



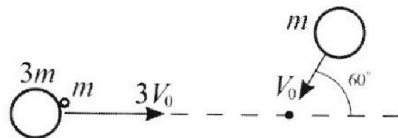
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-08

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

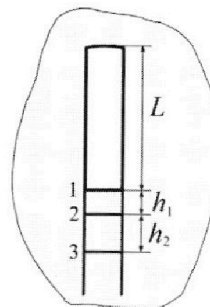


1. Две небольшие шайбы скользят по гладкой горизонтальной поверхности так, как показано на рисунке, после чего происходит их столкновение. Масса первой шайбы $3m$, скорость $3V_0$ масса второй шайбы m , скорость V_0 . Угол между направлениями скоростей 60° . К первой шайбе прикреплен кусочек пластилина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

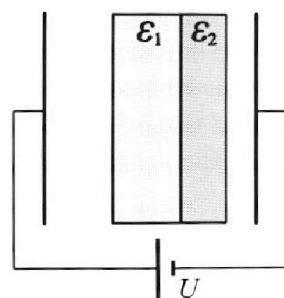
2. В воде на некоторой глубине удерживают пробирку в вертикальном положении, обращенную открытым концом вниз (см. рис.). Температура в столбе влажного воздуха установилась $t_1 = 37^\circ\text{C}$, в таком состоянии пробирка находилась достаточно долго. В некоторый момент температуру системы резко поднимают 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 $h_1 = 10$ мм. После этого уровень воды начал медленно двигаться до уровня 3, опустившись на $h_2 = 40$ мм. 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 $P_1 = 47$ мм. рт. ст., при температуре t_2 равно $P_2 = 467$ 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

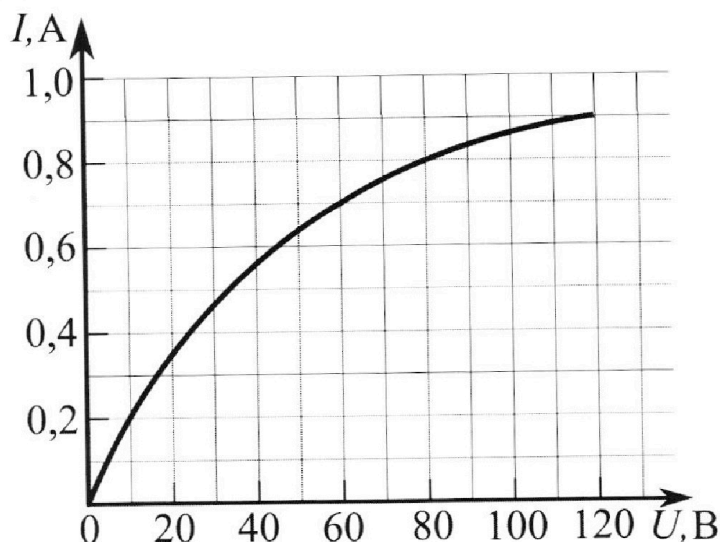
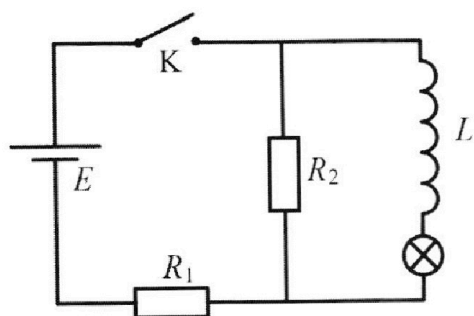
Вариант 11-08

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

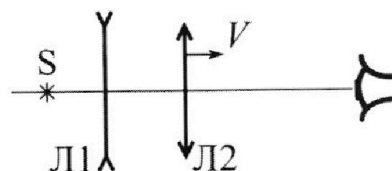


4. В цепи (см. рис.) катушка индуктивности и источник идеальные, $L = 0,8$ Гн, $E = 120$ В, $R_1 = 300$ Ом, $R_2 = 600$ Ом. Вольт-амперная характеристика лампочки накаливания приведена на рисунке. Ключ К замыкают.

- 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 $F_1 = -30$ см, у линзы Л2 фокусное расстояние $F_2 = 15$ см. Неподвижный точечный источник света S расположен на расстоянии $d = 45$ см от неподвижной линзы Л1. Линза Л2 удаляется от Л1 с постоянной скоростью $V = 9$ 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 $L = 6$ см?
- 3) Найти скорость U (по модулю) изображения, когда расстояние между линзами станет $L = 6$ см.

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

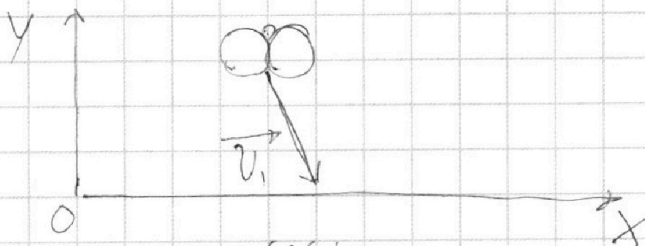
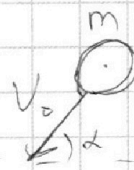
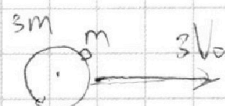
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$3m, 3V_0$
 m, V_0
 $\alpha = 60^\circ$
 $m_{\text{паст}} = m$

Решение:

1)



- 1) V_1 - ?
- 2) E_0 - ?
- 3) $V_{\text{паст}}$ - ?

$$\Delta E = \frac{E_0}{3}$$

ЗУ:

(внешних сил нет)

$$\begin{cases} OX: 12mV_0 - mV_0 \cos \alpha = 7mV_{1x} \\ OY: mV_0 \sin \alpha = 7mV_{1y} \end{cases}$$

$$\begin{cases} V_{1x} = V_0 \cdot \frac{12 - \cos \alpha}{7} \\ V_{1y} = V_0 \cdot \frac{\sin \alpha}{7} \end{cases}$$

$$V_1 = \sqrt{V_{1x}^2 + V_{1y}^2} = V_0 \sqrt{\frac{144 + \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha}{49} - 2 \cdot 12 \cos \alpha} =$$

$$= V_0 \cdot \sqrt{\frac{144 + 1 - 24 \cos \alpha}{49}} = \frac{V_0}{7} \cdot \sqrt{133} = \frac{\sqrt{133}}{7} V_0$$

2) Из закона сохранения энергии:

$$\frac{(3V_0)^2}{2} + \frac{mV_0^2}{2} = E_0 + \frac{7m(V_1)^2}{2} \cdot 2$$

$$4 \cdot 9V_0^2 m + mV_0^2 = 2E_0 + 7 \cdot \left(\frac{\sqrt{133}}{7} V_0\right)^2$$

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

$$= 9mV_0^2$$

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

$$3(7): 3mV_0^2 + \frac{4m(3V_0)^2}{2} + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{3mV_2^2}{2} + \frac{2mV_3^2}{2}$$

$$\Downarrow$$

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



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$3U: \quad 4m \cdot 3V_0 - mV_0 \cos \alpha = 3mV_{2x} + 2mV_{3x}$$

$$\cdot \quad \begin{cases} mV_0 \sin \alpha = 3mV_{2y} + 2mV_{3y} \end{cases}$$

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

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

$$\text{Ответ: } 1) \frac{\sqrt{33}}{4} V_0; \quad 2) \quad E_0 = 9mV_0^2$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

