

Московская олимпиада школьников по физике

11 класс, 2023/24 год

Отборочный этап

ЗАДАЧА 1. Материальная точка движется так, что модуль её радиус-вектора $r(t)$ и угол $\varphi(t)$ между осью Ox и радиус-вектором связаны соотношением

$$r(t) \cdot \varphi(t) = \text{const.}$$

В нулевой момент времени $r(0) = 2$ м, $\varphi(0) = \frac{\pi}{2}$. Радиальная компонента скорости точки в процессе движения не меняется: $v_r = 1$ м/с.

1. Через какое время после начала движения радиус-вектор повернётся на угол $\frac{\pi}{6}$ относительно начального положения? Ответ дайте в секундах, округлите до десятых.
2. Чему равен модуль угловой скорости вращения радиус-вектора в начальный момент времени? Ответ дайте в рад/с, округлите до десятых.

$v_{\text{rad}} \approx \frac{v}{r} = 0,5 \text{ рад/с}$

ЗАДАЧА 2. Герметичный цилиндрический теплоизолированный сосуд массой M разделён на две одинаковые части тонким теплопроводящим поршнем массой M , который может скользить вдоль оси сосуда без трения. В начальный момент в каждой из частей сосуда находится в состоянии теплового равновесия ν молей идеального одноатомного газа при температуре T_0 . Сосуд покоится в некоторой инерциальной системе отсчёта в космосе вдали от других тел. Сосуду толчком сообщают скорость v , направленную вдоль его оси. После затухания колебаний поршня в сосуде температура газа изменяется на ΔT . Найдите отношение $n = \frac{\Delta T}{T_0}$ изменения температуры в сосуде к начальной температуре, если параметры задачи связаны соотношением $Mv^2 = 2\nu RT_0$, где R — универсальная газовая постоянная. В ответе на вопрос задачи укажите номер столбца таблицы, в котором стоит значение, наиболее близкое к найденному вами.

| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----|------|------|------|------|------|------|
| n | 0,10 | 0,15 | 0,20 | 0,25 | 0,30 | 0,50 |

$\frac{6}{1}$

ЗАДАЧА 3. С одним молем идеального одноатомного газа проводится циклический процесс, состоящий из двух изотерм и двух изохор. Отношение объёмов на изохорах равно e (e — основание натурального логарифма, $\ln e = 1$). Отношение температур на изотермах равно $\frac{4}{3}$. Определите отношение $k = \frac{\eta}{\eta_0}$ КПД данного цикла к КПД идеальной тепловой машины, работающей по циклу Карно с теми же температурами на изотермах. В ответе на вопрос задачи укажите номер столбца таблицы, в котором стоит значение, наиболее близкое к найденному вами.

| № | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|-----|------|------|------|------|------|------|
| k | 0,45 | 0,50 | 0,55 | 0,60 | 0,65 | 0,70 |

Работа газа в изотермическом процессе при расширении от объёма V_1 до объёма V_2 даётся формулой: $A = \nu RT \ln \frac{V_2}{V_1}$, где ν — количество вещества, R — универсальная газовая постоянная, T — температура равновесия. Ответ дайте в секундах, округлите до целого.

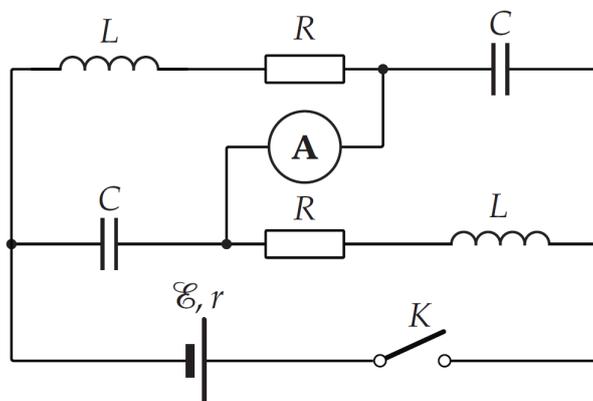
2'0 ≈ :9

ЗАДАЧА 4. Два маленьких шарика массой $m = 1$ г, несущие заряды q и $-q$ ($q = 10$ нКл), соединены невесомым стержнем длиной $d = 1$ см. Начало вектора \mathbf{d} совпадает с отрицательным зарядом, а конец — с положительным. Диполь находится в невесомости, его удерживают в постоянном электрическом поле напряжённостью $E = 10^3$ В/м, так что угол между векторами \mathbf{d} и \mathbf{E} равен $\frac{\pi}{2}$.

1. Диполь освобождают. Чему равна максимальная скорость любого из шариков после этого? Ответ дайте в см/с, округлите до целого.
2. Определите период малых колебаний диполя вблизи положения равновесия. Ответ дайте в секундах, округлите до целого.

(1) 1 см/с; (2) ≈ 4 с

ЗАДАЧА 5. В цепи, представленной на рисунке ниже, сопротивление резисторов, внутреннее сопротивление батареи, индуктивность катушки и ёмкость конденсатора равны $R = 100$ Ом, $r = 1$ Ом, $L = 0,1$ Гн и $C = 0,1$ мкФ соответственно, амперметр идеальный. Цепь подключена к батарее с ЭДС $\mathcal{E} = 4$ В через ключ K . Сначала ключ разомкнут.

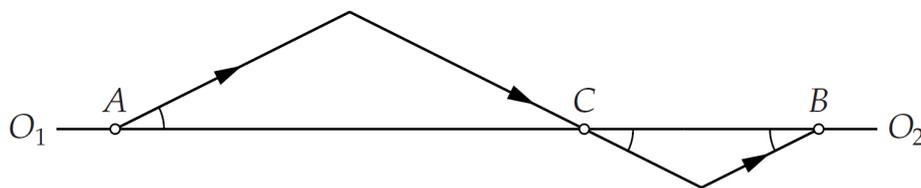


1. Ключ замыкают. Найдите показания амперметра сразу после замыкания ключа. Ответ дайте в амперах, округлите до целого.

- После замыкания ключа ожидают достаточно большое время, так что в цепи устанавливается стационарный режим. Что показывает амперметр в стационарном режиме? Ответ дайте в миллиамперах, округлите до целого.
- После установления стационарного режима ключ размыкают. Какое количество теплоты выделяется на резисторах (суммарно на двух) за большое время после размыкания ключа? Ответ дайте в мкДж, округлите до целого.

$$1) I_1 = 4 \text{ A}; 2) I_2 \approx 20 \text{ mA}; 3) Q \approx 40 \text{ мкДж}$$

ЗАДАЧА 6. Две тонкие линзы располагаются так, что их оптические оси совпадают. Прямая O_1O_2 на рисунке, представленном ниже, — это общая оптическая ось этих двух линз. Небольшой предмет располагается в точке A , лежащей на оси O_1O_2 . На рисунке показан ход одного из лучей, идущего от предмета. Линзы на рисунке не показаны. Углы, образованные отрезками луча и осью, равны. При этом известно, что $AC = 24$ см, $BC = 12$ см.



- Найдите фокусное расстояние линзы меньшей оптической силы. Ответ дайте в сантиметрах, округлите до целого.
- Найдите фокусное расстояние линзы большей оптической силы. Ответ дайте в сантиметрах, округлите до целого.
- Определите поперечное увеличение, с которым изображается в этой системе линз небольшой предмет, располагающийся в точке A . Ответ округлите до десятых.

$$1) f_1 = 18 \text{ см}; 2) f_2 = 6 \text{ см}; 3) \Gamma = 1$$