



# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-05



*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 4 раза больше массы снаряда. Первый раз пушку закрепляют, а ствол направляют вертикально вверх. В результате выстрела снаряд поднялся на высоту  $H = 13/3$  м. Во второй раз пушку закрепляют на горизонтальном полу, ствол направляют под углом  $\varphi$  ( $\operatorname{tg}\varphi = 2/3$ ) 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  $\varphi$  к горизонту.

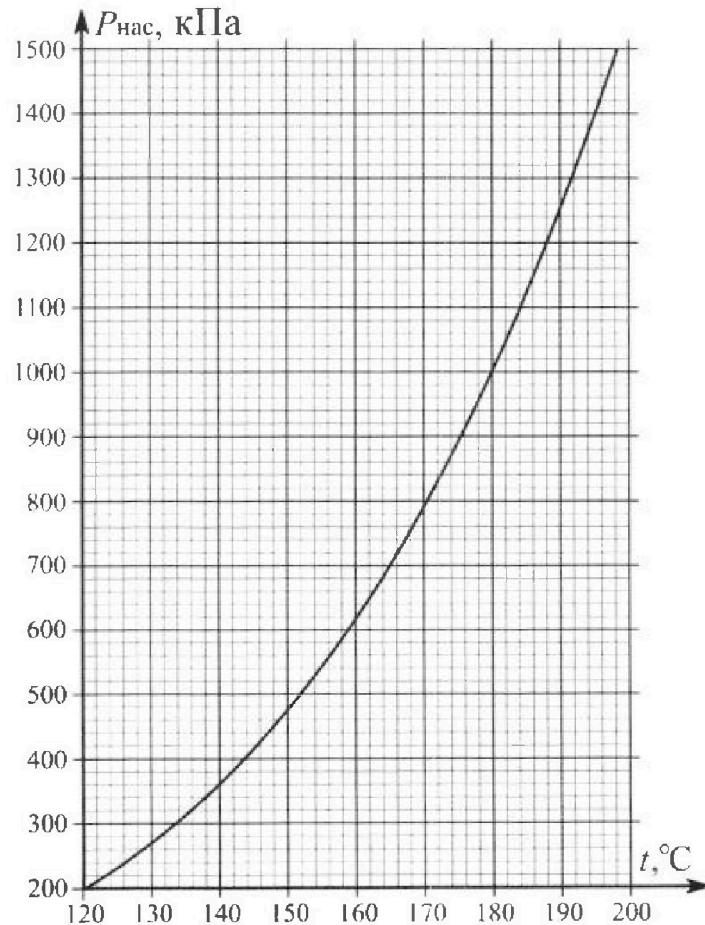
- 1) Найти дальность полета  $S_2$  снаряда при втором выстреле.
- 2) На каком расстоянии  $S_3$  от места выстрела снаряд упадет на пол при третьем выстреле?

Размеры 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

$\varphi_1 = 100\%$  при температуре  $t_1 = 100^\circ\text{C}$ . Над поршнем вакуум. Поршень удерживается в равновесии силой  $F = 150 \text{ Н}$ , направленной вдоль оси сосуда внутрь. В некоторый момент времени сила становится равной  $1,5F$ , 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  $C_{V1} = 5R/2$  (сухой воздух),  $C_{V2} = 3R$  (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  $\varphi_2$  в сосуде после установления термодинамического равновесия.



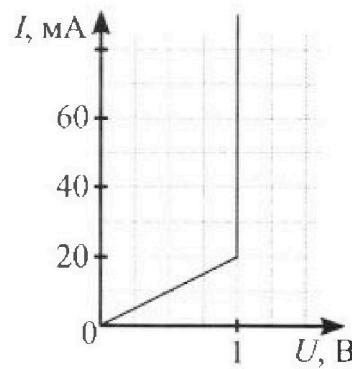
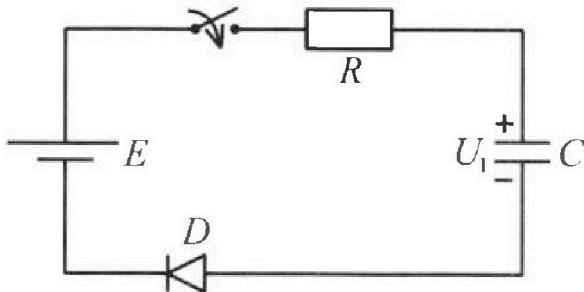
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2024

## Вариант 11-05

*В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.*

**3.** В цепи (см. рис.) ЭДС идеального источника  $E = 9$  В,  $R = 100$  Ом,  $C = 60$  мкФ, конденсатор заряжен до напряжения  $U_1 = 3$  В. Вольтамперная характеристика диода D приведена на рисунке. Ключ разомкнут, затем ключ замыкают.

