



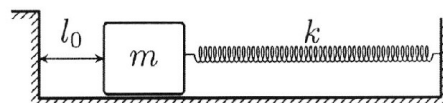
# Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2025

## Вариант 11-05

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



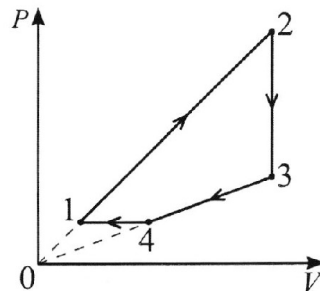
1. Покоящееся на гладкой горизонтальной поверхности тело массой  $m$  прикреплено к стене легкой достаточно длинной пружиной жесткостью  $k$ . На расстоянии  $l_0$  от тела находится вертикальный уступ, как показано на рисунке. Сжимая пружину на  $11l_0/4$ , тело придвигают к стене и отпускают без начальной скорости. После первого удара тела о уступ максимальное сжатие пружины оказалось  $5l_0/2$ . Все удары о уступ считать частично упругими, при которых отношение кинетических энергий после удара и до удара можно считать постоянным. Каждая точка тела движется вдоль одной горизонтальной прямой.



- 1) Определите скорость тела при прохождении положения равновесия перед первым ударом.
- 2) Определите величину максимального сжатия пружины после второго удара.
- 3) Сколько времени прошло между моментом отпускания тела и моментом максимального сжатия пружины после первого удара?

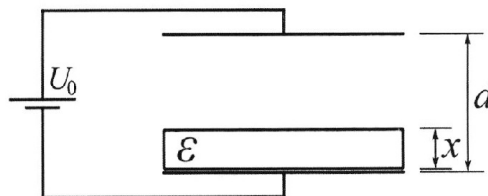
В ответах допустимы обратные тригонометрические функции.

2. Рабочим телом тепловой машины, работающей по циклу 1-2-3-4-1, является идеальный газ (см. рис.). Участки цикла 1-2 и 3-4 лежат на прямых, проходящих через начало координат, 2-3 – изохора, 4-1 – изобара. На каждом из участков 2-3 и 4-1 от газа было отведено количество теплоты  $Q$  ( $Q > 0$ ). Молярная теплоёмкость газа в процессе 3-4 равна  $C = 3R$ ,  $R$  – универсальная газовая постоянная. Отношение температур  $T_4/T_1 = 5/2$ .

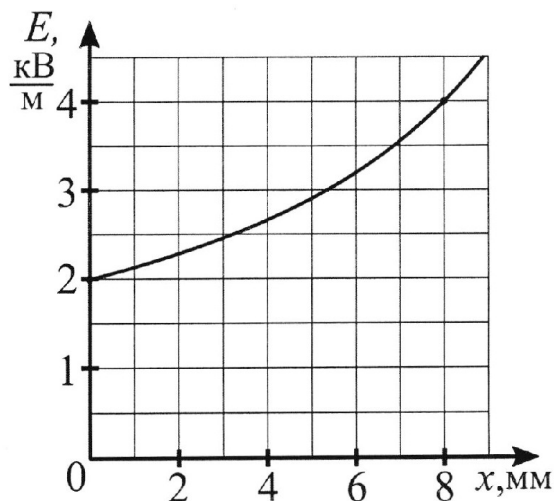


- 1) Найти молярную теплоёмкость газа в процессе 4-1.
- 2) Найти работу газа за цикл.
- 3) Найти КПД цикла.

3. Плоский конденсатор подсоединен к источнику постоянного напряжения. Расстояние между обкладками  $d = 12$  мм (см. рис.). В конденсатор вставляется пластина из диэлектрика толщиной  $x$  (пластина занимает часть объема конденсатора, равную  $x/d$ ). Известна часть графика зависимости напряженности электрического поля в воздушном зазоре от толщины пластины  $x$  (см. рис.). Диэлектрическую проницаемость воздуха принять равной единице.



- 1) Найти напряжение  $U_0$  источника.
- 2) Найти диэлектрическую проницаемость  $\epsilon$  диэлектрика.





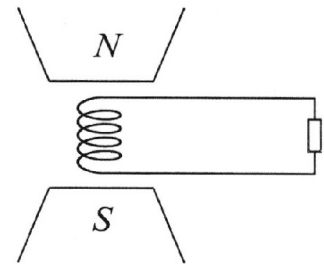
Олимпиада «Физтех» по физике,  
февраль 2025

Вариант 11-05

В ответах всех задач допустимы обыкновенные дроби  
и радикалы.



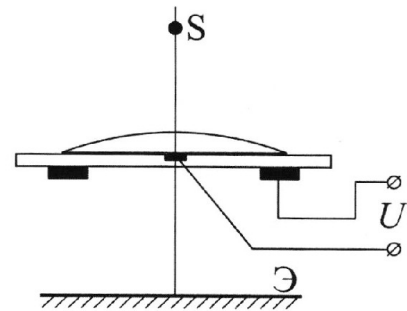
4. Катушка с числом витков  $n$  и площадью каждого витка  $S_1$  находится во внешнем однородном магнитном поле с индукцией  $B_0$ . Силовые линии поля направлены перпендикулярно плоскости каждого витка (см. рис.). Концы катушки замкнуты на резистор сопротивлением  $R$ . Внешнее поле выключают в течение времени  $\tau$ . За время выключения ток в катушке возрастает линейно от нуля до  $I_1$ .



- 1) Найти скорость возрастания тока через время  $\tau/3$  от начала выключения.
- 2) Найти заряд  $q$ , протекший через резистор от момента начала выключения поля до момента, когда ток через резистор станет нулевым.
- 3) Найти индуктивность  $L$  катушки.

Сопротивлением катушки и соединительных проводов пренебречь.

5. Капля электропроводящей прозрачной жидкости с показателем преломления  $n = 1,4$  покоится на тонкой смачиваемой прозрачной горизонтальной диэлектрической подложке (см. рис.). Капля используется в качестве тонкой плосковыпуклой линзы для получения изображения маленького светящегося шарика-светодиода  $S$  на экране  $\mathcal{E}$ . Источник  $S$  можно перемещать вдоль главной оптической оси линзы. Плоскость экрана перпендикулярна оси и находится на расстоянии  $b = 6$  см от линзы. Расстояние от источника до линзы значительно больше диаметра пучка света, проходящего через линзу. Если под каплей соосно расположить два электрода, так что небольшой центральный электрод непосредственно контактирует с жидкостью, а периферийный (кольцо) изолирован от неё, то можно изменять радиус  $R$  кривизны верхней поверхности линзы по линейному закону в зависимости от напряжения  $U$ , прикладываемого к электродам. Если светодиод на высоте  $a_1 = 12$  см над каплей, то изображение на экране при  $U_1 = 1$  В. Если светодиод на высоте  $a_2 = 18$  см, то изображение на экране при напряжении  $U_2 = 2$  В.