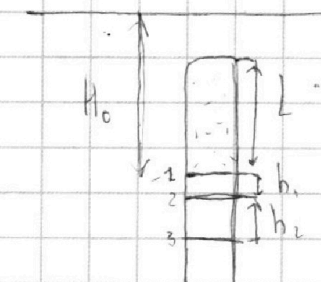
1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$\begin{aligned} t_1 &= 31^\circ\text{C} \\ t_2 &= 37^\circ\text{C} \\ h_1 &= 10\text{ мм (1-2)} \\ h_2 &= 40\text{ мм (2-3)} \\ \Delta p_{\text{ваздуха}} &\approx 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 1) L &= ? \\ 2) p_0 &= ? \end{aligned}$$



Запишем уравнения Менделеева-Клапейрона

$$1\text{-го и } 2\text{-го состояний: } p_0 L S = \nu R T_1$$

$$p_0 (L + h_1) S = \nu R T_2$$

$$\text{поделим второе на первое: } \frac{L + h_1}{L} = \frac{T_2}{T_1}$$

$$L T_1 + h_1 T_1 = L T_2$$

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

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

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

$$L = \frac{10\text{ мм} \cdot 310\text{ K}}{360\text{ K} - 310\text{ K}} = 62\text{ мм}$$

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

Процесс 2-3 изотермический:

$$p_0 (L + h_2) = \nu R T_2 = p_0 (L + h_1) S$$

$$\frac{p_0 \cdot H_0 + h_2}{p_0 \cdot H_0} = \frac{L + h_2 \cdot \nu R T_2}{L + h_1 \cdot \nu R T_2}$$

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

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

$$p_0 = \rho g H_0 \approx 7,3\text{ мм рт.ст.}$$

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

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

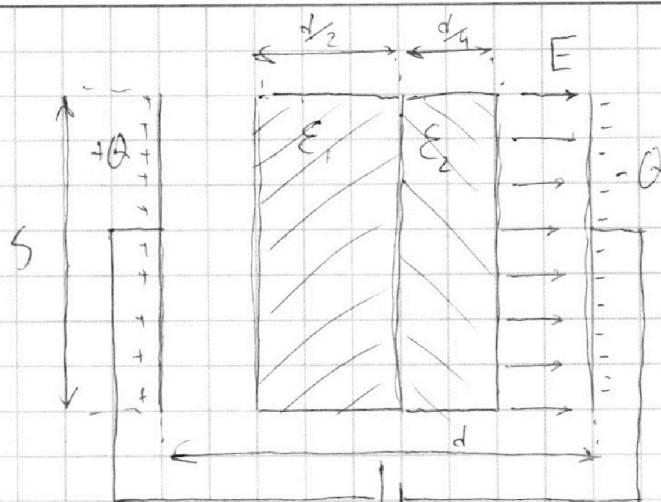
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\epsilon_1 = 2, d_1 = 2, S$$

$$\epsilon_2 = 4, d_2 = 4, S$$

$$U, S, d, \epsilon_0$$

- 1) $E = ?$
- 2) $Q = ?$
- 3) $q = ?$



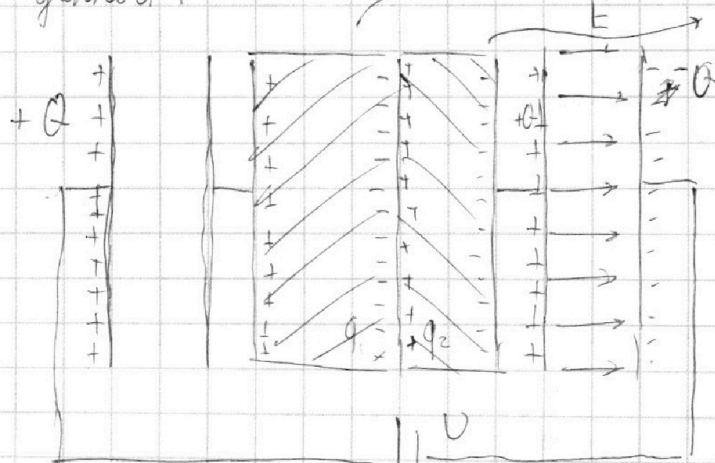
1) Применяем формулы $U = Ed$ и $\epsilon_{\text{эквив}} = \frac{\epsilon_{\text{всех}}}{\epsilon}$:

$$U = E \cdot \frac{d}{4} + \frac{E}{\epsilon_1} \cdot \frac{d}{2} + \frac{E}{\epsilon_2} \cdot \frac{d}{4} \quad | \cdot 4$$

$$4U = E \cdot (d + \frac{2d}{\epsilon_1} + \frac{d}{\epsilon_2}) = \frac{9}{4} E d \Rightarrow E = \frac{16}{9} U$$

$$2) E = 2 \cdot \frac{Q}{2\epsilon_0 S} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \Rightarrow Q = E \epsilon_0 S = \frac{16 U \epsilon_0 S}{9}$$

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



$$E = 2 \frac{Q_1}{2\epsilon_0 S} = \frac{Q_1}{\epsilon_0 S}$$

$$E = 2 \frac{Q_2}{2\epsilon_0 S} = \frac{Q_2}{\epsilon_0 S}$$

$$Q = Q_1 + Q_2 =$$

$$= \frac{3}{4} E \cdot \epsilon_0 S + \frac{1}{2} E \epsilon_0 S =$$

$$= \frac{1}{4} E \epsilon_0 S = \frac{4 U \epsilon_0 S}{9}$$

Ответ: 1) $E = \frac{16}{9} U$; 2) $Q = \frac{16 U \epsilon_0 S}{9}$; 3) $q = \frac{4 U \epsilon_0 S}{9}$

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

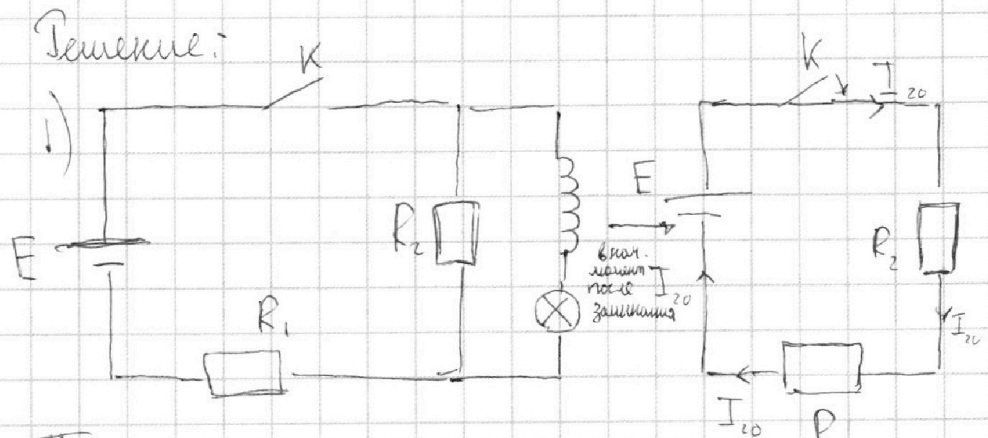
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



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

Решение:

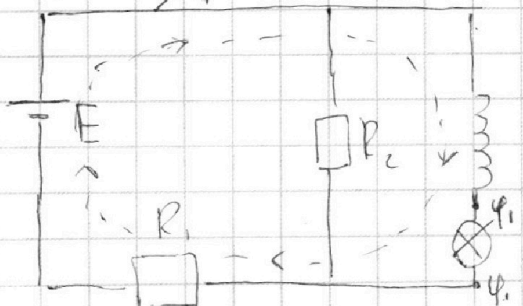
- 1) $I_{20} = ?$
- 2) $\left(\frac{dI}{dt}\right)_{20} = ?$
↓
скорость возрастания тока через катушку сразу после замыкания
- 3) $I_{\text{уст.}}$ - ?