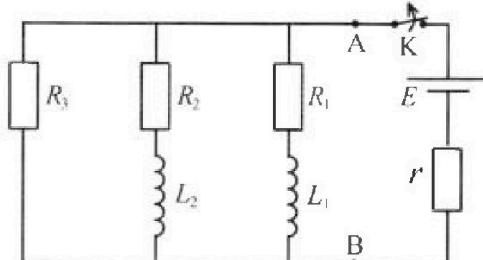
- 1) Найти ток  $I_1$  в цепи сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти напряжение  $U_2$  на конденсаторе в момент, когда ток в цепи станет  $I_2 = 20$  мА.
- 3) Какое количество теплоты  $Q$  выделится на резисторе после замыкания ключа?



**4.** В цепи (см. рис.) ЭДС идеального источника  $E$ ,  $R_1 = R_2 = R$ ,  $R_3 = 2R$ ,  $r = R/5$ ,  $L_1 = L$ ,  $L_2 = 2L$ . Ключ K замкнут, режим в цепи установился.

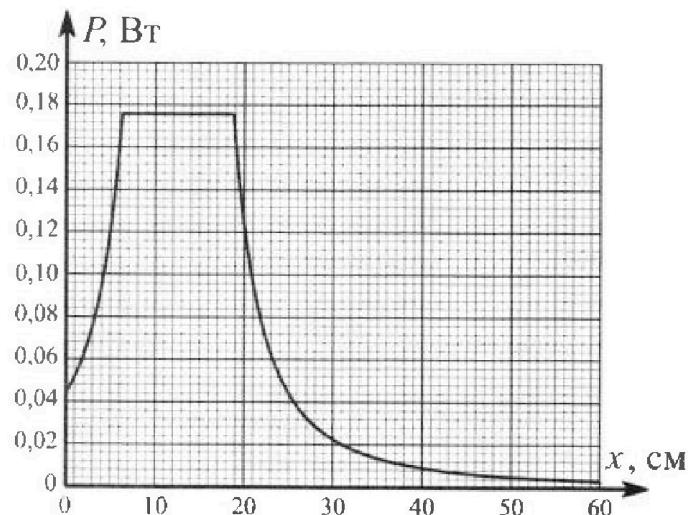
- 1) Найти ток  $I_0$  через катушку  $L_1$  при замкнутом ключе.
- 2) Найти скорость изменения (по модулю) тока в катушке  $L_1$  сразу после размыкания ключа.
- 3) Найти заряд  $q_3$ , протекший через резистор  $R_3$  после размыкания ключа.

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  $a = 32$  см от источника расположили тонкую линзу радиусом  $R = 2$  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.

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

СТРАНИЦА  
3 ИЗ 14

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!

$$V^2 \frac{1+4(\operatorname{tg}^2 \varphi + 1)}{4(\operatorname{tg}^2 \varphi + 1)} = V_0^2 \quad \text{тогда } V = V_0 \sqrt{\frac{4(\operatorname{tg}^2 \varphi + 1)}{4(\operatorname{tg}^2 \varphi + 1) + 1}} \quad (2)$$

Далее рассмотрим траекторию полета



такоже для второго выстрела запишем 2. формулу

$$2V \cos \varphi t_3 = S_3$$

$$V_0 \sin \varphi = g t_3 \quad \text{получив их}$$

$$\frac{2V^2 \sin \varphi \cos \varphi}{g} = S_3$$

$$\frac{2V^2 \operatorname{tg}^2 \varphi \cdot \cos^2 \varphi}{g} = S_3$$

$$S_3 = \frac{2V^2}{g} \operatorname{tg}^2 \varphi \cdot \frac{1}{(\operatorname{tg}^2 \varphi + 1)}, \quad \text{подставим } V^2 \text{ из (2)}$$

$$S_3 = \frac{2}{9} V_0^2 \cdot \frac{\operatorname{tg}^2 \varphi}{\operatorname{tg}^2 \varphi + 1} \cdot \frac{4(\operatorname{tg}^2 \varphi + 1)}{4(\operatorname{tg}^2 \varphi + 1) + 1}, \quad \text{подставим } V_0 \text{ из (1)}$$

$$S_3 = \frac{2 \cdot 294}{9} \cdot \frac{4 \operatorname{tg} \varphi}{4(\operatorname{tg}^2 \varphi + 1) + 1} = \frac{16 \cdot 13 \cdot \frac{2}{3}}{4(\operatorname{tg}^2 \varphi + 1) + 1} \mu =$$

$$= \frac{16 \cdot \frac{26}{9}}{4 \cdot \frac{13}{9} + 1} \mu = \frac{16 \cdot 26}{4 \cdot 13 + 9} \mu = \frac{16 \cdot 26}{61} \mu = \frac{416}{61} \mu$$

$$\begin{array}{r} \times 16 \\ \frac{26}{96} \\ + 32 \\ \hline 416 \end{array}$$

$$\text{Ответ: 1) } S_2 = 8 \mu \quad 2) \quad S_3 = \frac{416}{61} \mu$$

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.