- 1) Выведите формулу для фокусного расстояния  $F$  плосковыпуклой тонкой линзы в зависимости от радиуса кривизны  $R$  и показателя преломления  $n$ .
- 2) Определите радиус кривизны  $R_0$  капли при нулевом напряжении.
- 3) Считая, что светодиод излучает одинаковую световую мощность по всем направлениям, определите отношение средних освещённостей  $E_1/E_2$  первого и второго изображений. Поглощением света в подложке пренебречь. Освещённость — энергия света, падающего на единицу площади в единицу времени.



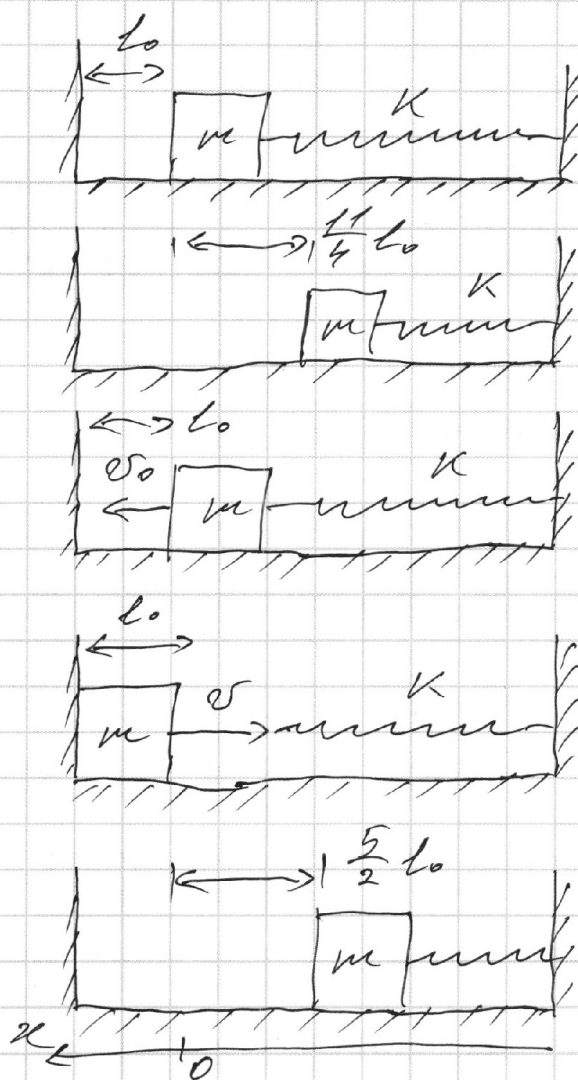
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!

№1.  
 $m, k$   
 $l_0$   
 $v_0$  - ?  
 $\Delta l_{\max}^2$  - ?  
 $E$  - ?



1) ЗСЭ:

$$\frac{mv_0^2}{2} = \frac{k}{2} \cdot \frac{11^2}{4^2} l_0^2$$

В положении равновесия пружина не растянута и не имеет энергии

$$v_0 = \frac{11 l_0}{4} \sqrt{\frac{k}{m}}$$

2)  $\Delta l_{\max}^2$  - максимальное сжатие после второго удара

Сначала найдем отношение кин. энергии до и после удара

ЗСЭ:

$$W_{\text{ок}} + \frac{k l_0^2}{2} = \frac{11^2}{4^2} l_0^2 \cdot \frac{k}{2}; \quad W_{\text{ок}} = \frac{k l_0^2}{2} \left( \frac{11}{4} - 1 \right) \left( \frac{11}{4} + 1 \right) = \frac{k l_0^2}{2} \cdot \frac{17}{4} \cdot \frac{15}{4}$$

$$W_{\text{ик}} + \frac{k l_0^2}{2} = \frac{10^2}{4^2} l_0^2 \cdot \frac{k}{2}; \quad W_{\text{ик}} = \frac{k l_0^2}{2} \left( \frac{10}{4} - 1 \right) \left( \frac{10}{4} + 1 \right) = \frac{k l_0^2}{2} \cdot \frac{6}{4} \cdot \frac{14}{4}$$

$$\frac{W_{\text{ок}}}{W_{\text{ик}}} = \frac{17 \cdot 15}{6 \cdot 14} = \frac{5}{4} = \text{const}$$

То есть и после второго удара  $\frac{W_{\text{ик}}}{W_{2\text{к}}} = \frac{5}{4}$



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!

ЗСД для второго удара (время от удара до макс сжатия)

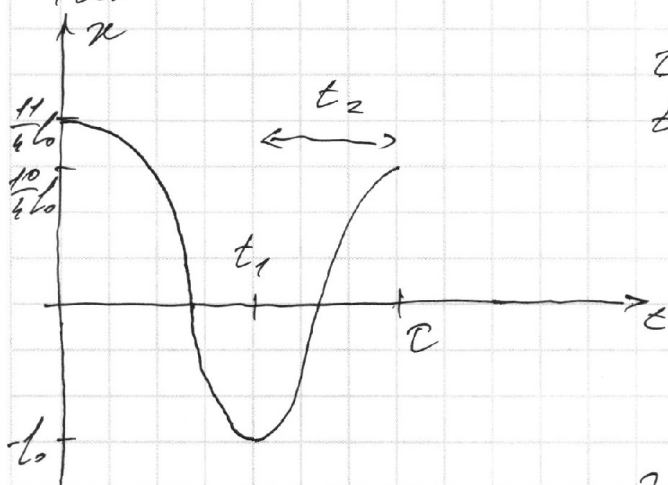
$$W_{2k} + \frac{K l_0^2}{2} = \frac{K (\Delta l_{\max})^2}{2}$$

