



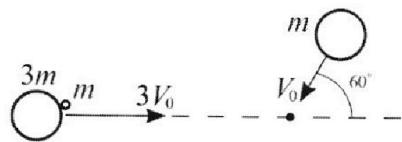
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-08



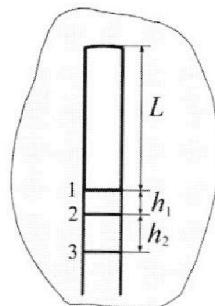
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

1. Две небольшие шайбы скользят по гладкой горизонтальной поверхности так, как показано на рисунке, после чего происходит их столкновение. Масса первой шайбы $3m$, скорость $3V_0$ масса второй шайбы m , скорость V_0 . Угол между направлениями скоростей 60° . К первой шайбе прикреплен кусочек пластилина массы m .



- 1) Найдите скорость шайб, если после столкновения они приклеились друг к другу.
 - 2) На какую величину E_0 увеличится внутренняя энергия системы после такого столкновения?
 - 3) Известно, что произошел такой удар, что шайбы не слиплись, а пластилин полностью прилип к правой шайбе. При этом внутренняя энергия системы увеличилась на величину $E_0/3$ (см. предыдущий пункт задачи). Найдите модуль скорости одной шайбы относительно другой после такого удара.
- Движения шайб до и после удара поступательные. В ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

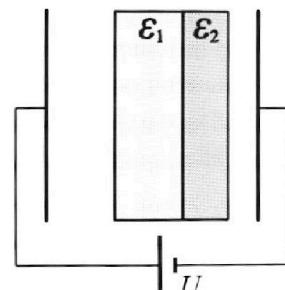
2. В воде на некоторой глубине удерживают пробирку в вертикальном положении, обращенную открытым концом вниз (см. рис.). Температура в столбе влажного воздуха установилась $t_1 = 37^\circ\text{C}$, в таком состоянии пробирка находилась достаточно долго. В некоторый момент температуру системы резко поднимают до температуры $t_2 = 87^\circ\text{C}$, сохраняя прежнее давление. При этом вода в пробирке быстро опустилась с уровня 1 до уровня 2 на $h_1 = 10 \text{ mm}$. После этого уровень воды начал медленно двигаться до уровня 3, опустившись на $h_2 = 40 \text{ mm}$. Изменением гидростатического давления на границе «воздух – вода» в пробирке можно пренебречь.



- 1) Найти высоту L столба влажного воздуха в пробирке до нагревания.
- 2) Найти давление в пробирке P_0 . Ответ дать в мм. рт. ст.

Примечание: давление насыщенного пара воды при температуре t_1 равно $P_1 = 47 \text{ мм. рт. ст.}$, при температуре t_2 равно $P_2 = 467 \text{ мм. рт. ст.}$

3. В плоский конденсатор с площадью обкладок S и расстоянием между ними d помещены параллельно обкладкам и напротив них две соприкасающиеся пластины (см. рис.). У одной пластины диэлектрическая проницаемость $\epsilon_1 = 2$, толщина $d/2$, у другой пластины $\epsilon_2 = 4$, толщина $d/4$. У обеих пластин площадь каждой из двух поверхностей равна S . Конденсатор подключен к источнику с напряжением U .



- 1) Найти напряженность электрического поля E в правом воздушном зазоре конденсатора.
- 2) Найти заряд Q положительно заряженной обкладки конденсатора.
- 3) Найти связанный (поляризационный) заряд q на границе соприкосновения пластин.

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.

Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

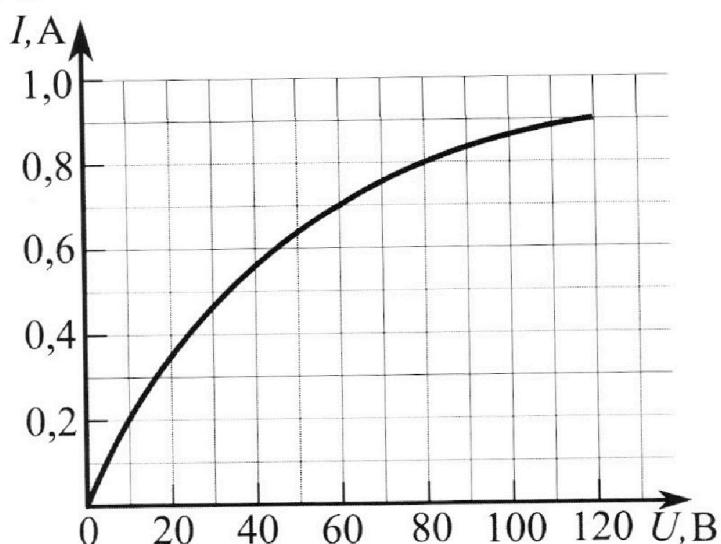
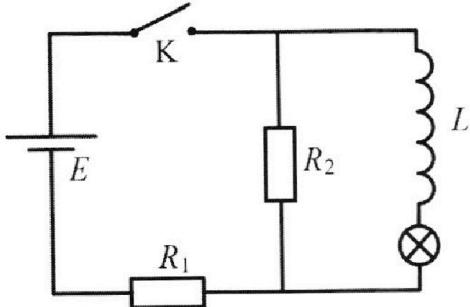
Вариант 11-08



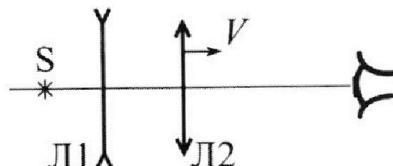
Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.

4. В цепи (см. рис.) катушка индуктивности и источник идеальные, $L = 0,8 \text{ Гн}$, $E = 120 \text{ В}$, $R_1 = 300 \text{ Ом}$, $R_2 = 600 \text{ Ом}$. Вольт-амперная характеристика лампочки накаливания приведена на рисунке. Ключ К замыкают.

- 1) Найти ток I_{20} через R_2 сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти скорость возрастания тока через лампочку сразу после замыкания ключа.
- 3) Найти ток через катушку в установившемся режиме после замыкания ключа.



5. Главные оптические оси двух тонких линз совпадают. У линзы Л1 фокусное расстояние $F_1 = -30 \text{ см}$, у линзы Л2 фокусное расстояние $F_2 = 15 \text{ см}$. Неподвижный точечный источник света S расположен на расстоянии $d = 45 \text{ см}$ от неподвижной линзы Л1. Линза Л2 удаляется от Л1 с постоянной скоростью $V = 9 \text{ мм/с}$. Изображение источника рассматривают со стороны линзы Л2 (см. рис.).



- 1) На каком расстоянии x_0 от линз будет изображение, когда Л1 и Л2 были вплотную друг к другу?
- 2) На каком расстоянии x от линзы Л2 будет изображение, когда расстояние между линзами станет $L = 6 \text{ см}$?
- 3) Найти скорость U (по модулю) изображения, когда расстояние между линзами станет $L = 6 \text{ см}$.