Ток на катушке не может измениться мгновенно, значит $I_{0L} = 0 \rightarrow$ начальный ток через катуш.

$$I_{20} = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{2}{15} \text{ А}$$

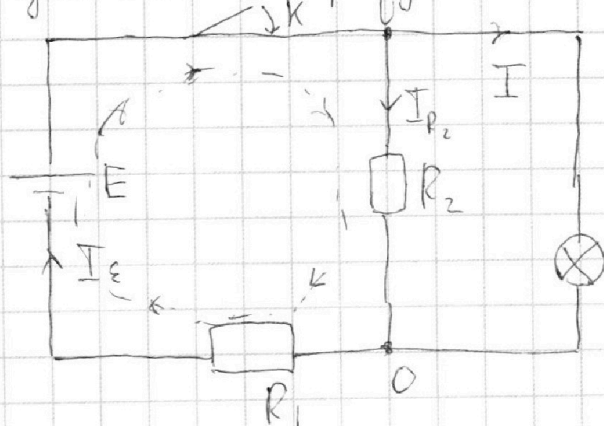
- 2) сразу после замыкания $U_L = 0$ (напряжение на катушке)



$$\begin{aligned} U_L + I_{20} R_1 &= E \quad (\text{для внешнего контура}) \\ L \left(\frac{dI}{dt}\right)_{20} &= E - I_{20} R_1 = E - \frac{E R_1}{R_1 + R_2} = \frac{E R_2}{R_1 + R_2} \\ \left(\frac{dI}{dt}\right)_{20} &= \frac{E R_2}{L(R_1 + R_2)} = 100 \text{ А/с} \quad (E = 120 \text{ В}) \end{aligned}$$

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

(учетом этого нарисуем эквивалентную схему:



Запишем правила Кирхгофа:

$$\begin{aligned} \begin{cases} I_E = I_1 + I_2 \\ U = R_2 I_2 \\ R_2 I_2 + I_E R_1 = E \end{cases} \\ \Downarrow \\ \begin{cases} I_{R_2} = I_2 \\ I_{R_2} (R_2 + R_1) + I_{R_1} R_1 = E \end{cases} \end{aligned}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

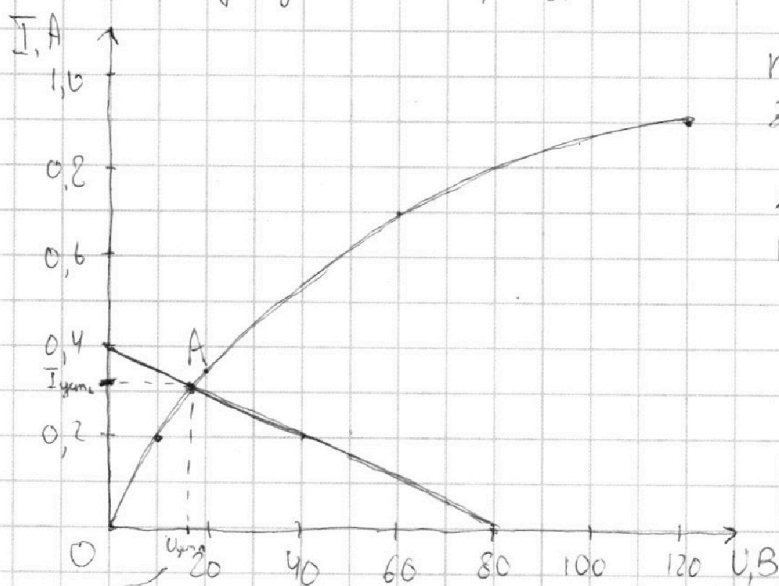
МФТИ

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

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

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

построим нагрузочную прямую для лампы, характеризующую все возможные режимы работы в данной цепи, ищем по ней найдем зависимость тока через лампочку от напряжения на лампочке для данной конфигурации цепи.



пересечение двух графиков
это рабочая точка лампы
режим цепи через некоторое
время после замыкания
ключа будет соответство-
вать координатам этой
точки.

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

(при $I=0$: $U=80\text{ В}$)

(при $U=0$: $I=0,4\text{ А}$)

построим прямую

координаты точки A
пересечения: (17В; 0,32А)



$$I_{уст} = I_{устл} = 0,32\text{ А}$$

установившееся ток и напряжение на лампочке

Ответ: 1) $I_{20} = 2/5\text{ А}$; 2) $\left(\frac{dI}{dt} \right)_{20} = 100\text{ А/с}$; 3) $I_{устл} = 0,32\text{ А}$.

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

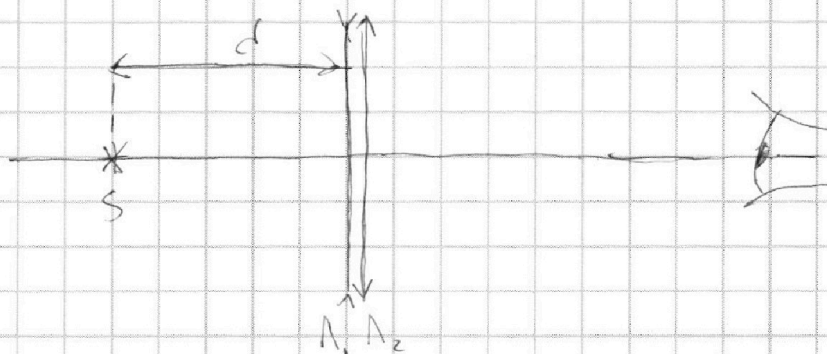
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$\begin{aligned} F_1 &= -30 \text{ см} \\ F_2 &= 15 \text{ см} \\ d &= 45 \text{ см} \\ v &= 9 \text{ см/с} \\ L &= 6 \text{ см} \end{aligned}$$

- 1) x_0 - ?
- 2) x - ?
- 3) $|v|$ - ?