$$(\Delta l_{\max})^2 = l_0^2 + \frac{2W_{2k}}{K} = l_0^2 + l_0^2 \cdot \frac{3}{5} \cdot \frac{17}{4} = l_0^2 \cdot \frac{26}{5}$$

$$W_{2k} = \frac{4W_{1k}}{5} = \frac{K l_0^2}{2} \cdot \frac{4}{5} \cdot \frac{6}{4} \cdot \frac{14}{4}$$

$$\Delta l_{\max} = l_0 \sqrt{\frac{26}{5}}$$

3) Графически покажем  $\tau$  - от момента отскока тела до максимального сжатия



$$\tau = t_1 + t_2$$

$t_1$  - от отскока до первого удара

$t_2$  - от удара до макс сжатия

$$x_1 = x_{1m} \cos \omega t$$

$x_{1m}$  - максимальная амплитуда во время первого удара

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}, \quad -l_0 = \frac{11}{4} l_0 \cos \left( \sqrt{\frac{K}{m}} t_1 \right)$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{m}{K}} \arccos \left( -\frac{4}{11} \right)$$

Аналогично для  $t_2$ :

$$x_2 = x_{2m} \cos \omega t_2$$

$$-l_0 = \frac{5}{2} l_0 \cos \left( \sqrt{\frac{K}{m}} t_2 \right)$$

$$\tau = \sqrt{\frac{m}{K}} \left( \arccos \left( -\frac{4}{11} \right) + \arccos \left( -\frac{2}{5} \right) \right)$$

Ответ:  $\frac{11 l_0}{4} \sqrt{\frac{K}{m}}; l_0 \sqrt{\frac{26}{5}}; \sqrt{\frac{m}{K}} \left( \arccos \left( -\frac{4}{11} \right) + \arccos \left( -\frac{2}{5} \right) \right)$



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!

$$N2$$

$$C_{34} = 3R$$

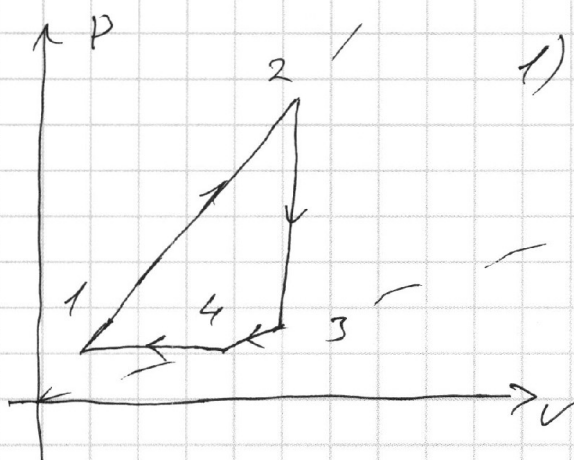
$$\frac{T_4}{T_1} = \frac{5}{2}$$

$$Q_{23} = Q_{41} = Q$$

$$C_{41} = ?$$

$$A = ?$$

$$\eta = ?$$



$$1) C = \frac{Q}{\Delta T} \Delta U$$

$$Q_{43} = \frac{i+1}{2} \nu R \Delta T + p \Delta V = A$$

Берем малый  
прямоугольник,  
где  $p = \text{const}$

$$p = dV$$

коэффициент  
пропорциональ-  
ности

$$p \cdot V = \nu R T$$

$$2V^2 = \nu R T$$

$$2(V + \Delta V)^2 = \nu R (T + \Delta T)$$

$$V^2 \left(1 + \frac{\Delta V}{V}\right)^2 \approx V^2 + 2V \Delta V$$

$$\rightarrow 2V^2 + 2V \Delta V = \nu R T + \nu R \Delta T$$

$$p = (2V \Delta V) = \frac{\nu R \Delta T}{2}$$

$$p \Delta V = \frac{\nu R \Delta T^2}{2}$$

$$Q_{43} = \frac{i+1}{2} \nu R \Delta T + \frac{\nu R \Delta T^2}{2} =$$

$$= \frac{i+1}{2} \nu R \Delta T; C_{43} = \frac{i+1}{2} R = 3R \rightarrow i = 5$$

(то есть это двухатомн-  
ный газ)

$$C_{41} = \frac{Q_{41}}{\Delta T}$$

$$Q_{41} = \frac{i}{2} \nu R \Delta T + p \Delta V$$

$$p(V + \Delta V) = \nu R (T + \Delta T)$$

$$p \Delta V = \nu R \Delta T$$

$$Q_{41} = \frac{i+2}{2} \nu R \Delta T \rightarrow C_{41} = \frac{i+2}{2} R = \frac{7}{2} R$$

$$2) Q_H = A + Q_X; A = Q_H - Q_X$$

$$Q_H = Q_{12}; Q_X = Q_{23} + Q_{34} + Q_{41} = 2Q + Q_{34}$$



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

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!

Ответ:  $\frac{7}{2} R$



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 ☐

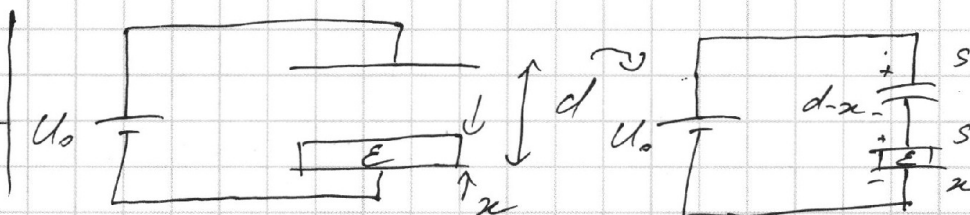
СТРАНИЦА  
1 из 1

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

$d = 12 \text{ мм}$

$U_0 = ?$   
 $E = ?$



1)  $q_1 = q_2 = q$   
Заряды в системе  
не конденсаторов  
равны

$$U_0 = \frac{q}{C_1} + \frac{q}{C_2}$$

$$C = \frac{S \epsilon \epsilon_0}{d} \rightarrow C_1 = \frac{S \epsilon_0}{d-x}$$

$$C_2 = \frac{S \epsilon \epsilon_0}{x}$$

$$U_0 = \frac{q}{S \epsilon_0} \left( d-x + \frac{x}{\epsilon} \right); q = \frac{U_0 \cdot S \epsilon_0}{d-x \left( 1 - \frac{1}{\epsilon} \right)}$$

$$U = \frac{q}{C_1} = \frac{U_0 S \epsilon_0}{d-x \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon}} \cdot \frac{d-x}{S \epsilon_0} = U_0 \cdot \frac{d-x}{d-x \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon}}$$