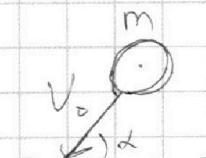
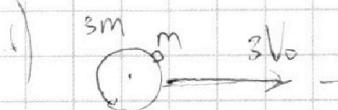
- | | | | | | | |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
|-------------------------------------|--------------------------|-----------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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{aligned} 3m, 3V_0 \\ m, V_0 \\ L = 60^\circ \\ M_{\text{нагр}} = M \end{aligned}$$

Решение:



- 1) $V_1 - ?$
 2) $E_0 - ?$
 3) $V_{\text{окр}} - ?$
 $\Delta E = \frac{E_0}{3}$

Задача:
(Внешних сил нет)

$$\left(\begin{array}{l} \text{O}X: 12mV_0 - mV_0 \overset{\cos L}{=} f m V_{1x} \\ \text{O}Y: mV_0 \sin L \overset{12 - \cos L}{=} f m V_{1y} \end{array} \right)$$

$$\left(\begin{array}{l} V_{1x} = V_0 \cdot \frac{\cos L}{7} \\ V_{1y} = V_0 \cdot \frac{\sin L}{7} \end{array} \right)$$

$$\begin{aligned} V_1 &= \sqrt{V_{1x}^2 + V_{1y}^2} = \frac{V_0}{7} \sqrt{144 + \cos^2 L + \sin^2 L - 12 \cos L} = \\ &= V_0 \cdot \sqrt{144 + 1 - 2 \cdot 12 \cdot \frac{1}{2}} = \frac{V_0}{7} \cdot \sqrt{133} = \frac{\sqrt{133}}{7} V_0 \end{aligned}$$

2) Из закона сохранения энергии:

$$\begin{aligned} \cancel{\frac{1}{2} (3V_0)^2} + \frac{mV_0^2}{2} &\overset{?}{=} E_0 + \frac{7m(V_1)^2}{2} | \cdot 2 \\ 4 \cdot 9V_0^2 m + mV_0^2 &\leq 2E_0 + 7 \cdot \left(\frac{\sqrt{133}}{7} V_0\right)^2 \\ 37V_0^2 &\leq \frac{2E_0}{m} + \frac{133}{49} V_0^2 \Rightarrow E_0 \leq \frac{37 \cdot 7 - 133}{14} \cdot m V_0^2 = \\ &\leq 9mV_0^2 \end{aligned}$$

3) $\Delta E = \frac{E_0}{3} - 3mV_0^2 = \frac{m(3V_0)^2}{2} + \frac{mV_0^2}{2} - \frac{3mV_2^2}{2} - \frac{2m(V_3)^2}{2}$

↓
 $\therefore 19V_0^2 = 3V_2^2 + 2V_3^2$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$3m \cdot 3V_0 - mV_0 \cos \lambda = 3mV_{2x} + 2mV_{3y}$$

$$\{ mV_0 \sin \lambda = 3mV_{2y} + 2mV_{3x}$$

$$\bullet V_{2y}^2 + V_{2x}^2 = V_2^2$$

$$\bullet V_{3y}^2 + V_{3x}^2 = V_3^2$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{\sqrt{33}}{9} V_0, \quad 2), E_0 = 9mV_0^2$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$t_1 = 37^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 8^\circ\text{C}$$

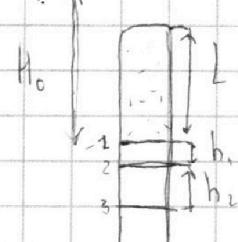
$$h_1 = 10 \text{ м} (1 \rightarrow 2)$$

$$h_2 = 40 \text{ м} (2 \rightarrow 3)$$

$$\Delta p_{\text{воздуха}} \approx 0$$

$$1) L = ?$$

$$2) P_0 = ?$$



Задачи из уравнения Менделеева-Капиллярности

1-20 и 2-20 состоят из: $p_0 LS = VRT$,

$$p_0(L+h_1)S = VRT_2$$

поделили на константу $\frac{L+h_1}{L} = \frac{T_2}{T_1}$
 $L(T_1 + h_1 T_1) = LT_2 + h_1 T_1$

$$2) \frac{pgH_0 = p_0}{pg(H_0 + h_2)} = p_0 \rightarrow \text{давление в точке 3}$$

$$1) L = \frac{h_1 T_1}{T_2 - T_1}$$

$$T_1 = 310 \text{ K}$$

$$T_2 = 360 \text{ K}$$

Точка 2-3 изотермический:

$$p_0(L+h_2) = VRT_2 = p_0(L+h_1)S \quad | L = \frac{10 \text{ м} \cdot 310 \text{ K}}{360 \text{ K} - 310 \text{ K}} = 62 \text{ м}$$

$$\frac{pg \cdot H_0 + h_2}{pg \cdot H_0} = \frac{L + h_2 \cdot VRT_2}{L + h_1 \cdot VRT_2}$$

$$\frac{H_0 + h_2}{H_0} = \frac{L + h_2}{L + h_1}$$

$$H_0 = \frac{h_2(L + h_1)}{h_2 - h_1} = 96 \text{ м}$$

$$p_0 = pgH_0 \approx 7,3 \text{ м} \text{ рт. см.}$$

Ответ: 1) $L = 62 \text{ м}$; $p_0 = 7,3 \text{ м} \text{ рт. см.}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



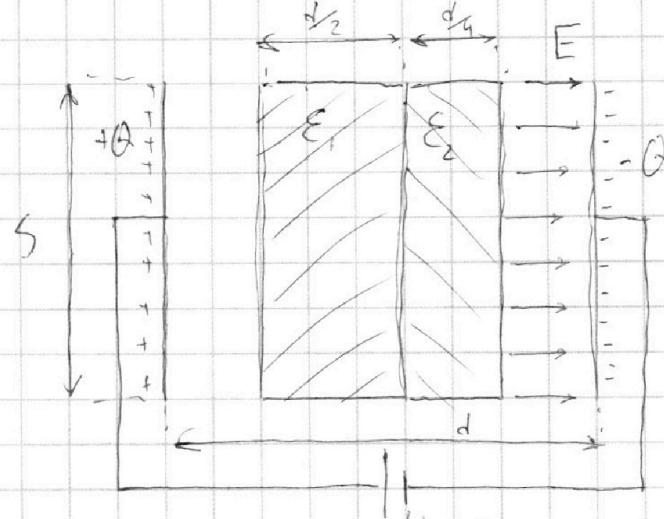
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>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

МФТИ.

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{aligned} \mathcal{E}_1 &= 2, \frac{d}{2}, S \\ \mathcal{E}_2 &= 4, \frac{d}{4}, S \\ U, S, d, \mathcal{E}_0 & \end{aligned}$$

- 1) $E_0 - ?$
- 2) $Q - ?$
- 3) $q - ?$



1) Применим формулы $U = Ed$ и $\mathcal{E}_{\text{общий}} > \frac{\mathcal{E}_{\text{прав}}}{\mathcal{E}}$:

$$U = E \cdot \frac{d}{4} + \frac{E}{\mathcal{E}_1} \cdot \frac{d}{2} + \frac{E}{\mathcal{E}_2} \cdot \frac{d}{4} \quad | \cdot 4$$

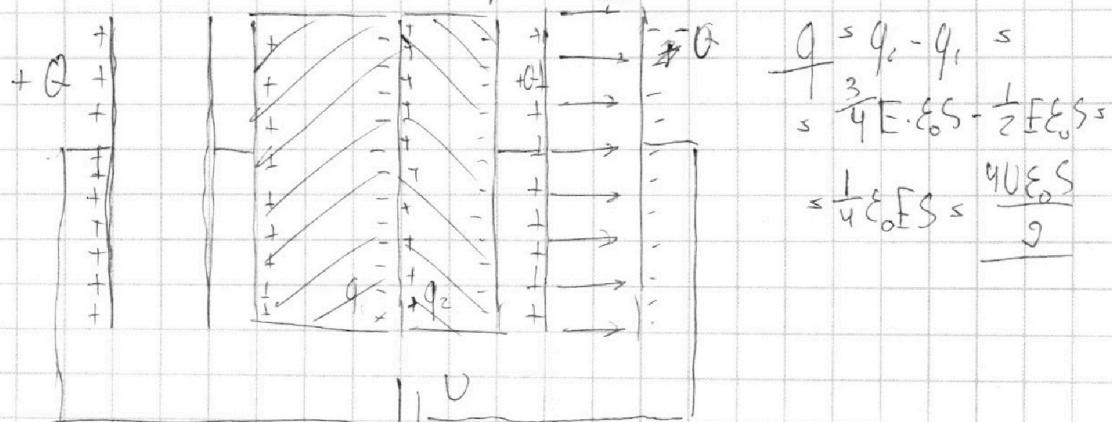
$$4U = E \left(d + \frac{2d}{\mathcal{E}_1} + \frac{d}{\mathcal{E}_2} \right) = \frac{9}{4} E \Rightarrow E = \frac{16}{9} U$$

$$2) E = 2 \cdot \frac{G}{2\mathcal{E}_0 S} = \frac{G}{\mathcal{E}_0 S} \Rightarrow Q = E \mathcal{E}_0 S = \frac{16 U \mathcal{E}_0}{9}$$

