



Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



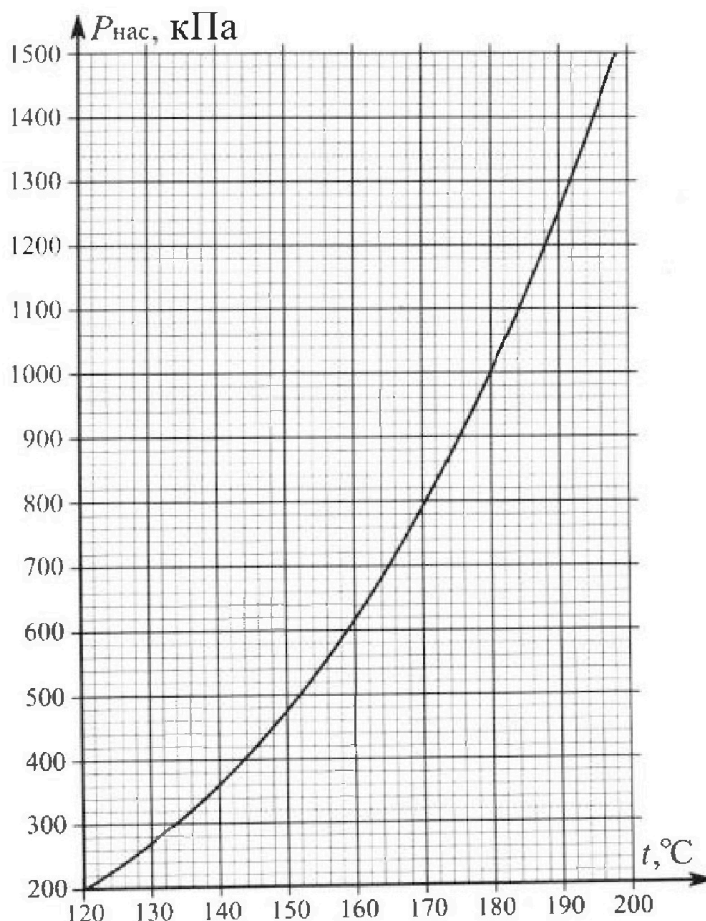
1. Из игрушечной пушки стреляют три раза одним и тем же снарядом. Масса пушки без снаряда в 3 раза больше массы снаряда. Первый раз пушку закрепляют, а ствол направляют вертикально вверх. В результате выстрела снаряд поднялся на высоту $H = 13/4$ м. Во второй раз пушку закрепляют на горизонтальном полу, ствол направляют под углом φ ($\operatorname{tg} \varphi = 3/2$) к горизонту и стреляют. Третий раз пушка может скользить по горизонтальной поверхности пола без трения, поступательно, не отрываясь от пола. Ствол при третьем выстреле направлен под углом φ к горизонту.

- 1) Найти дальность полета S_2 снаряда при втором выстреле.
- 2) На каком расстоянии S_3 от места выстрела снаряд упадет на пол при третьем выстреле?

Раз меры пушки и сопротивление воздуха не учитывать. Снаряд вылетает под действием сжатой легкой пружины. Ответы дать в метрах в виде обыкновенной дроби или целого числа.

2. В цилиндрическом теплоизолированном сосуде с площадью основания $S = 10 \text{ см}^2$ под лёгким, теплоизолированным, способным свободно перемещаться поршнем находится в равновесии влажный воздух с относительной влажностью $\varphi_1 = 75\%$ при температуре $t_1 = 100^\circ\text{C}$. Над поршнем вакуум. Поршень удерживается в равновесии силой $F = 125 \text{ Н}$, направленной вдоль оси сосуда внутрь. В некоторый момент времени сила становится равной $2F$, и затем остаётся постоянной. Считайте, что нормальное атмосферное давление $P_0 \approx 100 \text{ кПа}$. Воздух и водяной пар считать идеальными газами с молярными теплоемкостями при постоянном объеме $C_{11} = 5R/2$ (сухой воздух), $C_{12} = 3R$ (пар). На рисунке представлена зависимость давления насыщенного пара воды от температуры $P_{\text{нас}}(t)$.

- 1) Найти отношение начального равновесного давления P_1 к P_0 .
- 2) Найти в сосуде отношение числа молекул воды N_2 к числу молекул сухого воздуха N_1 .
- 3) Найти отношение температуры T_2 после установления термодинамического равновесия к начальной температуре T_1 . Температуры T_2 и T_1 по шкале Кельвина. Ответ дать в виде обыкновенной дроби.
- 4) Найти относительную влажность воздуха φ_2 в сосуде после установления термодинамического равновесия.





Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

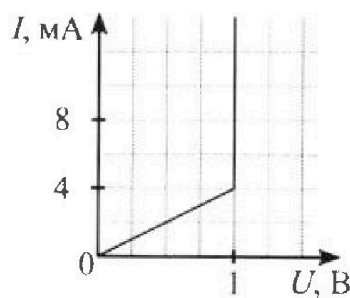
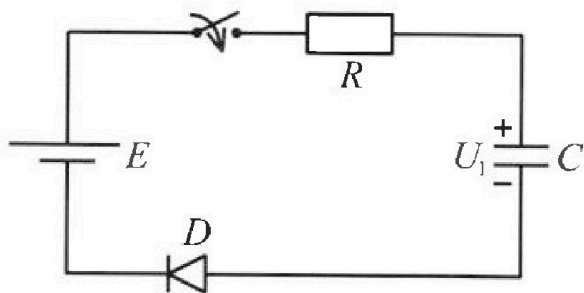
Вариант 11-06

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.



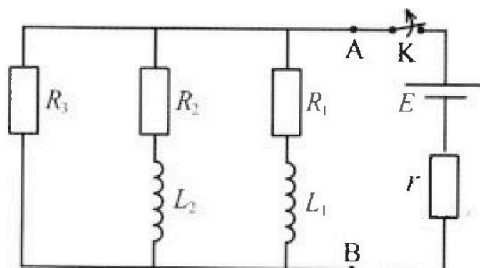
3. В цепи (см. рис.) ЭДС идеального источника $E = 8$ В, $R = 500$ Ом, $C = 200$ мкФ, конденсатор заряжен до напряжения $U_1 = 4$ В. Вольтамперная характеристика диода D приведена на рисунке. Ключ разомкнут, затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_1 в цепи сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти напряжение U_2 на конденсаторе в момент, когда ток в цепи станет $I_2 = 4$ мА.
- 3) Какое количество теплоты Q выделится на резисторе после замыкания ключа?



