



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

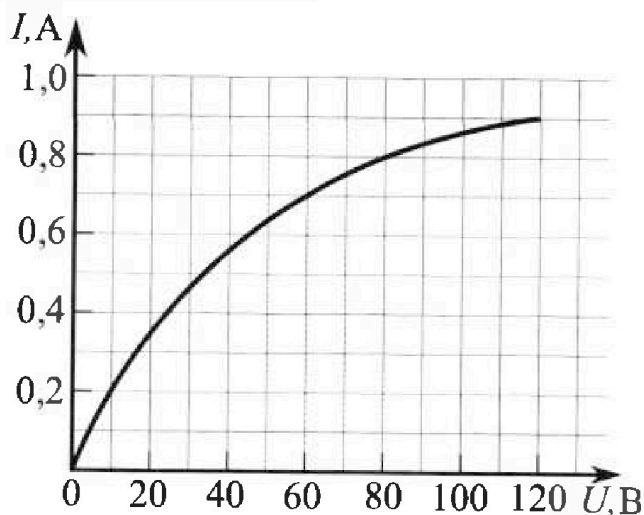
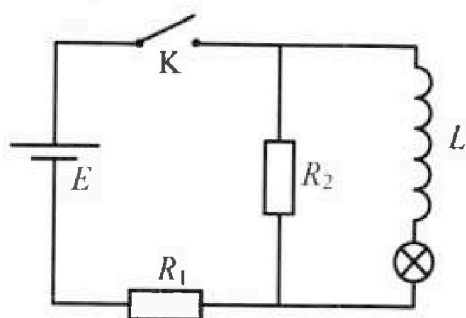
Вариант 11-05

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

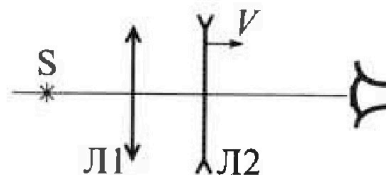


4. В цепи (см. рис.) катушка индуктивности и источник идеальные, $L = 0,4$ Гн, $E = 120$ В, $R_1 = 100$ Ом, $R_2 = 400$ Ом. Вольт-амперная характеристика лампочки накаливания приведена на рисунке. Ключ К замыкают.

- 1) Найдите ток I_0 через R_1 сразу после замыкания ключа.
- 2) Найдите скорость возрастания тока через катушку сразу после замыкания ключа.
- 3) Найдите ток через лампочку в установившемся режиме после замыкания ключа.



5. Главные оптические оси двух тонких линз совпадают. У линзы Л1 фокусное расстояние $F_1 = 10$ см, у линзы Л2 фокусное расстояние $F_2 = -20$ см. Неподвижный точечный источник света S расположен на расстоянии $d = 40$ см от неподвижной линзы Л1. Линза Л2 удаляется от Л1 с постоянной скоростью $V = 2,5$ см/с. Изображение источника рассматривают со стороны линзы Л2 (см. рис.).



- 1) На каком расстоянии x_0 от линз располагалось 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 $L = 10$ см?
- 3) Найдите скорость U (по модулю) изображения, когда расстояние между линзами станет $L = 10$ см.



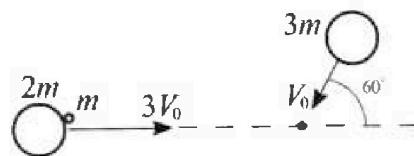
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-05

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 $2m$, скорость $3V_0$, масса второй шайбы $3m$, скорость V_0 . Угол между направлениями скоростей 60° . К первой шайбе прикреплен кусочек пластилина массы m .



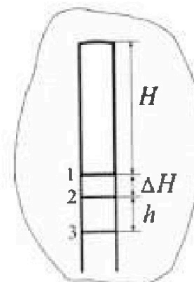
1) Найдите скорость шайб, если после столкновения они приклеились друг к другу.

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 $E_0/2$ (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.). Столб влажного воздуха имеет длину $H = 8$ см, температура установилась $t_1 = 27^\circ\text{C}$, в таком состоянии пробирка находилась достаточно долго. В некоторый момент температуру системы резко поднимают до температуры $t_2 = 57^\circ\text{C}$, сохраняя прежнее давление. При этом вода в пробирке быстро опустилась с уровня 1 до уровня 2. После этого уровень воды начал медленно двигаться до уровня 3, опустившись на $h = 10,3$ мм. Изменением гидростатического давления на границе «воздух – вода» в пробирке можно пренебречь.