Напряженность на конденсаторе без диэлектрика

$$U = E \cdot (d-x) = U_0 \cdot \frac{d-x}{d-x \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon}}$$

$$E = \frac{U_0}{d-x \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon}} \quad (1)$$

Из графика при  $x=0$

$$E_0 = 2 \text{ кВ/м} \rightarrow E_0 = \frac{U_0}{d}$$

$$U_0 = E_0 \cdot d = 2 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = \underline{24 \text{ В}}$$

$$2) \text{ Из (1): } E \cdot d - E x \left( 1 - \frac{1}{\epsilon} \right) = U_0$$

$$U_0 - E \cdot d + E x = E \cdot \frac{x}{\epsilon}$$

$$E = \frac{E x}{U_0 - E(d-x)} \quad \text{при } x = 8 \text{ мм}; E = 4 \frac{\text{кВ}}{\text{м}}$$

$$E = \frac{4 \cdot 10^3 \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{24 - 4 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot 10^{-3}} = \frac{4 \cdot 8}{8} = 4$$

Ответ: 24 В; 4



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 ☐

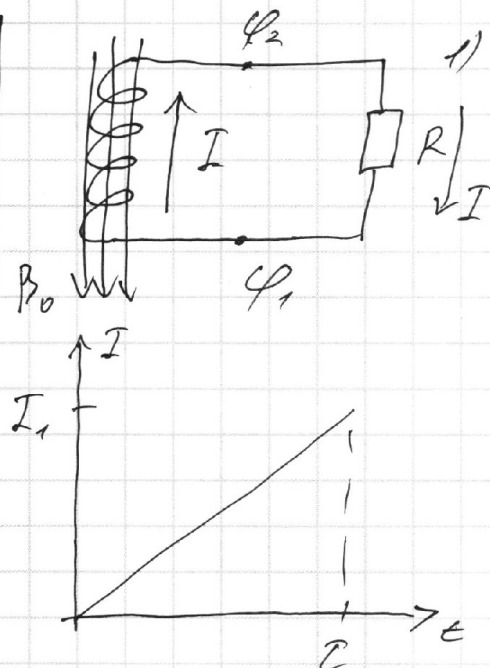
СТРАНИЦА  
1 из 2

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!

N 4

$S_1, B_0$   
 $R, \varepsilon$   
 $I_1$

$I'(\frac{\varepsilon}{3}) = ?$   
 $\varphi - ?$   
 $L - ?$



1)  $\Phi_{\text{кат}} = \Phi_{\text{внеш}} + \Phi_{\text{внут}}$

$\Phi'_{\text{кат}} = \Phi'_{\text{внеш}} + \Phi'_{\text{внут}}$

$\varphi_1 - \varphi_2 = LI' + B' \cdot \kappa S_1$

$\varphi_2 - \varphi_1 = RI$

$LI' + B' \cdot \kappa S_1 = -RI$

$I = \frac{I_1}{\varepsilon} \cdot t$

$I' = \frac{I_1}{\varepsilon}$

$-\frac{dB}{dt} \cdot \kappa S_1 = R \cdot \frac{I_1}{\varepsilon} \cdot t + L \frac{I_1}{\varepsilon}$

$-\int dB \cdot \kappa S_1 = \int R \frac{I_1}{\varepsilon} \cdot t dt + L I_1 \cdot \frac{dt}{\varepsilon}$

$-(0 - B_0) \kappa S_1 = \frac{R I_1}{2 \varepsilon} \cdot \varepsilon^2 + L I_1 \cdot \frac{\varepsilon}{\varepsilon}$

$B_0 \cdot \kappa S_1 = \frac{R I_1 \varepsilon}{2} + L I_1 ; L = \frac{B_0 \kappa S_1 - \frac{R \varepsilon}{2}}{I_1}$

2) От начала выключения до его конца  $I' = \text{const} \rightarrow I'(\frac{\varepsilon}{3}) = \frac{I_1}{\varepsilon}$

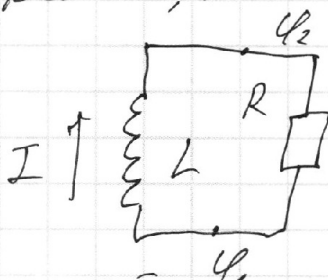
3)  $\varphi = \varphi_1 + \varphi_2$ ;  $t$  - время, когда  $I = 0$

$\varphi_1 = \frac{I_1 \varepsilon}{2}$

$\varphi_1 - \varphi_2 = L \frac{dI}{dt}$

$\varphi_2 - \varphi_1 = RI$

$-L \frac{dI}{dt} = RI ; -L dI = R I dt = d\varphi$





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.

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

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!

$$- \int L dI = \int R d\varphi$$

$$- L(0 - I_1) = R\varphi_1$$

$$LI_1 = R\varphi_1 \rightarrow B_0 \mu S_1 - \frac{R I_1 \varepsilon}{2} = R\varphi_1$$

$$\varphi_1 = \frac{B_0 \mu S_1}{R} - \frac{I_1 \varepsilon}{2}$$

$$\varphi = \frac{I_1 \varepsilon}{2} + \frac{B_0 \mu S_1}{R} - \frac{I_1 \varepsilon}{2} = \frac{B_0 \mu S_1}{R}$$

$$\text{Ответ: } \frac{I_1}{\varepsilon}; \frac{B_0 \mu S_1}{R}; \frac{B_0 \mu S_1}{I_1} - \frac{R \varepsilon}{2}$$



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 ☐

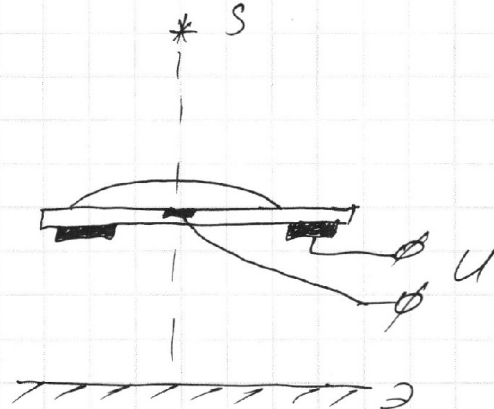
СТРАНИЦА  
1 ИЗ 3

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!