эту формулу можно применить, т.к.
исходная система эквивалентна
данной:

$$E = \frac{Q_1}{2\mathcal{E}_0 S} = \frac{E}{\mathcal{E}_1}$$

$$E = \frac{Q_2}{2\mathcal{E}_0 S} = \frac{E}{\mathcal{E}_2}$$



$$\text{Ответ: 1) } E = \frac{16}{9} U, 2) Q = \frac{16 U \mathcal{E}_0}{9}, 3) q = \frac{4 U \mathcal{E}_0}{9}.$$

На одной странице можно оформлять **ТОЛЬКО ОДНУ** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$L = 0,8 \text{ Гн}$$

$$E = 120 \text{ В}$$

$$R_1 = 300 \Omega$$

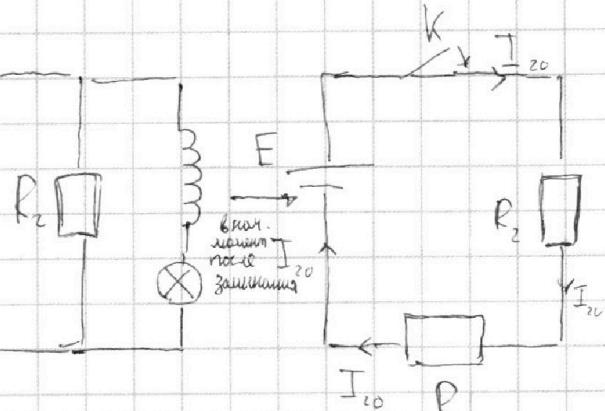
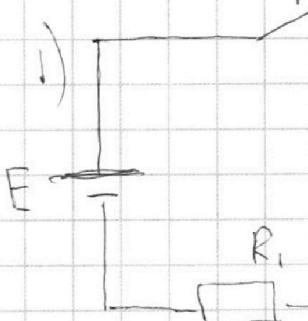
$$R_2 = 600 \Omega$$

$$\begin{cases} I_{20} - ? \\ L \left(\frac{dI}{dt} \right) - ? \end{cases}$$

Источник возникает
тока через катушку
 сразу после замыкания

$$3) I_{\text{рез}} - ?$$

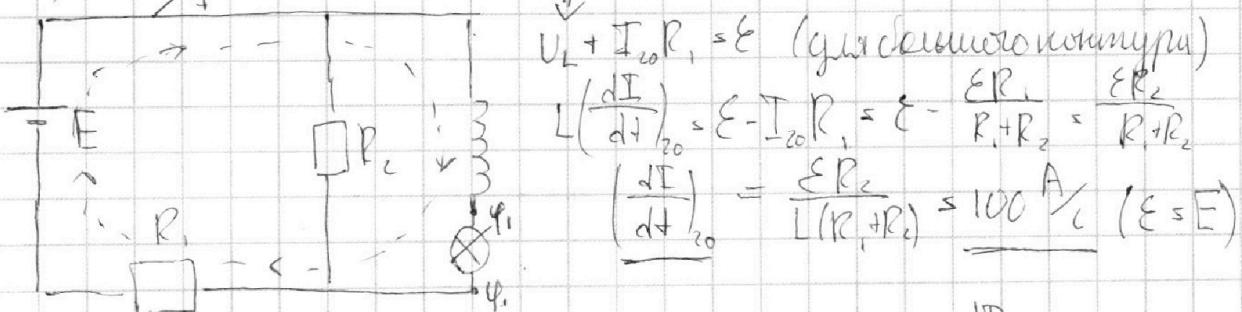
Решение:



Ток на катушке не может измениться
 немедленно, значит $I_{20} = 0 \rightarrow$ начальный ток через катушку.

$$I_{20} = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{120}{15} \text{ А}$$

2) Груз пока засасывается $V_A = 0$ (напряжение на минусе)



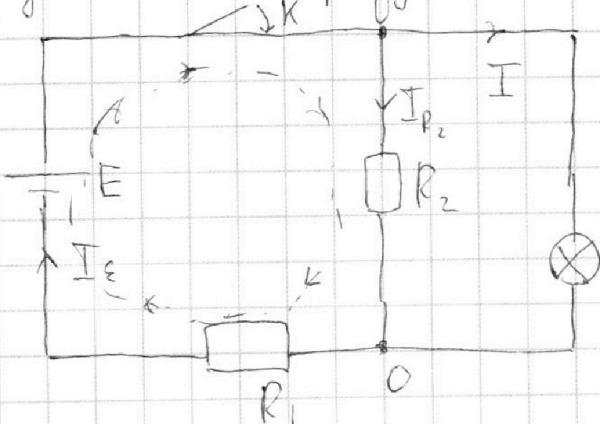
$$V_L + I_{20} R_1 = E \quad (\text{закон Ома для катушки})$$

$$L \left(\frac{dI}{dt} \right)_{20} + E - I_{20} R_1 = E - \frac{ER_1}{R_1 + R_2} = \frac{ER_2}{R_1 + R_2}$$

$$\left(\frac{dI}{dt} \right)_{20} = \frac{ER_2}{L(R_1 + R_2)} = 100 \text{ А/с} \quad (E = E)$$

3) В установившемся режиме $I = \text{const} \Rightarrow V_L = \frac{dI}{dt} \cdot L = 0$

С учётом этого находим эквивалентную схему:



Затем применим правило Кирхгофа:

$$\begin{cases} I_E = I + I_{R_2} \\ V = R_2 I_{R_2} \\ R_2 I_{R_2} + I_E R_1 = E \end{cases}$$

$$\begin{cases} I_{R_2} = \frac{V}{R_2} \\ (I_E + I)(R_2 + R_1) + IR_1 = E \end{cases}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

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

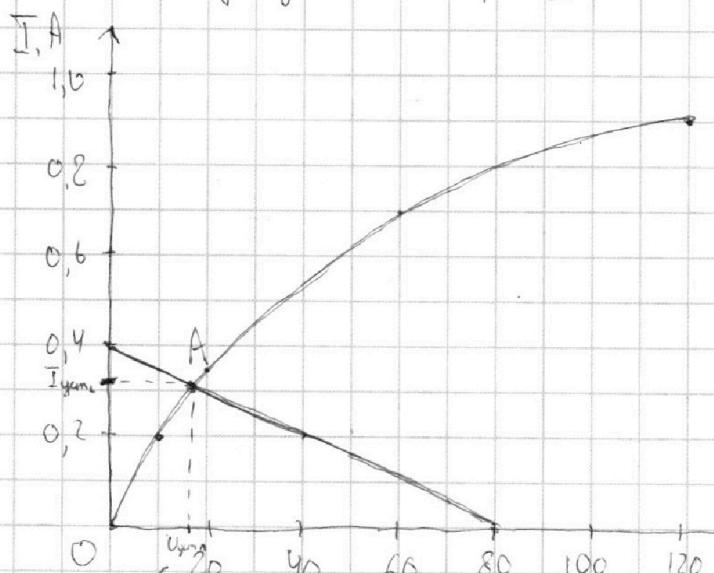
МФТИ



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$(R_1 + R_2) \frac{U}{R_2} + I R_1 = E$$
$$I = \frac{E R_2 - U R_1 - U R_2}{R_1 R_2} = \frac{E}{R_1} - U \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \right)$$

Построим "нагрузочную прямую" для лампочки, характеризующую все возможные режимы работы в данной цепи, иными словами найдем зависимости тока через лампочку от напряжения на лампочке при данной конфигурации цепи.



пересечение двух графиков
это рабочая точка, то есть
режим цепи через данное
время после замыкания
кнопки будем соответство-
вать координатам этой
точки.