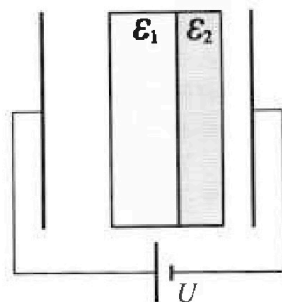


1) Найти расстояние ΔH между первым и вторым уровнями.

2) Найти давление в пробирке P_0 . Ответ дать в мм. рт. ст.

Примечание: давление насыщенного пара воды при температуре t_1 равно $P_1 = 27$ мм. рт. ст., при температуре t_2 равно $P_2 = 130$ 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 $d/3$, у другой пластины $\epsilon_2 = 3$, 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 левом 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.



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!

№ 1 (продолжение 2)

$$\frac{E_0}{2} = \frac{39 mV_0^2}{2} + \frac{4 m u_{огн}^2}{2} \quad E_0 = 6 mV_0^2$$

$$6 mV_0^2 + 39 mV_0^2 = 4 m u_{огн}^2$$

$$u_{огн}^2 = \frac{45 mV_0^2}{4}$$

$$u_{огн} = \frac{3\sqrt{5} V_0}{2}$$

Ответ: 1) $V_0 \sqrt{7}$ 2) $6 mV_0^2$ 3) $V_0 \cdot \frac{3\sqrt{5}}{2}$

$$\frac{E_0}{2} = \frac{4 \cdot E_0}{2} = \frac{39 mV_0^2}{2} - \frac{4 m u_{огн}^2}{2}$$

$$\frac{39 mV_0^2}{4} = 39 mV_0^2 - 4 m u_{огн}^2$$

$$4 m u_{огн}^2 = \frac{3 \cdot 39 mV_0^2}{4} \Rightarrow u_{огн} = \frac{V_0 \sqrt{39}}{2\sqrt{2}}$$

$$\text{Ответ: 1) } u = \frac{V_0 \sqrt{7}}{2} = \frac{V_0 \sqrt{117}}{16}$$

$$2) E_0 = \frac{39 mV_0^2}{4}$$

$$3) u_{огн} = \frac{V_0 \sqrt{117}}{16}$$

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!

N1

Дано

2m, m

3m

$3V_0$

V_0

$\alpha = 60^\circ$

$u = ?$

$E_0 = ?$

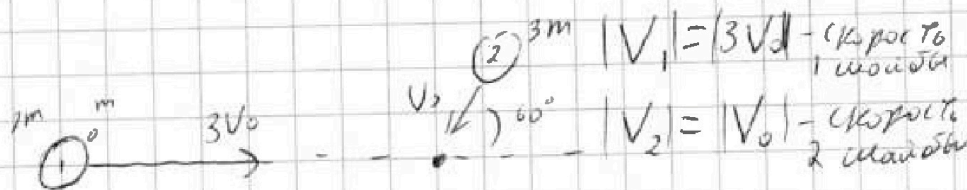
$u_{огн} = ?$ $\frac{E_0}{2}$



$|\vec{a} + \vec{b}| =$

$= |\vec{a}|^2 + |\vec{b}|^2 +$

$+ 2|\vec{a}||\vec{b}|\cos\varphi$



1) В сис-ке отсутствуют внешние
силы $\Rightarrow$ справедливы ЗСИ

ЗСИ:

$$3m \cdot (3V_0) + 3m \vec{V}_0 = 6m \vec{u}$$

$$\Rightarrow (3V_0) + 3m \vec{V}_1 + 3m \vec{V}_2 = 6m \vec{u}$$

$$\vec{V}_1 + \vec{V}_2 = 2\vec{u} \quad \text{из теоремы косинусов найдем модуль } |\vec{V}_1 + \vec{V}_2|$$

$$|\vec{V}_1 + \vec{V}_2|^2 = |\vec{V}_1|^2 + |\vec{V}_2|^2 + 2|\vec{V}_1||\vec{V}_2|\cos(180^\circ - \alpha)$$

$$180^\circ - \alpha - \text{угол между } \vec{V}_1 \text{ и } \vec{V}_2$$

$$|\vec{V}_1 + \vec{V}_2|^2 = 9V_0^2 + V_0^2 + 6V_0^2 \cdot \frac{1}{2} = 7V_0^2$$

$$\Rightarrow 2u = V_0\sqrt{7} \Rightarrow u = \frac{V_0\sqrt{7}}{2}$$

$$2) \text{ ЗЭИ: } \frac{3m \cdot (3V_0)^2}{2} + \frac{3m \cdot V_0^2}{2} = E_0 + \frac{6m \cdot u^2}{2}$$