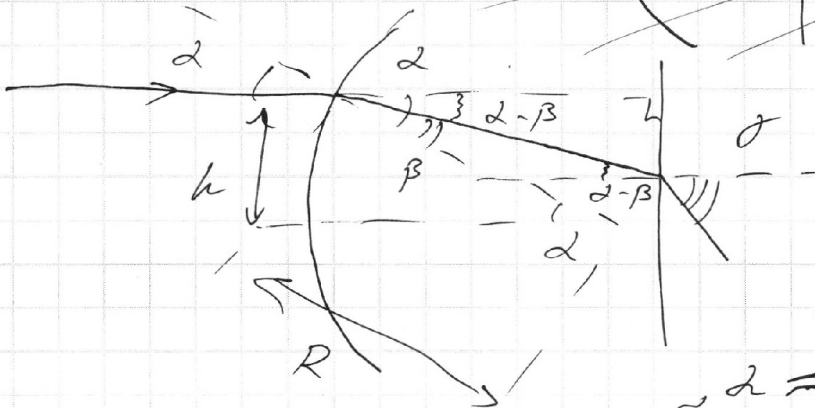
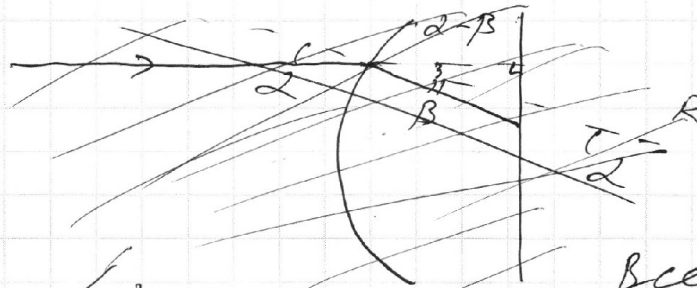
№5  
 $U_1 = 1 \text{ В}$   
 $Q_1 = 12 \text{ мкКл}$   
 $U_2 = 2 \text{ В}$   
 $Q_2 = 18 \text{ мкКл}$   
 $\kappa = 1.4$   
 $b = 6 \text{ см}$   


---

 $F = ?$   
 $R_0 = ?$   
 $\frac{E_1}{E_2} = ?$



1) Рассчитаем луч, падающий параллельно оптической оси на линзу тонкую



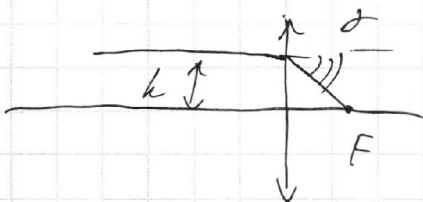
Все углы, падающие на поверхность, не подобны образным - малые

$$\alpha \approx \tan \alpha = \frac{h}{R}$$

$\alpha \approx \kappa \beta$   
первое преломление

$\kappa(\alpha - \beta) \approx \gamma \rightarrow$  второе преломление

$\kappa\alpha - \alpha = \gamma$ . Т.к. линза тонкая, то можно пренебречь смещением по высоте



$$\tan \gamma = \frac{h}{F}, \quad F = \frac{h}{\tan \gamma} \approx \frac{h}{2(\kappa - 1)} = \frac{R}{\kappa - 1}$$



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.

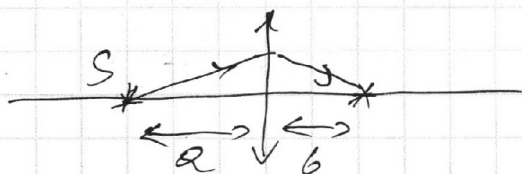
1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☒ 6 ☐ 7 ☐

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!

$$2) R = R_0 + 2U$$

Кажд. пропорциональности



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{a} + \frac{1}{b}$$

$$F = \frac{ab}{a+b} = \frac{R}{\kappa-1}$$

$$R_1 = \frac{4 \cdot 2 \cdot 6}{4+2+6} \cdot 0,4 = 1,6 \text{ см}$$

$$R = \frac{ab}{a+b} (\kappa-1)$$

$$R_2 = \frac{18 \cdot 6}{18+6} \cdot 0,2 = 1,8 \text{ см}$$

$$\rightarrow \begin{cases} R_1 = R_0 + 2U_1 \\ R_2 = R_0 + 2U_2 \end{cases}$$

$$R_1 = R_0 + 2U_1$$

$$R_0 = R_1 - 2U_1 = 1,6 - 0,2 = 1,4 \text{ см}$$

$$\begin{aligned} R_2 - R_1 &= 2(U_2 - U_1) \\ 0,2 &= 2 \cdot 1 \\ 2 &= 0,2 \frac{\text{см}}{\text{В}} \end{aligned}$$

3) Однородность пропорциональности телесному углу поверхности

$$E \sim \frac{S}{a^2} \rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{S_1 a_2^2}{S_2 a_1^2}$$

$$S_1 = (R_1 \sin \alpha_1)^2 \cdot \pi$$

$$S_2 = (R_2 \sin \alpha_2)^2 \cdot \pi$$

Объем у камня не меняется:

$$V_1 = V_2$$

$$V = \frac{\Omega}{3} R^3 \quad \Omega - \text{телесный угол плазидки}$$

$$\frac{\Omega_1}{\Omega_2} = 2 \frac{2}{\pi - 2} \cdot 4\pi$$

$$\text{т.к. } 2 \rightarrow 0: \Omega = 2 \cdot 8\pi$$

$$\begin{aligned} R_1^3 \cdot 2_1 \cdot \frac{8\pi}{3} &= R_2^3 \cdot 2_2 \cdot \frac{8\pi}{3} \\ 2_1 &= 2_2 \cdot \left(\frac{R_2}{R_1}\right)^3 \end{aligned}$$



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  
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!

$$S_1 \approx R_1^2 \cdot L_2^2 \cdot \frac{R_2^8}{R_1^8} \pi = L_2^2 \cdot \frac{R_2^8}{R_1^4} \pi$$

$$S_2 \approx R_2^2 \cdot L_2^2 \pi \rightarrow \frac{E_1}{E_2} = \frac{Q_2^2}{Q_1^2} \cdot \frac{L_2^2 \cdot \frac{R_2^8}{R_1^4} \pi}{R_2^2 \cdot L_2^2 \pi} = \frac{Q_2^2}{Q_1^2} \cdot \frac{R_2^4}{R_1^4}$$