найдем координаты

$$\text{точка } A(U=80V, I=0.32A)$$

(при $I=0$: $U=80V$)
(при $U=0$: $I=0.32A$)
построим прямую

координаты точки A
пересекаются: $(80V; 0.32A)$

$$I_{\text{ум}} = I_{\text{умн}} = 0.32A$$

умножившийся ток и напряжение на лампочке

$$\text{Ответ: 1)} I_{20} = 2/5A; 2) \left(\frac{dI}{dt} \right)_{20} = 100A/C; 3) I_{\text{ум}} = 0.32A.$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$F_1 = -30 \text{ Н}$$

$$F_2 = 15 \text{ Н}$$

$$d = 45 \text{ см}$$

$$V = 0,9 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$L = 6 \text{ см}$$

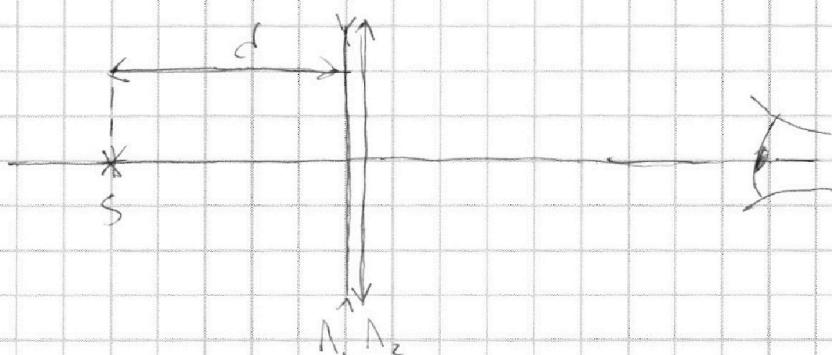
$$1) x_0 = ?$$

$$2) x_1 = ?$$

$$3) |U| = ?$$

Решение:

1)



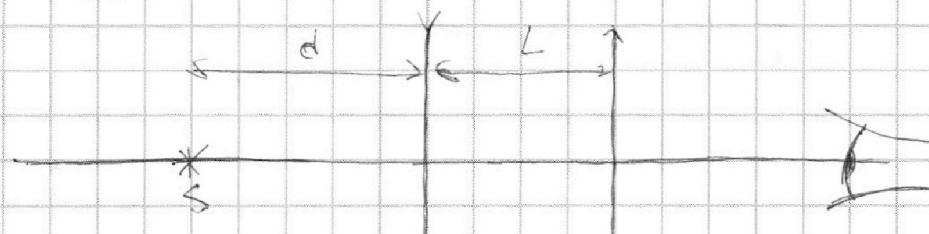
Так как massa соединена блоком, то $D_{\text{одн}} = P_1 + P_2$.

$$\text{Значит } \frac{1}{F_{\text{одн}}} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \Rightarrow F_{\text{одн}} = \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(-30) \cdot 15}{(-30) + 15} \text{ Н} = 30 \text{ Н}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{x_0} = \frac{1}{F_{\text{одн}}} \leftarrow \text{формула тонкой линии}$$

$$\frac{1}{x_0} = \frac{F_{\text{одн}} \cdot d}{d - F_{\text{одн}}} = \frac{0,45 \cdot 0,3}{0,45 - 0,3} \text{ м} = 0,9 \text{ м} = 90 \text{ см}$$

2)



Пусть f_1 - радиус-вектор от N_1 , гор

изображенный в N_1 , тогда:

$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f_1} = -\frac{1}{|F_1|} \Rightarrow f_1 = \frac{d |F_1|}{d + |F_1|} = 18 \text{ см}$$

Радиусы d_2 от N_2 до действующего предмета, движущегося
линейно и изотропически в N_1 , равны $f_1 + L$;

$$\frac{1}{d_2} + \frac{1}{x_1} = \frac{1}{F_2} \Rightarrow x_1 = \frac{F_2 d_2}{d_2 - F_2} = \frac{F_2 (f_1 + L)}{f_1 + L - F_2} = 0,4 \text{ м} = 40 \text{ см}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

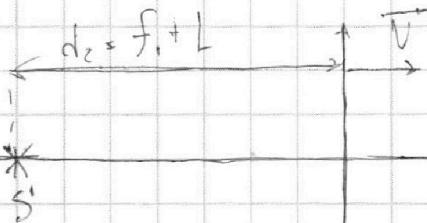
Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

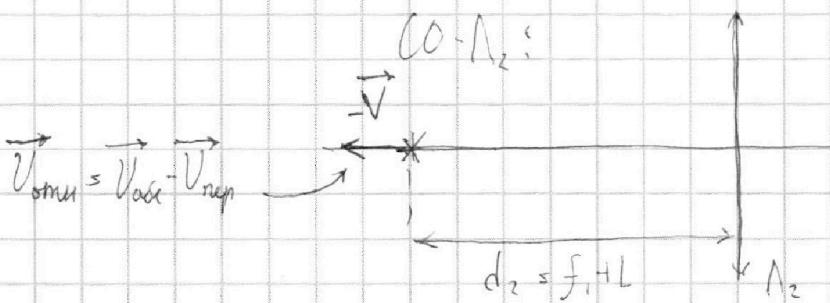
МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

3) NO:



Перейдем в систему отсчета - линза. $\rightarrow \Lambda_2$



Известно, что если источник движется вдоль РОД, то

$$V_{\text{источ.}} = 8V_{\text{движущ.}} = \Gamma^2 V_{\text{движущ.}} \Rightarrow |V| = \Gamma^2 V$$

$$\Gamma^2 = \left(\frac{f_2}{d_2}\right)^2 \left(\frac{F_1}{d_2 - F_2}\right)^2 = \frac{F_2^2}{(f_1 + L - F_2)^2} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |V| = \frac{F_2^2}{(f_1 + L - F_2)^2} \cdot V = \frac{225}{81} \cdot 9 \text{ м/с} = 25 \text{ м/с} = 2.5 \cdot 10^{-2} \text{ км/с}$$

Однако: 1) $\chi_0 = 0,9 \text{ м}$; 2) $\chi = 0,4 \text{ м}$; $|V| = 25 \text{ м/с}$.

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:



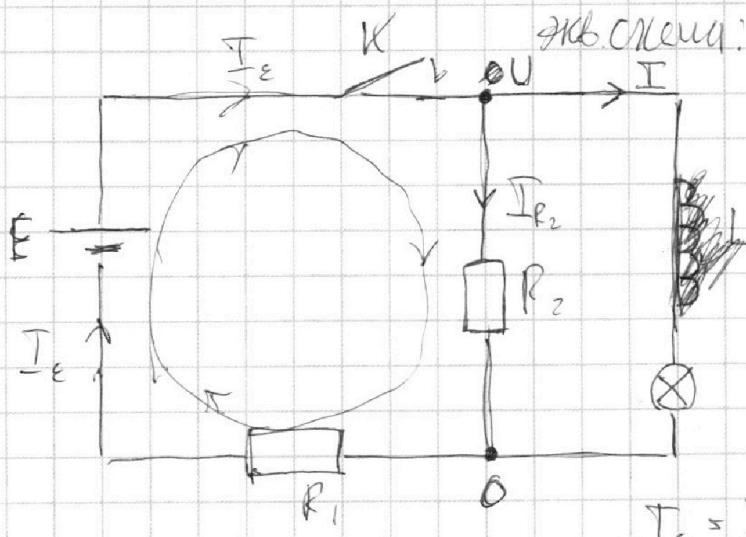
- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

3) участок решения для катушки: $\frac{d\Phi}{dt} = \text{const}$

$$I = \text{const} \Rightarrow U_i = \frac{dI}{dt} \cdot L \leq 0$$



$$I_e = I + I_{R_2}$$

построены
наступающую
прямую для

давления, характеризующую
все возможные её режимы работы
для каждого из них, искажив схемы
настолько, чтобы
через лампочку отсутствовало
наложение двух данных конденсаторов.

