



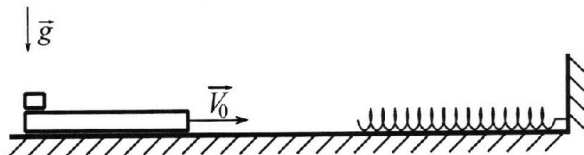
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

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.

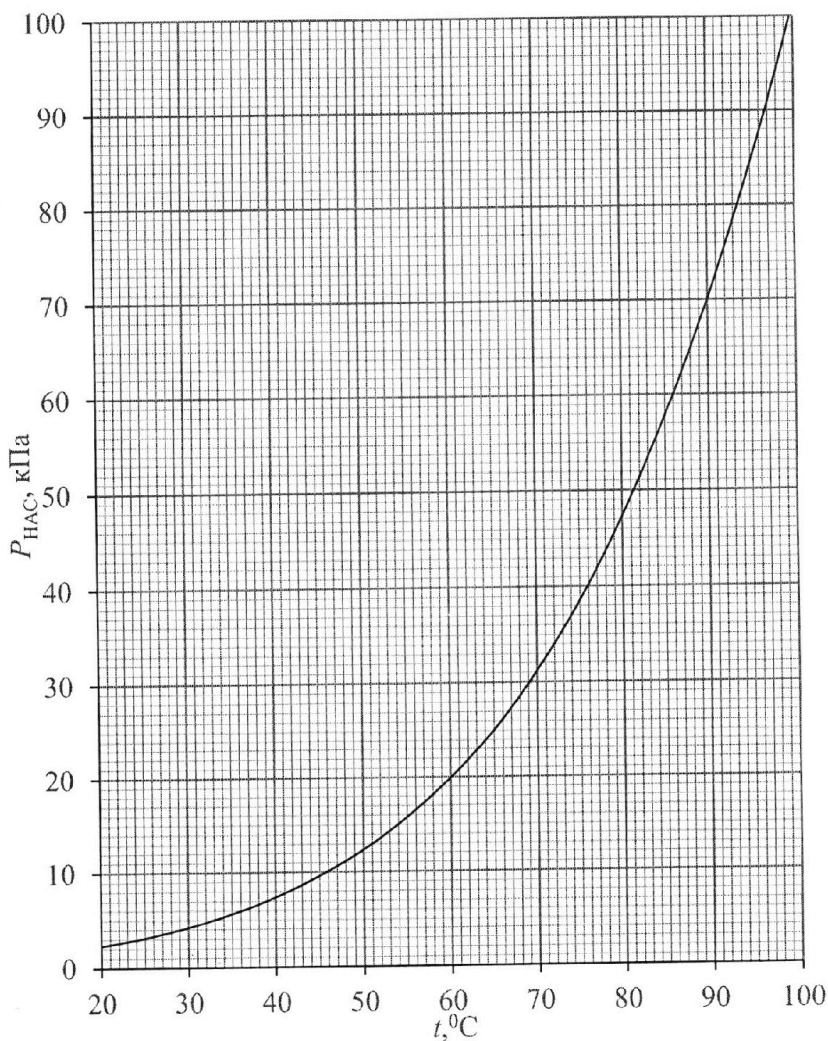


- 1) Найдите сжатие пружины в тот момент, когда начнётся относительное движение бруска и доски.
- 2) Найдите промежуток времени с момента начала сжатия пружины до момента начала относительного движения бруска и доски.
- 3) Найдите ускорение доски в момент максимального сжатия пружины.

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 $\phi_0 = 1/3$ (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.





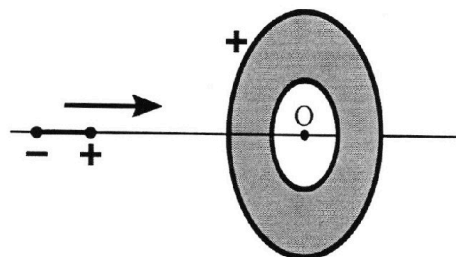
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

Вариант 11-03

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

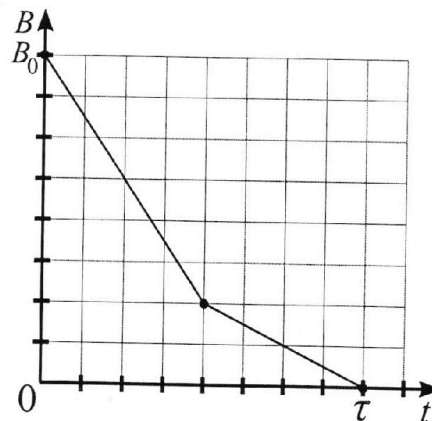
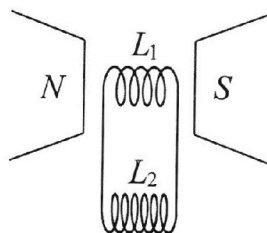


3. В плоском тонком диске в форме круга имеется круглое отверстие (см. рис.). Центры диска и отверстия совпадают в точке O . Диск имеет однородно распределенный по поверхности положительный заряд. Система из двух жестко связанных равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов (диполь) движется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



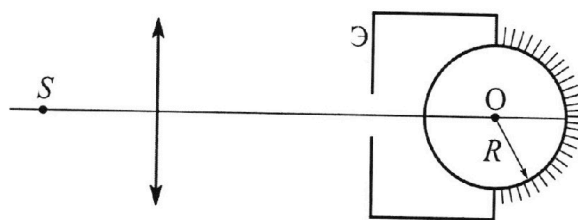
- 1) Найти скорость диполя при пролете центра диполя через центр отверстия.
- 2) Найти отношение максимальной и минимальной скоростей диполя при пролете.

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 $\sin \alpha \approx \alpha$.