4. В цепи (см. рис.) ЭДС идеального источника E , $R_1 = R_2 = R$, $R_3 = 3R$, $r = R/7$, $L_1 = L$, $L_2 = 3L$. Ключ K замкнут, режим в цепи установился.

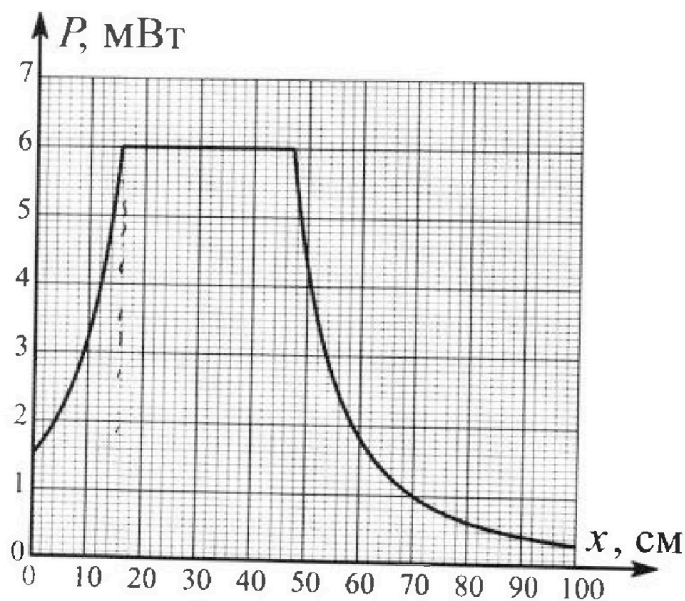
- 1) Найти ток I_0 через катушку L_2 при замкнутом ключе.
- 2) Найти скорость изменения (по модулю) тока в катушке L_2 сразу после размыкания ключа.
- 3) Найти заряд q_3 , протекший через резистор R_3 после размыкания ключа.



Каждый ответ выразить через E , R , L с числовым коэффициентом в виде обыкновенной дроби.

5. Точечный источник излучает свет одинаково по всем направлениям. На некотором расстоянии от него расположили датчик в форме диска, регистрирующий мощность P падающего света. Ось симметрии датчика проходит через источник. Между источником и датчиком на фиксированном расстоянии $a = 48$ см от источника расположили тонкую линзу радиусом $R = 3$ см так, что главная оптическая ось линзы совпала с осью симметрии датчика. На рисунке представлен график зависимости показаний датчика от расстояния x между линзой и датчиком.

- 1) Найти радиус датчика r , считая его меньше радиуса линзы.
- 2) Найти фокусное расстояние F линзы.
- 3) Найти мощность источника P_0 , считая $R \ll a$.





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

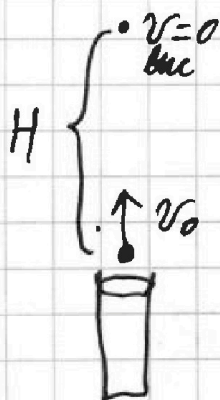
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 8

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

№1.

Ж, считаем, что пружиной всегда сжимают на одну и ту же высоту длины, а значит в ней запасается одна и та же энергия. Вся эта энергия переходит в кинетическую энергию шарика при вылете (в первом двух случаях) $\Rightarrow$ начальная скорость шарика v_0 одна и та же в случаях А и Б. первом двух случаях. Найдем v_0 . Т.к. при вертикальном выстреле шарик поднимается на высоту H , то из з.с.э (скорость в наивысшей точке равна 0, т.к. выстрел вертикальный):



$$\frac{m v_0^2}{2} = m g H \quad | \cdot \frac{2}{m}$$

$$v_0^2 = 2 g H$$

$$v_0 = \sqrt{2 g H}$$

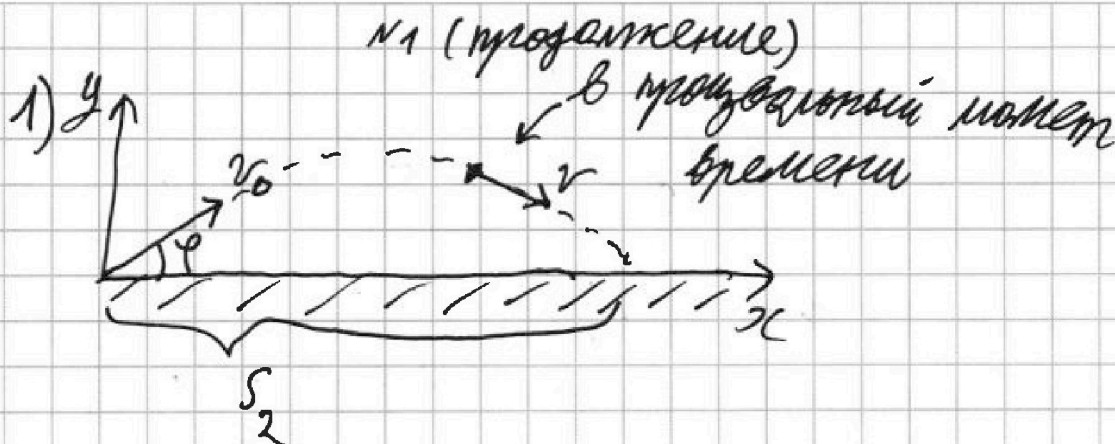


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 8

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



Т.к. сила по оси x нет, то
 $v_x = \text{const}$
 $v_x = v_0 \cos \varphi = v_0 \cos \varphi$

$$a_y = -g \Rightarrow v_y = v_{0y} - gt$$

Время до высшей точки:

$$v_{0y} - gt_{\text{выс}} = 0$$

$$gt_{\text{выс}} = v_{0y}$$

$$t_{\text{выс}} = \frac{v_{0y}}{g}$$

из симметрии общее время полёта

$$t_2 = 2t_{\text{выс}} = \frac{2v_{0y}}{g} = \frac{2v_0 \sin \varphi}{g}$$



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

1
☒

2
☐

3
☐

4
☐

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
3 из 8

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

r_1 (продолжение)

$$\begin{aligned} S_2 &= v_{0x} \cdot t_2 = \frac{v_0 \cos \varphi \cdot 2 v_0 \sin \varphi}{g} = \\ &= 2 \cos \varphi \sin \varphi \cdot \frac{v_0^2}{g} = 2 \sin \varphi \cos \varphi \cdot \frac{2gH}{g} = \\ &= 4H \sin \varphi \cos \varphi \end{aligned}$$

