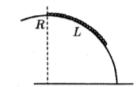
## Всероссийская олимпиада школьников по физике

## 11 класс, заключительный этап, 2009/10 год

ЗАДАЧА 1. Однородная цепочка длины L закреплена одним концом на вершине гладкой сферической поверхности радиуса R, причём  $L < \frac{\pi R}{2}$  (рис.). Верхний конец цепочки освобождают.

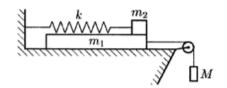


- 1) С каким ускорением a (по модулю) будет двигаться сразу после освобождения каждый элемент цепочки?
- 2) В каком месте цепочки сила натяжения T сразу после освобождения будет максимальной?

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

$$\frac{a}{b} \operatorname{misors} = \varphi \left( 2 ; \left( \frac{L}{R} \operatorname{sos} - 1 \right) \frac{R}{L} \right) = a \cdot (1)$$

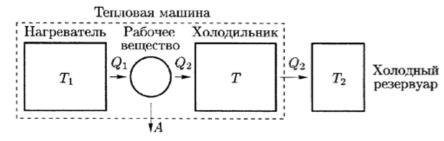
Задача 2. На гладкой горизонтальной поверхности стола покоится длинная доска массы  $m_1$ , на правый край которой помещён брусок массы  $m_2$ . Брусок соединён со стенкой лёгкой нерастянутой пружиной жёсткости k. К доске прикреплён груз массы M с помощью лёгкой нерастяжимой нити, перекинутой через блок (рис.). В начальный момент система покоится. Между доской и бруском существует сухое трение. Коэффициент трения между доской и бруском равен  $\mu$ .



Какой путь L преодолеет 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 преодолеет расстояние L.

См. конец листка

Задача 3. У тепловой машины, работающей по циклу Карно, температура нагревателя  $T_1 = 800 \text{ K}$ , 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  $T_2 = 300 \text{ K}$  всю тепловую энергию  $Q_2$ , полученную за время  $\Delta t$  работы машины. Теплопроводность осуществляется по закону  $Q_2 = \alpha (T - T_2) \Delta t$ , где  $\alpha = 1,0 \text{ кВт/K}$ .

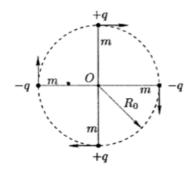


- 1) Выразите мощность P тепловой машины через температуры  $T_1$ , T и  $T_2$ .
- 2) Вычислите температуру  $T_m$  холодильника, при которой мощность машины максимальна.
- 3) Определите эту максимальную мощность  $P_{\max}$ .
- 4) Найдите КПД  $\eta$  тепловой машины при работе с максимальной мощностью.

$$\boxed{96.0 \approx \frac{\frac{CT}{1}}{T} \sqrt{-1} = \eta \text{ ;TBH } 021 \approx \frac{2}{\sqrt{1}} \left( \frac{\overline{CT}}{\sqrt{1}} \sqrt{-1} \right) o = x_{\text{BRH}} \text{ ;} P_{\text{IRBM}} = Q_{\text{IMM}} \text{ ;} P_{\text{IMM}} = Q_{\text{IMM}} = Q_{\text{IMM}}$$

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

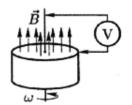
Известно, что достигаемое в процессе движения минимальное расстояние от любой из точечных масс до центра O начальной окружности равно  $R_1$  ( $R_1 < R_0$ ). Считайте, что в любой момент времени заряды находятся в вершинах квадрата с центром в точке O. Действием гравитационных сил можно пренебречь.

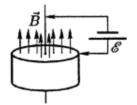


- 1) Выполните необходимые расчёты и определите траектории движения материальных точек.
  - 2) Определите характерное время движения материальных точек.

$$\boxed{\frac{\mathbb{E}(\underline{1}\mathcal{H} + 0R)m_0\mathbb{E}\pi^2}{(\underline{1} - \overline{2}\sqrt{2})^2 \rho}} \sqrt{\pi} \mathbb{Z} = T$$

ЗАДАЧА 5. 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.





При вращении диска между осью вращения и боковой поверхностью возникает разность потенциалов, которую можно измерить с помощью неподвижного вольтметра (рис. слева). 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, то он превращается в генератор, и наоборот, если на электрический генератор подать напряжение, то он превращается в электромотор.

На рисунке справа 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  $\mathscr{E} = 1,5$  В диск начинает быстро вращаться.

- 1) Что покажет неподвижный вольтметр на левом рисунке при частоте вращения диска  $\nu=3000$  об/мин? Какова полярность этой разности потенциалов? Укажите полярность на рисунке.
- 2) Пренебрегая трением, оцените предельную частоту вращения (об/мин) намагниченного диска (ротора униполярного электродвигателя на правом рисунке). Укажите направление вращения ротора при заданной на рисунке полярности батарейки и направлении вектора  $\vec{B}$ . Модуль вектора  $\vec{B}$  постоянен и равен B=1 Тл.

 $\Pi pumeчanue$ . Для упрощения расчётов считайте, что в проводящем никелевом слое вектор индукции  $\vec{B}$  магнитного поля перпендикулярен поверхности диска. Также для упрощения считайте, что ток в проводящем слое течёт вдоль радиуса.

ним/до 000  
77 
$$\approx \frac{8}{6 \pi^2 n} = x$$
ым (2 ;8м 8,23  $\approx 72000$  об/мин (1

## Ответ к задаче 2

- $\bullet~$  Если  $\mu < \frac{M}{M+m_1+m_2},$  то проскальзывание начнётся сразу, так что L=0 и t=0.
- Если  $\frac{M}{M+m_1+m_2} < \mu < \frac{M(2M+2m_1+m_2)}{m_2(M+m_1+m_2)}$ , то

$$L = \frac{m_2 g}{k(M + m_1)} \left( \mu(M + m_1 + m_2) - M \right), \quad t = \sqrt{\frac{M + m_1 + m_2}{k}} \cdot \arccos\left(1 - \frac{kL}{Mg}\right).$$

• Если  $\mu > \frac{M(2M+2m_1+m_2)}{m_2(M+m_1+m_2)}$ , то проскальзывания не будет.