Решение:

1)



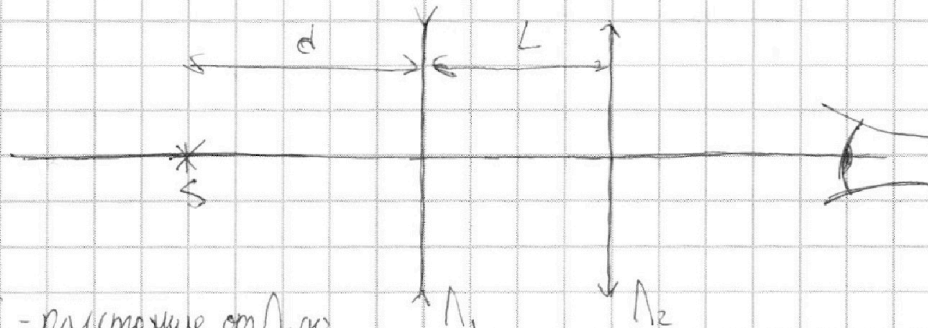
Поскольку линзы соединены вплотную, то $D_{\text{сов}} = D_1 + D_2$,

значит $\frac{1}{F_{\text{сов}}} = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} \Rightarrow F_{\text{сов}} = \frac{F_1 F_2}{F_1 + F_2} = \frac{(-30) \cdot 15}{(-30) + 15} \text{ см} = 30 \text{ см}$

$\frac{1}{d} + \frac{1}{x_0} = \frac{1}{F_{\text{сов}}} \leftarrow \text{формула тонкой линзы}$

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

2)



Пусть f_1 - расстояние от L_1 до изображения в L_1 , тогда:

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

Расстояние d_2 от L_2 до действительного предмета, дающего изображение в L_1 , равно $f_1 + L$;

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

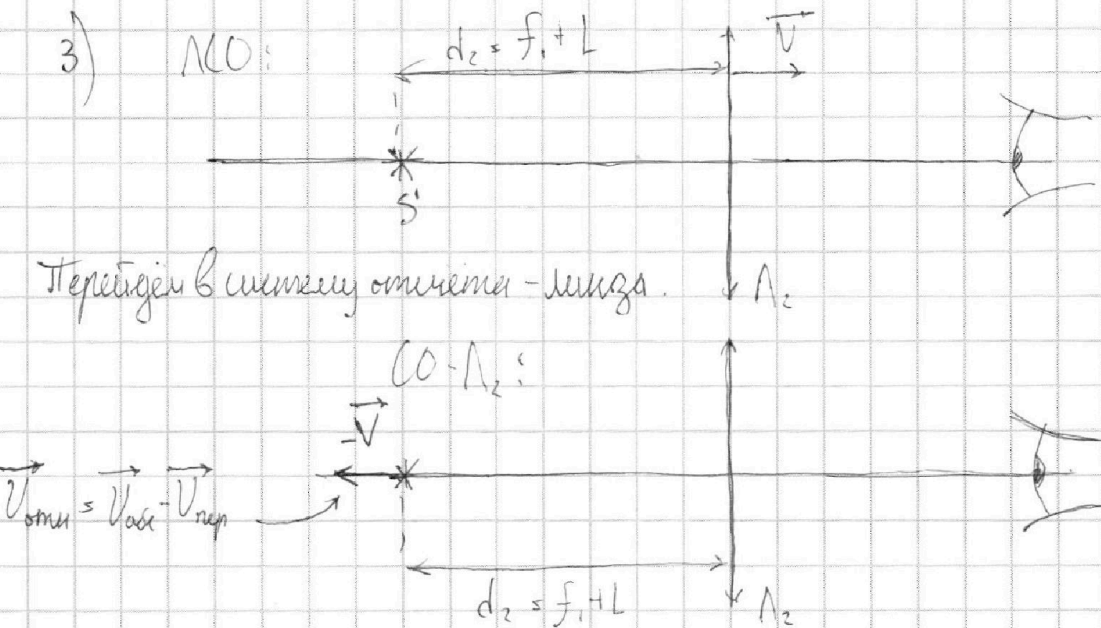
На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

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!



Известно, что если источник движется вдоль ПОО, то

$$V_{изобр.} = \gamma V_{призмат.} = \gamma^2 V_{призмат.} \Rightarrow |U| = \gamma^2 V$$

$$\gamma^2 = \frac{1}{1 - \frac{v^2}{c^2}} = \frac{1}{1 - \frac{F_2^2}{(f_1 + L - F_2)^2}} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow |U| = \frac{F_2^2}{(f_1 + L - F_2)^2} \cdot V = \frac{225}{81} \cdot 9 \text{ мкм/с} = 25 \text{ мкм/с} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ м/с}$$

Ответ: 1) $\kappa_0 = 0,9 \text{ м}$; 2) $\kappa = 0,4 \text{ м}$; $|U| = 25 \text{ мкм/с}$.

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

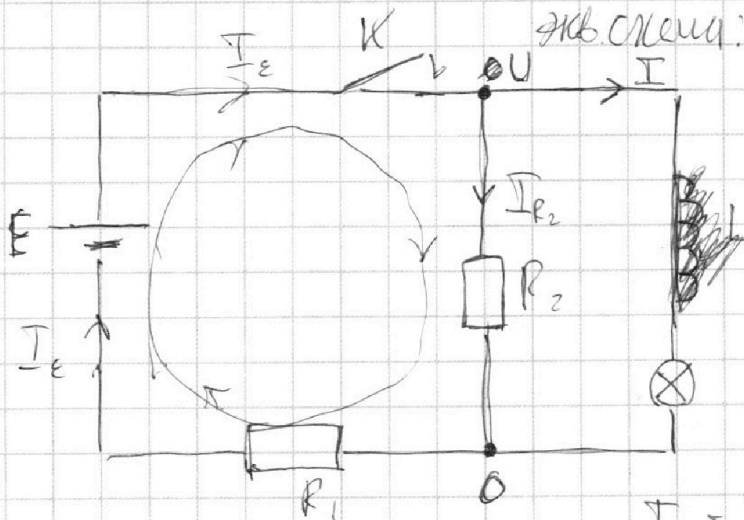
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

МФТИ



3) уст. режим для катушки: ~~$\frac{dI}{dt} \neq \text{const}$~~
 $I = \text{const} \Rightarrow U_L = \frac{dI}{dt} \cdot L = 0$



построим
нагрузочную
характеристику для
лампочки, характеризующую
все возможные ее режимы работы в
данной цепи, исключив
каждый зависимость тока
через лампочку от напряжения
на лампочке для данной конкретной
цепи.

найдем две точки
(точ. графич. прямой)

$$I \rightarrow 0: U = 0,4 \text{ A} \cdot 200 \text{ Ohm} = 80 \text{ В}$$

$$U = 0: I = 0,4 \text{ A}$$

ВЗР
 $\Rightarrow I_{\text{н}} = I_{\text{лампочка}} = 0,32 \text{ A}$
 (AB; 0,32A) + искомая точка

перенесем график
 это рабочая точка, построй режим цепи
 через деление напряжения за счет ключа
 будем соотносить координаты точки

$$\begin{aligned} I_E &= I + I_{R_2} \\ R_2 I_{R_2} + I_E R_1 &= \Sigma \\ U &= E - I_E R_1 \\ R_2 I_{R_2} + I_{R_2} R_1 + I R_1 &= E \\ (R_1 + R_2) \cdot \frac{U}{R_2} + I R_1 &= E \\ I &= \frac{E R_2 - U R_1 - U R_2}{R_1 R_2} = \\ &= \frac{E}{R_1} - U \cdot \left(\frac{R_1 + R_2}{R_1 R_2} \right) = \\ &= \frac{120 \text{ В}}{300 \text{ Ohm}} - U \cdot \left(\frac{300 + 600 \text{ Ohm}}{300 \cdot 600 \text{ Ohm}^2} \right) = \\ &= \frac{2}{5} \text{ A} - U \cdot \frac{1}{200 \text{ Ohm}} \end{aligned}$$