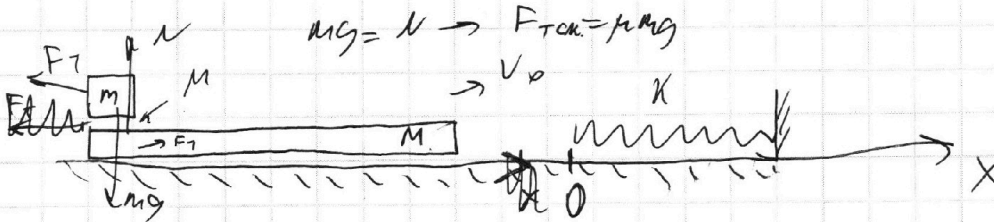
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.



СТРАНИЦА

1 ИЗ 4

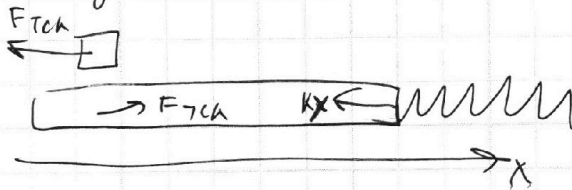
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



① В мом. начала движ. движение или пружина становится силой пружины становится (до этого она была меньше) →

$$\rightarrow F_{TCK} = \mu mg$$

2-ой з-н Ньютона на Ox :



$$\begin{cases} Ma_1 = F_{TCK} - kx_0 \\ Ma_2 = -F_{TCK} \end{cases}$$

В мом. начала можно считать, что их ускорения еще равны $\rightarrow a_1 = a_2 = a \rightarrow$

$$\rightarrow \frac{m}{M} = \frac{\mu mg - kx_0}{-\mu mg} \rightarrow -\mu mg = 2\mu mg - kx_0 \rightarrow$$

$$\rightarrow kx_0 = 3\mu mg \rightarrow x_0 = \frac{3\mu mg}{k}, \text{ при } x_0 = 0,25 \text{ м}$$

х a_1 увеличивается, а a_2 останется таким же $\rightarrow$ произойдет начало движ.



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.

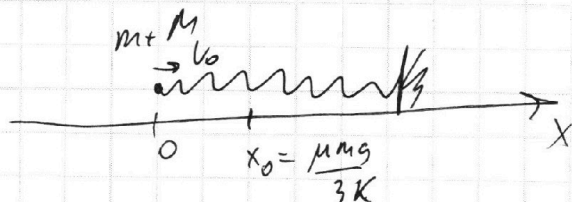


СТРАНИЦА

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!

② рассм систему груза - брусик:



2-ой закон Ньютона:

$$(m+M)\ddot{x} = -Kx \rightarrow \ddot{x} + \frac{K}{m+M}x = 0 \rightarrow$$

$$\rightarrow x = A \sin(\omega t + \varphi_0); \quad \omega = \sqrt{\frac{K}{m+M}}$$

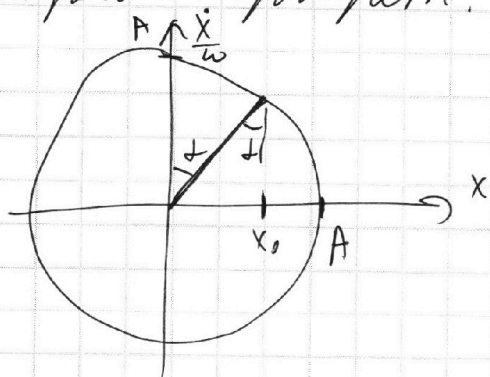
при $t=0$ $x=0$, $v_x=v_0$

$$x(0) = A \sin(\varphi_0) \rightarrow \varphi_0 = 0 \rightarrow x = A \sin(\omega t) \rightarrow$$

$$\rightarrow v_x = A\omega \cos(\omega t) \rightarrow$$

$$\rightarrow v_x(0) = A\omega = v_0 \rightarrow A = \frac{v_0}{\omega}$$

фазовый портрет:



$$t = \frac{\alpha}{2\pi} \cdot T; \quad T = \frac{2\pi}{\omega} \rightarrow$$

$$\rightarrow t = \frac{\alpha}{2\pi} \cdot \frac{2\pi}{\omega} = \frac{\alpha}{\omega}$$

$$\sin \alpha = \frac{x_0}{A} = \frac{x_0 \omega}{v_0} \rightarrow$$

$$\rightarrow \sin \alpha = \frac{\sqrt{3}}{2} \rightarrow \alpha = 60^\circ = \frac{\pi}{3} \rightarrow$$

$$t = \frac{\pi}{3} \sqrt{\frac{m+M}{k}} = \frac{\sqrt{3}}{6} C$$



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 ☐

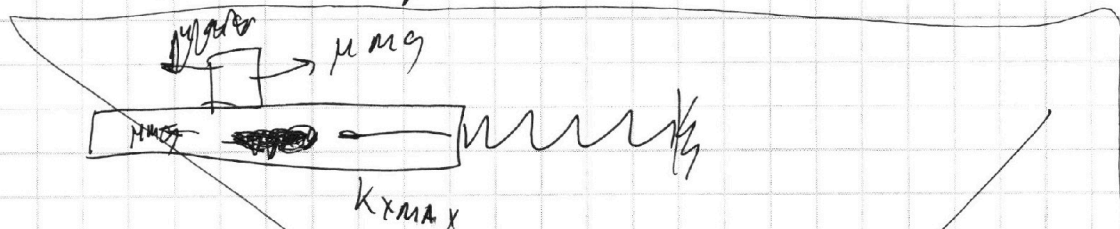
СТРАНИЦА
3 ИЗ 4

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!

(3) вспомним, что $x = A \sin(\omega t)$; $A = \frac{V_0}{\omega}$; $\omega = \sqrt{\frac{k}{m+M}}$

максимальное значение пружины
при максимальном $x \rightarrow x_{\max} = A = \frac{V_0}{\omega} = \frac{\sqrt{3}}{6} m x_0$

теперь рассмотрим мая в этот мом.



