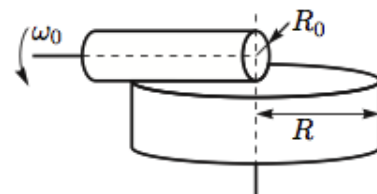


Всероссийская олимпиада школьников по физике

11 класс, заключительный этап, 2015/16 год

ЗАДАЧА 1. Длинный цилиндрический валик радиуса R_0 , вращающийся вокруг своей оси с угловой скоростью ω_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).



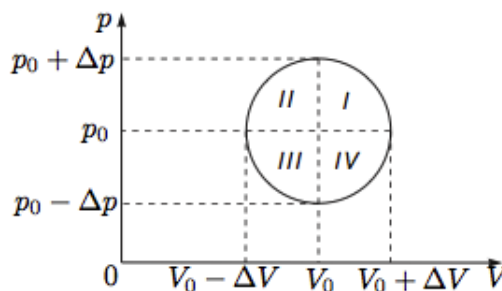
1) Найдите установившуюся угловую скорость ω_μ вращения диска, если трение между валиком и диском сухое.

2) Найдите установившуюся угловую скорость ω_η 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 $k = \omega_\eta/\omega_\mu$.

$$\frac{\omega_\eta}{\omega_\mu} = \eta \left(\frac{\mu}{\omega_0 R} \right)^{-1} = \omega_0 \left(\frac{\mu}{\omega_0 R} \right)^{-1} = \eta \omega_0 R \quad (1)$$

ЗАДАЧА 2. Над молекул 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 — $2\Delta V$.



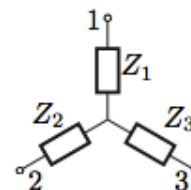
1) Найдите все пары диаметрально противоположных точек окружности, в которых теплоёмкости одинаковы. Вычислите эти теплоёмкости.

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 .

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

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.

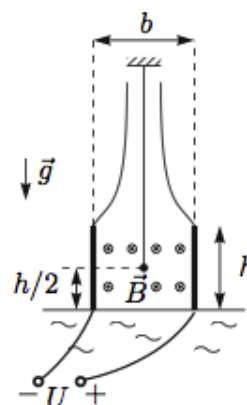


- 1) Определите напряжение источника.
- 2) Определите элементы цепи, соответствующие лучам звезды. Можно ли однозначно установить тип элементов цепи?
- 3) Определите отношение силы токов $I_{12} : I_{13} : I_{23}$ через источник при его подключении к выводам 1 и 2, 1 и 3, 2 и 3.

Источник, вольтметр и все элементы цепи можно считать идеальными.

1) 35 В; 2) 3 — резистор, 1 и 2 — неразличимые 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 ρ_0 и удельным сопротивлением λ . 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.



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

ЗАДАЧА 5. Солнечный парус представляет собой плоское зеркало массой $m = 1,660$ г и площадью $S = 1,000$ м². 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/м² — 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?

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