Ост. триг. треугольн:

$$\sin^2 \varphi + \cos^2 \varphi = 1; \cos^2 \varphi$$

$$\tan^2 \varphi + 1 = \frac{1}{\cos^2 \varphi}$$

$$\frac{1}{\cos^2 \varphi} = \left(\frac{3}{2}\right)^2 + 1 = \frac{9}{4} + 1 = \frac{9+4}{4} = \frac{13}{4}$$

$$\cos^2 \varphi = \frac{4}{13} \Rightarrow \cos \varphi = \frac{2}{\sqrt{13}}$$

$$\sin^2 \varphi = 1 - \cos^2 \varphi = \frac{13-4}{13} = \frac{9}{13}$$

$$\sin \varphi = \frac{3}{\sqrt{13}}$$

$$\begin{aligned} S_2 &= 4H \sin \varphi \cos \varphi = 4 \cdot \frac{13}{4} \text{ м} \cdot \frac{3}{\sqrt{13}} \cdot \frac{2}{\sqrt{13}} = \\ &= 13 \text{ м} \cdot \frac{6}{13} = \boxed{6 \text{ м}} \end{aligned}$$



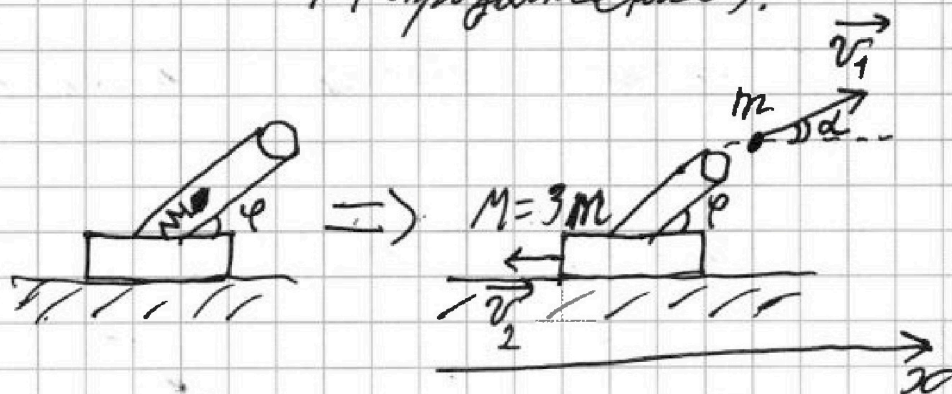
1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
4 из 8

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

2)

N_1 (продолжение).



$$ЗСЭ; \frac{Mv_2^2}{2} + \frac{mv_1^2}{2} = E_p = \frac{mv_0^2}{2}$$

пот. эн. пружины
(одна и та же во всех
случаях - см. начало решения)

$$3mv_2^2 + mv_1^2 = mv_0^2$$

$$3v_2^2 + v_1^2 = v_0^2$$

$$ЗСИ на ОХ: Mv_{2xc} + mv_{1xc} = 0$$

(для системы
"пушка + снаряд")

$$-3mv_2 + mv_1 \cos \alpha = 0$$

$$v_1 \cos \alpha = 3v_2$$

сила упругости

пружин - внутренняя

и в ЗСИ не участвует.



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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

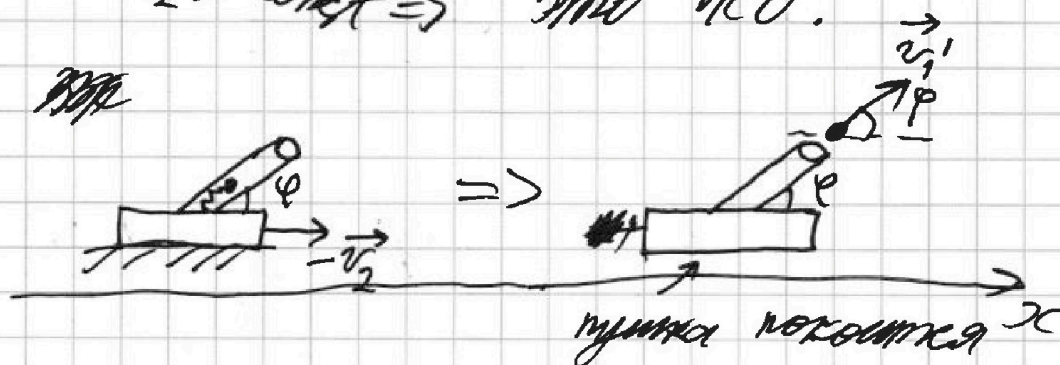
СТРАНИЦА
5 из 8

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

N1 (продолжение)

В СО, которая движется со скоростью $\vec{v}_2$ влево:

$\vec{v}_2 = \text{const} \Rightarrow$ это ИСО.



Т.к. в конце пушка покоится, то сразу вылетает под углом φ из неё.

$$\text{ЗСП: } -(M+m)\vec{v}_2 = m\vec{v}_1'$$

$$-4m\vec{v}_2 = m\vec{v}_1'$$

$$-4\vec{v}_2 = \vec{v}_1' = \vec{v}_1 - \vec{v}_2 \text{ - з. сл. ск.}$$

$$\text{Ох: } -4 \cdot v_{2x} = v_{1x} - v_{2x}$$

$$4v_2 = v_1' \cos \varphi$$

$$v_1' = \frac{4v_2}{\cos \varphi}$$



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



СТРАНИЦА
6 из 8

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

№1 (продолжение).

$$3(3): (M+m) \frac{v_2^2}{2} + E_p = \frac{M v_1'^2}{2}$$

$$4m \frac{v_2^2}{2} + \frac{m v_0^2}{2} = \frac{M v_1'^2}{2} \quad | \cdot 2$$

$$v_1'^2 = v_0^2 + 4 v_2^2$$

$$\frac{16 v_2^2}{\cos^2 \varphi} = v_0^2 + 4 v_2^2$$

$$16 v_2^2 \cdot \frac{13}{4} - 4 v_2^2 = v_0^2$$

$$4 \cdot 13 v_2^2 - 4 v_2^2 = v_0^2$$

$$4 \cdot 12 v_2^2 = v_0^2$$

$$v_2^2 = \frac{v_0^2}{48} = \frac{2gH}{48} = \frac{gH}{24}$$

$$\text{В ЛСО: } 3 v_2^2 + v_1^2 = v_0^2 \quad (\text{см. рисунок})$$

$$\frac{v_0^2}{16} + v_1^2 = v_0^2$$

$$v_1^2 = \frac{15}{16} v_0^2$$



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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
7 из 8