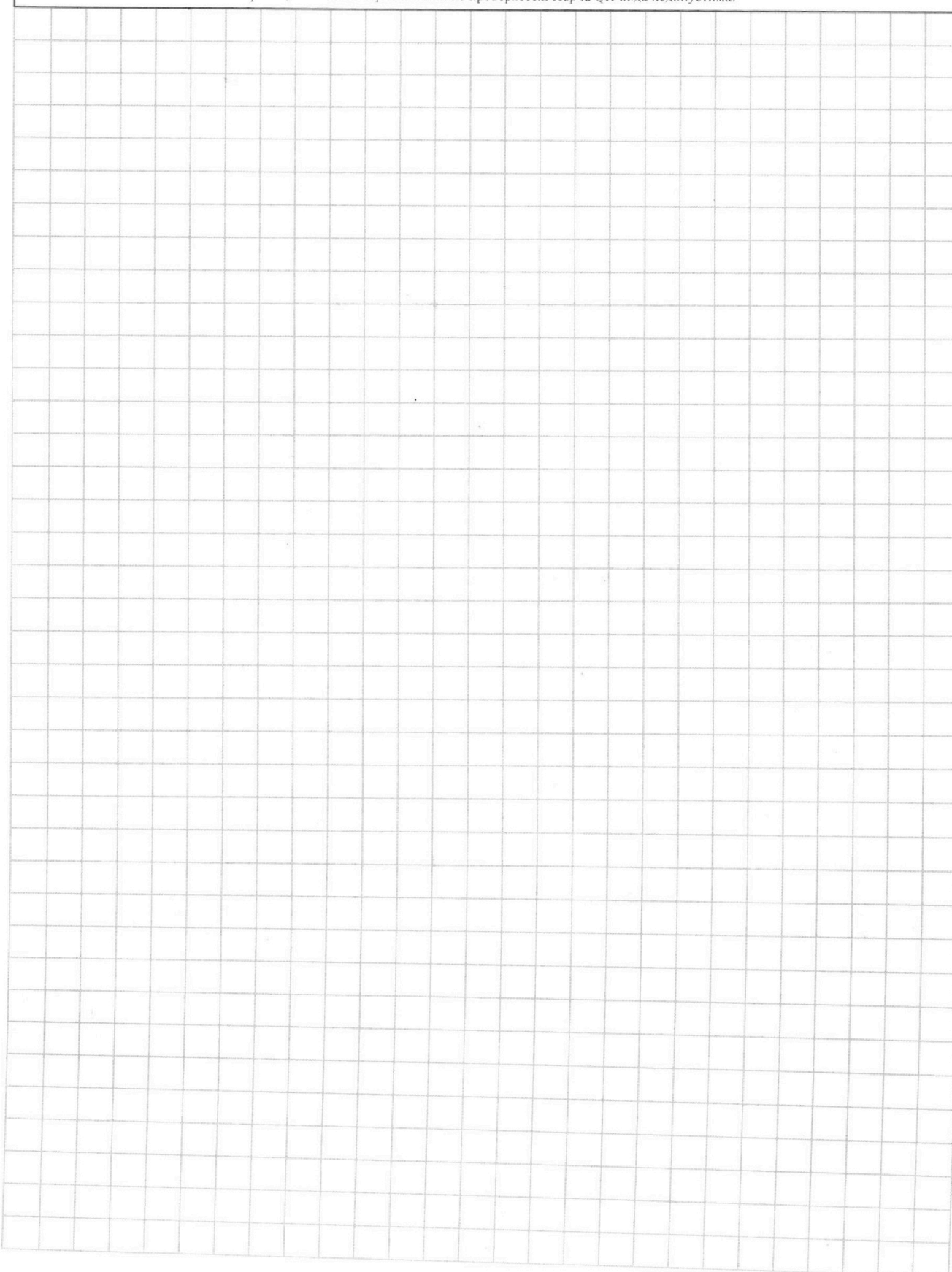
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐



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:

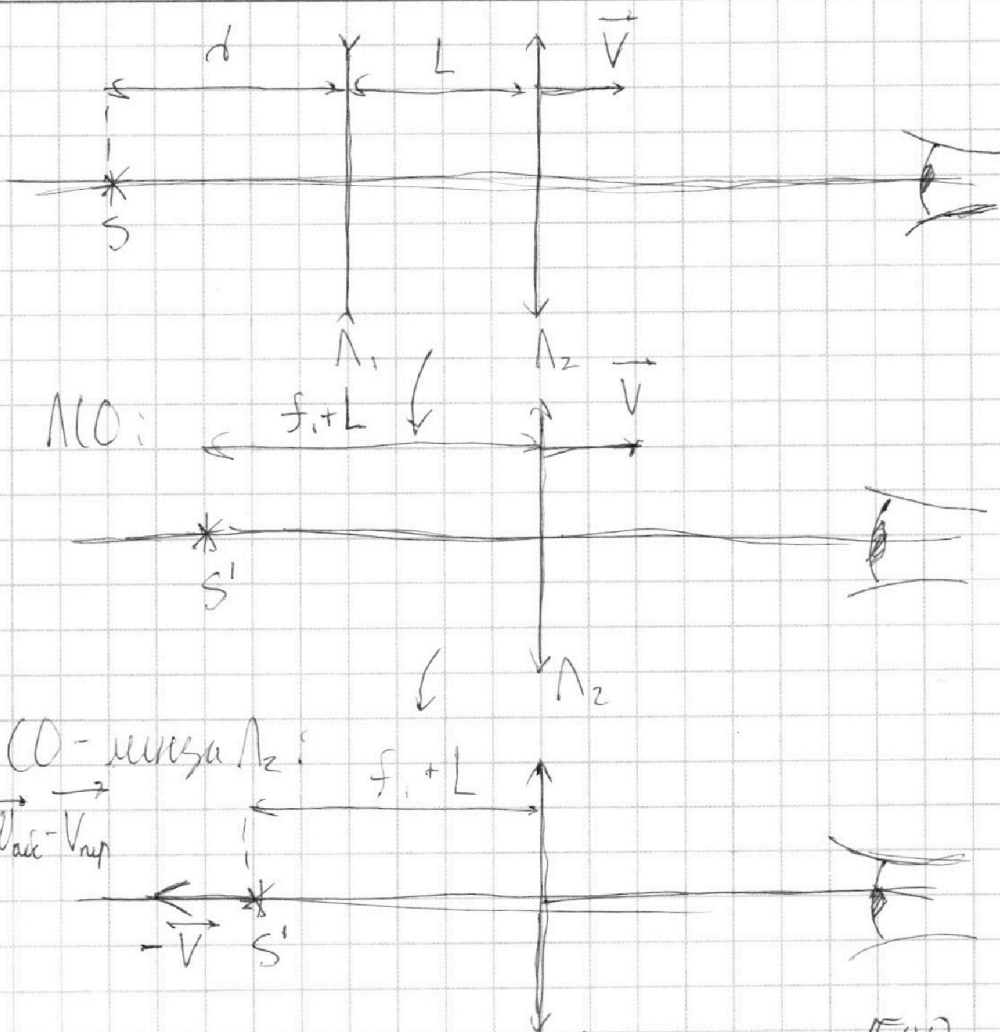
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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