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{Q_2^2}{Q_1^2} \cdot \frac{R_2^4}{R_1^4} = \left( \frac{18}{12} \right)^2 \cdot \left( \frac{1.8}{1.6} \right)^4 = \frac{3^5}{2^9}$$

$$\text{Ответ: } \frac{R}{n-1}; R_0 = 1,4 \text{ см}; \frac{3^5}{2^9}$$



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!

$$P_1 V_1 = \nu R T$$

$$P_2 V_2 = \nu R T_2$$

$$P_3 V_2 = \nu R T_3$$

$$P_1 V_4 = 2,5 \nu R T$$

$$\frac{P_1}{V_1} = \frac{P_2}{V_2}; \frac{P_1}{V_3} = \frac{P_3}{V_2}$$

$$P_1 V_2 = P_2 V_1$$

$$P_1 V_2 = P_3 V_4 = P_2 V_1$$

$$\frac{P_1}{P_2} \frac{V_1}{V_2} = \frac{T}{T_2}$$

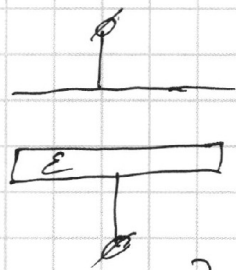
$$\frac{T}{T_2} \cdot \frac{V_2^2}{V_1^2} = 1; \frac{T}{T_2} = \frac{V_1^2}{V_2^2}$$

$$T_2 - T_3 = T \cdot 2,1$$

$$P_2 V_2 - P_3 V_2 = 2,1 T$$

$$24 - 16 = 8$$

N3



$$E = \frac{U}{d-x}$$

$$U_0 = \int \left( \frac{d+x}{\epsilon \epsilon_0} + \frac{x}{\epsilon \epsilon_0} \right)$$

$$Q = \frac{U_0 \epsilon_0 S}{d+x + \frac{x}{\epsilon}}$$

$$U = \frac{U_0 (d-x)}{d-x(1-\frac{1}{\epsilon})}$$

$$E = \frac{U_0}{d-x \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon}}$$

$$U_0 = E \cdot d = 2 \cdot 10^3 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 24 \text{ B}$$

$$E(8) = \frac{U_0}{d-x \cdot \frac{\epsilon-1}{\epsilon}}$$

$$E(8)d - E(8) \cdot x \frac{\epsilon-1}{\epsilon} = U_0$$

$$E(8)d - E(8) \cdot x + E(8) \cdot x \frac{1}{\epsilon} = U_0$$

$$E(8) \cdot x \frac{1}{\epsilon}$$

$$E = \frac{E x}{U_0 - E(d-x)}$$

$$L = \frac{\Phi}{I}$$

$$B = \mu_0 \cdot \frac{dL \cdot I}{d^2}$$

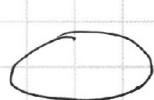


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 2 3 4 5 6 7  
☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

СТРАНИЦА  
 \_\_ 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!



$$\Phi = LI$$

$$L \frac{I_1}{\varepsilon} = IR$$

$$LI' = IR$$

$$I = \frac{LI'}{\varepsilon R}$$

$$B_0 \cdot \kappa S_1 = LI_1$$

$$\Phi' = \Phi_{\text{вн}}' + \Phi_{\text{св}}' =$$

$$L = \frac{B_0 \cdot \kappa S_1}{I_1}$$

$$= B' \cdot \kappa S_1 + LI' = IR$$

$$-B' \cdot \kappa S_1 + L \frac{I_1}{\varepsilon} = IR \cdot \varepsilon \cdot \frac{I_1}{\varepsilon} R$$

$$\Phi_{\text{вн}}' = -B \cdot \kappa S_1$$

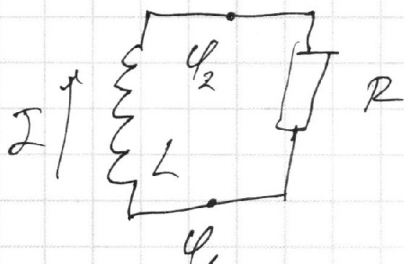
$$\frac{dB}{dt} \cdot \kappa S_1 = \varepsilon \frac{I_1}{\varepsilon} R \frac{I_1}{\varepsilon} (L - \varepsilon R)$$

$$dB \cdot \kappa S_1 = L \frac{I_1}{\varepsilon} dt - R \cdot \varepsilon dt \cdot \frac{I_1}{\varepsilon}$$

$$(B - B_0) \kappa S_1 = L \frac{I_1}{\varepsilon} \cdot (\varepsilon - 0) - R \frac{I_1}{\varepsilon} (\varepsilon^2 - 0^2)$$

$$-B_0 \kappa S_1 = LI_1 - RI_1 \varepsilon$$

$$\Phi =$$



$$LI' = -RI$$

$$L \frac{dI}{dt} = -RI$$

$$L \frac{dI}{I} = -R dt$$

$$L \ln \frac{0}{I_0} = -Rt$$

$$L dI = -R(I dt)$$

$$\int L dI = \int R dI$$

$$L(0 - I_1) = -Rq$$

$$q = \frac{B_0 \kappa S_1}{R} - \frac{I_1 \varepsilon}{2}$$

$$LI_1 = Rq; B_0 \kappa S_1 - \frac{RI_1 \varepsilon}{2} = Rq$$

$$q = \frac{B_0 \kappa S_1}{R}$$

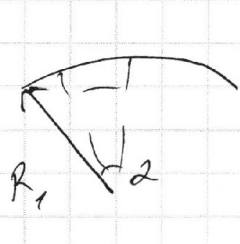


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

СТРАНИЦА  
\_\_ ИЗ \_\_

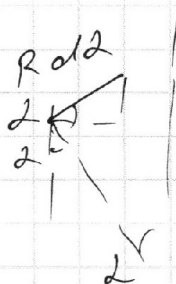
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Страницы по каждой из задач нумеруются отдельно. Порча QR-кода недопустима!