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

н1 (продолжение).

$$v_1 \cos \alpha = 3 v_2 \quad (\text{см. ранее})$$

$$\sqrt{\frac{15}{16}} v_0 \cos \alpha = 3 \sqrt{\frac{1}{48}} v_0$$

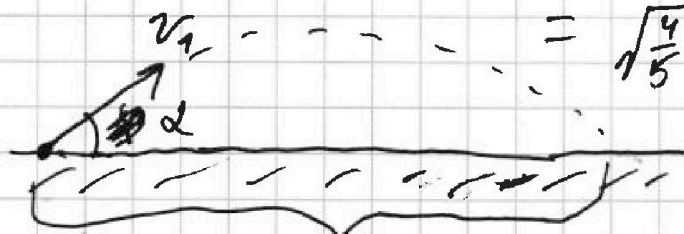
$$\frac{\sqrt{15}}{4} \cos \alpha = \frac{3}{4 \cdot \sqrt{3}}$$

$$\sqrt{15} \cos \alpha = \sqrt{3}$$

$$\cos \alpha = \sqrt{\frac{3}{15}} = \sqrt{\frac{1}{5}} = \frac{1}{\sqrt{5}}$$

$$\sin \alpha = \sqrt{1 - \cos^2 \alpha} = \sqrt{1 - \frac{1}{5}} =$$

$$= \sqrt{\frac{4}{5}} = \frac{2}{\sqrt{5}}$$



Время до второй точки

$$S_3 \quad v_{1y} - g t_{\text{пол}} = 0$$

$$t_{\text{пол}} = \frac{v_{1y}}{g} = \frac{v_1 \sin \alpha}{g}$$

Время полета: $t_3 = 2 t_{\text{пол}} = \frac{2 v_1 \sin \alpha}{g}$

$$S_3 = v_{1x} t_3 = v_1 \cos \alpha \cdot \frac{2 v_1 \sin \alpha}{g} = 2 \frac{v_1^2}{g} \sin \alpha \cos \alpha$$

$$= 2 \cdot \frac{15}{16} \frac{v_0^2}{g} \sin \alpha \cos \alpha = 2 \cdot \frac{15}{16} \cdot 2H \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} \cdot \frac{2}{\sqrt{5}} = \frac{8 \cdot 15}{16 \cdot 5} H$$



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

1 ☒ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
8 из 8

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

№1 (продолжение).

$$S_3 = 2 \cdot \frac{15}{16} \cdot 2H \cdot \frac{1}{\sqrt{5}} \cdot \frac{2}{\sqrt{5}} =$$

$$= \cancel{4H} \cdot \frac{8 \cdot 15}{16 \cdot 5} H = \frac{3}{2} H = \frac{3}{2} \cdot \frac{13}{4} H =$$

$$= \boxed{\frac{39}{8} H}$$

Ответ: 1) $S_2 = 6H$,
2) $S_3 = \frac{39}{8} H$.



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

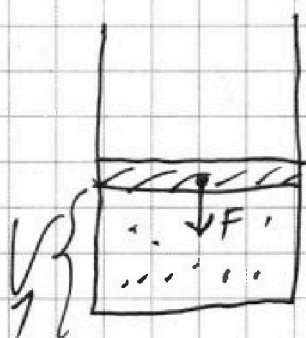
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 2

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

N2.

$\varphi_1 = 75\%$, $t_1 = 100^\circ\text{C}$



$$1) P_{\text{пара}} = \varphi_1 P_{\text{ин}}(t_1) = \\ = \varphi_1 P_0 = 0,75 P_0$$

$S \cdot P_1 = F$ - равновесие
поршня (ПЗМ)

$$P_1 = \frac{F}{S} = \frac{125 \text{ Н}}{10 \text{ см}^2} = \frac{125 \text{ Н}}{10 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2} = \\ = 125 \cdot 10^3 \text{ Па} = 125 \text{ кПа}$$

$$\boxed{\frac{P_1}{P_0}} = \frac{125 \text{ кПа}}{100 \text{ кПа}} = 1,25 = \boxed{\frac{5}{4}}$$

$$2) \begin{cases} P_{\text{пара}} V_1 = \nu R T \\ P_{\text{воз}} V_1 = \nu R T \end{cases} \Rightarrow \frac{\nu}{\nu_{\text{воз}}} = \frac{P_{\text{пара}}}{P_{\text{воз}}}$$

$$\boxed{\frac{N_2}{N_1}} = \frac{\nu}{\nu_{\text{воз}}} = \frac{P_{\text{пара}}}{P_{\text{воз}}} = \frac{0,75 P_0}{1,25 P_0 - 0,75 P_0} = \\ = \frac{0,75}{0,5} = 2 \cdot 0,75 = 1,5 = \boxed{\frac{3}{2}}$$



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

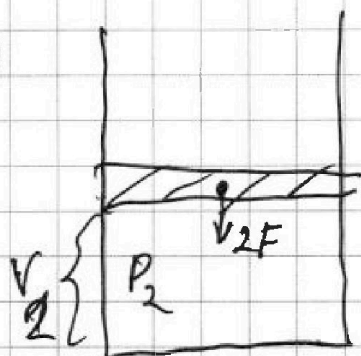
1 ☐ 2 ☒ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

2 ИЗ 2

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

3)



равновесие поршня:

$$P_2 S = 2F$$

$$P_2 = \frac{2F}{S} = 2P_1 = 250 \text{ kPa}$$

~~$$P_2 V_1 = \nu R T_2$$~~

~~$$P_{\text{возд}1} V_1 = \nu_{\text{возд}} R T_1$$~~

~~$$P_{\text{возд}2} V_2 = \nu_{\text{возд}} R T_2$$~~

Типовая зависимость:

~~$$P_{\text{возд}2} V_2 = \nu_{\text{возд}} R T_2$$~~

~~$$\frac{P_{\text{возд}2}}{P_{\text{возд}1}} = \frac{V_{\text{возд}1}}{V_{\text{возд}2}} = \frac{3}{2}$$~~