3)



Известно, что если источник движется вдоль Γ VO :

$$\begin{aligned}
 v_{\text{наб}} &= \lambda v_{\text{перед}} \Rightarrow \Gamma v_{\text{перед}} \Rightarrow |v| = \Gamma^2 v \\
 \Gamma_0 &= \frac{f_0}{d_0} = \frac{f_0}{d_0(1 - \beta)} = \frac{f_0}{d_0 - \beta d_0} \Rightarrow \Gamma^2 = \frac{f_0^2}{(f_1 + L - f_2)^2} \Rightarrow \\
 \Rightarrow |v| &= \frac{f_2^2}{(f_1 + L - f_2)^2} \cdot v = \frac{15^2}{(18 + 6 - 15)^2} \cdot 9 \text{ км/с} = \\
 &= \frac{225}{81} \cdot 9 \text{ км/с} = \frac{225}{9} \text{ км/с} = \underline{\underline{25 \text{ км/с}}}
 \end{aligned}$$

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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

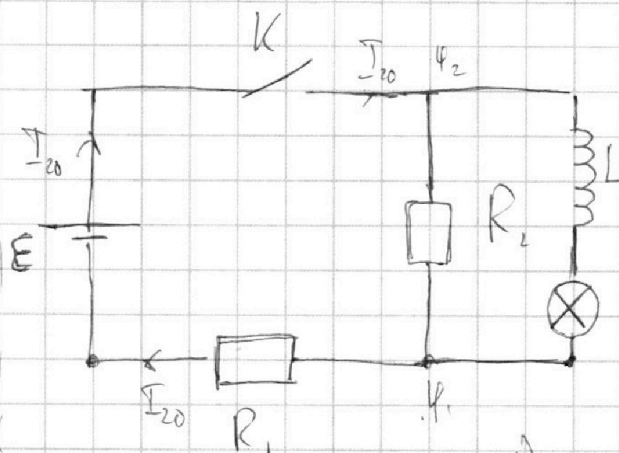
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

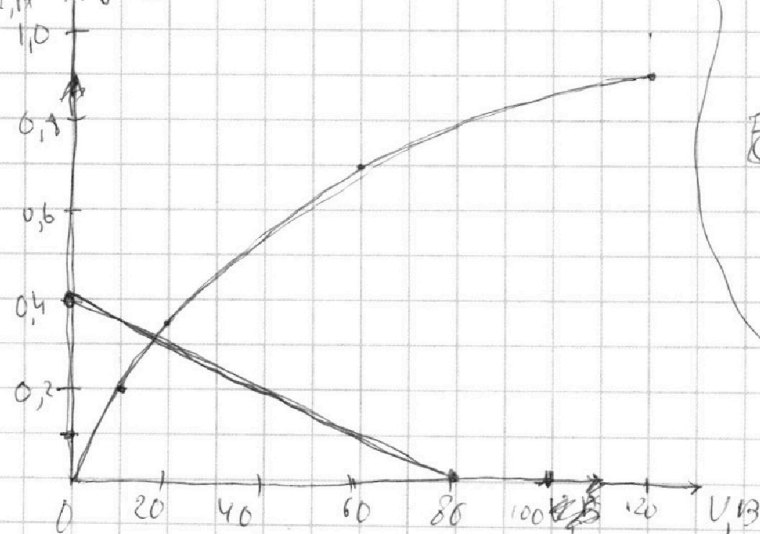
4

$L = 0,8 \text{ Гн}$
 $E = 120 \text{ В}$
 $R_1 = 300 \text{ Ом}$
 $R_2 = 600 \text{ Ом}$

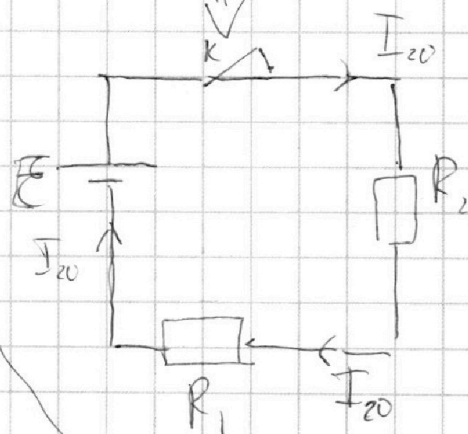


- 1) $I_{20} - ?$
 (сразу после К)
 2) $\frac{dI}{dt} - ?$
 (сразу после К)

- 3) $I_{\text{уст}} - ?$



1) $I_{\text{ст}} = 0$



$$I_{20} = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{120 \text{ В}}{300 \text{ Ом} + 600 \text{ Ом}} = \frac{120}{900} \text{ А} = \frac{2}{15} \text{ А}$$

- 2) В кач. момент времени: $U_L = 0$
(после замыкания ключа)

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

$$L \frac{dI}{dt} = E - I_{20} R_1 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{E}{L} \left(1 - \frac{R_1}{R_1 + R_2} \right) = \frac{E}{L} \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) = \frac{120 \cdot 600}{0,8 \cdot (300 + 600)} = \frac{120 \cdot 600}{0,8 \cdot 900} = \frac{120 \cdot 600}{720} = \frac{240}{24} = 10 \text{ А/с}$$

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

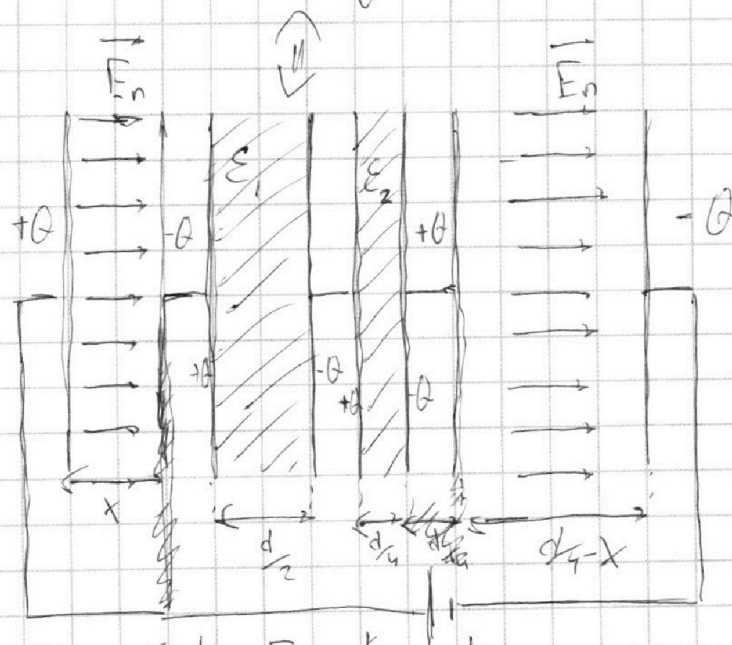
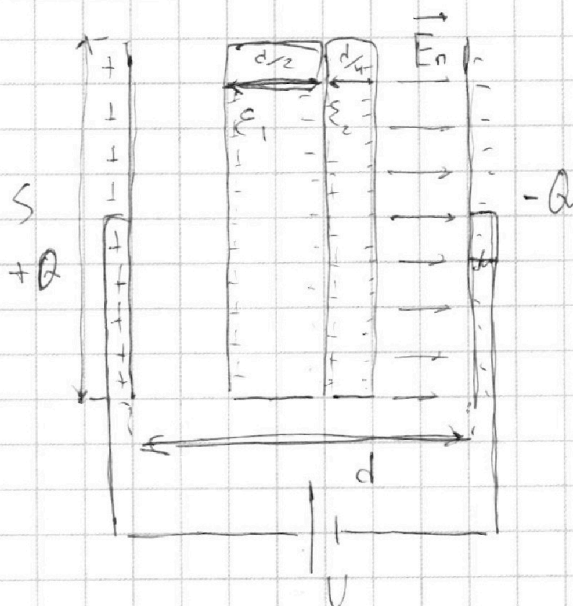
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

3)
 S, d
 $\epsilon_1 = 2, d/2, S$
 $\epsilon_2 = 4, d/4, S$
 U

1) E_n - ?