$$2 \cdot 7mV_0^2 + 3mV_0^2 = 2E_0 + 42mV_0^2$$

$E_0 = |E_{K2} - E_{K1}|$, где E_{K1} и E_{K2} — кин. энергии шаров до и после столкновения

$$E_{K1} = \frac{3m(3V_0)^2}{2} + \frac{3mV_0^2}{2} = 15mV_0^2$$

$$E_{K2} = \frac{6mu^2}{2} = \frac{21mV_0^2}{4}$$

$$\Rightarrow E_0 = \frac{39mV_0^2}{4}$$

м. продолжение к 2-й
странице. листе

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!

№2 (продолжение)

2) По Ур-ие Менделеева - Клапейрона в момент, когда вода была на уровне 3

$$p_0 V_3 = \nu R T_2 \quad \text{где} \quad V_3 = S(H + \Delta H + h)$$

$$\Rightarrow p_0 = \frac{\nu R T_2}{S(H + \Delta H + h)}$$

Когда вода была на уровне 1
то по Ур-ию Менделеева - Клапейрона

$$p_0 V_1 = \nu R T_1, \quad V_1 = S H \Rightarrow \frac{\nu R}{S} = \frac{p_0 H}{T_1}$$

$$\Rightarrow p_0 = \frac{p_1 H T_2}{T_1 (H + \Delta H + h)} = \frac{27 \text{ мм.рт.ст.} \cdot 80 \text{ мм} \cdot 330 \text{ К}}{300 \text{ К} (80 \text{ мм} + 8 \text{ мм} + 10,3 \text{ мм})}$$

$$= \frac{27 \text{ мм.рт.ст.} \cdot 880}{10 \text{ К} \cdot 98,3 \text{ мм}} \approx 27 \text{ мм.рт.ст.} \cdot \frac{880}{983} \approx$$

$$\approx 27 \text{ мм.рт.ст.} \cdot 0,9 = 24,3 \text{ мм рт.ст.}$$

Ответ: 24,3 мм. рт. ст.

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

Дано:

$H = 8 \text{ см}$

$t_1 = 27^\circ\text{C}$

$t_2 = 57^\circ\text{C}$

$h = 10,3 \text{ мм}$

~~Решение:~~

$P_1 = 27 \text{ мм рт.ст.}$

$P_2 = 130 \text{ мм рт.ст.}$

$\Delta H = ?$

$P_0 = ?$



1) В момент резкого изменения температуры ~~по~~ из условия следует что в момент существования воды на уровнях 1 и 2 давление было одинаковым и равное P_1 , т.к. пробирка в воде и там, влажные т.к. пробирка воздух то пар как смеситель

Зр-ие Менделеева - Клапейрона:

$P_1 V_1 = \nu R t_1$, где $t_1 = 273 \text{ К} + 27^\circ\text{C} = 300 \text{ К}$

где $V_1 = S H$

S - площадь сечения пробирки
 V - кол-во в воздухе

$P_1 V_2 = \nu R t_2$ где $V_2 = S(H + \Delta H)$

тогда $\frac{P_1 V_1}{t_1} = \frac{P_2 V_2}{t_2} \Rightarrow \frac{P_1 H S}{t_1} = \frac{P_2 (H + \Delta H) S}{t_2}$

$\Rightarrow \frac{H}{t_1} = \frac{H + \Delta H}{t_2} \Rightarrow \Delta H = \frac{H t_2}{t_1} - H = H \left(\frac{t_2}{t_1} - 1 \right)$

$\Delta H = 8 \text{ см} \left(\frac{330 \text{ К}}{300 \text{ К}} - 1 \right) = 8 \text{ см} \cdot \frac{30 \text{ К}}{300 \text{ К}} = 0,8 \text{ см}$

2) Когда вода опустилась до уровня 3, то давление в воздухе было равно P_2 , тогда

$\Rightarrow \frac{H}{t_1} = \frac{H + \Delta H}{t_2} \Rightarrow \Delta H = H \left(\frac{t_2}{t_1} - 1 \right) = 8 \text{ см} \cdot \left(\frac{330 \text{ К}}{300 \text{ К}} - 1 \right) = 8 \text{ см} \cdot 0,1 = 0,8 \text{ см} = 8 \text{ мм}$

См продолжение на стр. 111

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!