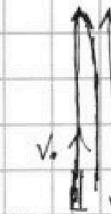


- |                                     |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------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

СТРАНИЦА  
1 из 14

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!

Для начала рассмотрим первый выстрел:



Снаряд поднимается на  $H$ , тогда

$V_0$  - начальная скорость,  $m$  - масса снаряда.

Запишем ЗСЭ:

~~$E_n + E_k = E_{n_0} + E_{k_0}$~~

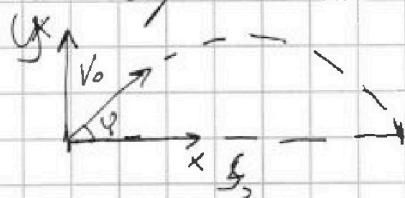
$$0 + \frac{mV_0^2}{2} = mgh + 0, \text{ где } E_{n.p.} = \frac{mV_0^2}{2}.$$

$$V_0^2 = 2gH$$

$$V_0 = \sqrt{2gH}. \quad (1)$$

$E_{n.p.}$  - потенциальная энергия грузика.

Рассмотрим второй выстрел для него  
начальная скорость ~~снаряда~~ будет та же, так  
как вся энергия статей крутизны переходит  
в скорость.



Запишем уравнения движения  
для оси  $x$ :

~~$2V_0 \cos \varphi t_2 = S_2$~~

время полёта, тогда подниматься  
снаряд будет время  $t_2$  и спускаться  $-t_2$ , так  
как парабола симметрична. Запишем выражение  
для подъёма груза:  $V_0 \sin \varphi = gt$ , так как  
в верхней точке вертикальная скорость равна 0,  
выразим  $t_2$ .

$$t_2 = \frac{V_0 \sin \varphi}{g}$$

подставим в выражение для

$$\frac{2V_0^2 \cos \varphi \sin \varphi}{g} = S_2$$

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.



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

СТРАНИЦА  
2 ИЗ 14

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!

$$S_2 = \frac{2V_0^2}{g} \cdot \frac{\cos^2 \varphi}{\cos^2 \varphi + 1}. \text{ Выразим } \cos^2 \varphi \text{ через } \operatorname{tg} \varphi.$$

$$\cos^2 \varphi = \frac{1}{\cos^2 \varphi + 1} = \operatorname{tg}^2 \varphi + 1, \text{ тогда } \cos^2 \varphi = \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \varphi + 1}, \text{ подставим.}$$

$$S_2 = \frac{2V_0^2}{g} \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg}^2 \varphi + 1}, \text{ подставим } V_0 \text{ из (1) уравнения.}$$

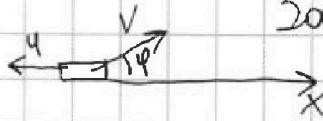
$$S_2 = \frac{4H}{g} \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg}^2 \varphi + 1}$$

$$S_2 = 4H \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg}^2 \varphi + 1} = 4 \cdot \frac{13}{3} \cdot \frac{\frac{2}{3}}{\frac{4}{9} + 1} H = 4 \cdot \frac{13}{3} \cdot \frac{2}{3(\frac{13}{9})} H = 4 \cdot \frac{13}{9} \cdot \frac{2}{13} H =$$

$$= 8H.$$

Теперь рассмотрим 3-й выстрел.  
Для начала найдём начальную скорость заряда.

Запишем ЗСИ на ось X и ЗСЭ.



~~$mV \cos \varphi = 4mH$~~  (так как скорость  
пружинки 0 и пружинка  
дадут одинаковый импульс  
скорости и туже. Получим выражение:

$$V \cos \varphi = 4H, \text{ тогда } H = \frac{V \cos \varphi}{4}, \text{ запишем ЗСЭ}$$

$$\cancel{\frac{mv^2}{2}} + \frac{4mH^2}{2} = E_{n.p.}$$

$$\frac{mv^2}{2} + \frac{4mH^2}{2} = \frac{mv_0^2}{2} / \cdot \frac{2}{m} \neq 0$$

$$V^2 + 4H^2 = V_0^2, \text{ подставим значение H.}$$

$$V^2 + 4V^2 \cos^2 \varphi = V_0^2$$

$$V^2 + \frac{V^2 \cos^2 \varphi}{4} = V_0^2$$

$$\frac{V^2 + \frac{V^2}{4}}{4(\operatorname{tg}^2 \varphi + 1)} = V_0^2$$

~~так~~, где  $\cos^2 \varphi = \frac{1}{\operatorname{tg}^2 \varphi + 1}$



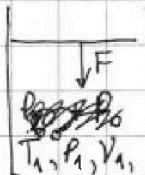
На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА  
13 из 14