~~$$P_{\text{возд}2} = \frac{P_2}{5} \cdot 3 = 150 \text{ kPa}$$~~

~~$$\Rightarrow P_{\text{возд}} = 100 \text{ kPa}$$~~

4) $\varphi_2 = \frac{P_{\text{возд}2}}{P_{\text{возд}}(T_2)} \cdot 100\%$

Примечание:

1) $\frac{P_1}{P_0} = \frac{5}{4}$

2) $\frac{N_2}{N_1} = \frac{3}{2}$

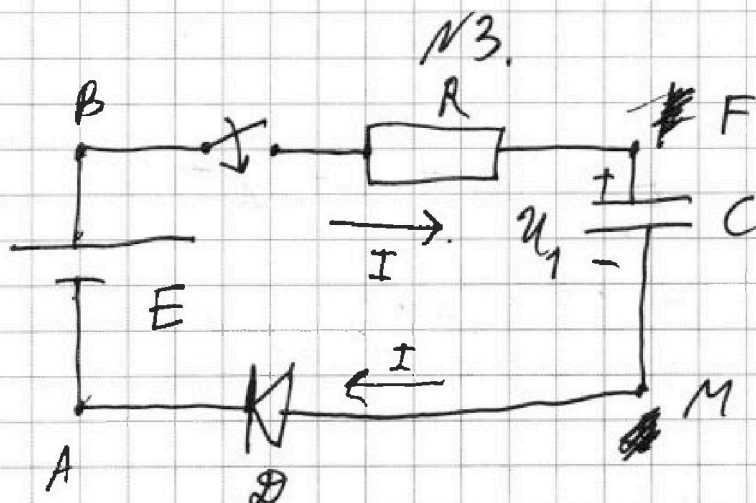


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
1 из 7

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



1) Будем считать после замыкания
ключа $\varphi_M - \varphi_A < 1 \text{ В}$, т.е. $I_1 < 4 \text{ mA}$

$$E - u_1 = I_1 R + I_1 R_D$$

т.е. мы заменим этот резистор
сопротивлением $R_D = \frac{1 \text{ В}}{4 \text{ mA}} = \frac{1000}{4} \text{ Ом} =$
 $= 250 \text{ Ом}$

$$E - u_1 = I_1 (R + R_D)$$

$$I_1 = \frac{E - u_1}{R + R_D} = \frac{8 \text{ В} - 4 \text{ В}}{500 \text{ Ом} + 250 \text{ Ом}} = \frac{4 \text{ В}}{750 \text{ Ом}} =$$
$$= \frac{0,004 \text{ В}}{0,75 \text{ Ом}} = \frac{4}{3/4} \text{ mA} = \frac{16}{3} \text{ mA} = 5 \frac{1}{3} \text{ mA} > 4 \text{ mA}$$

~ противоречие $\Rightarrow \varphi_M - \varphi_A = 1 \text{ В}$.



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 7

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

№3 (продолжение)

$$\begin{aligned} \varphi_B - \varphi_F &= \varphi_B - \varphi_A + \varphi_A - \varphi_M + \varphi_M - \varphi_F = \\ &= E - 1B - 2V = 8B - 1B - 4B = \\ &= 3B \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \varphi_B - \varphi_F &= I_1 R \\ I_1 &= \frac{\varphi_B - \varphi_F}{R} = \frac{3B}{500\Omega} = \\ &= \frac{6B}{1000\Omega} = \boxed{6 \text{ mA}} \end{aligned}$$

$$2) I_2 = 4 \text{ mA} \Rightarrow \varphi_M - \varphi_A = 1B$$

поменялись местами, но
будем их брать так же.

$$\begin{aligned} U_2 = \varphi_F - \varphi_M &= \varphi_F - \varphi_B + \varphi_B - \varphi_A + \varphi_A - \varphi_M = \\ &= -I_2 R + E - 1B = -4 \text{ mA} \cdot 500\Omega + 8B - 1B = \\ &= -2B + 8B - 1B = \boxed{5B} \end{aligned}$$



1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 7

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

13 (продолжение).

3) $E = IR + u_c + u_D$

↑
напряжение на ~~кап~~ конденсаторе.

заряд на конденсаторе

~~$0 = \frac{dI}{dt} R + \frac{q_c}{C} + u_D$~~ $E = IR + \frac{q_c}{C} + u_D$

Помним, что из-за ~~того~~ ^{напряжения} ~~тока~~ ^{тока} в цепи ~~укажем~~ ^{укажем} до нуля. ~~разобьем~~ ^{разобьем} процесс на две части:

1. $I \geq 4 \text{ mA} \Rightarrow u_D = 1 \text{ В} = \text{const}$

$E - u_D = IR + u_c = IR + \frac{q_c}{C}$ ↑
заряд на конденсаторе
 $\frac{d}{dt}$

$0 = \dot{I}R + \frac{I}{C}$

$I = -\dot{I} \cdot RC \quad | \cdot dt$

~~$dq = -dI \cdot RC$~~ I_2

$q_1 = \int dq = -RC \int dI = RC(I_1 - I_2)$

~~$dq = IR \cdot dt$~~ $\int IR \cdot dt = \int IR dq$

$I_1 = 500 \text{ мА} - 200 \text{ мА} = 300 \text{ мА}$
 $\times (4 \text{ мА} - 4 \text{ мА}) = 0,2 \text{ мА}$

2. $I < 4 \text{ mA} \Rightarrow R_D = 250 \text{ Ом} = \text{const}$



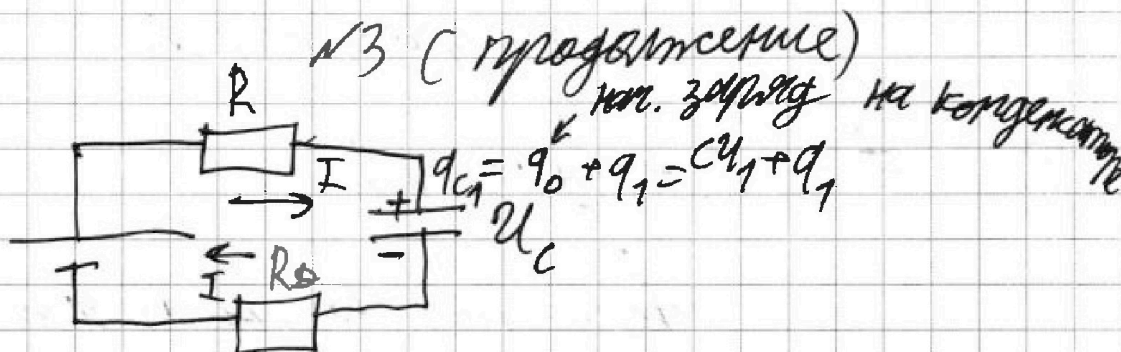
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