N3

Решо:

S

d

$\epsilon_1 = 2$

d_3

$\epsilon_2 = 3$

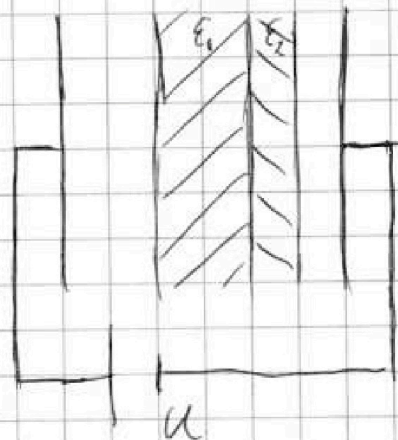
d_4

U

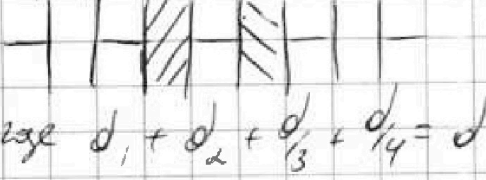
E-?

Q-?

q-?



Заданый конденсатор
Экв. следующей сх-мы
 $S, d_1, S, d_3, \epsilon_1, S, d_4, \epsilon_2, S, d_2$



погда это емкость равна:

$$C = \left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} \right)^{-1}$$

$$\text{где } C_1 = \frac{S \epsilon_0}{d_1}, C_2 = \frac{S \epsilon_0}{d_2}, C_3 = \frac{3S \epsilon_0 \epsilon_1}{d}, C_4 = \frac{4S \epsilon_0 \epsilon_2}{d}$$

$$\text{погда } d_1 + d_2 = d - \frac{d}{3} - \frac{d}{4} =$$

$$\text{погда } C = \left(\frac{S \epsilon_0}{d_1} + \frac{S \epsilon_0}{d_2} + \frac{3S \epsilon_0 \epsilon_1}{d} + \frac{4S \epsilon_0 \epsilon_2}{d} \right)^{-1} = \frac{5d}{12}$$

$$\text{м.л. } C = \left(\frac{d_1}{S \epsilon_0} + \frac{d_2}{S \epsilon_0} + \frac{d}{3S \epsilon_0 \epsilon_1} + \frac{d}{4S \epsilon_0 \epsilon_2} \right)^{-1} =$$

$$= \left(\frac{12 \epsilon_1 \epsilon_2 (d_1 + d_2) + 4d \epsilon_2 + 3d \epsilon_1}{12 S \epsilon_0 \epsilon_1 \epsilon_2} \right)^{-1}$$

$$= \left(\frac{5d \epsilon_1 \epsilon_2 + 4d \epsilon_2 + 3d \epsilon_1}{12 S \epsilon_0 \epsilon_1 \epsilon_2} \right)^{-1} =$$

$$= \left(\frac{30d + 12d + 6d}{12 S \epsilon_0 \epsilon_1 \epsilon_2} \right)^{-1} = \left(\frac{48d}{72 S \epsilon_0} \right)^{-1} = \left(\frac{12d}{18 S \epsilon_0} \right)^{-1} = \left(\frac{2d}{3 S \epsilon_0} \right)^{-1}$$

$$= \frac{3S \epsilon_0}{2d}$$

м.л. продолжение на др. листе



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

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

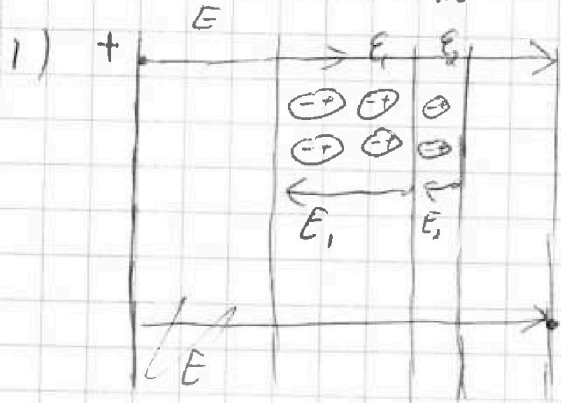
МФТИ

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

№3 (продолжение 9)

2) тогда заряд на положительной пластине
равен.

$$Q = CU = \frac{35\epsilon_0 U}{2d}$$



$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0} = \frac{Q}{\epsilon_0 S} = \frac{\frac{3}{2} \cdot \frac{U}{d}}{\epsilon_0 S}$$