~~от момента касания пружины
до $x_{\max}$ прошло $\frac{T}{4} = \frac{\pi}{2\omega} = \frac{\sqrt{3}}{4} c$~~

~~скорость при x_0 была $V_x(t) = V_0 \cos(\omega t) = V_0 \cos(1)$,
— скорость обнулять, после бросок будет
равноускоренно с ускор. $a = \frac{\mu mg}{m}$,
рассм. до скорости при $x_{\max}$.~~

~~$$V = V_0 \cos(1) - \mu mg \left| \frac{T}{4} - t \right| = V_0 \cos(1) - \frac{\mu mg}{m} \left(\frac{\pi}{2\omega} - \frac{1}{\omega} \right) = \frac{3m}{c} \left(\frac{1}{4} - \frac{1}{6} \right) c$$~~

~~$$\rightarrow V = \cos(1) \frac{m}{c} - \frac{\sqrt{3}}{4} \frac{m}{c} = \left(\cos(1) - \frac{\sqrt{3}}{4} \right) \frac{m}{c} < 0; \text{ т.к. } \cos(1) = \frac{1}{2}$$~~

~~$\rightarrow$ он движется влево, а значит:~~



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!

$$Ma_g = Kx_{max} + m\mu g$$

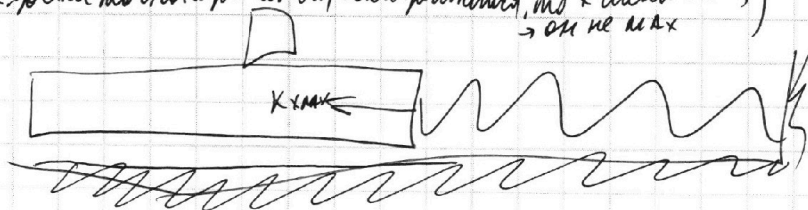
$$a_g = \frac{Kx_{max}}{m} + \frac{m\mu g}{m} = \frac{1}{m} \left(K \frac{V_0}{\omega} + m\mu g \right) = \frac{18\sqrt{3} + 3}{2} \frac{m}{c^2}$$

Ответ: $x_0 = 0,25m$; $t = \frac{\sqrt{3}}{6} c$; $a_g = \frac{18\sqrt{3} + 3}{2} \frac{m}{c^2}$.

(центр масс движ.)

Система не движется при $x_{max} \rightarrow$ ~~по~~ по стационарности

нелинейности можно игнорировать, а значит
(т.к. пружина не движется, если движется, то x меняется $\rightarrow$ она не x_{max}) силы пружины не действуют $\rightarrow$



$$\rightarrow Ma_g = Kx_{max} \rightarrow a_g = \frac{Kx_{max}}{m} = \frac{3\sqrt{3}}{2} \frac{m}{c^2}$$

Ответ: $x_0 = 0,25m$; $t = \frac{\sqrt{3}}{6} c$; $a_g = \frac{3\sqrt{3}}{2} \frac{m}{c^2}$



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 ☐

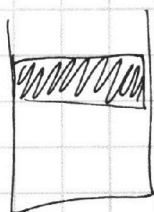
СТРАНИЦА
1 ИЗ 2

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!

① из графика находим $p_1' = 90 \text{ кПа}$ - давлением
н.м. при $t = 9^\circ\text{C}$, у нас влажность $\varphi_0 = \frac{1}{3} \rightarrow$

$$\rightarrow \varphi_0 = \frac{p_1}{p_1'} \rightarrow p_1 = \varphi_0 p_1' = \boxed{30 \text{ кПа}}$$

②



это изобарический процесс $\rightarrow$
 $\rightarrow$ давление ~~паров~~ паров остается
постоянным, ^{до начала конденсации} конденсация

начнется, когда давление сравняется с давлением
насыщенных паров $\rightarrow$ из графика нужна

точка с $p = p_1 = 30 \text{ кПа}$, при таком давлении

$t^* = 69^\circ\text{C}$ - при ней начнется конденсация

③ в начале давление воздуха (читаем):

$p_2 = p_0 - p_1 = 75 \text{ кПа}$, она находится в объеме

V_0 ~~...~~

в конце у нас будет насыщенный пар с давлением

$p_1^* = 5 \text{ кПа}$ - при $t = 33^\circ\text{C} \rightarrow$ давление

воздуха в конце $p_2^* = p_0 - p_1^*$, т.к.

порция ~~...~~ в равновесии $(p_1^* + p_2^* = p_0)$;



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 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!

p_2^* - давимым воздуха в конце $\rightarrow$
 $\rightarrow p_2^* = 100 \text{ кПа}$, давимым ур.-нии Менделеева - Клапейро-
на для воздуха в начале и конце:

$$\begin{aligned} p_2 V_0 &= \nu R T_0 \\ p_2^* V &= \nu R T \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \frac{p_2^*}{p_2} = \frac{T}{T_0} \Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{T}{T_0}$$

$$\Rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{p_2}{p_2^*} \cdot \frac{T}{T_0} \Rightarrow \frac{p_2^* V}{p_2 V_0} = \frac{T}{T_0} \rightarrow \frac{V}{V_0} = \frac{p_2}{p_2^*} \cdot \frac{T}{T_0}$$

$$\Rightarrow \frac{75}{100} \cdot \frac{273 + 33}{273 + 97} = \frac{3}{4} \cdot \frac{306}{370} = \frac{3 \cdot 153}{2 \cdot 370} = \frac{459}{740}$$

ответ: $p_1 = 30 \text{ кПа}$; $t^* = 69^\circ \text{C}$; $\frac{V}{V_0} = \frac{459}{740}$



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 3

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 Заменим ЗСЭ для нач. скорости V_0 :

$\frac{mV_0^2}{2} \cdot 2 = E$, где E — потенциальная энергия

взаимодействия гравитации и электростатического,

иногда когда гравитация находится в т.О →

~~$E = \frac{mV_0^2}{2}$~~ → $E = mV_0^2$

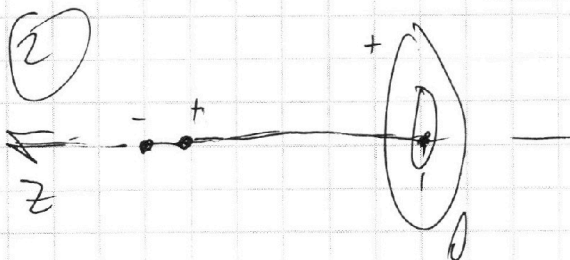
теперь заменим ЗСЭ для нач. скорости $\frac{3}{2}V_0$:

$\frac{m}{2} \cdot \left(\frac{3V_0}{2}\right)^2 \cdot 2 = E + \frac{m}{2} u^2 \cdot 2$, где u — скорость центра масс в т.О:

$\frac{2}{4} mV_0^2 = mV_0^2 + m u^2 \rightarrow \frac{5}{4} mV_0^2 = m u^2 \rightarrow$

→ $u = \frac{\sqrt{5}}{2} V_0$

② что такое E оно зависит от ~~параметров~~ $\rightarrow$





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
☐

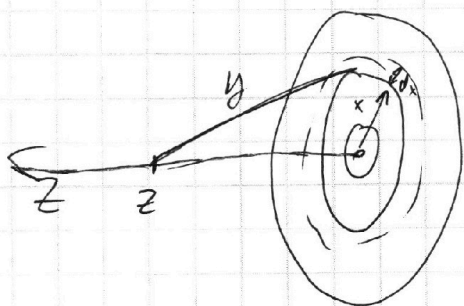
6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

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!

что такое E ? оно зависит от зарядов
на диске и потенциала, создаваемого
диском на оси, ну то есть $E \sim q \varphi$,
найдем зависимость $\varphi(z) \rightarrow$ найдем $E(z)$.



$$d\varphi = \frac{k \cdot dq}{y}$$

$$d\varphi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \cdot \frac{6 \cdot 2\pi x^2 dx}{\sqrt{z^2 + x^2}} \rightarrow$$

$$\rightarrow \varphi(z) = \frac{6}{2\epsilon_0} \int_0^R \frac{d(x^2 + z^2)}{\sqrt{z^2 + x^2}} + \varphi_0 \rightarrow$$

↑
потенциал в центре

~~$\varphi(z) = \frac{6}{4\epsilon_0} \cdot 2\sqrt{z^2 + x^2} + \varphi_0 = \frac{6}{2\epsilon_0} \sqrt{z^2 + x^2} + \varphi_0$~~
~~найдем экстремумы $\varphi(z) \rightarrow E(z)$:~~
 ~~$\varphi'(z) = \frac{6}{2\epsilon_0} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{2z}{\sqrt{z^2 + x^2}}$~~

$$\rightarrow \varphi(z) = \frac{6}{4\epsilon_0} \cdot 2(\sqrt{R^2 + z^2} - \sqrt{r^2 + z^2}) + \varphi_0 = \frac{6}{2\epsilon_0} |\sqrt{R^2 + z^2} - \sqrt{r^2 + z^2}| + \varphi_0$$

найдем экстремумы $\varphi(z) \rightarrow E(z)$:



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.

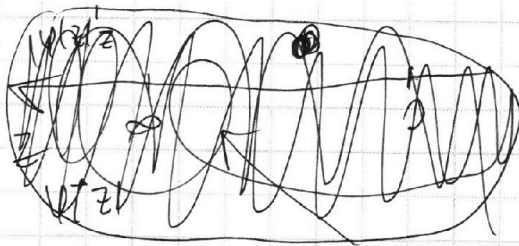
1
☐2
☐3
☒4
☐5
☐6
☐7
☐СТРАНИЦА
3 из 3

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!

$$\psi(z)'_z = \frac{6}{2\epsilon_0} \left| \frac{1}{z} \cdot \frac{1}{\sqrt{R^2 + z^2}} \cdot 2z - \frac{1}{z} \cdot \frac{1}{\sqrt{R^2 + z^2}} \cdot 2z \right|$$

$$\psi(z)'_z = \frac{6z}{2\epsilon_0} \left(\frac{1}{\sqrt{R^2 + z^2}} - \frac{1}{\sqrt{R^2 + z^2}} \right) = 0$$

$$\left[\begin{array}{l} z=0 \\ \sqrt{R^2 + z^2} - \sqrt{z^2 + R^2} = 0 \end{array} \right] \rightarrow \begin{array}{l} z=0 \\ z \rightarrow \infty \end{array}$$



$$\begin{array}{l} z=0 - \max \psi \\ z \rightarrow \infty - \min \psi \end{array} \rightarrow \begin{array}{l} E \max \text{ при } z=0 \rightarrow \text{при } z=0 \\ \text{мин скорость} \\ \text{а при } z \rightarrow \infty \text{ макс. скор.} \end{array}$$

$$\rightarrow \lambda = \frac{u}{\frac{3}{2}V_0} = \frac{\frac{\sqrt{5}}{2}V_0}{\frac{3}{2}V_0} \cdot 2 = \boxed{\frac{\sqrt{5}}{3}}$$

$$\text{Answer: } \lambda = \frac{\sqrt{5}}{3}; \quad u = \frac{\sqrt{5}}{2}V_0$$



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

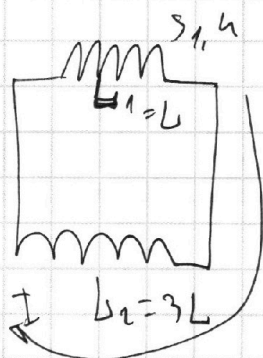


СТРАНИЦА

1 из 3

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!

N 4



а) при изменении магнитного поля возникает ЭДС индукции:

$$|\mathcal{E}_i| = \dot{\Phi} = \dot{B} S_0 + B \dot{S}_0 \quad \left| \begin{array}{l} S = \text{const} \\ \rightarrow |\mathcal{E}_i| = \dot{B} S_0 = \dot{B} n S_1 \end{array} \right.$$

затемнем э-к контура:

$$\dot{B} S_0 = \dot{I} L_1 + L_2 \dot{I} \Rightarrow \dot{B} n S_1 = 4L \dot{I} \rightarrow$$

$$\rightarrow \frac{dB}{dt} n S_1 = 4L \frac{dI}{dt} \quad | \cdot dt \rightarrow$$

$\rightarrow dB n S_1 = 4L dI$, проинтегрируем от начала до конца:

$$(0 - B_0) n S_1 = 4L(0 - I_0) \rightarrow$$

$$\rightarrow I_0 = \frac{B_0 n S_1}{4L}$$

б) рассмотрим, что мы затеяли контура:

$$\dot{B} n S_1 = 4L \dot{I} \rightarrow \dot{B} n S_1 = 4L \frac{dI}{dt} \rightarrow$$

$$\rightarrow dI = \frac{\dot{B} n S_1}{4L} dt; \quad \dot{B} - \text{это возр. изменение магнит. } B(t)$$



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 3

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!