4 из 7

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



$$E = IR + U_c + IR_0 \quad \left| \frac{d}{dt} \right.$$

$$0 = \dot{I}(R + R_0) + \dot{U}_c = \dot{I}(R + R_0) + \frac{\dot{q}_c}{C} =$$
$$= \dot{I}(R + R_0) + \frac{dq}{C dt} \quad \left| \cdot dt \right.$$

$$dI(R + R_0) + \frac{dq}{C} = 0$$

$$dq = -dI(R + R_0)C$$

$$q = \int dq = -(R + R_0)C \int dI =$$
$$= (R + R_0)C(I_2 - 0) = (R + R_0)C I_2$$

$$dI = \frac{dq}{C(R + R_0)} \quad \frac{dq}{(R + R_0)C}$$
$$I = \frac{1}{(R + R_0)C} (q - q_1) = \frac{1}{(R + R_0)C}$$



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

1
☐2
☐3
☒4
☐5
☐6
☐7
☐

СТРАНИЦА

5 из 7

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

№3 (продолжение)

$$\int_{I_2}^I dI = \int \frac{dq}{(R+R_0)C}$$

$$I = \frac{1}{(R+R_0)C} \cdot \overset{+I_2}{\Delta q} = \frac{1}{(R+R_0)C} q$$

← прошедший заряд

$$dQ_2 = \int I^2 R dt = \int I R dq =$$

$$= \int_0^q \frac{R}{R+R_0} \cdot \frac{1}{C} q dq$$

$$Q_2 = (R+R_0) C \cdot I_2 = (500+250) \text{ Ом} \cdot 200 \text{ мкФ} \cdot 4 \text{ мА} = 150 \text{ мк} \cdot 4 \text{ мА} =$$

$$\text{Теперь считаем мощность: } = 600 \text{ мк} \cdot \text{с} = 0,6 \text{ мДж} \cdot \text{с}$$

1. Эффективно имеем ЭДС $E_1 = E - 1 \text{ В} =$

$$= 8 \text{ В} - 1 \text{ В} = 7 \text{ В}$$

ЭДС конт. при разл. заряде

$$E_1 q_1 = Q_1 + W_{c1} - W_{c0} =$$

при разл. заряде

$$= Q_1 + \frac{C U_2^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}$$

$$Q_1 = E_1 q_1 - \frac{C U_2^2}{2} + \frac{C U_1^2}{2} = 7 \text{ В} \cdot 0,2 \text{ мкКл} -$$

$$- \frac{200}{2} \text{ мкФ} (5^2 - 4^2) = 1,4 \text{ мДж} - 0,9 \text{ мДж} = 0,5 \text{ мДж}$$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

6 из 7

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

13 (продолжение)

2. Замеряем R на R_D :

✓ нето, выдвинулся в 4 см

$$E \cdot q_2 = Q_2' + W_{C2} - W_{C1} =$$

$$= Q_2' + \frac{CE^2}{2} - \frac{Cu_2^2}{2}$$

в конце котл. полностью
загружена

$$Q_2' = Eq_2 - \frac{C}{2} (u_2^2 - E^2)$$

$$= \frac{C}{2} (E^2 - u_2^2) = 8 \text{ В} \cdot 0,6 \text{ мкФ} =$$

$$= \frac{200 \text{ мкФ}}{2} (8^2 \text{ В}^2 - 5^2 \text{ В}^2) =$$

$$= 4,8 \text{ мДж} - 3900 \text{ мкДж} =$$

$$= (4,8 - 3,9) \text{ мДж} = 0,9 \text{ мДж}$$

$$Q_2' = Q_2 + Q_D$$

$$I_R = I_D = I, R = 500 \text{ Ом} = 2R_D = 250 \text{ Ом}$$

$$Q_D = I^2 R_D = \frac{I^2 R}{2} = \frac{Q_2}{2}$$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☒ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА

7 из 7

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

N3 (продолжение).

$$Q_1 + Q_2 = Q_2'$$

$$\frac{Q_2}{2} + Q_2 = Q_2'$$

$$\frac{3Q_2}{2} = Q_2' = 0,9 \text{ мДж}$$

$$Q_2 = 0,6 \text{ мДж}$$

Искомая, $Q = Q_1 + Q_2 = 0,5 \text{ мДж} + 0,6 \text{ мДж} = 1,1 \text{ мДж}$

Ответ: 1) $I_1 = 6 \text{ мА}$

2) $U_2 = 5 \text{ В}$

3) $Q = 1,1 \text{ мДж}$

1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

5
☐

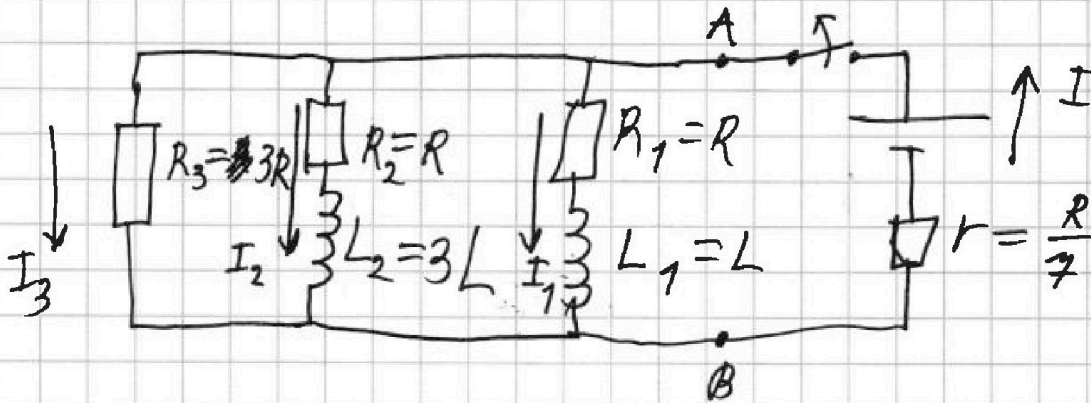
6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
1 из 5

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

N4.