поле E создается
двумя обкладками
конденсатора по этому

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon_0}, \text{ где } \sigma = \frac{Q}{S}$$

3) ~~поляризация~~ поле поляризации
по определению ~~связано~~ ~~связано~~ ~~связано~~
след. соотношениями:

$$E/\epsilon = E - E_p - \text{где } E_p - \text{поле поляризации}$$

~~E_p~~ - емкость диэлектрика

$$E_p = E - \frac{E}{\epsilon} = E \left(\frac{\epsilon - 1}{\epsilon} \right)$$

тогда заряд $q = |q_1| + |q_2|$ ~~где~~ ~~E_p~~

$E_1 =$ ~~E_p~~ поле поляризации в диэлектрике ϵ_1

E_2 - поле поляризации в диэлектрике ϵ_2

q_1 - заряд в диэлектрике ϵ_1

q_2 - заряд в диэлектрике ϵ_2

берем разность зарядов т.к. у нас существуют
" + " и " - " (см. рисунок)
см. продолжение на обороте

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!

N3 (продолжение 2)

$$E_1 = \frac{q_1}{\epsilon_0 S}, \quad E_2 = \frac{q_2}{\epsilon_0 S} \quad - \text{поле polarization внутри пластин}$$

$$q_1 = \epsilon_0 S E_1 = \epsilon_0 S \cdot E \left(\frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} \right) = \epsilon_0 S \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{U}{d} \left(\frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} \right)$$

$$q_2 = \epsilon_0 S E_2 = \epsilon_0 S \cdot E \left(\frac{\epsilon_2 - 1}{\epsilon_2} \right) = \epsilon_0 S \cdot \frac{3}{2} \cdot \frac{U}{d} \left(\frac{\epsilon_2 - 1}{\epsilon_2} \right)$$

$$q = q_1 - q_2 = \frac{3 \epsilon_0 S}{2d} \left(\frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} - \frac{\epsilon_2 - 1}{\epsilon_2} \right)$$

Ответ: 1) $\frac{3}{2} \epsilon_0 U$ 2) $\frac{3 \epsilon_0 U}{2d}$ 3) $\frac{3 \epsilon_0 S}{2d} \left(\frac{\epsilon_1 - 1}{\epsilon_1} - \frac{\epsilon_2 - 1}{\epsilon_2} \right)$

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!

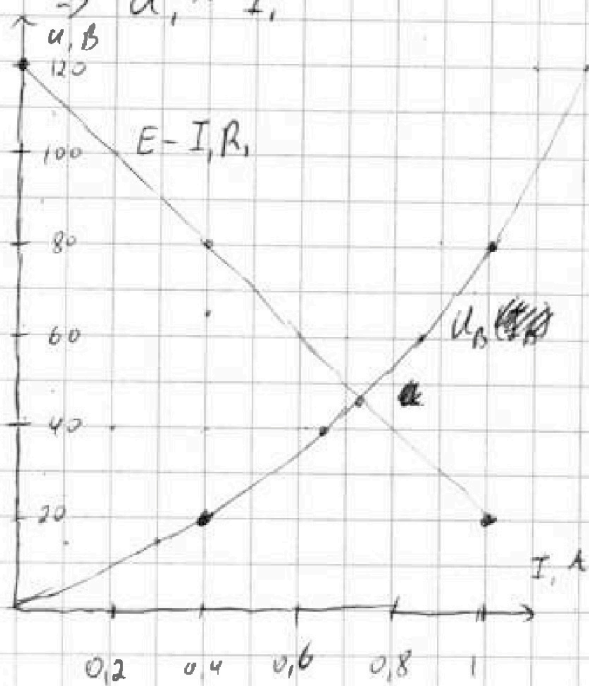
НЧ (продолжение 2)

Зная / зная график / для элемента R_2
Код ~~XXXX~~ ~~XXXX~~ ~~XXXX~~ ~~XXXX~~

т.к. ~~элемент~~ резистор R , и элемент B
соединены последовательно к источнику E
то:

$R, I, U_B = E$ где I - ток на резисторе R ,
в установленном
режиме

или $U_B = E - I R$ решим данное ур-ие
графически
 $\Rightarrow U, \sim I$, $U_1 = I R$ (U_1 - напряжение на R_1)



два графика пересекаются
точка пересечения
которой равно
приблизительно: 45 В

тогда напряжение
на лампе 45 В

$\Rightarrow$ сила тока на
лампе исходя
из графика 0,6 А

$I_A = 0,6 \text{ A}$

0,004

Ответ: 1) $I_{10} = 0,24 \text{ A}$ 2) $\frac{1}{240} \frac{\text{A}}{\text{C}}$ 3) 0,6 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
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