2) Q - ?

3) q - ?



$$U = E_n \cdot \frac{d}{4} + \frac{E_n}{\epsilon_1} \cdot \frac{d}{2} + \frac{E_n}{\epsilon_2} \cdot \frac{d}{4} = 4U$$

$$4U = E_n + \frac{E_n}{2} + \frac{E_n}{4} \Rightarrow 16U = 9E_n \Rightarrow E_n = \frac{16U}{9}$$

$$2) E_n = 2 \cdot \frac{Q}{2\epsilon_0 S} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} \Rightarrow Q = E_n \cdot \epsilon_0 S = \frac{16U\epsilon_0 S}{9}$$

$$3) E_{ind} = \frac{q}{\epsilon_0 S} = \frac{E_n}{\epsilon_1} \quad E_n = 2 \cdot \frac{q_2}{2\epsilon_0 S} = \frac{E_n}{\epsilon_2} \quad q = -q_1 + q_2$$

$$q_1 = E_n \cdot \epsilon_0 S$$

$$q_2 = \frac{3}{4} E_n \cdot \epsilon_0 S$$

$$q = -E_n \cdot \epsilon_0 S + \frac{3}{4} E_n \cdot \epsilon_0 S = E_n \cdot \epsilon_0 S \cdot \frac{1}{4} = \frac{4U\epsilon_0 S}{9}$$

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!



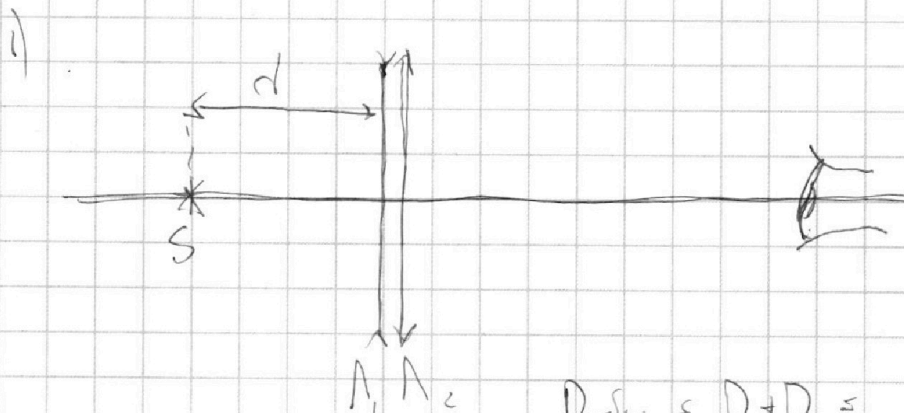
5

$$F_1 = 30 \text{ см}$$

$$F_2 = 15 \text{ см}$$

$$d = 45 \text{ см}$$

$$V = 0,3 \text{ м/с}$$



1) $\lambda_0 = ?$

2) $\lambda = ?$

$$L = 6 \text{ см}$$

3) $|U| = ?$

$$L = 6 \text{ см}$$

$$\frac{1}{d} + \frac{1}{F_0} = \frac{1}{F_{\text{обс}}}$$

$d > F_{\text{обс}}$ используем формулу

$$\lambda_0 = \frac{F_{\text{обс}} \cdot d}{d - F_{\text{обс}}} = \frac{0,45 \cdot 0,3}{0,45 - 0,3} = 30,3 \text{ см} = 0,9 \text{ м} = 90 \text{ см}$$

$$D_{\text{обс}} = D_1 + D_2 =$$

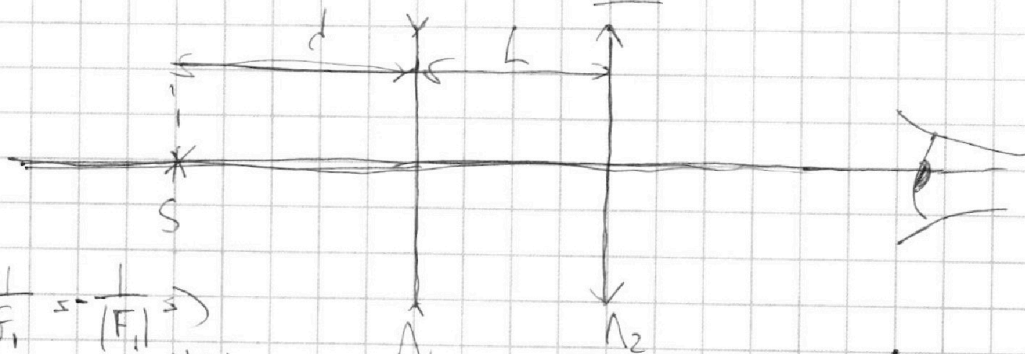
$$= -\frac{1}{0,3 \text{ м}} + \frac{1}{0,15 \text{ м}} =$$

$$= \frac{2-1}{0,15 \text{ м}} = \frac{1}{0,15 \text{ м}} =$$

$$= \frac{10}{3} \text{ диоптрий} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow F_{\text{обс}} = \frac{1}{D_{\text{обс}}} = 0,3 \text{ м} = 30 \text{ см}$$

2)



$$\frac{1}{d} + \frac{1}{F_1} = \frac{1}{|F_1|}$$

$$\Rightarrow F_1 = \frac{d \cdot |F_1|}{d - |F_1|} = \frac{0,45 \text{ м} \cdot 0,3 \text{ м}}{0,45 \text{ м} - 0,3 \text{ м}} = \frac{0,135}{0,15} \text{ м} = 0,9 \text{ м} = 90 \text{ см}$$

$$= \frac{9}{10} \text{ м} = 18 \text{ см}$$

$$\frac{1}{L + F_1} + \frac{1}{F_2} = \frac{1}{F_2} \quad (F_2 < L + F_1 \Rightarrow \lambda > 0)$$

$$\lambda = \frac{F_2 \cdot (L + F_1)}{L + F_1 - F_2} = \frac{15 \cdot (18 + 6)}{18 + 6 - 15} = \frac{15 \cdot 24}{9} = 5 \cdot 24 = 120 \text{ см}$$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

2

$t = 37^\circ\text{C}$
 $t_2 = 8^\circ\text{C}$
 (резка)
 $p = \text{const}$
 $h_1 = 10 \text{ мм}$ 1 → 2
 (бумажно)
 $h_2 = 40 \text{ мм}$ 2 → 3
 (меденко)
 $\Delta p_{\text{воздуха}} \approx 0$

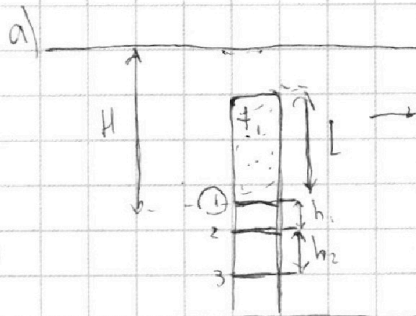
1) L - ?