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



В начальный момент температура

$t_1 \approx 100^\circ\text{C}$  – это температура

кипения, при данной температуре

$P_{\text{нас}} = P_0$ , тогда  $P_1 = P_{\text{воздж}} + P_0$ , где  $P_{\text{воздж}}$  – давление сухого воздуха. Запишем уравнение равновесия паровоздушной смеси начального момента:

$$F = P_1 S_1 \Rightarrow P_1 = \frac{F}{S}, \text{ тогда } \frac{P_1}{P_0} = \frac{F}{SP_0} = \frac{150\text{Н}}{10 \cdot 10^{-3}\text{м}^2 \cdot 10^5 \text{Дж}} = \\ = 15, \text{ тогда } \frac{P_1}{P_0} = \frac{P_{\text{воздж}} + P_0}{P_0} + 1$$

$$\frac{P_{\text{воздж}}}{P_0} = \frac{P_1}{P_0} - 1, \text{ запишем уравнение Менделеева-} \\ \text{Капелюхона} \quad \left\{ \begin{array}{l} P_{\text{воздж}} \cdot V = \frac{N_1}{N_A} RT_0 \\ P_0 V = \frac{N_2}{N_A} RT_0, \end{array} \right. \text{ удаляем } V -$$

объем сосуда, так как действует закон суперпозиции, поделим уравнения получим:

$$\frac{P_{\text{воздж}}}{P_0} = \frac{N_1}{N_2}, \text{ тогда } \frac{N_1}{N_2} = \frac{P_1}{P_0} - 1, \text{ следовательно}$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{P_0}{P_1 - 1} = \frac{1}{1,5 - 1} = 2$$

Так как сосуд температуриванный, то

$$\Delta H = 0.$$



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

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

СТРАНИЦА  
14 из 14

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!

После становления  $15F$ , начинается процесс при постоянном давлении, тогда.

$$A = -\frac{15F}{S} \Delta V, \text{ тогда } \Delta U = \frac{15F}{S} \Delta V, \text{ значит.}$$

$$\frac{5}{2} \frac{N_1}{N_A} RT_2 - \frac{5}{2} \frac{N_1}{N_A} RT_1 + 3R \frac{N_3}{N_A} T_2 - 3R \frac{N_3}{N_A} T_1 = \frac{15F}{S} \Delta V$$

$$\text{где для всей смеси } P_1 = \frac{N_1 + N_2}{N_A} RT_1,$$

$$\frac{15F}{S} \cdot (\nu - \Delta V) = \frac{N_1 + N_3}{N_A} RT_2, \text{ разделим.}$$

$$\frac{15F}{SP_1} \left( \frac{\nu - \Delta V}{V} \right) = \frac{N_1 + N_3}{N_1 + N_2} \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

$$1,5 - \frac{15 \Delta V}{V} = \frac{N_1 + N_3}{N_1 + N_2} \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{P_1}{P_0} = 1,5 \quad 2) \frac{N_2}{N_1} = 2$$

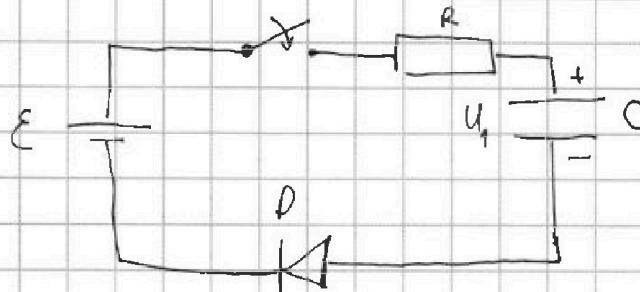


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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

СТРАНИЦА  
4 ИЗ 14

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!



Дано:  $E = 9V$ ,  $R = 100\Omega$ ,  
 ~~$C = 60 \mu F$~~ ,  $U_1 = 3V$ .