преинтегрируем это выражение до момента нуля
уравнения, $t = \frac{\tau}{2}$, тогда $\dot{B}_1 = \frac{-\frac{6}{8} B_0}{\frac{\tau}{2}} = -\frac{12}{8} \frac{B_0}{\tau} = -\frac{3}{2} \frac{B_0}{\tau}$

$$(0 - I_1) = \frac{-\frac{3}{2} \frac{B_0}{\tau} \cdot n S_1}{4L} \cdot \frac{\tau}{2}$$

$$I_1 = \frac{3}{16} \frac{B_0 n S_1}{L} - \text{ток в мА} \cdot \frac{\tau}{2}$$

теперь преинтегрируем это выражение до
 $t \leq \frac{\tau}{2}$, чтобы получить $I(t)$, при $t \leq \frac{\tau}{2}$.

$$(0 - I) = -\frac{3}{2} \frac{B_0 n S_1}{\tau} \cdot \frac{t}{4L} \Rightarrow I = \frac{3}{8} \frac{B_0 n S_1}{L} \cdot \frac{t}{\tau}$$

$$\text{после } t = \frac{\tau}{2} \quad \dot{B}_2 = \frac{-\frac{2B_0}{8}}{\frac{\tau}{2}} = -\frac{B_0}{2\tau}$$

преинтегрируем уравнения от $t = \frac{\tau}{2}$ до $t \leq \tau$:

$$(I_1 - I') = -\frac{B_0}{2\tau} \frac{n S_1}{4L} (t - \frac{\tau}{2}) \Rightarrow I' = I_1 + \frac{B_0 n S_1}{16L} \frac{t}{\tau}, \text{ при } \rightarrow$$

$$\rightarrow t \geq \frac{\tau}{2} \rightarrow I' = \frac{3}{16} \frac{B_0 n S_1}{L} + \frac{2B_0 n S_1}{16L} \frac{t}{\tau} \rightarrow$$

$$\rightarrow I' = \frac{B_0 n S_1}{16L} \left(3 + 2 \frac{t}{\tau} \right)$$



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
3 ИЗ 3

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!

$$(I_1 - I') = -\frac{B_0}{2\epsilon} \frac{n S_1}{16L} |t - \frac{\tau}{2}| \Rightarrow I' = I_1 + \frac{B_0 n S_1}{64\epsilon} |t - \frac{\tau}{2}| \rightarrow$$

$$\rightarrow I' = \frac{3 B_0 n S_1}{16L} + \frac{2 B_0 n S_1}{16L} \left| \frac{t}{\tau} - \frac{1}{2} \right|$$

$$I' = \frac{B_0 n S_1}{16L} \left| 3 + \frac{2t}{\tau} - 1 \right| = \frac{B_0 n S_1}{16L} \cdot 2 \left| 1 + \frac{t}{\tau} \right| \rightarrow$$

$$\rightarrow I' = \frac{B_0 n S_1}{8L} \left| 1 + \frac{t}{\tau} \right|$$

вспомогательный, член $dq = I dt$;

при $t \leq \frac{\tau}{2}$: $dq = I dt \rightarrow$

$$\int_0^{\frac{\tau}{2}} dq = \frac{3 B_0 n S_1}{8L\tau} \int_0^{\frac{\tau}{2}} dt = \frac{3 B_0 n S_1}{8L\tau} \cdot \frac{\tau}{2} = \frac{3 B_0 n S_1}{16L} \tau = q_1$$

$$\int_0^{\frac{\tau}{2}} dq = \frac{3 B_0 n S_1}{8L\tau} \int_0^{\frac{\tau}{2}} t dt = \frac{3 B_0 n S_1}{8L\tau} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\tau^2}{4} = \frac{3 B_0 n S_1}{64L} \tau = q_1$$

при $t \geq \frac{\tau}{2}$: $dq = I' dt \rightarrow$

$$\int_{\frac{\tau}{2}}^{\tau} dq = \frac{B_0 n S_1}{8L} \int_{\frac{\tau}{2}}^{\tau} \left(1 + \frac{t}{\tau} \right) dt \rightarrow q_2 = \frac{B_0 n S_1}{8L} \left[\frac{t}{\tau} + \frac{1}{2} \cdot \frac{1}{\tau} \left(\tau^2 - \frac{\tau^2}{4} \right) \right] \Rightarrow$$

$$\rightarrow q_2 = \frac{B_0 n S_1}{8L} \cdot \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2} \cdot \frac{3}{4} \right) = \frac{7 B_0 n S_1}{64L} \tau \rightarrow q = q_1 + q_2 = \frac{5}{8} \frac{B_0 n S_1 \tau}{L}$$

$$\text{Итого: } I_0 = \frac{B_0 n S_1}{4L}; \quad q = \frac{5}{8} \frac{B_0 n S_1 \tau}{L}$$



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.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 3

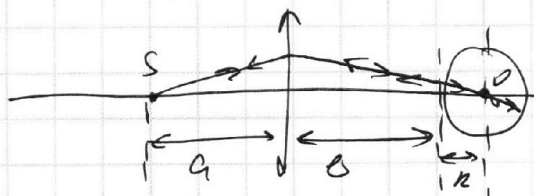
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

N5

① изображение может совпасть с источником при F_1
только если предметный и предметный $\Rightarrow$ ^{показать} предметный

② при прохождении через центр тела O ,
затмеем формулу тонкой линзы:

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



$$\frac{1}{b+r} = \frac{1}{F} - \frac{1}{a} \rightarrow b+r = \frac{Fa}{a-F}$$

$$r = \frac{Fa}{a-F} - b = \frac{F \cdot 1,1F}{1,1F - 0,5F} - 10,5F = \frac{1,1F}{0,6} - 10,5F \rightarrow$$

$$\rightarrow \boxed{r = 0,5F}$$

при этом прошедшая точка O
отражается на задней поверхности и
также пройдет чрез $T.O$, т.к. их
расстояние равно 0, то есть отраженный
луч совпадет с падающим $\rightarrow$ они
содержатся в $T.S \rightarrow$ изображение совпадет
с источником.



