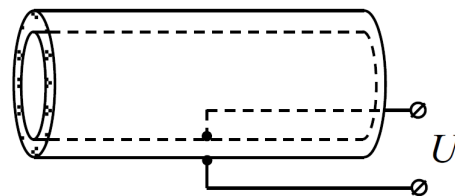


Инженерная олимпиада

11 класс, 2024 год

1. В водонагревателе вода медленно протекает между двумя коаксиальными металлическими цилиндрами с радиусами R_1 и R_2 , причем расстояние между цилиндрами много меньше их радиусов. К цилиндрам приложено постоянное электрическое напряжение U (см. рисунок), в результате чего между цилиндрами течет электрический ток, нагревая воду. Плотность воды — ρ_0 , удельное сопротивление — ρ , удельная теплоемкость — c , скорость протекания воды — v . Найти изменение температуры воды на единицу длины цилиндров. Теплопотери отсутствуют.

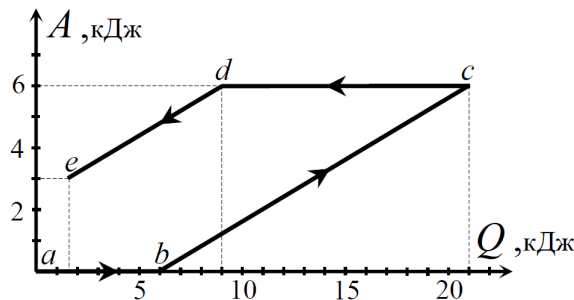


$$\frac{\int_{R_1}^{R_2} \frac{1}{r} dr}{2\pi L} = \frac{1}{2\pi L} \ln \frac{R_2}{R_1}$$

2. Во многих странах мира с целью экономии ископаемого топлива (нефти) часть бензина в автомобильном топливе заменяют спиртом, изготовленным из растительного сырья (биоэтанол). Приготовили такую смесь бензина и биоэтанола, что вклад бензина в теплотворную способность смеси втрое больше вклада биоэтанола. Считая, что удельная теплота сгорания бензина $q_B = 44$ МДж/кг, а биоэтанола $q_E = 29$ МДж/кг, найти массовые доли бензина и этанола в смеси. Найти также удельную теплоту сгорания смеси.

$$\frac{m_B q_B + m_E q_E}{m_B + m_E} = q_{смесь} = 0.34 q_B = 0.34 \cdot 44 = 14.96 \text{ МДж/кг}$$

3. С одноатомным идеальным газом происходит процесс $a-b-c-d-e$, для которого дан график зависимости работы, совершенной газом с начала процесса, от количества теплоты, полученной газом с начала процесса (участки графика $b-c$ и $d-e$ параллельны). Известно, что $p_a V_a = 2$ кДж, где p_a и V_a — давление и объем газа в начале процесса. Построить график зависимости давления газа от его объема в процессе $a-b-c-d-e$.

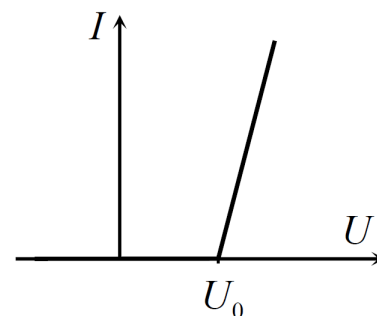


$$(p_a V_a) \leftarrow (p_b V_b) \leftarrow (p_c V_c) \leftarrow (p_d V_d) \leftarrow (p_e V_e)$$

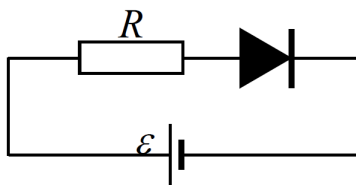
4. Вольтамперная характеристика диода (зависимость тока через диод от напряжения на нем) может быть приближенно записана как

$$I(U) = \begin{cases} 0, & \text{если } U < U_0; \\ k(U - U_0), & \text{если } U > U_0; \end{cases}$$

где U_0 и k — известные числа (см. рисунок справа; в направлении, противоположном стрелке в обозначении диода, диод не пропускает электрический ток ни при каком напряжении).



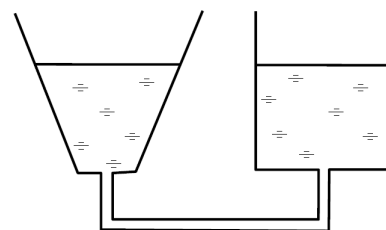
Диод подключают к идеальному источнику постоянного напряжения \mathcal{E} через резистор R (см. рисунок снизу).



Найти мощность, выделяющуюся в цепи, в зависимости от напряжения источника. Будет ли выделяться тепло на диоде, и если да, то какова мощность этого тепловыделения?

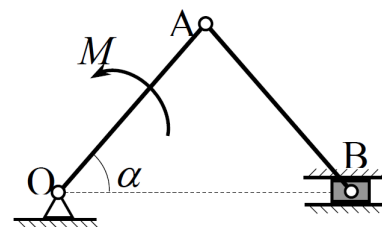
$$P = \mathcal{E}(\mathcal{E} - U_0)k; \text{ да, } P_{\text{д}} = \frac{\mathcal{E}(\mathcal{E} - U_0)k}{1 + kR}$$

5. Система из двух стеклянных сообщающихся сосудов, один из которых является цилиндрическим, а второй имеет форму перевернутого усеченного конуса, заполнена водой (см. рисунок). В некоторый момент времени воду в коническом сосуде нагревают. Как при этом изменится уровень воды в цилиндрическом сосуде? Считать, что коэффициент термического расширения стекла много меньше коэффициента термического расширения воды. Ответ обосновать.



Будет понижаться

6. Кривошипно-ползунный механизм состоит из кривошипа — невесомого стержня OA длиной l , который может вращаться вокруг оси O , шатуна — невесомого стержня AB такой же длины l , шарнирно связанного с кривошипом, и ползуна B массой m — точечного тела, которое шарнирно связано с шатуном и может без трения двигаться в горизонтальных направляющих (см. рисунок). Кривошип вращается с постоянной угловой скоростью ω в вертикальной плоскости вокруг оси O под действием приложенного к нему момента M внешней силы. Найти момент M внешней силы, когда угол между кривошипом и направляющими равен α .



$$M = 2m\omega^2 l^2 \sin 2\alpha$$