$$I_{R_2} = \frac{U}{R_2}$$

$$I_2 I_{R_2} + I_e R_1 = E$$

$$U = E - I_e R_1$$

$$R_2 I_{R_2} + I_{R_2} R_1 + I R_1 = E$$

$$(R_1 + R_2) \cdot \frac{U}{R_2} + I R_1 = E$$

$$I = \frac{E R_2 - U R_1 - U R_2}{R_1 R_2} =$$

$$= \frac{E}{R_1} - U \cdot \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \right) =$$

$$= \frac{120V}{300\Omega} - U \cdot \left(\frac{300 + 600}{300 \cdot 600 \Omega^2} \right)$$

$$= \frac{2}{5} A - \frac{U}{200\Omega}$$

наибольшее значение
(максимальное значение)

$$I \geq 0 : U = 0,4A \cdot 200\Omega =$$

$$= 80V$$

$$U = 0 : I = 0,4A$$

$$\Rightarrow I_1 = I_{\text{наименьш}} = 0,32A$$

пересечённая линия
это рабочий режим, то есть режимы
через которые включаются замыкающие
контакты





На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1

2

3

4

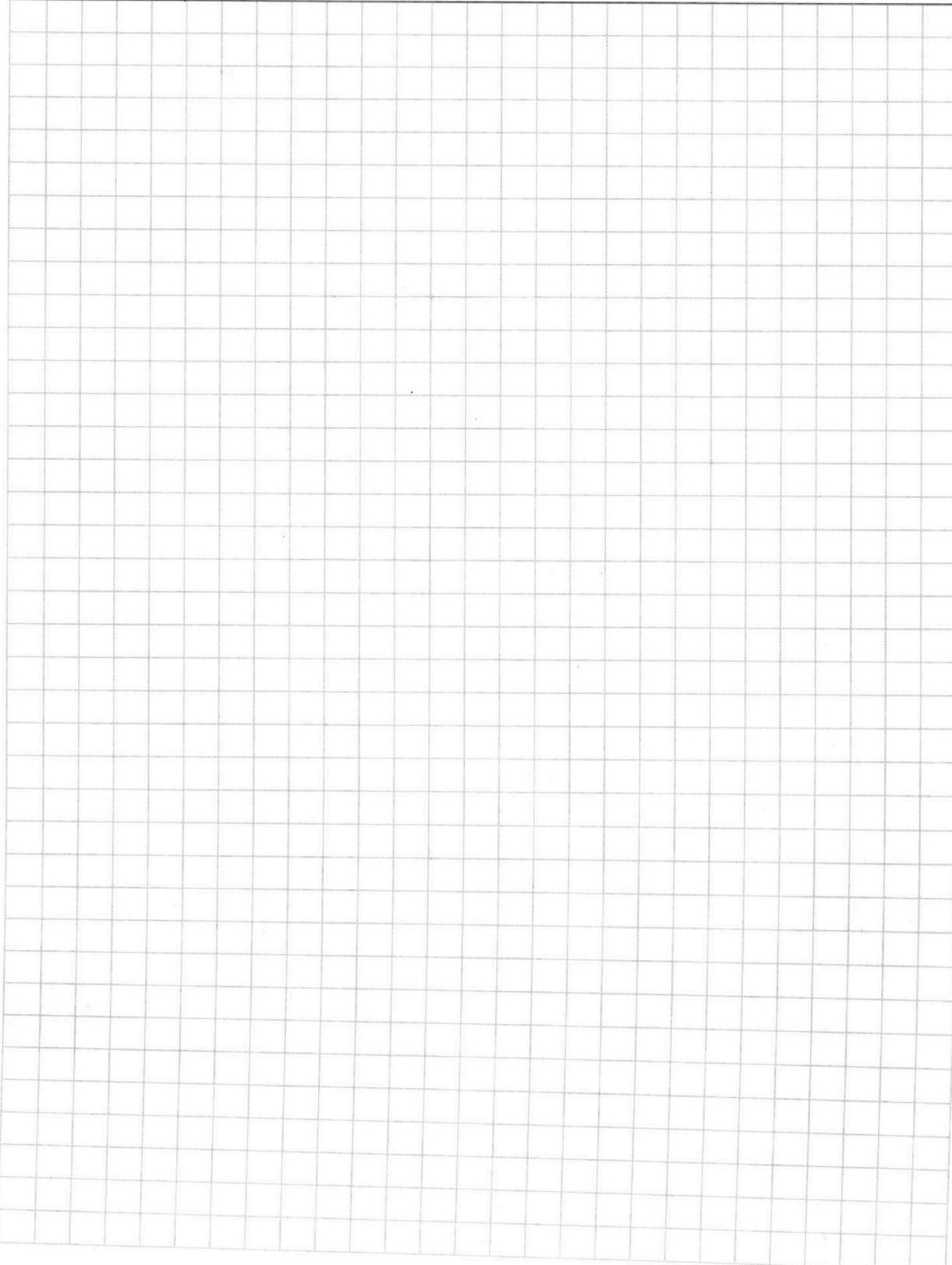
5

6

7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

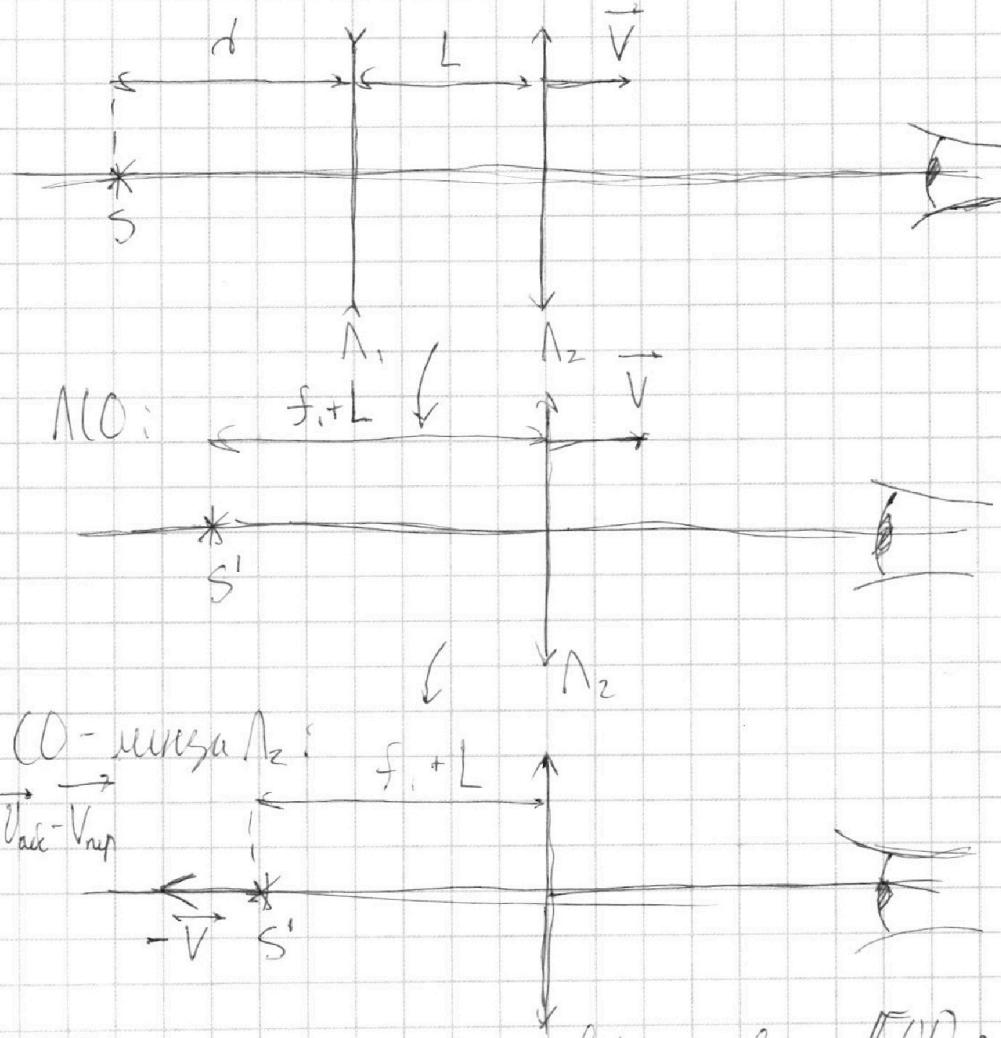


- | | | | | | | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-----------------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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

3)