$$S_1 = (R_1 \sin \alpha)^2 \cdot \pi$$

$$S_2 = (R_2 \sin \beta)^2 \cdot \pi$$

$$V_1 = V_2$$



$$R d \alpha \cdot \sin \alpha \cdot \sin^2 \alpha \cdot R^2 \cdot \pi =$$

$$= R^3 \pi \cdot \sin^3 \alpha \cdot d \alpha$$

$$\sin^3 \alpha - \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha =$$

$$= \sin^2 \alpha \cdot \frac{\sin^2 2 \alpha}{2}$$

$$\sin^2 \alpha \cdot \sin^2 \alpha$$

$$\int \sin^2 \alpha - \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha$$

$$-\cos^2 \alpha + \frac{\cos^4 \alpha}{3}$$

$$\int (\cos^3 \alpha)' = -3 \int \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha$$

$$\int \sin^2 \alpha \cdot \cos^2 \alpha = -\frac{\cos^3 \alpha}{3}$$

$$V = \pi R^3 \cdot \left( \frac{\cos^3 \alpha}{3} - \cos^2 \alpha \right)$$

$$R_1 \cdot d_1$$

$$R_1 \cdot d_1 = R_2 \cdot d_2$$

$$\frac{4}{3} \pi R^3$$

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{R_2^3}{R_1^3}$$

$$\frac{d_1}{d_2} = \frac{R_2^3}{R_1^3} \cdot \frac{3 \pi R^2}{3 \pi R^2} \cdot R_1^3 = \frac{d_2}{d_1} \cdot \frac{3 \pi R^2}{3 \pi R^2}$$

$$\frac{3}{2} \cdot 2 \cdot \left( \frac{3}{2} \right)^{10}$$

$$\frac{P_1 V_1}{2} -$$

$$2 \cdot \left( \frac{3}{2} \right)^5 = 2 \cdot (2,25)^5 =$$

$$\frac{(P_2 - P_1)(V_2 - V_1)}{2} -$$

$$= 2 \cdot (2 + 0,25)^5 =$$

$$= 2 \cdot 2^5 \left( 1 + \frac{1}{8} \right)^5 = 2^6 \cdot \left( 1 + \frac{5}{8} \right) =$$

$$= \frac{(P_3 - P_4)(V_2 - V_4)}{2} = 2^5.$$

$$2,12 RT$$

$$= \frac{1}{2} (P_2 V_2 - P_2 V_1 - P_1 V_2 + P_1 V_1 - P_3 V_2 + P_3 V_1 -$$

$$- P_4 V_2 + P_4 V_1)$$

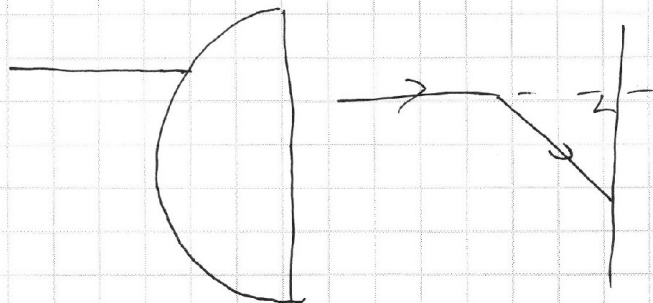
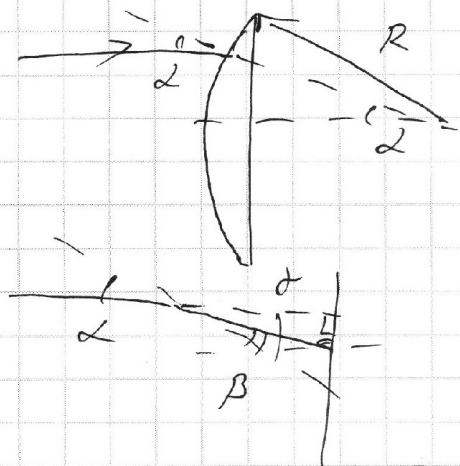


На одной странице можно оформлять только одну задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

1 ☐ 2 ☐ 3 ☐ 4 ☐ 5 ☐ 6 ☐ 7 ☐

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!



$$\sin \alpha = n \sin \beta$$

$$R_1 = R_0 + 2U_1$$

$$R_2 = R_0 + 2U_2$$

$$R_2 - R_1 = 2(U_2 - U_1)$$

$$n(\alpha - \beta) = \gamma$$

$$n\alpha - \alpha = \gamma$$

$$\gamma = (n - 1)\alpha$$

$$F \approx \gamma = h$$

$$F \cdot 2(n - 1) = h$$

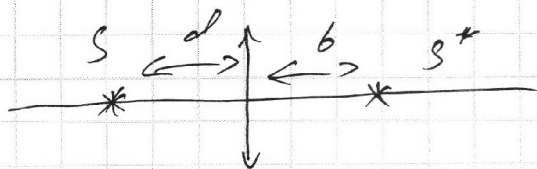
$$F \cdot \frac{2}{R}(n - 1) = h ; F = \frac{R}{n - 1} \quad 1,6 - 0,2 = R_0$$

$$0,2 = \alpha \cdot 1$$

$$\alpha \approx \gamma = \frac{h}{R} \quad \alpha = 0,2$$

$$R_0 = 1,4$$

$$R(U) = R_0 + 2U$$



$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{b}$$

$$F = \frac{db}{d+b} = \frac{R}{n-1}$$

$$R_1 = \frac{db}{d+b} \cdot (n-1) = \frac{18 \cdot 6}{24} \cdot 0,5 = 1,6 \text{ cm}$$

$$R_2 = \frac{18 \cdot 6}{24} \cdot 0,5 = 1,8 \text{ cm}$$

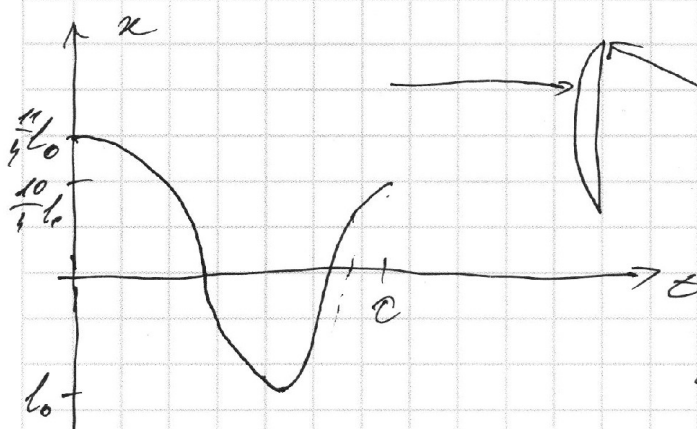


На одной странице можно оформлять **только одну** задачу. Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице. Также укажите номер страницы и суммарное количество страниц в решении каждой задачи отдельно.