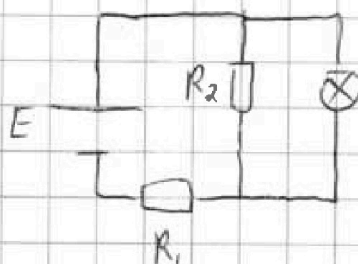
МФТИ

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

нч (продолжение 1)

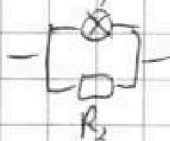
3) В установленном режиме на катушке будет нулевое напряжение и сила тока в ней будет равна силе тока в лампе

тогда наша ~~схема~~ экв. след.:

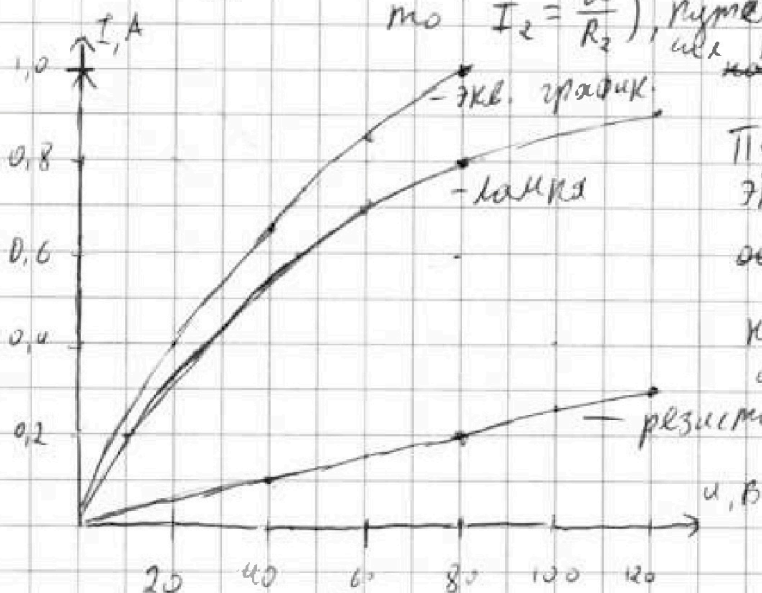


на лампе и резисторе R_2 одинаковое напряжение, а сумма сил тока на лампе и резисторе R_2 равна силе тока на резисторе R_1 .

Построим экв. график для элемента:



Зная зависимость $I(u)$ лампы и резистора R_2 (т.к. резистор идеален то $I_2 = \frac{u}{R_2}$), путем суммирования эквивалентных токов на экв. элемент



Пусть элемент экв. след. $\left[\begin{smallmatrix} \text{Lamp} \\ R_2 \end{smallmatrix} \right]$ обозначается R в
напряжении U : U
сила тока I : I

$$I_2 = \frac{u}{R_2} = \frac{u}{400 \text{ Ohm}}$$

нч. продолжение на
стр. 101

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!

N4

Решение:

$$L = 0,4 \text{ Гн}$$

$$E = 120 \text{ В}$$

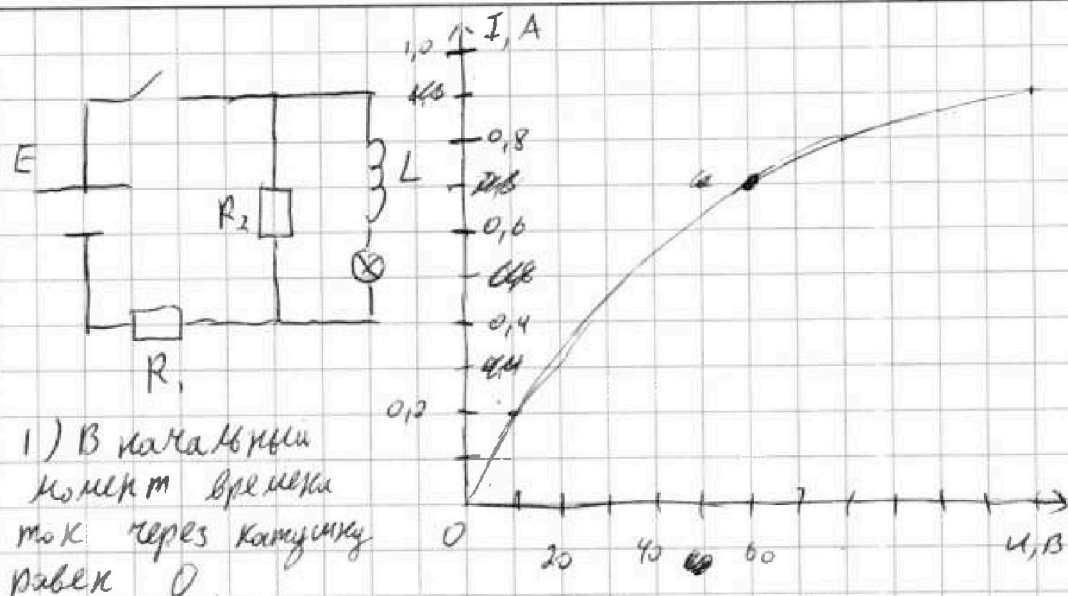
$$R_1 = 100 \text{ Ом}$$

$$R_2 = 400 \text{ Ом}$$

$$I_{10} - ?$$

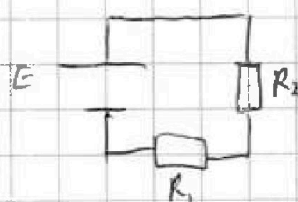
$$I_L'(0) - ?$$

$$I_A - ?$$



1) В начальный момент времени ток через катушку равен 0.

$\Rightarrow$ Можно рассмотреть экв. схему:



Очевидно, что $I_{10} = \frac{E}{R_1 + R_2} = \frac{120 \text{ В}}{100 \text{ Ом} + 400 \text{ Ом}} = \frac{120 \text{ В}}{500 \text{ Ом}} = \frac{240 \text{ В}}{1000 \text{ Ом}} = 0,24 \text{ А}$

2) III.к. в нач. момент времени ток через катушку равен 0, то на лампе напряжение равно 0, $\Rightarrow$ напряжение на катушке равно напряжению на резисторе R_2

$$U_L = L I_L'(0) = R_2 I_{10} \Rightarrow I_L'(0) = \frac{L}{R_2} \frac{I_{10}}{I_{10}} = \frac{L(R_1 + R_2)}{R_2 E}$$

$$= \frac{0,4 \text{ Гн} \cdot (100 \text{ Ом} + 400 \text{ Ом})}{400 \text{ Ом} \cdot 120 \text{ В}} = \frac{0,4 \text{ Гн}}{400 \text{ Ом} \cdot 0,24 \text{ А}} = \frac{1 \text{ Гн}}{100 \text{ Ом} \cdot 24 \text{ А}} = \frac{1}{240} \frac{\text{А}}{\text{с}} \approx 0,004 \frac{\text{А}}{\text{с}}$$

Смотрите продолжение на обороте



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!

ИЗМЕНЕНО №5

Задача

$$F_1 = 10 \text{ см}$$

$$F_2 = -20 \text{ см}$$

$$d = 40 \text{ см}$$

$$V = 2,5 \text{ см/с}$$

$x_0 = ?$

$x = ? \quad L = 10 \text{ см}$

$u = ? \quad L = 10 \text{ см}$

1) Когда линзы расположены вплотную или от себя ~~они являются эквивалентной линзой с опт. силой равной сумме опт. сил изнач. линз~~

~~$D = D_1 + D_2$ D - опт. экв. линзы~~

~~$D_1 = \frac{1}{F_1}$ $D_2 = \frac{1}{F_2}$~~

~~тогда $\frac{1}{d} + \frac{1}{x} = D$, где d - расстояние от линзы~~

~~тогда $\frac{1}{d} + \frac{1}{x} = D$~~

$D = D_1 + D_2$ D - опт. сила экв. линзы

$$D_1 = \frac{1}{F_1} \quad D_2 = \frac{1}{F_2}$$

тогда $\frac{1}{d} + \frac{1}{x_0} = D = \frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2}$

$$\Rightarrow x_0 = \left(\frac{1}{F_1} + \frac{1}{F_2} - \frac{1}{d} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{10 \text{ см}} + \frac{1}{-20 \text{ см}} - \frac{1}{40 \text{ см}} \right)^{-1}$$

$$= 2,5 \text{ см} \text{ или } 0,25 \text{ м} = 25 \text{ см}$$

2) По принципу Гюгенса изображение первой линзы есть предмет для второй линзы.