Убедимся, что если изменим движение вдоль F_{00} :

$$\begin{aligned} V_{\text{норм}} &= \sqrt{V_{\text{преди}}}^2 = \Gamma^2 V_{\text{преди}} \Rightarrow |V| = \Gamma^2 V \\ \Gamma_0 &= \frac{F_0}{d_0} = \frac{F_1 d_0}{d_0(d_0 - F_0)} = \frac{F_1}{d_0 - F_0} \Rightarrow \Gamma^2 = \left(\frac{F_1 + L - F_2}{d_0 - F_0} \right)^2 \Rightarrow \\ \Rightarrow |V| &= \left(\frac{F_1 + L - F_2}{d_0 - F_0} \right)^2 V = \frac{\left(\frac{18 + 6 - 15}{8 - 6} \right)^2 \cdot 9 \text{ НМ/с}}{\left(\frac{225}{81} \right) \cdot 9 \text{ НМ/с}} = \underline{\underline{25 \text{ НМ/с}}} \end{aligned}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

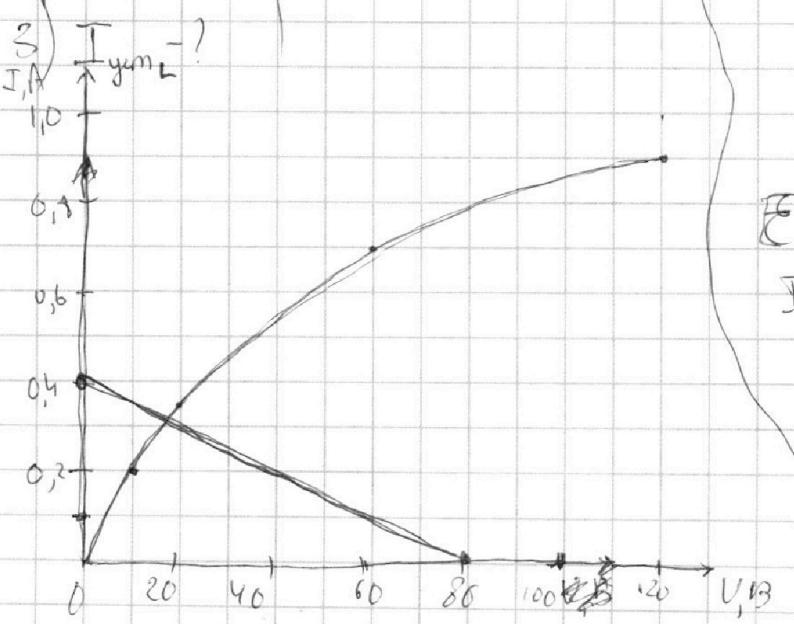
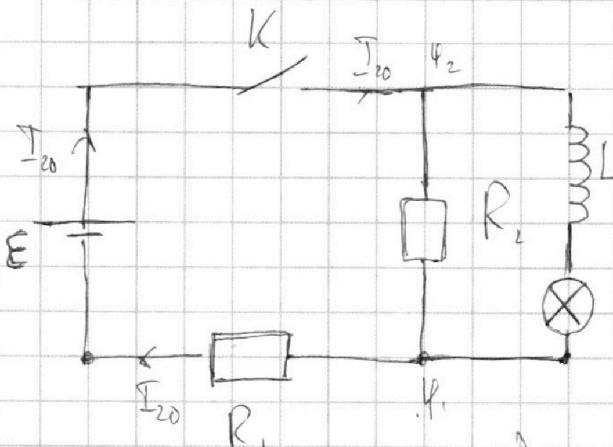
МФТИ.

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

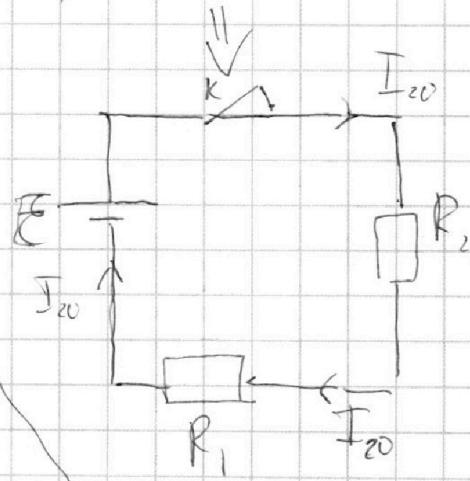
(4)

$$\begin{aligned} L &= 0,8 \text{ ГН} \\ E &= 120 \text{ В} \\ R_1 &= 300 \Omega \text{м} \\ R_2 &= 600 \Omega \text{м} \end{aligned}$$

- 1) I_{20} - ?
(размыкание K)
2) $\frac{dI}{dt}$ - ?
(размыкание K)
3) I_A - ?



1) $I_{cl} = 0$



$$\begin{aligned} I_{20} &= \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{120 \text{ В}}{300 \Omega + 600 \Omega} = 0,2 \text{ А} \\ A &= \frac{2}{15} \text{ А} \end{aligned}$$

2) В каких моментах времени: $U_A = 0$
(после замыкания ключа)

$$U_L = E - I_{20} R_1$$

$$\frac{dU_L}{dt} = \frac{d}{dt}(E - I_{20} R_1) =$$

$$\begin{aligned} \Rightarrow \frac{dU_L}{dt} &= \frac{d}{dt}(E - \frac{ER_1}{R_1 + R_2}) = \frac{E}{(R_1 + R_2)^2} R_2 = \frac{ER_2}{L(R_1 + R_2)} = \\ &= \frac{120 \cdot 600}{0,8 \cdot (300 + 600)} = \frac{120 \cdot 600}{9600} = \frac{140}{24} = \frac{2400}{24} = 100 \text{ А/с} \end{aligned}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

(3)

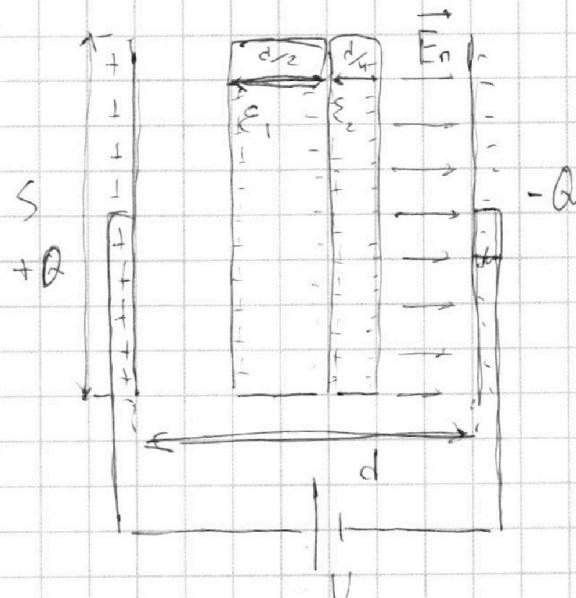
$$\begin{aligned} S_d \\ \varepsilon_1 = 2, \frac{d}{2}, S \\ \varepsilon_2 = 4, \frac{d}{4}, S \end{aligned}$$