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!



$$x = x_m \cos \omega t$$

$$-x_0 = \frac{11}{2} x_0 \cos \sqrt{\frac{k}{m}} t_1$$

$$-\frac{4}{11} = \cos \sqrt{\frac{k}{m}} t_1$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{m}{k}} \arccos -\frac{4}{11}$$

$$x = x_m \cos \omega t_2$$

$$-x_0 = \frac{2.5}{2} x_0 \cos \sqrt{\frac{k}{m}} t_2 ; \quad -\frac{2}{5} = \cos \sqrt{\frac{k}{m}} t_2$$

$$t_2 = \sqrt{\frac{m}{k}} \arccos -\frac{2}{5}$$

$$C = \frac{Q}{\Delta T V}$$

$$Q = \frac{i}{2} I R \Delta T + P \Delta V$$

$$2V \cdot V = I R T$$

$$22V \Delta V = I R \Delta T$$

$$P \Delta V = \frac{I R \Delta T}{2}$$

$$Q = \frac{i+1}{2} I R \Delta T$$

$$C = \frac{i+1}{2} R = 3R$$

$i=5$ ; то есть двукратный газ

$$Q_{14} = \frac{5}{2} I R \Delta T + P \Delta V = \frac{12}{2} I R \Delta T$$

$$P \Delta V + P \Delta V = I R \Delta T + I R \Delta T \quad \mathcal{E} = \frac{4}{2} R$$

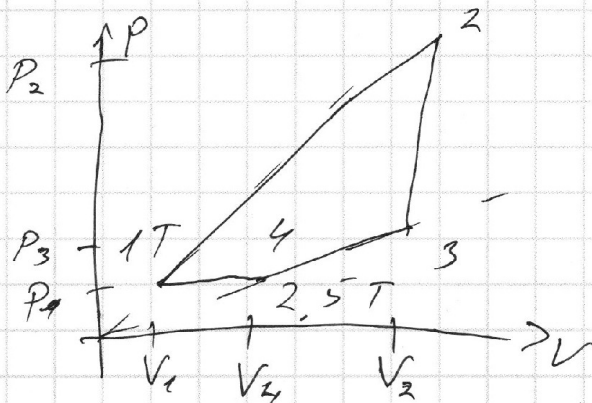
$$Q_n = A + Q_x ; \quad A = Q_n - Q_x$$

$$\frac{17}{2} R \cdot 1.5 T = \frac{5}{2} I (T_2 - T_3)$$

$$T_2 - T_3 = 2.1 T$$

$$Q_n = Q_{12}$$

$$Q_n = Q_{23} + Q_{43} + Q_{14} = 2Q + Q_{43}$$





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.

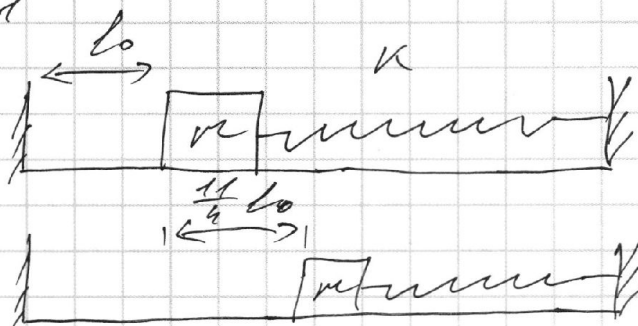
1 2 3 4 5 6 7

☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐ ☐

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!

№1



$$W_k = \frac{Kx^2}{2} = \frac{mV^2}{2}$$

$$K \cdot \frac{11^2}{4^2} l_0^2 = mV^2$$

$$V = \frac{11}{4} l_0 \sqrt{\frac{K}{m}}$$

$$x = x_m \cos \omega t$$

$$\frac{Kx^2}{2} + \frac{mV^2}{2} = C$$

$$Kx \cdot x' + mV \cdot V' = 0$$

$$x'' = -x \cdot \frac{K}{m}$$

$$\frac{21+5}{5} = \frac{26}{5}$$

$$\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

$$x = x_m \cos t \sqrt{\frac{K}{m}}$$

$$\frac{Kx^2}{2} = \frac{Kx'^2}{2} + \frac{mV^2}{2}$$

$$V^2 = \frac{K}{m} \left( \frac{11}{4} l_0 - \frac{10}{4} l_0 \right) \frac{11}{4 l_0}$$

$$+ \frac{10}{4} l_0 \cdot \frac{1}{4} = \frac{K}{m} l_0^2 \cdot \frac{21}{16} ; V_0 = l_0 \cdot \frac{1}{4} \sqrt{\frac{21K}{m}}$$

$$\frac{Kx'^2}{2} + \frac{mV^2}{2} = \frac{Kx^2}{2} ; V^2 = \frac{K}{m} \left( \frac{15}{4} \right)$$

2)  $\frac{W_{1k}}{W_{2k}} = \text{const}$ . Тогда определим стар-  
шим. Энергия перед уд-  
аром и после

$$W_{1k} + \frac{Kl_0^2}{2} = \frac{K \cdot 11^2 l_0^2}{2 \cdot 4^2} ; W_{1k} = \frac{K}{2} \left( \frac{11}{4} - 1 \right) \left( \frac{11}{4} + 1 \right) =$$

$$= \frac{K l_0^2}{2} \cdot \frac{14}{4} \cdot \frac{15}{4}$$

$$W_{2k} + \frac{Kl_0^2}{2} = \frac{K \cdot 10^2 \cdot l_0^2}{2 \cdot 4^2} ; W_{2k} = \frac{K l_0^2}{2} \left( \frac{10}{4} - 1 \right) \left( \frac{10}{4} + 1 \right) =$$

$$= \frac{K l_0^2}{2} \cdot \frac{6}{4} \cdot \frac{14}{4}$$

$$\frac{W_{1k}}{W_{2k}} = \frac{14 \cdot 15}{6 \cdot 14} = 2,5$$

$$W_{3k} + \frac{Kl_0^2}{2} = \frac{Kl^2}{2}$$

$$l^2 = l_0^2 + \frac{W_{3k}}{K} \cdot 2$$