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
☒

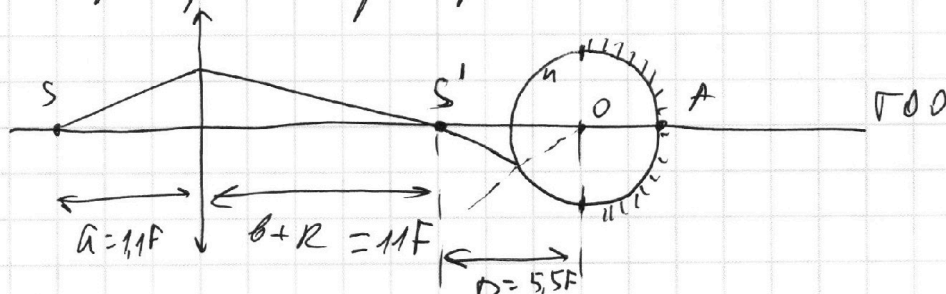
6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
2 ИЗ 3

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 нарисуй ход лучей:



1. в этом случае лучи отраженный луч не сможет всегда совпасть с падающим.
2. если лучи после преломления и отражения в шаре сойдутся в точке S' (изображении от S в линзе), то ~~изображение~~, которое будут давать эти лучи также сойдутся в т. S (из обратности изображения ~~и реального изображения~~).
3. первая поверхность шара по формуле является линзой $\rightarrow$ она соберет все параллельные лучи в одной точке на GOO (у нас только параллельные), для того, чтобы лучи после отражения сошлись в точке S' они должны прийти в т. A (на GOO)



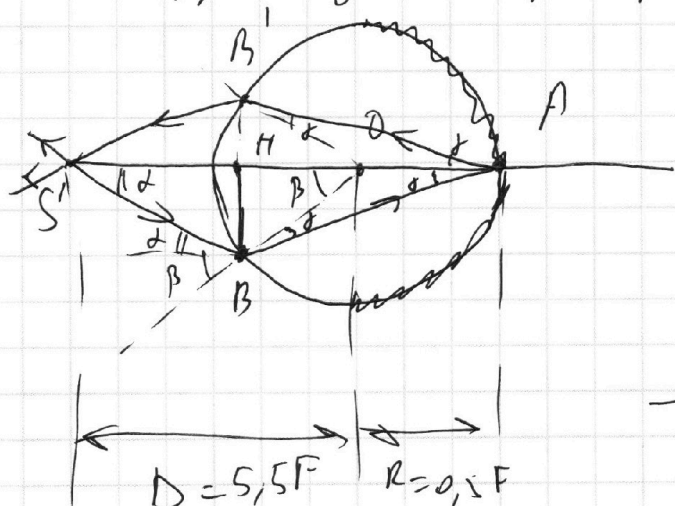
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в **решении каждой задачи отдельно**.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 ИЗ 3

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!

это следует из симметрии. рассмотрим эти лучи:



α и β ~~длина~~ малы
углы $\rightarrow \angle \alpha = \alpha; \angle \beta = \beta;$
~~тогда~~ $S'H = D - R$
 $HO = R$

$$\rightarrow HB = R\beta = (D - R)\alpha \rightarrow$$

$$\rightarrow 0.5F\beta = 5F\alpha \rightarrow \beta = 10\alpha$$

заметим γ - и симметриа (т.Б): $\left\{ \begin{array}{l} \gamma - \text{малый} \\ \text{т.к. } \beta = 2\gamma - 5\alpha \end{array} \right\}$
 $(\alpha + \beta) = n\gamma$
 $11\alpha = n \cdot 5\alpha \rightarrow \boxed{n = \frac{11}{5}}$
 $\uparrow$
 $n_{\Delta BOA} \alpha$
внеш. угол
 $\angle BOH$

~~этот~~ этот луч пройдет через B' , а ~~потом~~, после
преломления через S' и S .

ответ: $R = 0.5F; n = \frac{11}{5}$.

$$\varphi = \frac{127\pi}{150} \cdot 2\sqrt{\frac{74n^2}{t}}$$



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

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!

Handwritten calculations and diagrams on a grid background.

Top Left: Long division of 450 by 0.62027.

Top Right: Diagram of a block on an inclined plane with forces μmg and Kx . Equations: $\mu mg + Kx = 3H$, $\alpha = 30^\circ$. Calculations: $\sqrt{\frac{3612}{3}} = \frac{1}{2\sqrt{3}}$.

Middle Left: Calculations: $3 \cdot 0.3 \cdot 1 \cdot 10 = 30$, $\frac{30}{36} = 0.25$.

Middle Right: Diagram of a block on an inclined plane with forces F and Kx . Equations: $ma_x = F - Kx$, $ma_y = -mg$, $F \in [0; \mu mg]$.

Bottom Left: Calculations: $\frac{0.25}{1} \cdot \sqrt{\frac{3612}{3}} = \frac{\sqrt{12}}{4} = \frac{\sqrt{3}}{2}$.

Bottom Right: Diagram of a block on an inclined plane with forces F and Kx . Equations: $F - Kx = -2F$, $3F = Kx$, $x = \frac{3F}{K}$.