2) P_0 (мм.рт.ст.) - ?

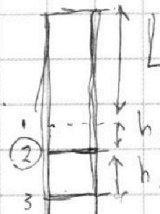
$$P_1(t) = 47 \text{ мм.рт.ст.}$$

$$P_2(t_2) = 467 \text{ мм.рт.ст.}$$

P_1 и P_2 - давление
насыщ. паров



В таком состоянии
процесса конденсации
нет



$$P_0 = 360 \cdot \frac{760}{10^5} \text{ мм.рт.ст.} =$$

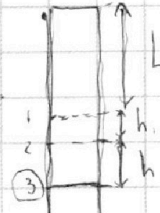
$$= \frac{96 \cdot 76}{10^5} \text{ мм.рт.ст.}$$

$$= \frac{96 \cdot 76}{10^5} = \frac{7296}{10^5} \text{ мм.рт.ст.}$$

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

$$= 7.296 \text{ мм.рт.ст.} \approx$$

$$\approx 7.3 \text{ мм.рт.ст.}$$



1) $p g H_0 = P_{\text{наш}}, p g H = P_0$

$$p g (H + h_1) = P_1$$

$$p g (H + h_2) = P_2$$

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

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

$$= 96 \text{ мм}$$

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

$$= 960 \text{ Па}$$

$$P_0 L S = V R T_1$$

$$P_0 L S = V R T_2$$

$$P_2 L S = V R T_2$$

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

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

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

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

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

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

$$L T_1 + h_1 T_1 = L T_2$$

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

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

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

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

$$= \frac{3100}{50} = 62 \text{ мм}$$

$$= 62 \text{ мм}$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

$$(p_{\text{нас}} + p_{\text{кисл}})V = RT(V_{\text{нас}} + V_{\text{кисл}})$$

$$(p_{\text{нас}} + p_{\text{нас}} + p_{\text{кисл}} - p_{\text{кисл}}) = (V_{\text{нас}} + V_{\text{кисл}} + \frac{1}{2}V_{\text{кисл}} - V_{\text{кисл}})RT$$

$$(p_0 + p_2)(L + h_2)S = RT_2 \cdot (V_{\text{кисл}} + V_{\text{нас}})$$

$$p_0(L + h_1)S = RT_2 \cdot V$$

$$p_0LS = VRT_1$$



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

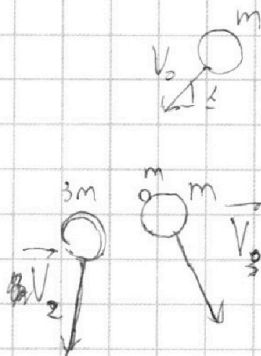
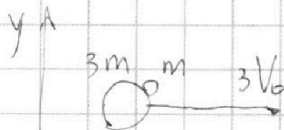
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

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

$$\vec{V}_{\text{центр}} = \frac{3m\vec{V}_3 + 2m\vec{V}_2}{5m}$$
$$V_{\text{центр}}^2 = V_3^2 + V_2^2 - 2V_2V_3$$



$$\frac{E_0}{3} = \frac{mV_3^2}{2} - \frac{mV_2^2}{2}$$

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

$$3CU: \begin{cases} 4m \cdot 3V_0 - mV_2 \cos \alpha = \\ = 3mV_{2x} + 2mV_{3x} \end{cases}$$

$$4mV_0 \sin \alpha = 3mV_{2y} + 2mV_{3y}$$

$$12mV_0 - \frac{1}{2}mV_0 = 3mV_{2x} + 2mV_{3x}$$

$$11,5V_0 = 3V_{2x} + 2V_{3x} \quad | \cdot 2$$

$$\bullet \quad 23V_0 = 6V_{2x} + 4V_{3x}$$

$$\bullet \quad \frac{\sqrt{3}}{2}mV_0 = 3mV_{2y} + 2mV_{3y} \quad | \cdot 2$$

$$\bullet \quad \sqrt{3}V_0 = 6V_{2y} + 4V_{3y}$$

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

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

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

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

$$526V_0^2 = 36(V_{2x}^2 - V_{2y}^2) + 16(V_{3x}^2 - V_{3y}^2) = \frac{23^2}{4} + \frac{69}{4} = \frac{46}{4} = 52,5$$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

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

1)

$3m, 3V_0$

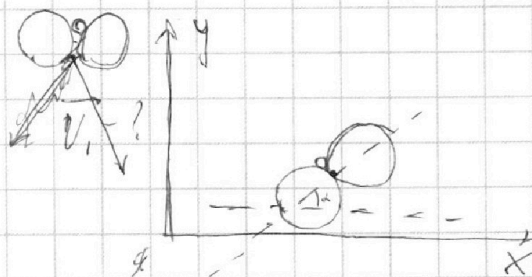
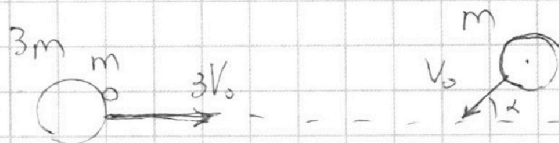
m, V_0

$\angle = 60^\circ$

$m_1 = m$

Решение:

1)



1) $V_1 = ?$

2) $E_0 = ?$

3) $E_1, E_2 = \frac{E_0}{3}$

$V_{cm} = ?$

$$12mV_0 - mV_0 \cos \alpha = 7mV_{1x}$$

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

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

$$(3m+m) \cdot 3V_0 + mV_0 \cos \alpha =$$

$$= 7mV_{1x}$$

$$mV_0 \sin \alpha = 7mV_{1y}$$

$$V_1 = \sqrt{V_{1x}^2 + V_{1y}^2} = V_0 \sqrt{\left(\frac{11.5}{7}\right)^2 + \left(\frac{\sqrt{3}}{7}\right)^2} = \frac{V_0}{7} \sqrt{144 + \cos^2 \alpha + 5 \sin^2 \alpha - 2 \cdot 12 \cdot \cos \alpha} = \frac{V_0}{7} \sqrt{133} = \frac{\sqrt{133}}{7} V_0$$

2) $3(-)$:

$$\frac{4m \cdot (3V_0)^2}{2} + \frac{m \cdot V_0^2}{2} = E_0 + \frac{7m \cdot V_1^2}{2}$$

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

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

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

$$3mV_0^2 + \frac{4m \cdot (3V_0)^2}{2} + \frac{mV_0^2}{2} = \frac{4m \cdot (V_1)^2}{2} + \frac{2m \cdot (V_2)^2}{2} = 3mV_0^2$$

$$6mV_0^2 + 12mV_0^2 + mV_0^2 = 3m \cdot \frac{133}{7} V_0^2 + 2mV_2^2$$

$$19mV_0^2 = 3mV_1^2 + 2mV_2^2$$

$$19V_0^2 = 3V_1^2 + 2V_2^2$$