

### Задача 1

Тонкую гладкую однородную веревку массой  $m$  и длиной  $L$  расстелили на горизонтальной поверхности, обернув на половину оборота вокруг вертикальной цилиндрической колонны радиусом  $R \ll L$ . Первоначально веревку тянули за оба конца, находившиеся на одинаковом расстоянии от колонны, с одинаковой силой  $\vec{F}$ , затем один из концов отпустили, продолжая действовать с той же силой на другой ее конец. В течение какого времени  $t$  после этого длина участка веревки, соприкасающегося с колонной, будет оставаться неизменной?

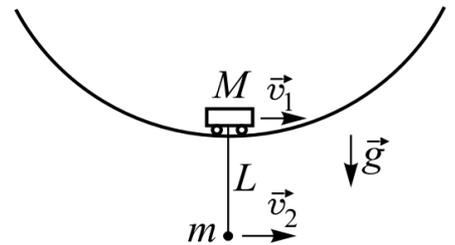
**Ответ:** длина участка веревки, соприкасающегося с колонной начнет уменьшаться из-за отрыва веревки от колонны спустя время  $t \approx \sqrt{\frac{mL}{3F}}$  после старта.

**Примечание:** Условие  $R \ll L$  вовсе не обязательно. В этом случае получается, что

$$t = \sqrt{\frac{mL}{3F} \left(1 - \frac{\pi R}{L}\right)}.$$

### Задача 2

По вогнутому мосту, образующему дугу окружности радиусом  $R$ , движется вагонетка массой  $M$ . К вагонетке привязан трос длиной  $L$ , на конце которого закреплён груз массой  $m$  (см. рисунок). В момент, когда вагонетка проходила нижнюю точку моста, трос был расположен вертикально, а скорости вагонетки и груза были равны  $v_1$  и  $v_2$  соответственно. Найдите в этот момент силу натяжения троса  $T$  и силу  $N$ , с которой вагонетка давит на рельсы. Трос невесом и нерастяжим, трение не учитывать, размерами вагонетки и груза пренебречь.



**Ответ:**  $T = m \left( g + \frac{v_1^2}{R} + \frac{(v_1 - v_2)^2}{L} \right)$ ;  $N = (m + M) \left( g + \frac{v_1^2}{R} \right) + m \frac{(v_1 - v_2)^2}{L}$ .

### Задача 3

Автомобиль «Камаз» проехал из Санкт-Петербурга в Москву за время  $t = 16$  часов, пройдя по дороге 720 км и истратив объем  $V = 200$  л дизельного топлива. Двигательная установка автомобиля состоит из дизельного двигателя внутреннего сгорания, трансмиссии и шасси.

Найдите КПД (эффективность) автомобиля и его среднюю механическую мощность на всем пути, считая, что механические потери в трансмиссии и шасси составляют  $\alpha = 5\%$ , а двигатель работает по циклу Дизеля, рабочим телом которого является идеальный трехатомный газ (теплоемкость одного моля такого газа в изохорном процессе равна  $C_V = 3R$ ). Цикл Дизеля состоит из четырех процессов: адиабатного сжатия рабочего тела, изобарного подвода теплоты к рабочему телу, адиабатного расширения рабочего тела и его изохорного охлаждения, в конце которого осуществляется выпуск продуктов сгорания топлива в атмосферу. Удельная теплота сгорания дизельного топлива  $q = 42$  МДж/кг, а его плотность  $\rho = 0,82$  кг/л. Максимальный объем камеры сгорания – 6000 мл, минимальный – 375 мл, максимальный объем в изобарном процессе – 1500 мл, максимальное давление – 40 атм, максимальное давление при изохорном охлаждении – 6 атм.

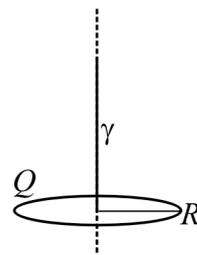
**Ответ:** КПД автомобиля  $\eta_a = \left(1 - \frac{3(p_4 - p_1)V_1}{4p_2(V_3 - V_2)}\right)(1 - \alpha) = 0,475 = 47,5\%$ , средняя

механическая мощность автомобиля на всем пути

$$N = \frac{q\rho V(1 - \alpha)}{t} \left(1 - \frac{3(p_4 - p_1)V_1}{4p_2(V_3 - V_2)}\right) \approx 56,8 \text{ кВт} \approx 78 \text{ л.с.}$$

### Задача 4

Тонкое кольцо радиусом  $R$  заряжено зарядом  $Q$ , равномерно распределенным по кольцу. Вдоль оси кольца расположена очень длинная нить, начинающаяся в его центре и равномерно заряженная с линейной плотностью заряда  $\gamma$  (см. рисунок). Найти модуль силы электростатического взаимодействия нити с кольцом.



**Ответ:**  $F = \frac{\gamma Q}{4\pi\epsilon_0 R}$ .

### Задача 5

Найдите сопротивление между клеммами  $A$  и  $B$  бесконечной цепи, схема которой изображена на рисунке. Сопротивление каждого резистора равно  $R$ .

**Ответ:**  $R_{AB} = \frac{2}{\sqrt{3}} R$ .