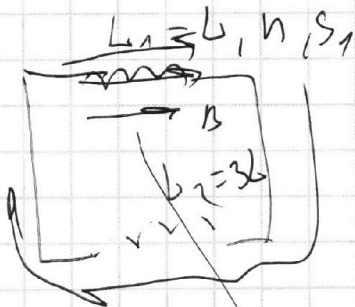


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте **крестиком** номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА
__ 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!



$$\mathcal{E}_i = -\dot{\Phi} = -\dot{B}S_0 = -\dot{B}S_1$$

$$\frac{75}{100} \cdot \frac{273+33}{273+33} = \frac{306}{370}$$

$$-\dot{B}S_1 = L_1 \dot{I} + L_2 \dot{I} \frac{25}{105}$$

$$-\dot{B}S_1 = \dot{I} (L_1 + L_2) = 33 \dot{I}$$

$$\left(\frac{B_0}{4} - B_0\right) R S_1 = 4L_1 I_1$$

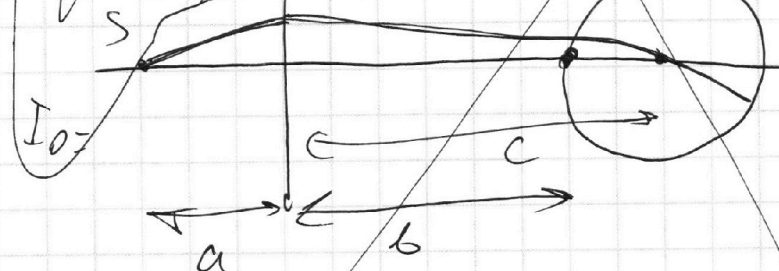
$$I_1 = \frac{B_0 S_1}{4L_1} \cdot \frac{306}{370} = \frac{306}{370} \frac{B_0 S_1}{4L_1}$$

$$-\frac{dB}{dt} S_1 = 3L \frac{dI}{dt}$$

$$\frac{75}{100}$$

$$\frac{75}{105}$$

$$\left(1 - \frac{B_0}{4}\right) \mu S_1 = 4L_1 \left(\frac{306}{370} \frac{B_0 S_1}{4L_1} - I_0\right)$$



$$\frac{75}{100} \cdot \frac{306}{370}$$

$$\frac{75}{105} \cdot \frac{306}{370}$$

$$\frac{75}{100}$$

$$\frac{75}{105}$$

$$\frac{1}{11F} + \frac{1}{C} = \frac{1}{F} \rightarrow \frac{1}{C} = \frac{11}{11F} - \frac{10}{11F} = \frac{1}{11F}$$

$$\Rightarrow C = 11F \quad R = C - 0 = 0,5F$$

$$\frac{33 \times 273}{92 \times 273}$$

$$\frac{153}{370} \cdot \frac{306}{370}$$

$$\frac{153}{459}$$

$$\frac{153}{459}$$

$$\frac{20291010}{0471010}$$

$$\frac{00000000}{00000000}$$



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!

Handwritten solution on graph paper for an optics problem involving a lens and a mirror.

Diagram 1 (Top): Shows a light source S at distance $a = 1,1F$ from a lens. The focal length is F . The image is formed at distance $11,1F$ from the lens. A circular diagram shows the light rays converging.

Diagram 2 (Middle): Shows a light source S' at distance $5,5F$ from a lens. The focal length is F . The image is formed at distance $5,5F$ from the lens. A circular diagram shows the light rays converging.

Diagram 3 (Right): Shows a light source S at distance $11,1F$ from a lens. The focal length is F . The image is formed at distance $11,1F$ from the lens. A circular diagram shows the light rays converging.

Calculations:

1. Calculation of the image distance for the first lens:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{1,1F} + \frac{1}{b} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{F} - \frac{1}{1,1F} = \frac{1,1 - 1}{1,1F} = \frac{0,1}{1,1F} \Rightarrow b = 11,1F$$

2. Calculation of the image distance for the second lens:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{5,5F} + \frac{1}{b} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{F} - \frac{1}{5,5F} = \frac{5,5 - 1}{5,5F} = \frac{4,5}{5,5F} \Rightarrow b = 1,22F$$

3. Calculation of the image distance for the third lens:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b} \Rightarrow \frac{1}{F} = \frac{1}{11,1F} + \frac{1}{b} \Rightarrow \frac{1}{b} = \frac{1}{F} - \frac{1}{11,1F} = \frac{11,1 - 1}{11,1F} = \frac{10,1}{11,1F} \Rightarrow b = 1,1F$$

4. Calculation of the magnification for the first lens:

$$M = \frac{b}{a} = \frac{11,1F}{1,1F} = 10,1$$

5. Calculation of the magnification for the second lens:

$$M = \frac{b}{a} = \frac{1,22F}{5,5F} = 0,22$$

6. Calculation of the magnification for the third lens:

$$M = \frac{b}{a} = \frac{1,1F}{11,1F} = 0,1$$

7. Calculation of the total magnification:

$$M_{\text{total}} = M_1 \cdot M_2 \cdot M_3 = 10,1 \cdot 0,22 \cdot 0,1 = 0,22$$