1) Заметим, что во момент замыкания

$U_1$  не меняется сразу же и на  $D$ ,  $U_{D_1} = 1V$ ,

так как  $E - U_1 > U_{D_{\text{откр}}}$ , где  $U_{D_{\text{откр}}}$  - напряжение открытия диода. Запишем уравнение для

всей цепи:

$$E = I_1 R + U_1 + U_{D_1}$$

$$I_1 R = E - U_1 - U_{D_1}$$

$$I_1 = \frac{E - U_1 - U_{D_1}}{R} = \frac{9V - 3V - 1V}{100\Omega} = 0,05A = 50\text{ мА.}$$

2) Заметим, что так как мерим ток  $I_2$ , то диод открыт и  $U_{D_2} = U_{D_{\text{откр}}} = 1V$ . Запишем уравнение для схемы:

$$E = I_2 R + U_2 + U_{D_2}$$

$$U_2 = E - I_2 R - U_{D_2} = 9V - 100\Omega \cdot 0,02A - 1V = 6V.$$

3) Запишем закон сохранения энергии для схемы

$$A_{\text{ист}} - A_D = Q + \Delta W, \text{ где } A_{\text{ист}} - \text{работа источника},$$

$A_D$  - работа напряженная на переход зарядов через диод,  $\Delta W$  - изменение потенциальной энергии.

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.



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

СТРАНИЦА  
5 из 14

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!

$$E_{\Delta q} - A_D = Q + \frac{C U_3^2}{2} - \frac{C U_1^2}{2}, \text{ найдем } U_3.$$

Запишем уравнение для цепи когда ток не течет.

$$E = U_3 \Rightarrow U_3 = E, \text{ получим:}$$

$$E_{\Delta q} - A_D = Q + \frac{CE^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}, \text{ найдем } \Delta q; \Delta q = q_3 - q_1 = C(U_3 - U_1), \text{ подставим в уравнение.}$$

$$E(E(U_3 - U_1)) - A_D = Q + \frac{CE^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}, \text{ где } U_3 = E.$$

$$CE(E - U_1) - A_D = Q + \frac{CE^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}, \text{ найдем } A_D, \text{ в момент}$$

когда напряжение на конденсаторе ~~работает~~  $U_c \leq U_1 \leq U_2$ ,

$$A_{12} = (q_2 - q_1) U_{D_{\text{онпр}}} = C U_{D_{\text{онпр}}} (U_2 - U_1). \text{ Для момента}$$

когда ток  $I_1 < I_2$ , можно записать следующее

изменение работы:  $dA_{23} = \cancel{dQ_C U_D} dQ_C U_D$ , где  $Q_C$ -заряд

$$\text{на конденсаторе}, U_D = \cancel{\frac{E - Q_C}{R+r}} \cdot r, \text{ где}$$

$r$ -«сопротивление» диода на участке  $0 \leq I \leq 20mA$ ,  
так как ВАХ диода на данном участке соответствует линии с сопротивлением:  $r = \frac{18}{0.02A} = 50\Omega$ .

Подставим  $U_D$ .

$$dA_{23} = dQ_C \frac{Er}{R+r} - dQ_C Q_C \cdot r \quad \text{Пронумеруем обе части:}$$

$$A_{23} = \cancel{Q_3 (Q_2 - Q_1)} \frac{Er}{R+r} - \frac{(Q_3 - Q_2)^2}{2 C(R+r)} r, \text{ где } Q_3 = CU_3 = CE, \text{ а } Q_2 = CU_2.$$

Так как  $A_D = A_{12} + A_{23}$ , то получим:

$$CE(E - U_1) - C U_{D_{\text{онпр}}} (U_2 - U_1) - \frac{Er}{R+r} C(E - U_2) + \frac{C(E - U_1)^2}{2(R+r)} r = Q + \frac{CE^2}{2} - \frac{CU_1^2}{2}$$



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.

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

СТРАНИЦА  
6 ИЗ 14

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!

Полож: 0

$$Q = CE^2 - CEU_1 - CU_{\text{потр}}(U_2 - U_1) - \frac{CEr}{R+r}(E - U_2) + \frac{C(E-U_2)r}{2(R+r)} = \frac{CE^2}{2} + \frac{CU_1^2}{2}$$

Представим выражения:

$$\begin{aligned} Q &= (60 \cdot 10^{-6} \cdot 9^2 - 60 \cdot 10^{-6} \cdot 3 \cdot 9 - 60 \cdot 10^{-6} \cdot 1(6-3) - \frac{60 \cdot 10^{-6} \cdot 9 \cdot 50}{150} \cdot (9-6) + \\ &+ \frac{60 \cdot 10^{-6} \cdot (9-6)^2 \cdot 50}{2 \cdot 150} - \frac{60 \cdot 10^{-6} \cdot 9^2}{2} + \frac{60 \cdot 10^{-6} \cdot 3^2}{2}) D_m = \\ &= (60 \cdot 10^{-6} (9^2 - 3 \cdot 9 - 3 - \frac{9}{3} \cdot 3 + \frac{3^2}{2 \cdot 3} - \frac{9^2}{2} + \frac{3^2}{2})) D_m = \\ &= (60 \cdot 10^{-6} (\cancel{81} - 27 - 3 - 9 + \frac{3}{2} - \frac{81}{2} + \frac{9}{2})) D_m = \\ &= (60 \cdot 10^{-6} (-42 + 6 - \frac{81}{2})) D_m = (30 \cdot 10^{-6} (48 - 2 - 81)) D_m = \\ &= (30 \cdot 10^{-6} \cdot 15) D_m = 450 \cdot 10^{-6} D_m = 0,45 \text{ мДж.} \end{aligned}$$

Ответ: 1)  $I_1 = 50 \text{ мА}$  2)  $U_2 = 68$  3)  $Q = 0,45 \text{ мДж}$ .

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.



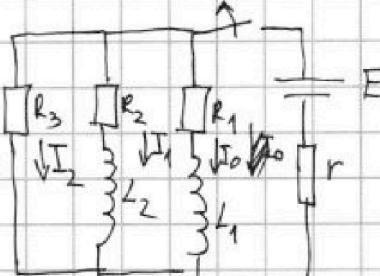
- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------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

СТРАНИЦА  
7 ИЗ 14

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

Нарисуем схему и рассставим токи до вычисления



Многа напряжение на параллельных ветвях:  
Катушки напряжения не взаимодействуют, так как они установлены  
 $E - (I_0 + I_1 + I_2)r = I_0 R_1 = I_1 R_2 = I_2 R_3$  по законам  
Кирхгофа.

Выразим  $I_1, I_2$  через  $I_0$ .

$I_1 = I_0 \frac{R_1}{R_2}$ ,  $I_2 = I_0 \frac{R_1}{R_3}$ , многа подставив  
Эти значения получим:

$$E - \left( I_0 + I_0 \frac{R_1}{R_2} + I_0 \frac{R_1}{R_3} \right) r = I_0 R_1$$

$$I_0 \left( R_1 + \frac{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2 \cdot r}{R_2 R_3} \right) = E, \text{ многа:}$$

$$I_0 = \frac{E}{R_1 + \frac{R_2 R_3 + R_1 R_3 + R_1 R_2 \cdot r}{R_2 R_3}} = \frac{E}{R + \frac{2R^2 + 2R^2 + R^2}{2R^2} \cdot \frac{r}{5}} = \frac{E}{1,5R} = \frac{2E}{3R}$$

2) Так как ток в катушках индукции не меняется, то  
для ветви с  $I_3$  получим следующее уравнение:

~~$E - I_0 R_1 - I_3 R_3 = 0$~~

так

~~$I_1 + I_0 R_1 = I_2 R_3$~~

~~$I_0 = I_2 R_3 - I_1 R_1$~~

~~$I_0 = I_2 R_3 - I_1 R_1$~~

~~$I_0 = I_2 R_3 - I_1 R_1$~~

Схема нации - цепи будут

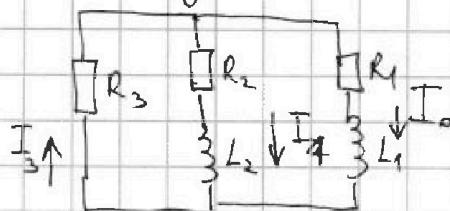


- |                          |                          |                          |                                     |                          |                          |                          |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|--------------------------|-------------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

СТРАНИЦА  
8 ИЗ 19

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!

Имеем вид:



$$\text{тогда } I_3 = I_1 + I_2,$$

взрассадставим  $I_1$ .

$$I_3 = I_2 \frac{R_1 + R_2}{R_2}, \text{ подставим}$$

$$I_2, R_1, R_2.$$

$$I_3 = I_2 \frac{2E}{3R} \cdot 2 = \frac{4E}{3R}, \text{ тогда запишем}$$

уравнение подставим  $I_2$  Кирхгофа.

