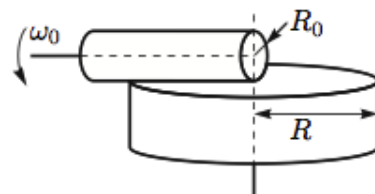


# Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, финал, 2015/16 год

ЗАДАЧА 1. Длинный цилиндрический валик радиуса  $R_0$ , вращающийся вокруг своей оси с угловой скоростью  $\omega_0$ , прижимают к свободно (без трения в оси) вращающемуся на оси диску радиуса  $R$ . Линия касания диска и валика совпадает с радиусом диска (см. рисунок).



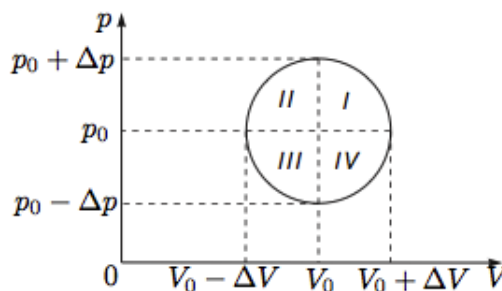
1) Найдите установившуюся угловую скорость  $\omega_\mu$  вращения диска, если трение между валиком и диском сухое.

2) Найдите установившуюся угловую скорость  $\omega_\eta$  вращения диска, если трение вязкое. Считайте, что величина силы вязкого трения, приходящаяся на единицу длины соприкосновения, пропорциональна относительной скорости движения соприкасающихся поверхностей валика и диска.

3) Определите отношение  $k = \omega_\eta / \omega_\mu$ .

$$\frac{\tau}{\varepsilon} = \eta \left( \frac{v}{v_0} \right) \Rightarrow \tau = \eta \frac{v}{v_0} \varepsilon = \eta \omega \left( \frac{r}{R} \right) \Rightarrow \tau = \eta \omega \frac{r}{R} \quad (1)$$

ЗАДАЧА 2. Над моле идеального многоатомного газа проводят круговой процесс, который, будучи изображённым на  $p, V$ -диаграмме, при некотором масштабе имеет вид окружности. Центр окружности имеет координаты  $(p_0, V_0)$ , диаметр вдоль оси давлений равен  $2\Delta p$ , а диаметр вдоль оси объёмов —  $2\Delta V$ .



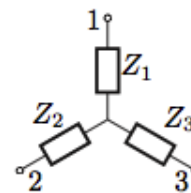
1) Найдите все пары диаметрально противоположных точек окружности, в которых теплоёмкости одинаковы. Вычислите эти теплоёмкости.

2) Сравните теплоёмкости двух произвольных диаметрально противоположных точек, лежащих во 2 и 4 квадрантах окружности (см. рисунок); другими словами, определите, в какой из этих точек теплоёмкость больше и почему.

*Примечание.* Считайте, что теплоёмкость газа при постоянном объёме не зависит от  $T$ .

$$C_V < C_P \Rightarrow \left( \frac{\Delta V}{V} \right)^{-1} + C_V = C_P \quad (1)$$

ЗАДАЧА 3. Три элемента, среди которых могут быть резисторы, конденсаторы и катушки индуктивности, соединены звездой (см. рисунок). При подключении источника переменного напряжения к выводам 1 и 2 цепи вольтметр переменного тока, подключенный к выводам 1 и 3, показывает 80 В. При подключении вольтметра к выводам 2 и 3 он показывает 45 В. При подключении того же источника к выводам 1 и 3 вольтметр показывает 21 В между выводами 2 и 3 и 28 В между 1 и 2. При подключении источника к выводам 2 и 3 вольтметр показывает 21 В между 1 и 2 и 28 В между 1 и 3.

