

## 11 класс

### Задача 1. Фрикционная передача

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 (рис. 11).

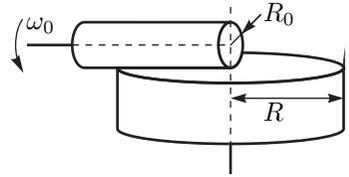


Рис. 11

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  $k = \omega_\eta/\omega_\mu$ .

### Задача 2. Круговой процесс

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  $2\Delta V$ .

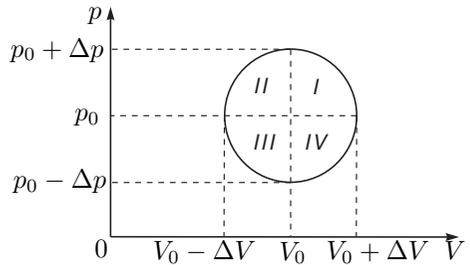


Рис. 12

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 (рис. 12), другими словами, определите, в какой из этих точек теплоёмкость больше и почему.

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

### Задача 3. Звезда переменного тока

Три элемента, среди которых могут быть резисторы, конденсаторы и катушки индуктивности, соединены звездой (рис. 13). 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

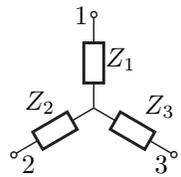


Рис. 13

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.

#### Задача 4. МГД-насос

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 подключен идеальный источник с напряжением  $U$  (полярность указана на рисунке 14). 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.

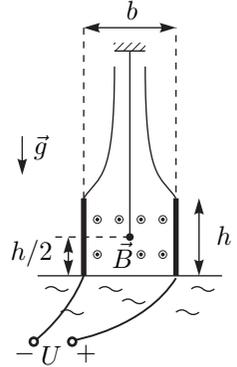


Рис. 14

#### Задача 5. Солнечный парус

Солнечный парус представляет собой плоское зеркало массой  $m = 1,660$  г 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  $R_0 = 150,0 \cdot 10^6$  км = 1 а. е. 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  $\pi \cdot 10^7$  с с точностью полпроцента?