~~$$I_2 = \frac{2E}{3R} - I_3 R_3$$~~

$$I_2 = \frac{I_0 R_1 + I_3 R_3}{L_1}, \text{ подставим } I_3, I_0, R_1, R_3.$$

$$I_2 = \frac{\frac{2E}{3R} \cdot R + \frac{4E}{3R} \cdot 2R}{-L} = -\frac{10E}{3L}$$

3) Запишем два уравнения Кирхгофа в произвольный макет

$$\begin{cases} -I_{ox}^1 L_1 = I_{3x} R_3 + I_{ox} R_1 & \text{таки токи через } R_1, R_2, R_3 \\ -I_{ox}^1 L_1 + I_{1x}^1 L_2 = I_{ox} R_1 - I_{1x} R_2 & \text{соответственно в произвольный макет.} \end{cases}$$

Пакже  $I_{3x} = I_{ox} + I_{1x}$ , тогда:

~~$$-I_{ox}^1 L_1 + (I_{ox} + I_{1x}) R_3 + I_{ox} R_1 = I_{3x} R_3$$~~

$$-I_{ox}^1 L_1 = (I_{ox} + I_{1x}) R_3 + I_{ox} R_1$$

$$\begin{cases} -I_{ox}^1 L_1 = (I_{ox} + I_{1x}) R_3 + I_{ox} R_1 \\ -I_{ox}^1 L_1 + I_{1x}^1 L_2 = I_{ox} R_1 - I_{1x} R_2, \text{ подставим, } R_1, R_2, R_3, L_1, \\ L_2 \end{cases}$$



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.

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

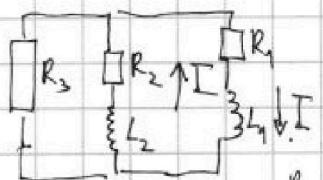
СТРАНИЦА  
9 из 14

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!

$$\begin{cases} -2I_{ox} + 2I_{1x} = 2I_{ox}R + 2I_{1x}R + I_{ox}R \\ -2I_{ox} + 2I_{1x} = \pm I_{ox}R - I_{1x}R \end{cases} \quad | \cdot 2 \text{ и сложение уравнений.}$$

$-3I_{ox} + 4I_{1x} = 5I_{ox}R$ , проконтролируем от начального установления равновесия.

$$-3(I - I_0) + 4(-I - I_1) = 5\Delta q_0 R, \text{ где } \Delta q_0 \text{ неизвестно.}$$



$I = 0$ , так как в схеме

всё время будет получаться  $I_R > E/R$ .

$$\text{Подставим } I_1 = \frac{R_1}{R_2} I_0 = I_0.$$

$$-3(I - I_0) + 4(-I - I_0) = 5\Delta q_0 R.$$

$$-7I + -4I_0 = 5\Delta q_0 R \quad (1), \text{ далее проконтролируем:}$$

$$I_{3x} = I_{1x} + I_{ox}, \text{ далее проконтролируем}$$

$$\Delta q_3 = \Delta q_1 + \Delta q_{L0(2)} \quad \text{Подставим } b(1) I = 0, \text{ получим систему:}$$

$$\begin{cases} -I_0 = 5\Delta q_0 R \quad (1) \end{cases}$$

$$\begin{cases} \Delta q_3 = \Delta q_1 + \Delta q_{L0(2)} \quad \text{Далее выразим } \Delta q_1. \end{cases}$$

$$\begin{cases} -I_{ox} = 2I_{ox}R + 2I_{1x}R + I_{ox}R \end{cases}$$

$$\begin{cases} -I_{ox} + 2I_{1x} = I_{ox}R - I_{1x}R \quad | \cdot 3 \text{ и вычтем.} \end{cases}$$

$$3I_{ox} - I_{ox} - 6I_{1x} = 5I_{1x}R, \text{ проконтролируем.}$$

$$2I(I - I_0) - 4(-I - I_1) = 5\Delta q_1 R, \text{ подставим } I, I_1, I_0$$

$$-2I_0 + 6I_0 = 5\Delta q_1 R$$

$$\Delta q_1 = \frac{4I_0}{5R}, \quad \text{а } \Delta q_0 = \frac{-I_0}{5R} \text{ из (1), тогда}$$



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  
10 ИЗ 14

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!

$$U_3(2) \quad \Delta q_3 = \Delta q_{1,2} q_3 = \frac{3L I_0}{5R}, \text{ подставим } I_0 = \frac{2E}{3R},$$

$$\Delta q_3 = \frac{2E}{5R^2}$$

$$\text{Ответ: } 1) \frac{2E}{R}; 2) -\frac{10E}{3L}; 3) \frac{2LE}{5R^2}$$



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.

