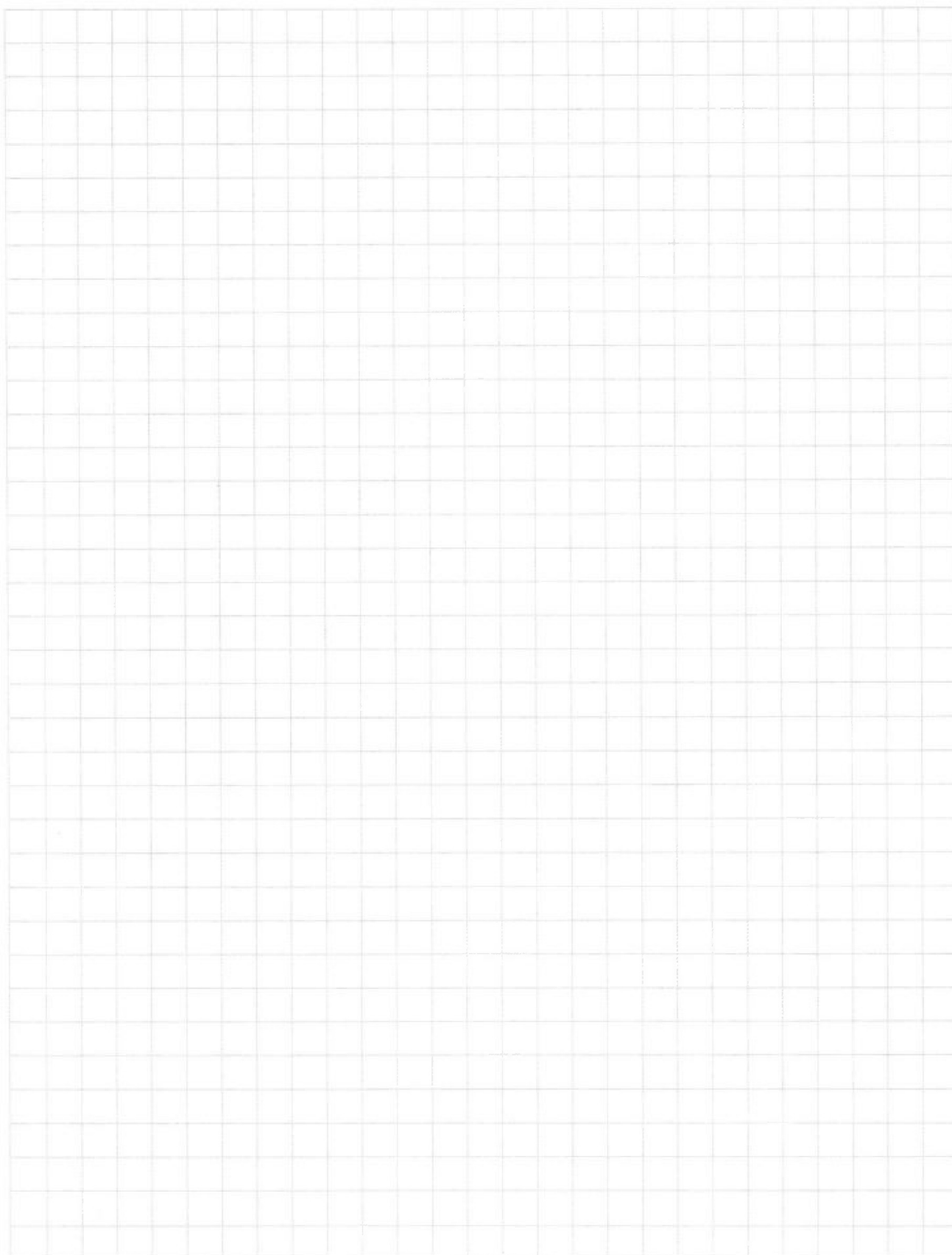


На одной странице можно оформлять **только одну задачу**. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

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!



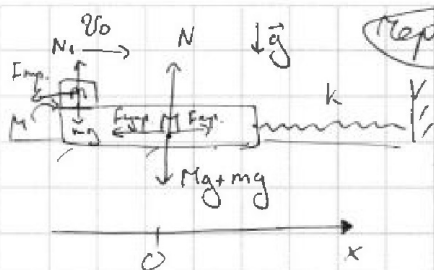


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



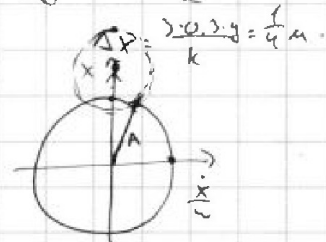
1) Δx относительное изменение
 $Ma = F_{sp} - F_{sp}$
 $ma = F_{sp}$
 $F_{sp} =$

$F_{sp} = (M+m)a = \frac{(M+m)}{m} F_{sp}$
 $kx = 3 \cdot 0.5 \cdot 1 \cdot g$
 $kx = 1.5g$
 $\frac{k\Delta x - Mmg}{M} = Mmg$
 $A = \frac{1}{3g}$

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

2) $-Ma = kx - F_{sp}$
 $-ma = F_{sp}$

$kx = -(M+m)a$
 $\omega = \sqrt{\frac{k}{M+m}}$
 $X = A \cos(\omega t + \varphi_0)$
 $X_0 = 0 \Rightarrow \varphi_0 = \frac{\pi}{2}$
 $v_0 =$



$X = A \cos(\omega t + \varphi_0)$
 $A \sin(\varphi_0) = v_0$
 $A = \frac{v_0}{\omega} = \frac{v_0 \sqrt{M+m}}{\sqrt{k}}$

$A \cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) = A \frac{(M+m)g}{k}$