8. Calculation of the final image distance:

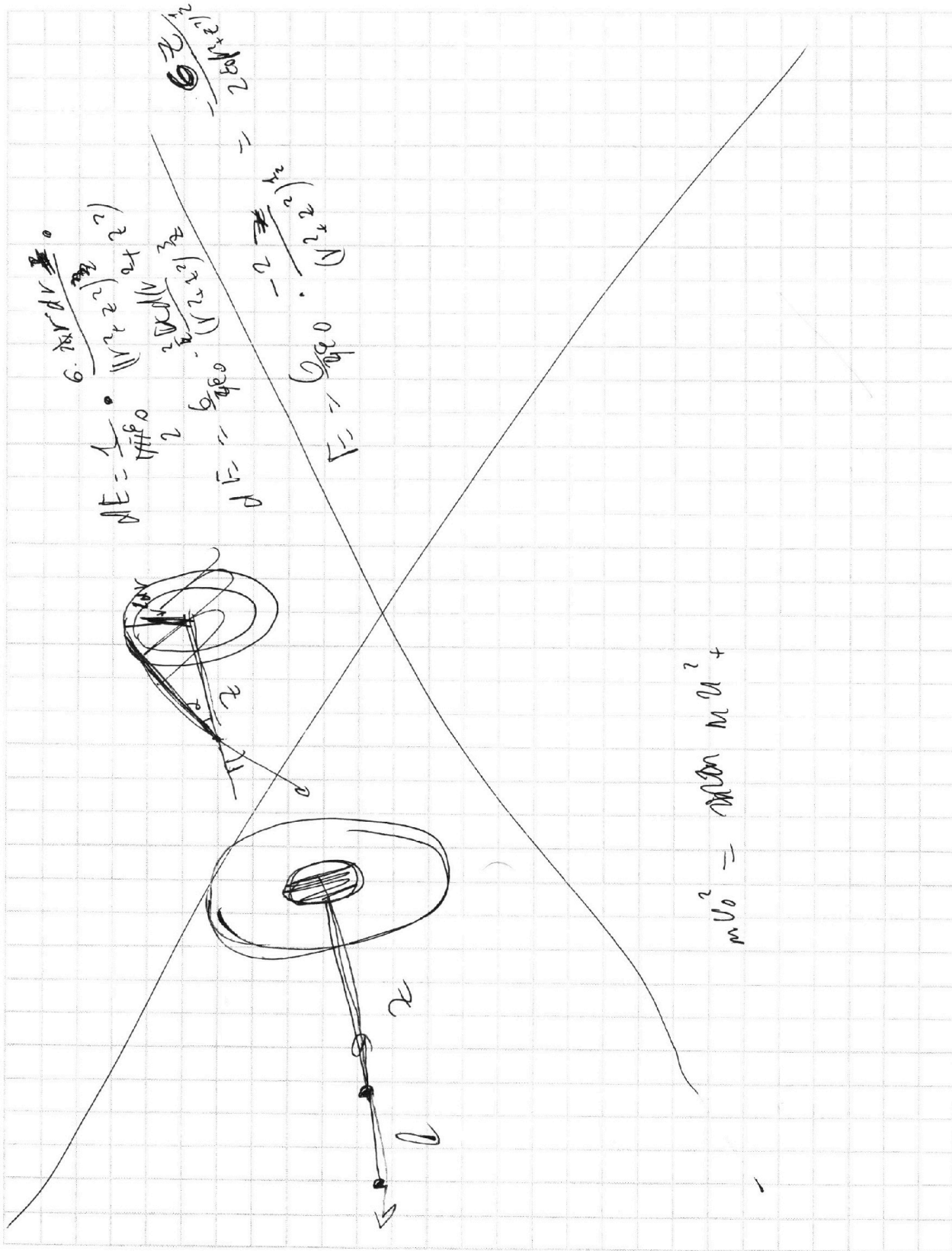
$$b_{\text{total}} = \frac{a_{\text{total}}}{M_{\text{total}}} = \frac{11,1F}{0,22} = 50,5F$$

9. Calculation of the final image height:

$$h_{\text{total}} = M_{\text{total}} \cdot h_{\text{object}} = 0,22 \cdot h_{\text{object}}$$

10. Calculation of the final image position:

$$x_{\text{total}} = x_{\text{object}} + b_{\text{total}} = 11,1F + 50,5F = 61,6F$$





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

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!

меньше вычисляем, что $dq = I dt$ (заряд, пер протекающий
чрез провод)

для $t \leq \frac{\tau}{2}$ $dq = I dt$

$$\int_0^{\frac{\tau}{2}} dq = \frac{3B_0 \mu S_1}{8L} \cdot \int_0^{\frac{\tau}{2}} \frac{t}{\tau} dt \rightarrow q_1 = \frac{3B_0 \mu S_1}{8L\tau} \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{\tau}{2} \right)^2 = \frac{3}{64} B_0 \mu S_1 \tau$$

меньше для $t > \frac{\tau}{2}$:

$$dq = I' dt \Rightarrow \int_{\frac{\tau}{2}}^{\tau} dq = \int_{\frac{\tau}{2}}^{\tau} \frac{B_0 \mu S_1}{16L} \left(3 + \frac{2t}{\tau} \right) dt \rightarrow$$

$$\rightarrow q_2 = \frac{B_0 \mu S_1}{16L} \left[3 \cdot \frac{\tau}{2} + \frac{2}{\tau} \cdot \frac{1}{2} \left(\tau^2 - \frac{\tau^2}{4} \right) \right]$$

$$q_2 = \frac{B_0 \mu S_1 \tau}{16L} \cdot \frac{9}{4} = \frac{9}{64} \frac{B_0 \mu S_1 \tau}{L}$$

$$\rightarrow q = q_1 + q_2 = \frac{12}{64} \frac{B_0 \mu S_1 \tau}{L} = \boxed{\frac{3}{16} \frac{B_0 \mu S_1 \tau}{L}}$$

ответ: $I_0 = \frac{B_0 \mu S_1}{4L}$; $q = \frac{3}{16} \frac{B_0 \mu S_1 \tau}{L}$



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.

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!

Diagram of a block on an inclined plane with forces μmg and mg , and a spring constant k_x .

Equations:

$$\mu mg = k_x$$
$$x = \frac{\mu mg}{k}$$
$$m_0 \ddot{x} = -k_x$$
$$m_0 \ddot{x} + k_x = 0$$
$$\ddot{x} + \frac{k}{m_0} x = 0$$

Angular frequency:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m_0}}$$

Displacement and velocity:

$$x = A \sin(\omega t)$$
$$v = A \cos(\omega t) \cdot \omega = v_0$$
$$A \omega = v_0$$
$$A = \frac{v_0}{\omega}$$

Work done:

$$W_{SD} = \frac{\mu mg}{k v_0} \sqrt{\frac{k}{3 m_0}}$$

Final calculation:

$$W_{SD} = \frac{\mu mg}{k v_0} \sqrt{\frac{k}{3 m_0}} = \frac{93 \cdot 1 \cdot 10}{36 \cdot 1} \cdot \sqrt{\frac{36 \cdot 12}{3 \cdot 1}}$$