1) $I_0 = I_{20} - ?$
 $\uparrow$ *индукция 0 - ст. режим*
ст. режим $\Rightarrow I_{1,2,3} = \text{const}$
 $I = \text{const}$

$U_{L1} = U_{L2} = 0$ (т.к. ток не меняется)
 $\Downarrow$

катушки в цепи можно вообще не учитывать.

$I_{30} R_3 = I_{20} R_2 = I_{10} R_1 = E - I r$
 $R_1 = R_2 = I_{20} = I_{10} = I_0$ *нпр. Кирх.*

$I_0 R = I_{30} \cdot 3R$

$I_{30} = \frac{I_0}{3}$

$I = I_{10} + I_{20} + I_{30} = I_0 + I_0 + \frac{I_0}{3} = \frac{4}{3} I_0 - \text{нпр. Кирх.}$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 5

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

N4 (продолжение)

$$E - I_r = I_{10} R_1 = I_0 R$$

$$E - \cancel{\frac{4}{3} I_0 R} = \frac{4}{3} I_0 \cdot \frac{R}{4} = I_0 R$$

$$E - \frac{I_0 R}{3} = I_0 R$$

$$\frac{4}{3} I_0 R = E$$

$$I_0 = \frac{3}{4} \frac{E}{R}$$

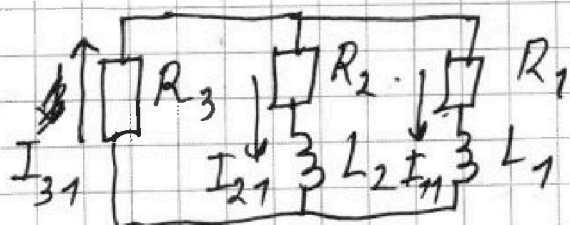
2) ~~$I_{11} = I_{21}$~~

$$I_{11} = I_{10} = I_0 \text{ (из-за симметрии)}$$

$$I_{21} = I_{20} = I_0$$

индекс 1-
после размыкания

$$I_{31} = I_{11} + I_{21} = 2I_0$$



$$\begin{aligned} \dot{I}_{21} &= I_{31} R_3 + I_{21} R_2 = \\ &= 2I_0 \cdot 3R + I_0 R = \\ &= 7I_0 R = 7 \cdot \frac{3}{4} \frac{E}{R} \cdot R = \\ &= \frac{21}{4} E \end{aligned}$$

$$\dot{I}_{21} = \frac{21}{4} \frac{E}{L_2} \Rightarrow \dot{I}_{21} = \frac{21}{4} \frac{E}{L_2} = \frac{21}{4} \frac{E}{3L}$$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☒ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 из 5

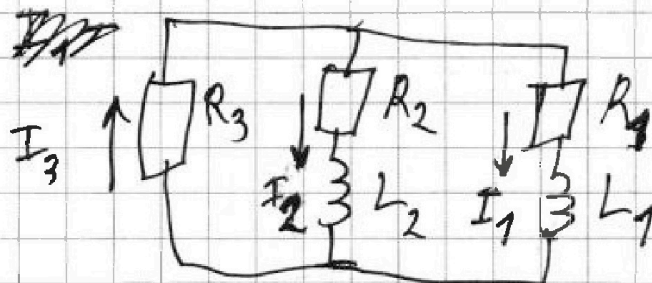
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!

№4 (продолжение).

$$\dot{I}_2 = -\frac{21}{4} \frac{E}{L_2}$$

$$|I_2| = \frac{21}{4} \frac{E}{L_2} = \frac{21}{4} \frac{E}{3L} = \frac{7}{4} \frac{E}{L}$$

3)



$$-I_3 R_3 = L_2 \dot{I}_2 + I_2 R_2 = L_1 \dot{I}_1 + I_1 R_1 \quad \text{— II пр. Кирх.}$$

$$3L \dot{I}_2 + R I_2 = L \dot{I}_1 + R I_1$$

$$R I_1 + L \dot{I}_1 = I_3 R_3 = R_3 (I_1 + I_2)$$

$$R I_1 + L \dot{I}_1 = 3R I_1 + 3R I_2 \quad \text{— I пр. Кирх.}$$

$$2R I_1 + 3R I_2 = L \dot{I}_1$$

$$2R (I_1 + I_2) + R I_2 = L \dot{I}_1$$

$$3L \dot{I}_2 + R I_2 = I_3 R_3 \quad \text{— I пр. Кирх.}$$

$$3L dI_2 + R \cdot$$



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

1
☐2
☐3
☐4
☒5
☐6
☐7
☐СТРАНИЦА
4 из 5

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

№4 (продолжение)

$$\begin{cases} 3L\dot{I}_2 + RI_2 = -I_3 R_3 = -3I_3 R \\ L\dot{I}_1 + RI_1 = -3I_3 R \end{cases} +$$

$$3L\dot{I}_2 + L\dot{I}_1 + R(I_1 + I_2) = -6I_3 R$$

$$3L\dot{I}_2 + L\dot{I}_1 + I_3 R \stackrel{\downarrow \text{м. Кирх.}}{=} -6I_3 R$$

$$3L\dot{I}_2 + L\dot{I}_1 = -7R \cdot I_3 \quad | \cdot dt$$

$$3L dI_2 + L dI_1 = -7R dq_3$$

$$3L I_2 \Big|_{I_{21}}^{I_{2\text{ком}}} + L I_1 \Big|_{I_{11}}^{I_{1\text{ком}}} = -7R q_3$$

Т.к. есть параллельно из-за резисторов:

$$I_{2\text{ком}} = I_{1\text{ком}} = 0$$

$$-3L I_{21} - L I_{11} = -7R q_3$$

$$\begin{aligned} \boxed{q_3} &= \frac{3L I_{21} + L I_{11}}{7R} = \frac{3L I_0 + L I_0}{7R} = \\ &= \frac{4L I_0}{7R} = \frac{4}{7} \cdot \frac{3}{4} L \frac{E}{R^2} = \boxed{\frac{3}{7} \frac{LE}{R^2}} \end{aligned}$$

1) I = 3/4 E/R
3) I_3 = 3/4 E/R



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

1
☐

2
☐

3
☐

4
☒

5
☐

6
☐

7
☐

СТРАНИЦА
5 из 5

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

№4 (продолжение)

