

**Задача 1. Цепочка на сфере**

Однородная цепочка длины  $L$  закреплена одним концом на вершине гладкой сферической поверхности радиуса  $R$ , причём  $L < \pi R/2$  (рис. 11). Верхний конец цепочки освобождают.

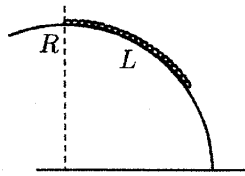


Рис. 11

1. С каким ускорением  $a$  (по модулю) будет двигаться сразу после освобождения каждый элемент цепочки?
2. В каком месте цепочки сила натяжения  $T$  сразу после освобождения будет максимальной?

Рассмотрите случай, когда длина цепочки  $L$  равна  $2\pi R/6$ .

**Задача 2. Движение без проскальзывания**

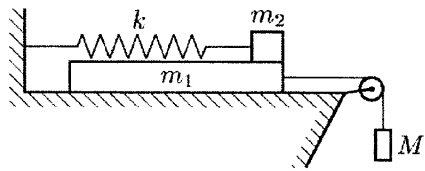


Рис. 12

На гладкой горизонтальной поверхности стола покоится длинная доска массы  $m_1$ , на правый край которой помещён брусок массы  $m_2$ . Брусок соединён со стенкой лёгкой нерастянутой пружины жёсткости  $k$ . К доске прикреплен груз массы  $M$  с помощью лёгкой нерастяжимой нити, перекинутой через блок (рис. 12). В начальный момент система покоится. Между доской и бруском существует сухое трение. Коэффициент трения между доской и бруском равен  $\mu$ .

Какой путь  $L$  преодолит брусок к тому моменту времени, когда между ним и доской начнётся проскальзывание? Исследуйте, как результат зависит от  $\mu$ . Найдите время  $t$  движения бруска, за которое он преодолет расстояние  $L$ .

Какой путь  $L$  преодолит брусок к тому моменту времени, когда между ним и доской начнётся проскальзывание? Исследуйте, как результат зависит от  $\mu$ . Найдите время  $t$  движения бруска, за которое он преодолет расстояние  $L$ .

**Задача 3. Тепловая машина**

У тепловой машины, работающей по циклу Карно, температура нагревателя  $T_1 = 800$  К, а температура  $T$  холодильника зависит от полезной мощности  $P$  машины. Холодильник представляет собой массивное теплоизолированное от окружающей среды тело, которое посредством теплопроводности передаёт холодному резервуару с температурой  $T_2 = 300$  К всю тепловую энергию  $Q_2$ , полученную за время  $\Delta t$  работы машины (рис. 13). Теплопроводность осуществляется по закону  $Q_2 = \alpha(T - T_2)\Delta t$ , где  $\alpha = 1,0$  кВт/К.

1. Выразите мощность  $P$  тепловой машины через температуры  $T_1$ ,  $T$  и  $T_2$ .
2. Вычислите температуру  $T_m$  холодильника, при которой мощность машины максимальна.
3. Определите эту максимальную мощность  $P_{\max}$ .
4. Найдите КПД  $\eta$  тепловой машины при работе с максимальной мощностью.

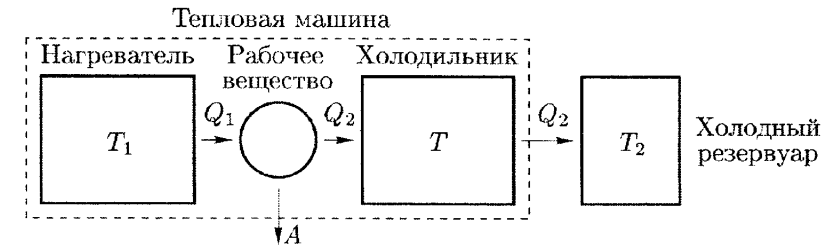


Рис. 13

**Задача 4. Движение заряженных частиц**

В свободном пространстве на окружности радиуса  $R_0$  в вершинах вписанного квадрата расположены 4 точечные массы  $m$ . Две из них несут заряд  $+q$ , а две другие  $-q$  (рис. 14). В начальный момент этим материальным точкам сообщают одинаковые по модулю скорости, направленные по касательной к окружности по часовой стрелке.

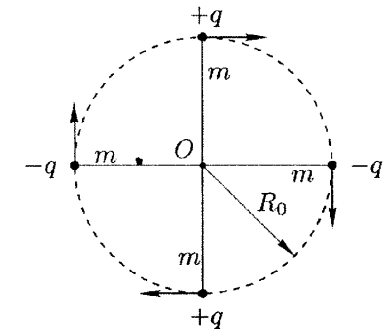


Рис. 14

Известно, что достигаемое в процессе движения минимальное расстояние от любой из точечных масс до центра  $O$  начальной окружности равно  $R_1$  ( $R_1 < R_0$ ). Считайте, что в любой момент времени заряды находятся в вершинах квадрата с центром в точке  $O$ . Действием гравитационных сил можно пренебречь.

1. Выполните необходимые расчёты и определите траектории движения материальных точек.
2. Определите характерное время движения материальных точек.

**Задача 5. Униполярный индуктор**

*Униполярный индуктор* представляет собой быстро вращающийся постоянный магнит в форме диска. Диск выполнен из магнитного сплава, способного создавать сильное магнитное поле, и покрыт тонким проводящим слоем никеля.

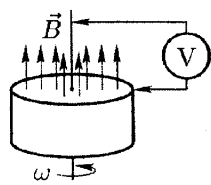


Рис. 15

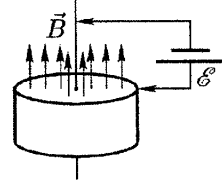


Рис. 16

При вращении диска между осью вращения и боковой поверхностью возникает разность потенциалов, которую можно измерить с помощью неподвижного вольтметра (рис. 15). Если же к оси вращения и боковой поверхности подсоединить батарейку, то магнит начнёт быстро вращаться, превратившись в электродвигатель. Точно так же, если быстро вращать вал обычного электромотора, он превращается в генератор, и наоборот, если на электрический генератор подать напряжение, он превращается в электромотор.

На рисунке 16 показана схема такого реально работающего *униполярного электродвигателя*, ротором которого является сильный постоянный магнит в форме диска радиуса  $r_0 = 2$  см, насаженного на ось. При подключении с помощью скользящих контактов батарейки с ЭДС  $\mathcal{E} = 1,5$  В диск начинает быстро вращаться.

1. Что покажет неподвижный вольтметр на рисунке 15 при частоте вращения диска  $\nu = 3000$  об/мин? Какова полярность этой разности потенциалов? Укажите полярность на рисунке 15.

2. Пренебрегая трением, оцените предельную частоту вращения (об/мин) намагниченного диска (ротора униполярного двигателя на рисунке 16). Укажите направление вращения ротора при заданной на рисунке 16 полярности батарейки и направлении вектора  $\vec{B}$ . Модуль вектора  $\vec{B}$  постоянен и равен  $B = 1$  Тл.

*Примечание.* Для упрощения расчётов считайте, что в проводящем никелевом слое вектор индукции  $\vec{B}$  магнитного поля перпендикулярен поверхности диска (рис. 15). Также для упрощения считайте, что ток в проводящем слое течёт вдоль радиуса.