- |                            |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
11 из 14

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

N5

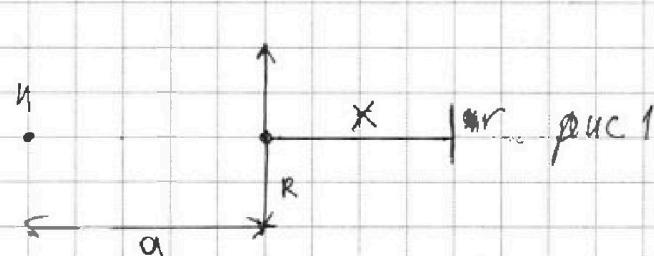
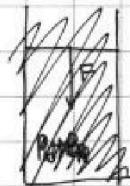


рис 1

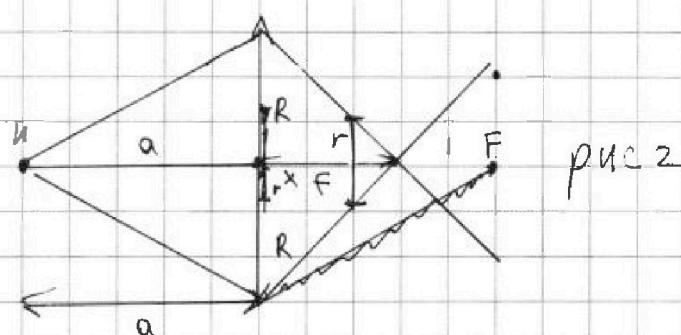


рис 2

1) ~~засчитывается~~ Мощность падающего света пропорциональна площади пространства, которое попадает на единицу



$$\frac{P}{P_0} = \frac{S}{S_0} \quad \text{тогда} \quad \frac{P_1}{P_2} = \frac{S_1}{S_2}, \quad \text{где}$$

$P_1$  - мощность ~~падающая~~ когда единиц

вспомогательного к шару,  $P_2$  - максимальная мощность.  
Так как у них одинаковая  $S_0$ , тогда

$$\frac{P_1}{P_2} = \frac{\pi R^2 r^2}{\pi R^2}, \quad \text{тогда} \quad r = R \sqrt{\frac{P_1}{P_2}}, \quad \text{находим}$$

из графика  $P_1$  и  $P_2$ .  $P_1 = 0,044 \text{ Вт}$ ,  $P_2 = 0,176 \text{ Вт}$ ,

$$\text{тогда} \quad r = 2 \cdot \sqrt{\frac{0,044}{0,176}} \text{ см} = 2 \cdot \sqrt{\frac{1}{4}} \text{ см} = 1 \text{ см}.$$

2) Рассмотрим рис2. на котором представлена



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.

- |                            |                            |                            |                            |                                       |                            |                            |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <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 |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|----------------------------|

СТРАНИЦА  
12 ИЗ 14

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!

первый момент, когда  $P_{\text{max}}$ , в нём также,

$$\frac{r}{R} = \frac{f-x}{f} \quad \text{из подобия треугольников,}$$

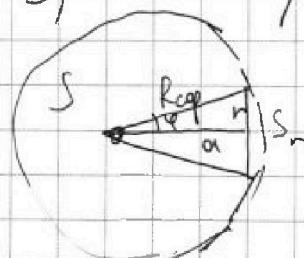
тогда:

$$\frac{1}{2} = 1 - \frac{x}{f}, \Rightarrow \frac{x}{f} = \frac{1}{2} \Rightarrow f = 2x,$$

найдём  $x$  из уравнения.  $x = 6 \text{ см}$ , тогда  $f = 12 \text{ см}$ . Запишем уравнение тонкой линии:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{f} \Rightarrow F = \frac{af}{a+f} = \frac{32 \cdot 12}{32+12} = \frac{32 \cdot 12}{44} = \frac{96}{11} \text{ см} \approx 9 \text{ см.}$$

3) рассмотрим момент, когда гатник входитую



При  $\frac{P_0}{P_1} = \frac{S}{S_r}$ , где  $S$ -площадь всей окружности,  $S_r$ -площадь части окр, на которую опирается гатник.  $R_{\text{sph}}$ -радиус сферы,

$$\text{тогда } R_{\text{sph}} = \sqrt{r^2 + a^2} = \sqrt{12^2 + 6^2} = \sqrt{180} \text{ см}$$

$$= a, \text{ т.к. } r = 12 \ll a, \text{ тогда}$$

$$S_r \approx \pi r^2 \quad (r \ll a), \text{ где } \pi = \frac{4}{3} \pi$$

$$\text{а } S = 4\pi R_{\text{sph}}^2 = 4\pi a^2, \text{ тогда}$$

$$\frac{P_0}{P_1} = \frac{4\pi R_{\text{sph}}^2 a^2}{\pi r^2} \Rightarrow P_0 = P_1 \frac{4 \cdot a^2}{r^2} = 4 \cdot 2^{10} \cdot 0,044 \text{ Вт}$$

$$= 4096 \cdot 0,044 \text{ Вт} \approx 44,41 \text{ Вт} \approx 180 \text{ Вт}$$

Ответ: 1)  $r=1 \text{ см}$  2)  $F \approx 9 \text{ см}$  3)  $P_0 \approx 180 \text{ Вт}$