тогда $\frac{1}{d} + \frac{1}{b} = \frac{1}{F_1}$; $\frac{1}{L-b} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F_2}$

где b расстояние ~~изобр.~~ между ~~первым~~ изображением, которое создает L_1 , и L_2
и L_1 с продолжением на обороте

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 (продолжение)

Решение: $\frac{1}{v} = \frac{1}{F_1} - \frac{1}{d} \quad v = \frac{d \cdot F_1}{d - F_1}$

$$\Rightarrow \frac{1}{L - v} + \frac{1}{x} = \frac{1}{L - \frac{d \cdot F_1}{d - F_1}} + \frac{1}{x} = \frac{1}{F_2}$$

$$x = \left(\frac{1}{F_2} - \frac{d - F_1}{L(d - F_1) - d \cdot F_1} \right)^{-1}$$

$$= \left(-\frac{1}{20 \text{ см}} - \frac{40 \text{ см} - 10 \text{ см}}{10 \text{ см} (40 \text{ см} - 10 \text{ см}) - 40 \text{ см} \cdot 10 \text{ см}} \right)^{-1}$$

$$= \left(-\frac{1}{20 \text{ см}} - \frac{30 \text{ см}}{300 \text{ см}^2 - 400 \text{ см}^2} \right)^{-1}$$

$$= \left(-\frac{1}{20 \text{ см}} + \frac{3 \text{ см}^2}{10 \text{ см}} \right)^{-1} = \left(\frac{-1 + 6}{20 \text{ см}} \right)^{-1} = 4 \text{ см}$$

из
3) по предыдущему пункту $v = \frac{d \cdot F_1}{d - F_1} = \frac{400 \text{ см}^2}{30 \text{ см}} = \frac{40}{3} \text{ см}$

Пусть Γ — угловая скорость изображения, которое
создает L_1 , линзой L_2

$$\Gamma = \left| \frac{x}{L - v} \right| = \left| \frac{4 \text{ см}}{10 \text{ см} - \frac{40}{3} \text{ см}} \right| = \left| \frac{12 \text{ см}}{30 \text{ см} - 40 \text{ см}} \right| = \left| \frac{12}{10} \right| = 1,2$$

Перейдем в СС L_2 , тогда изображение,
которое создает L_1 , будет двигаться
со скоростью направленной вдоль z и
отм. оси и равной $|v|$

Вдоль z -осью отм. оси происходит продольное
увеличение $\Rightarrow K = |v| \Gamma^2 = 2,5 \frac{\text{см}}{\text{с}} \cdot \frac{144}{100} =$
 $= \frac{250}{100} \cdot \frac{144}{100} = \frac{1440}{400} \frac{\text{см}}{\text{с}} \approx 3,6 \frac{\text{см}}{\text{с}}$

Ответ: 1) 25 см 2) 4 см 3) $3,6 \frac{\text{см}}{\text{с}}$



На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

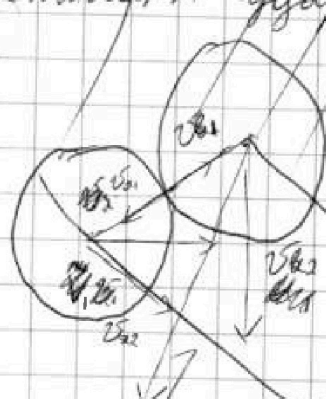
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

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

3) (продолжение)

3) Момент удара



где $\vec{V}_1 = \vec{v}_{a1} + \vec{v}_{a2}$

$\vec{V}_2 = \vec{v}_{e1} + \vec{v}_{e2}$

где $\vec{v}_{a1}$ и $\vec{v}_{e1}$ — компоненты
вдоль прямой, соединяющей
центры шаров в момент
столкновения

тогда E_k — кинетическая энергия
системы до удара

$$E_k = 18m V_3^2$$

E_{k3} — кинетическая энергия
системы после удара

$$E_{k3} = \frac{2m u_1^2}{2} + \frac{4m u_2^2}{2}$$

где u_1 и u_2 —
скорости первой и
второй шаров после
удара

$$E_2 = E_{k3} - E_k$$

ЗУ:

$$3m\vec{V} = 3m\vec{V}_2 = 2m\vec{u}_1 + 4m\vec{u}_2$$

Шары будут обмениваться скоростями
только вдоль прямой, соединяющей
их центры

т.к. шары одинакового радиуса
 $\vec{v}_{a1} \perp \vec{v}_{a2}$ и $\vec{v}_{e1} \perp \vec{v}_{e2}$