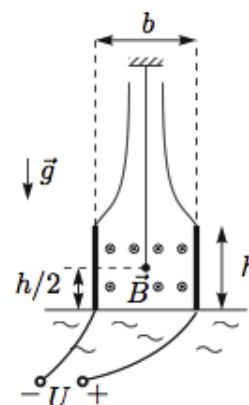


- 1) Определите напряжение источника.
- 2) Определите элементы цепи, соответствующие лучам звезды. Можно ли однозначно установить тип элементов цепи?
- 3) Определите отношение силы токов  $I_{12} : I_{13} : I_{23}$  через источник при его подключении к выводам 1 и 2, 1 и 3, 2 и 3.

Источник, вольтметр и все элементы цепи можно считать идеальными.

1) 35 В; 2) 3 — резистор, 1 и 2 — неразмеченные катушка и конденсатор; 3) 60 : 21 : 28

ЗАДАЧА 4. Магнитогидродинамический (МГД) насос представляет собой плоский конденсатор с размерами пластин  $h \times a$  и расстоянием между ними  $b$  ( $h \gg b$ ,  $a \gg b$ ). С боковых торцов конденсатор ограничен непроводящими стенками. К пластинам конденсатора подключён идеальный источник с напряжением  $U$  (полярность указана на рисунке). Между пластинами конденсатора создано однородное магнитное поле с индукцией  $B$ , вектор которой горизонтален и параллелен проводящим пластинам. Нижними краями конденсатор касается поверхности слабопроводящей жидкости с плотностью  $\rho_0$  и удельным сопротивлением  $\lambda$ . Сверху к конденсатору герметично присоединён непроводящий кожух. Посередине конденсатора на высоте  $h/2$  на тонкой нити подвешен небольшой непроводящий шарик, имеющий объём  $V$  и плотность  $\rho > \rho_0$ . Определите зависимость силы  $T(U)$  натяжения нити от напряжения на источнике. Постройте качественный график этой зависимости, указав на нём характерные точки. Сверху кожух и поверхность проводящей жидкости сообщаются с атмосферой.



$$T(U) = \left. \begin{array}{l} \rho g V, \\ \lambda \delta d \end{array} \right\} \text{ если } U \leq \rho g \lambda b / B, \\ \left. \begin{array}{l} \rho g V + \lambda \delta d + \frac{\rho g}{\lambda} U, \\ U \end{array} \right\} \text{ если } U > \rho g \lambda b / B,$$

ЗАДАЧА 5. Солнечный парус представляет собой плоское зеркало массой  $m = 1,660$  г и площадью  $S = 1,000$  м<sup>2</sup>. Парус ориентирован перпендикулярно солнечным лучам и движется вдоль линии, проходящей через центр Солнца и центр зеркала. В начальный момент времени оно находится на расстоянии  $R_0 = 1$  а. е. от Солнца. На каком расстоянии  $R_1$  от Солнца будет парус через  $t_1 = 1$  час полёта, если он двигался с постоянной, но неизвестной скоростью  $v \ll c$ ?

Одна астрономическая единица равна расстоянию от Земли до Солнца: 1 а. е. =  $150,0 \cdot 10^6$  км. Импульс фотона  $p$  и его энергия  $E$  связаны соотношением  $pc = E$ , где  $c = 2,998 \cdot 10^8$  м/с — скорость света. Поток испускаемых протонов, нейтронов и других частиц, исходящих от Солнца, не учитывать. Солнечная постоянная  $W_0 = 1,367$  кВт/м<sup>2</sup> — суммарный поток солнечного излучения, проходящий за единицу времени через единичную площадку, ориентированную перпендикулярно потоку, на расстоянии 1 а. е. от Солнца.

*Примечание.* Знаете ли вы, что продолжительность года равна  $\pi \cdot 10^7$  секунд с точностью полпроцента?

$$R_1 = R_0 - \frac{1}{1+\alpha} ct_1 = 0,72 \text{ а. е.}, \text{ где } \alpha = \frac{2\pi^2 W_0 S t_1^2}{m c}$$