U

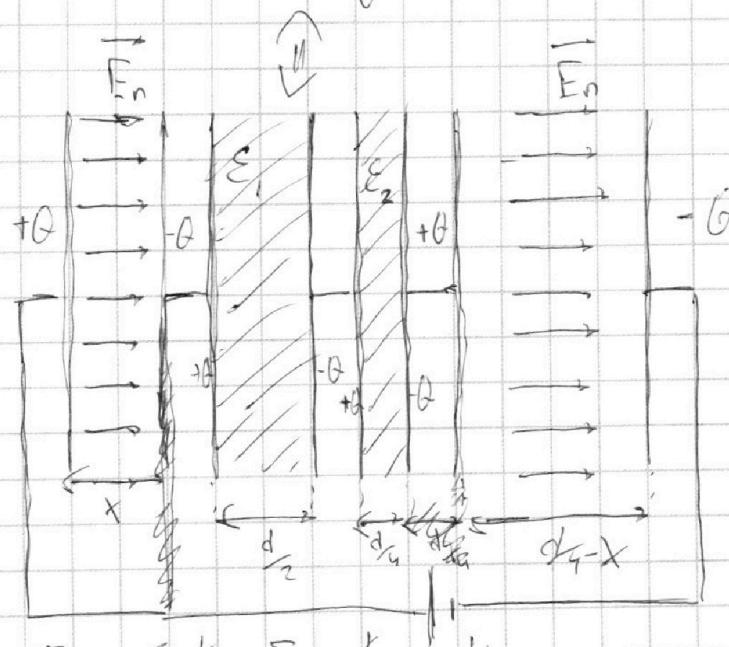
1) $E_n = ?$

2) $Q = ?$

3) $q = ?$



1)



$$U = E_n \cdot \frac{d}{4} + \frac{E_n}{\varepsilon_1} \cdot \frac{d}{2} + \frac{E_n}{\varepsilon_2} \cdot \frac{d}{4} = U$$

$$4U = E_n + \frac{E_n}{\varepsilon_1} + \frac{E_n}{\varepsilon_2} \Leftrightarrow 16U = 9E_n \Leftrightarrow E_n = \frac{16U}{9}$$

$$2) E_n = 2 \cdot \frac{G}{2\varepsilon_0} = \frac{Q}{\varepsilon_0 S} \Rightarrow Q = E_n \cdot \varepsilon_0 S = \frac{16U\varepsilon_0 S}{9}$$

$$3) E_n = \frac{Q}{\varepsilon_1 S} = \frac{E_n}{\varepsilon_1} \cdot \varepsilon_1 S = E_n - X \cdot \frac{q_2}{\varepsilon_0 S} = \frac{E_n}{\varepsilon_2} \quad q = -q_1 + q_2$$

$$q_1 = \frac{E_n}{2} \cdot \varepsilon_0 S \quad q_2 = \frac{3}{4} E_n \cdot \varepsilon_0 S$$

$$q = -\frac{E_n}{2} \cdot \varepsilon_0 S + \frac{3}{4} E_n \cdot \varepsilon_0 S = E_n \cdot \varepsilon_0 S \cdot \frac{1}{4} = \frac{4U\varepsilon_0 S}{9}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ



Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

(5)

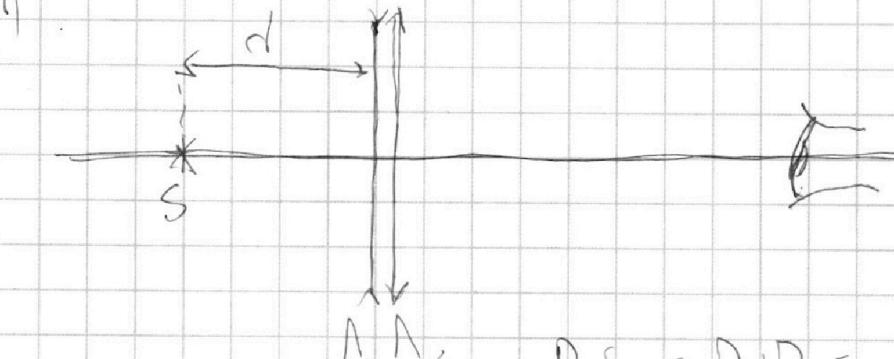
$$F_1 = 30 \text{ Н}$$

$$F_2 = 15 \text{ Н}$$

$$d = 45 \text{ см}$$

$$V = 0,3 \text{ м/c}$$

1) $x_0 - ?$



2) $x - ?$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F_{\text{Focus}}}$$

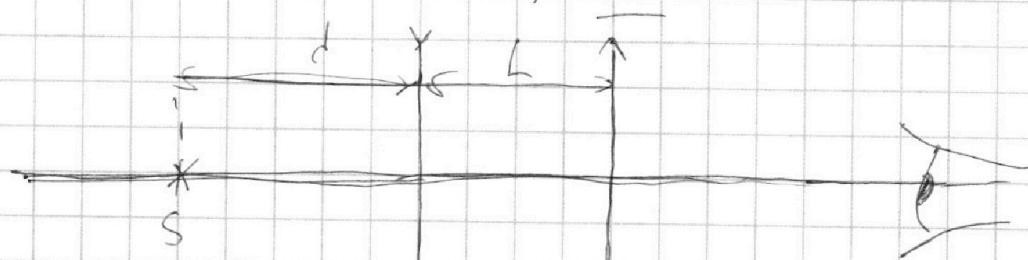
$L = 6 \text{ см}$ $d > F_{\text{Focus}} \approx \text{нек. велич.}$

$$x = \frac{F_{\text{Focus}} \cdot d}{d - F_{\text{Focus}}} = \frac{0,45 \cdot 0,3}{0,45 - 0,3} = 30,3 \approx 30 \text{ см}$$

$$= 0,9 \text{ м} = 90 \text{ см}$$

$$\begin{aligned} D_{\text{Focus}} &= D_1 + D_2 = \\ &= -\frac{1}{0,3 \text{ м}} + \frac{1}{0,15 \text{ м}} = \\ &= \frac{2-1}{0,5 \text{ м}} = \frac{1}{0,5 \text{ м}} = \\ &= \frac{10}{3} \text{ диопт} \Rightarrow \\ \Rightarrow F_{\text{Focus}} &= D_{\text{Focus}} = 0,3 \text{ м} = \\ &= 30 \text{ см} \end{aligned}$$

2)



$$\frac{1}{d} - \frac{1}{f_1} = \frac{1}{|F_1|} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow f_1 = \frac{|F_1| \cdot d}{d + |F_1|} = \frac{0,45 \text{ м} \cdot 0,3 \text{ м}}{0,45 \text{ м} + 0,3 \text{ м}} = \frac{0,45 \cdot 0,3}{0,75} \text{ м} = \frac{45}{75} \cdot 0,3 \text{ м} = \frac{45 \cdot 3}{75 \cdot 100} \text{ м} = 1,35 \text{ см}$$

$$= \frac{27}{50} \text{ м} = 18 \text{ см}$$

$$\frac{1}{L + f_1} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F_2} \quad (F_2 < L \rightarrow f_2 > 0 \rightarrow x > 0)$$

$$x = \frac{F_2 \cdot (L + f_1)}{L + f_1 - F_2} = \frac{15 \cdot (18 + 6)}{18 + 6 - 15} = \frac{15 \cdot 24}{9} = \frac{5 \cdot 24}{3} = 40 \text{ см}$$



- 1 2 3 4 5 6 7

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

(2)

$$t_1 = 37^\circ\text{C}$$

$$t_2 = 8^\circ\text{C}$$

(резко)

$$p = \text{const}$$

$$h_1 = 10 \text{ mm} \quad 1 \rightarrow 2$$

(быстро)

$$h_2 = 40 \text{ mm} \quad 2 \rightarrow 3$$

(медленно)

$$\Delta P_{\text{воздуха}} \approx 0$$

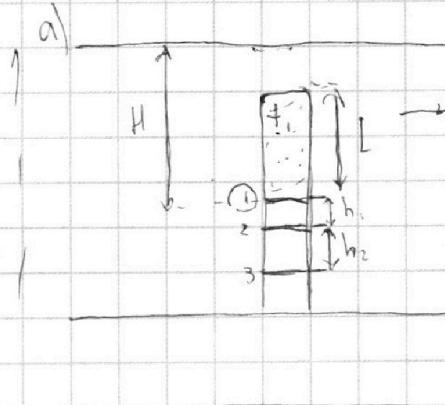
1) $L - ?$

2) $P_0 \text{ (мм рт. см)} - ?$

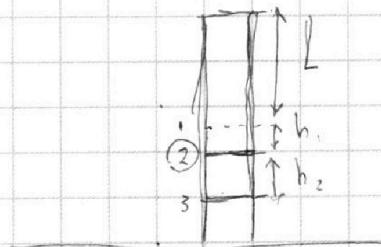
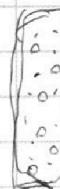
$$P_1(H) = 47 \text{ mm рт. см}$$