$\cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) = \frac{Mg}{\omega v_0} = \frac{3}{2.5 \cdot 1} = \frac{5}{2}$

$\omega t = \frac{\pi}{2} = -\frac{\pi}{6}$
 $\omega t = \frac{\pi}{2} + \frac{\pi}{6} = \frac{2\pi}{3}$
 $t = \frac{2\pi}{3\omega} = \frac{1}{3} \cdot \frac{\sqrt{3}}{3} c.$

$Mv_0^2 = \frac{1}{2}mv_0^2 + \frac{1}{2}Mv_0^2 = \text{const.}$
 $\frac{Mv_0^2}{2} = \frac{Mv_0^2}{2} - A \cdot F_{sp}$
 $F = pmg$

$-mv_0 = \text{const.}$

$-Ma_2 = kx - \text{const.}$



$P_0 = 105 \text{ kPa}; t = 37^\circ C$
 $v_0 = \frac{1}{3}$

$PV =$

$P_{\text{vac}}(37^\circ) = 10 \text{ kPa}$
 $P_{\text{vac, 373K}} = 15 \text{ kPa}$
 $\frac{P_{\text{vap}}}{P_{\text{vac}}} = \frac{1}{3}$
 $1) P_{\text{vap}} = 20 \text{ kPa}$

2) $PV = \nu RT$

$P = (P_{\text{gas}} + P_{\text{vap}})$
 $P_{\text{vap}} = \text{const.} \Rightarrow P_{\text{gas}} = \text{const.}$

$P_0 = P_{\text{gas}} + P_{\text{vap}} = \text{const.}$

$P_{\text{gas}} V = \nu RT$



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!



Черновик
 $\varphi_{\max} = 2m \frac{V_0^2}{2} \quad \varphi = 0$

1) V_0

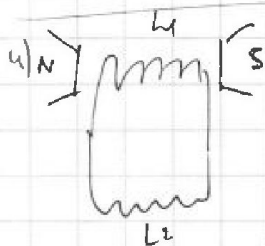
2) $2m \cdot \frac{3V_0^2}{2} = \varphi_{\max} + 2m \frac{V^2}{2}$

$\frac{3}{2} V_0^2 = m V_0^2 + V_{\min}^2 \quad V^2 = \frac{5}{2} V_0^2 = \frac{\sqrt{5}}{2} V_0 - \min \text{ скорости}$

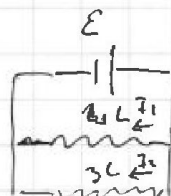
$\varphi_{\min} (\varphi) = -m V_0^2$

$\frac{3}{2} V_0^2 = -m V_0^2 + V_{\max}^2 \quad V_{\max}^2 = \frac{13}{2} V_0^2 \quad V_{\max} = \frac{\sqrt{13}}{2} V_0$

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



$\mathcal{E} = \dot{B}S = \begin{bmatrix} \frac{3}{2} \frac{B_0}{\tau} = \frac{3}{2} \frac{B_0}{\tau} \\ \frac{1}{2} \frac{B_0}{\tau} = \frac{1}{2} \frac{B_0}{\tau} \end{bmatrix}$



$\mathcal{E} = \dot{I}_1 L \quad 4\mathcal{E} = 3\dot{I}_2 L$
 $L = 3\dot{I}_2 L$
 $\frac{\dot{I}_1}{\dot{I}_2} = 3$
 $\begin{cases} \dot{I}_1 = \frac{\mathcal{E}}{L} \\ \dot{I}_2 = \frac{\mathcal{E}}{3L} \end{cases}$

$\dot{I}_1 = \frac{\mathcal{E}}{L}$

$I_1 = \int_0^{\tau} \frac{\mathcal{E}}{L} dt$

$= \int_0^{\tau} \frac{3B_0}{2\tau L} + \int_0^{\tau} \frac{1B_0}{2\tau L} dt = \frac{1}{2} - \frac{1}{4}$

$= \frac{3B_0}{4L} + \frac{1B_0}{4L} = \frac{B_0}{L}$

I_2

$I_1 = 3I_2 + C$
 $I_1 = 3I_2$

$\left(\frac{\tau^2}{2} - \frac{\tau^2}{2}\right) - \left(\frac{\tau^2}{8} - \frac{\tau^2}{4}\right)$

$I_0 = 0 \quad \dot{I}_1 = \frac{3B_0}{2\tau L}$

$I = \frac{3B_0}{2L} \cdot \frac{\tau}{\tau}$

$q = \frac{3B_0}{4L} \cdot \frac{\tau^2}{\tau}$

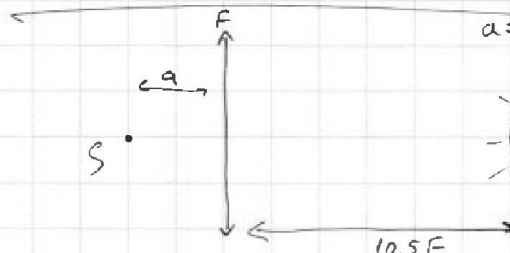
$q = q_1 + q_2$

$q_1 = \frac{3B_0\tau}{16L}$

$\frac{1B_0\tau}{4L}$

$q_2 = \frac{1B_0\tau}{16L}$

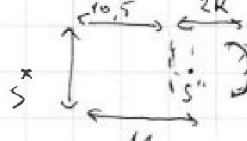
5)



$a = 1,1F$



1) Типы движений $\Rightarrow$ при $E_{\text{центр}} = 0$



$\frac{1}{a} + \frac{1}{a} = \frac{2}{R}$
 $a = 2R - \frac{E}{2} = 12$
 $\frac{E}{2R - \frac{E}{2}} = \frac{2}{12}$
 $R = \frac{E}{2}$