Problem: 1) $I_0 = \frac{3}{4} \frac{E}{R};$

2) $|\dot{I}_{21}| = \frac{3}{4} \frac{E}{L};$

3) $q_3 = \frac{3}{4} \frac{LE}{R^2}.$



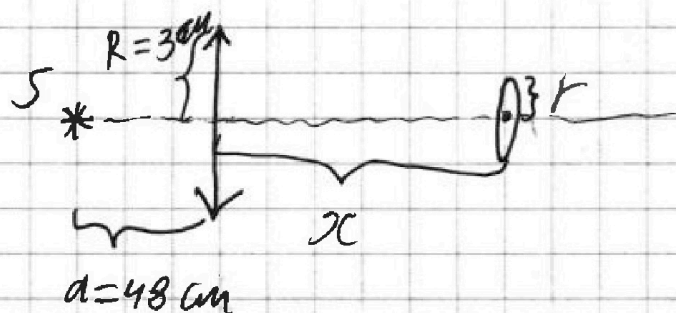
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

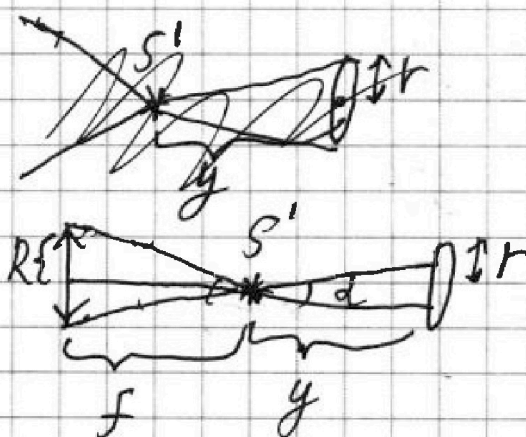
СТРАНИЦА
1 из 3

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

№5.



Мы не знаем, линза собирающая или рассеивающая $\Rightarrow$ изображение источника может быть и перед и позади источника!



Интенсивность света при $y \uparrow$ падает как $\frac{1}{y^2}$, но площадь джетки равнина возрастает, как $y^2 \Rightarrow P = \text{const}$

Но это справедливо, когда $\sin \frac{\alpha}{2} \leq \frac{2R}{y}$ и возможна такая ситуация, когда в центре собирающей линзы



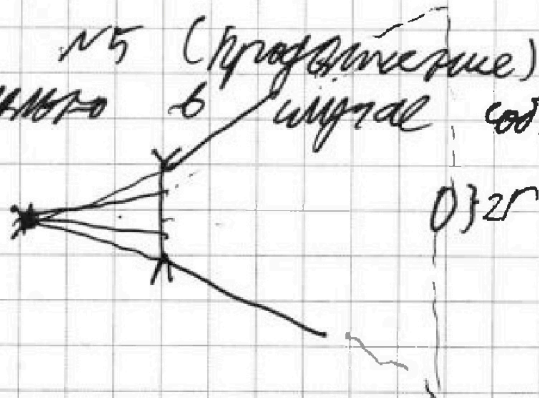
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
2 из 3

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

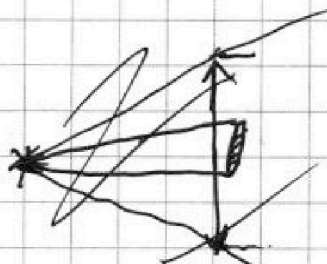
и возможно это только
Расс. линза:



0,25

и возможно

А) Скорость $v = 0$:



Решение задачи. Математика;
Решение задачи. Геометрия

1) В такой ситуации
будет находиться участок $P = \text{const}$:
начало участка $P = \text{const} \approx (17 - 16) \text{ см} = 1 \text{ см}$



16 см

конец участка $P = \text{const}$

$$\frac{r}{31 \text{ см}} = \frac{R}{16 \text{ см} + 31 \text{ см}}$$
$$\frac{r}{155} = \frac{R}{15,5 + 16}$$
$$\frac{r}{15} \approx \frac{R}{32}$$

$$r \approx \frac{R}{2} = 1,5 \text{ см}$$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
3 ИЗ 3

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

2) $\frac{1}{d} + \frac{1}{f} = \frac{1}{F}$ ^{м5 (проголосование).}

$f = 16 \text{ см} + 15,5 \text{ см} \approx 32 \text{ см}$
(см. пред. пункт.)

$d \approx 48 \text{ см}$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{48 \text{ см}} + \frac{1}{32 \text{ см}} = \frac{1}{16 \text{ см}} \left(\frac{1}{3} + \frac{1}{2} \right) = \frac{1}{16 \text{ см}} \cdot \frac{5}{6}$$

$$F = \frac{6}{5} \cdot 16 \text{ см} = 6 \cdot 3,2 \text{ см} = 19,2 \text{ см}$$

↓ так обозначим

3) При $P = \text{const} = P_1$ вся мощность источника P_0 на детектор $\Rightarrow P_0 = P_1$

$P_1 = 6 \text{ мВт}$ — из графика $\Rightarrow P_0 = P_1 = 6 \text{ мВт}$

Ответ:

- 1) $r = 1,5 \text{ см}$
- 2) $F = 19,2 \text{ см}$
- 3) $P_0 = 6 \text{ мВт}$



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

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА
__ ИЗ __

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

N 1.

$M = 3m$

$E_p = \text{const!}$
 $\downarrow$
 $v_0 = \text{const}$

$\frac{64}{39}$

$\frac{64}{25}$
 39

$\frac{m v_0^2}{2} = mgM$
 $v_0^2 = 2gM$
 $v_0 = \sqrt{2gM}$

$dq_c =$

$\times 450$
 200
 $150000 \text{ нКл} = 150 \text{ нКл}$

$v_0 \sin \varphi - g t = -v_0 \sin \varphi$
 $t = \frac{2 v_0 \sin \varphi}{g}$

$S_2 = \frac{2 v_0 \sin \varphi}{g} \cdot v_0 \cos \varphi =$
 $= \frac{2 v_0^2}{g} \sin 2 \varphi = \frac{2gM}{g} \sin 2 \varphi = 2M \sin 2 \varphi = 4M \sin \varphi \cos \varphi$

$\sin^2 \alpha + \cos^2 \alpha = 1$
 $\tan^2 \alpha + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$
 $\frac{9}{4} + 1 = \frac{1}{\cos^2 \alpha}$
 $\cos^2 \alpha = \frac{4}{13}$
 $\cos \alpha = \frac{2}{\sqrt{13}}$

$\sin^2 \alpha = \frac{9}{13}$
 $\sin \alpha = \frac{3}{\sqrt{13}}$