$$P_2(H_2) = 467 \text{ mm рт. см}$$

P_1 и P_2 - давление газов



→ В таком состоянии
подпорка находилась
здесь



$$P_0 = 360 \frac{76}{103} \text{ мм рт. см} =$$

$$= 96.76 \frac{76}{103} \text{ мм рт. см}$$

$$\begin{array}{r} 96 \\ \times 76 \\ \hline 576 \\ + 672 \\ \hline 7296 \end{array}$$

$$P_0 = \frac{7296}{1000} \text{ мм рт. см} =$$

$$= 72.96 \text{ мм рт. см} \approx$$

$$\approx 7.3 \text{ кПа}$$

$$1) \quad \rho g H_0 = P_0, \quad P_0 > \rho R \quad P_0 LS = \rho R T_1$$

$$\rho g (H_0 + h_1) = P_1$$

$$\rho g (H_0 + h_2) = P_2$$

$$10^5 \text{ Па} = 760 \text{ мм рт. см}$$

$$H_0 = \frac{4}{3} \cdot 72 \text{ мм} =$$

$$= 96 \text{ мм}$$

$$P_0 = \rho g H_0 = 1000 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3} \cdot 10 \frac{\text{Н}}{\text{кг}} \cdot 96 \cdot 10^3 \text{ Н} =$$

$$= 960 \text{ Па}$$

$$P_0 LS = \rho R T_2$$

$$P_2 LS = \rho R T_2$$

$$\frac{P_2}{P_0} = \frac{L+h_2}{L+h_1}$$

$$\frac{H_0 + h_2}{H_0} = \frac{L+h_2}{L+h_1}$$

$$H_0 + h_1 + h_2 + h_2 h_1 = H_0 + H_0 h_1$$

$$H_0 = \frac{h_2 h_1}{h_2 - h_1} =$$

$$= \frac{40 \text{ мм} \cdot (62 \text{ мм} + 10 \text{ мм})}{90 \text{ мм} - 10 \text{ мм}} =$$

$$\frac{L+h_1}{L} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$LT_1 + h_1 T_1 = LT_2$$

$$L = \frac{h_1 T_1}{T_2 - T_1}$$

$$T_1 = 310 \text{ K}$$

$$T_2 = 360 \text{ K}$$

$$L = \frac{10 \text{ мм} \cdot 310 \text{ K}}{360 \text{ K} - 310 \text{ K}} =$$

$$= \frac{3100 \text{ мм} \cdot 310 \text{ K}}{50 \text{ К}} =$$

$$= 62 \text{ мм}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$(P_{\text{нас}} + P_{\text{внешн}}) V \leq RT (V_{\text{нас}} + V_{\text{внешн}})$$

$$(P_{\text{нас}} + P_{\text{внешн}} + P_{\text{внешн}} - P_{\text{внешн}}) = V_{\text{нас}} + V_{\text{внешн}} + V_{\text{внешн}} - V_{\text{внешн}}$$

$$(P_0 + P_2)(L + h_2)S = RT_2 \cdot (V_{\text{нас}} + V_{\text{внешн}})$$

$$P_0(L + h_2)S = RT_2 \cdot V$$

$$P_0 S = VRT_2$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:



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

МФТИ.

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$-10V_0^2 = 3V_2^2 + 2V_3^2$$

→

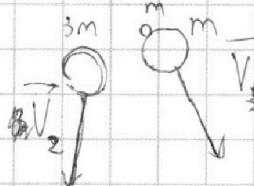
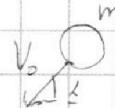
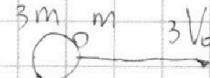
УА

$$\vec{V}_{\text{общ}} = \vec{V}_3 - \vec{V}_2$$

$$V_{\text{общ}}^2 = V_3^2 + V_2^2 - 2V_2V_3$$

$$E_{\frac{1}{2}} = mV_3^2 - mV_2^2 = \frac{mV_3^2 - mV_2^2}{2}$$

$$6mV_0^2 = m(V_3^2 - V_2^2)$$



$$3mV_0: \begin{cases} 4mV_0 - mV_2 \cos \alpha \\ = 3mV_2 + 2mV_3 \end{cases}$$

$$\Rightarrow mV_0 \sin \alpha = 3mV_2 + 2mV_3$$

$$12mV_0 - \frac{1}{2}mV_0 = 3mV_2 + 2mV_3$$

$$11,5V_0 = 3V_2 + 2V_3 \quad |2$$

$$\bullet 23V_0 = 6V_2 + 4V_3$$

$$\times \frac{\sqrt{3}}{2}mV_0 = 3mV_2 + 2mV_3 \quad |2$$

$$\bullet \sqrt{3}V_0 = 6V_2 + 4V_3$$

$$\bullet V_{2y}^2 + V_{2x}^2 = V_2^2$$

$$\bullet V_{3y}^2 + V_{3x}^2 = V_3^2$$

$$23^2V_0^2 = 36V_{2x}^2 + 16V_{3x}^2 + 48V_{2y}V_{3y}$$

$$3V_0^2 = 36V_{2y}^2 + 16V_{3y}^2 + 48V_{2y}V_{3y}$$

$$526V_0^2 = 36(V_{2x}^2 - V_{2y}^2) + 16(V_{3x}^2 - V_{3y}^2) \times \frac{23}{23} + \frac{69}{46}$$





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

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\textcircled{1} \quad F_D = 3m, 3V_0 \\ m, V_0$$

$$\angle = 60^\circ$$

$$m_1 = m$$

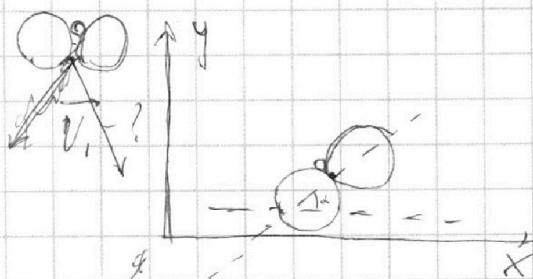
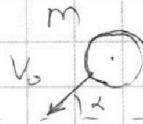
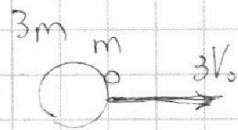
$$1) U_1 - ?$$

$$2) E_0 - ?$$

$$3) E_T, \Delta E = \frac{E_0}{3}$$

$$V_{0MK} - ?$$

Движение:



$$(2m)V_0 - mV_0 \cos \angle = 3mV_{1x}$$

$$V_{1x} = V_0 \cdot \frac{12 - \cos \angle}{7}$$

$$V_{1y} = V_0 \cdot \frac{\sin \angle}{7}$$

$$V_1 = \sqrt{V_{1x}^2 + V_{1y}^2} \leq V_0 \sqrt{\left(\frac{11.5}{7}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{7}\right)^2} = \frac{V_0}{7} \cdot \sqrt{133} = \frac{\sqrt{133}}{7} V_0$$

$$2) 3C: \frac{4m(3V_0)^2}{2} + \frac{m \cdot V_0^2}{2} \leq E_0 + \frac{7m \cdot V_0^2}{2} \cdot \frac{1}{2}$$

$$4 \cdot \frac{9V_0^2}{2} + \frac{V_0^2}{2} \geq 2E_0 + \frac{7 \cdot (\frac{\sqrt{133}}{7} V_0)^2}{2}$$

$$37V_0^2 \geq 2E_0 + \frac{133}{7} V_0^2 \Rightarrow E_0 \leq \frac{37 \cdot 7 - 133}{14} \cdot mV_0^2 =$$

$$3) \Delta E = \frac{E_0}{3} = \frac{3mV_0^2}{3} = mV_0^2$$

$$3mV_0^2 + \frac{4m(3V_0)^2}{2} + \frac{mV_0^2}{2} = 2E_0 \quad \cancel{3mV_0^2} + \frac{3m(V_1)^2}{2} + \frac{2m(V_3)^2}{2} =$$

$$6mV_0^2 + 12mV_0^2 + mV_0^2 = 3m \cdot \cancel{\frac{V_0^2}{2}} + 2mV_3^2$$

$$19mV_0^2 = 3mV_2^2 + 2mV_3^2$$

$$19V_0^2 = 3V_2^2 + 2V_3^2$$