

Выездная физико-математическая олимпиада МФТИ. Январь – февраль 2021г.

Условия. 11 класс. Физика

1. Автомобиль разгоняется из неподвижного состояния с постоянным ускорением, двигаясь по прямой. За $t=10$ с он прошел путь $S=100$ м.

1) Найти ускорение автомобиля. 2) Найти скорость автомобиля на расстоянии $S_1=49$ м от места старта.

2.1. По горизонтальной поверхности стола движется брусок и сталкивается с неподвижным бруском. Скорость движущегося бруска перед ударом V_0 , его масса в 4 раза меньше массы неподвижного бруска. Все скорости направлены вдоль одной прямой. Коэффициент трения брусков по столу μ .

1) Найти скорость двигавшегося бруска сразу после столкновения.

2) На каком расстоянии окажутся остановившиеся бруски после столкновения.

2.2. По горизонтальной поверхности стола движется брусок и сталкивается с неподвижным бруском. Скорость движущегося бруска перед ударом V_0 , его масса в 5 раз меньше массы неподвижного бруска. Все скорости направлены вдоль одной прямой. Коэффициент трения брусков по столу μ .

1) Найти скорость покоившегося бруска сразу после столкновения.

2) На каком расстоянии окажутся остановившиеся бруски после столкновения.

3.1. С одноатомным идеальным газом проводят циклический процесс, состоящий из изобары, изохоры и адиабаты. В изобарическом процессе объем газа увеличивается в $n = 8$ раз.

1) Найдите КПД η цикла.

2) Найдите максимальный возможный КПД η_{MAX} такого цикла при неограниченном росте n .

Указание: в адиабатическом процессе с одноатомным идеальным газом абсолютная температура и объем связаны соотношением $T \cdot V^{\frac{5}{3}} = const$.

3.2. С одноатомным идеальным газом в количестве $\nu = 1$ моль проводят цикл, состоящий из трех процессов: расширения, в котором плотность и абсолютная температура связаны обратно пропорциональной зависимостью $\rho = \frac{\alpha}{T}$, изохорного охлаждения и адиабатического сжатия. В процессе расширения плотность

газа уменьшается в $n = 5,2$ раза. В начальном состоянии температура газа $T_0 = 300$ К.

1) Найдите работу A газа за цикл.

2) Найдите максимальный возможный КПД η_{MAX} такого цикла при неограниченном росте n .

Указание: в адиабатическом процессе с одноатомным идеальным газом абсолютная температура и плотность связаны соотношением $T = const \cdot \rho^{\frac{5}{3}}$.

4. В цилиндре под поршнем находится воздух с относительной влажностью $\varphi_1 = 96\%$ при температуре $t_1 = 14^\circ\text{C}$. Воздух сжали, уменьшив объем в 3 раза, а температуру увеличили до 100°C .

1) Во сколько раз увеличилась плотность водяного пара?

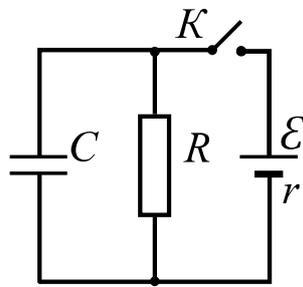
2) Найти новую относительную влажность воздуха.

Пар считать идеальным газом. Давление насыщенного водяного пара при 14°C равно $P_{1H} = 1,6$ кПа.

5. В цепи, схема которой показана рисунке, все параметры известны, в начальный момент конденсатор не заряжен. Ключ замыкают, а в тот момент, когда скорость роста энергии, запасенной в конденсаторе, становится равной мощности тепловыделения на сопротивлении R , ключ размыкают.

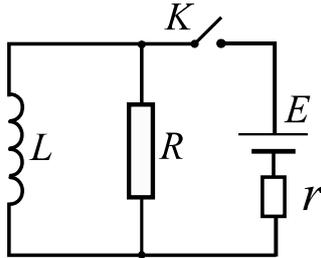
1) Какую мощность P развивают сторонние силы в источнике перед размыканием ключа?

2) Какое количество Q теплоты выделится в цепи, если ключ разомкнуть в тот момент, когда скорость роста энергии конденсатора, становится наибольшей?



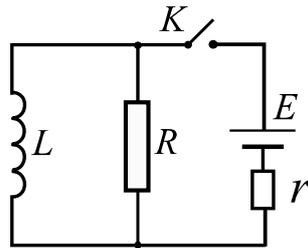
6.1. Параметры элементов цепи указаны на схеме (см. рис.). Ключ замыкают.

- 1) Найти ток через резистор R сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивности в момент, когда ток через R станет в 2 раза меньше тока через источник.



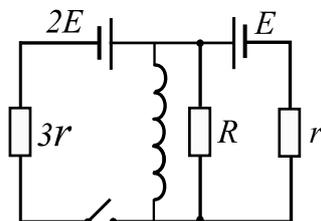
6.2. Параметры элементов цепи указаны на схеме (см. рис.). Ключ замыкают.

- 1) Найти ток через источник сразу после замыкания ключа.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивности в момент, когда ток через R станет в 3 раза меньше тока через источник.



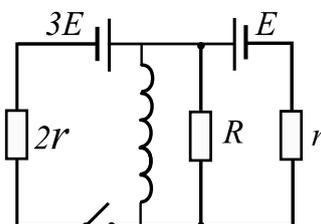
7.1. В цепи, схема которой показана рисунке, ключ разомкнут, режим в цепи установился. Параметры элементов цепи указаны на схеме.

- 1) Найти ток через катушку индуктивности в установившемся режиме до замыкания ключа.
- 2) Найти ток через резистор R сразу после замыкания ключа.



7.2. В цепи, схема которой показана рисунке, ключ разомкнут, режим в цепи установился. Параметры элементов цепи указаны на схеме.

- 1) Найти ток через источник E в установившемся режиме до замыкания ключа.
- 2) Найти ток через резистор R сразу после замыкания ключа.



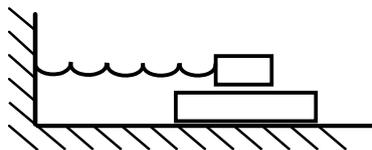
8.1. На гладкой горизонтальной поверхности стола находится доска. На доске лежит брусок, прикрепленный к стене упругой пружиной (см. рис.). Масса бруска в 8 раз больше массы доски. Система совершает колебания вдоль горизонтальной прямой с амплитудой $A = 0,1$ м и максимальной скоростью $V_M = 1,6$ м/с.

Брусок при колебаниях не проскальзывает по доске.

1) Найти максимальное значение ускорения бруска.

2) При каких значениях коэффициента трения между доской и бруском такие колебания возможны?

Принять $g = 10$ м/с².



8.2. На гладкой горизонтальной поверхности стола находится доска. На доске лежит брусок, прикрепленный к стене упругой пружиной (см. рис.). Масса бруска в 10 раз больше массы доски. Система совершает колебания вдоль горизонтальной прямой с амплитудой $A = 0,2$ м и максимальной скоростью $V_M = 2$ м/с.

Брусок при колебаниях не проскальзывает по доске.

1) Найти период колебаний системы.

2) При каких значениях коэффициента трения между доской и бруском такие колебания возможны?

Принять $g = 10$ м/с².

