

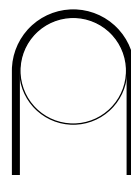
## Метод виртуальных перемещений

С этим мощным методом решения физических задач можно ознакомиться в следующих статьях. Первая из них носит обзорный характер, а вот вторую рекомендуется глубоко проработать.

- А. А. Варламов. Равновесие механической системы и метод виртуальных перемещений. «Квант», 1989, №1.
- А. Варламов, А. Шапиро. Метод виртуальных перемещений. «Квант», 1980, №9. [Ответы]

**ЗАДАЧА 1.** (МФТИ, 1986) На гладком блоке радиуса  $R$  висит однородный гибкий канат массы  $m$  и длины  $l$  (см. рисунок). Найти максимальную силу натяжения каната.

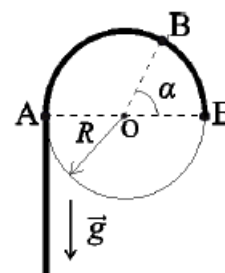
$$\left(\frac{z}{y^2-1} + y\right) \frac{l}{6m} = \text{vешL}$$



**ЗАДАЧА 2.** («Физтех», 2016, 10–11) На гладком закреплённом бревне радиусом  $R$  висит массивный однородный канат массой  $m$  и длиной  $l = 7R$ , прикрепленный к бревну в точке  $E$  (см. рисунок). Точка  $E$  и ось  $O$  бревна находятся в одной горизонтальной плоскости.

- 1) Найти силу натяжения каната в точке  $A$ .
- 2) Найти силу натяжения каната в точке  $B$  такой, что угол  $EOB$  равен  $\alpha$  ( $\sin \alpha = 2/3$ ).

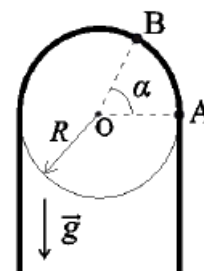
$$6m \frac{1z}{x^2-8z} = \text{vL} \quad (z : 6m \frac{l}{x-1} = \text{vL} \quad (1$$



**ЗАДАЧА 3.** («Физтех», 2016, 10–11) На гладком закреплённом шкиве радиусом  $R$  висит массивный однородный канат массой  $m$  и длиной  $l = 8R$  (см. рисунок). Ось  $O$  шкива горизонтальна.

- 1) Найти силу натяжения каната в точке  $A$ .
- 2) Найти силу натяжения каната в точке  $B$  такой, что угол  $AOB$  равен  $\alpha$  ( $\sin \alpha = 3/4$ ).

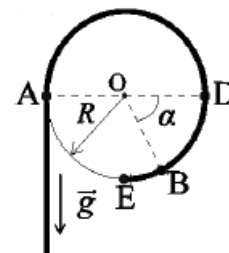
$$6m \frac{z^2}{x^2-6z} = \text{vL} \quad (z : 6m \frac{9l}{x-8} = \text{vL} \quad (1$$



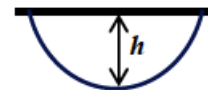
**ЗАДАЧА 4.** («Физтех», 2016, 11) На гладком закреплённом шкиве радиусом  $R$  висит массивный однородный канат массой  $m$  и длиной  $l = 9R$ , прикрепленный к шкиву в точке  $E$  (см. рисунок). Точка  $E$  и горизонтальная ось  $O$  шкива находятся в одной вертикальной плоскости.

- 1) Найти силу натяжения каната в точке  $A$ .
- 2) Найти силу натяжения каната в точке  $B$  такой, что угол  $DOB$  равен  $\alpha$  ( $\sin \alpha = 3/4$ ).

$$6m \frac{z1}{x^2-11} = \text{vL} \quad (z : 6m \frac{9}{x-9} = \text{vL} \quad (1$$

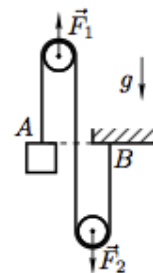


ЗАДАЧА 5. («Покори Воробьёвы горы!», 2018, 10–11) Однородная гибкая верёвка длины  $L = 1$  м и массой  $m = 320$  г подвешена к горизонтальному потолку таким образом, что глубина «провиса» верёвки равна  $h = 25$  см. Найти минимальную и максимальную величины силы натяжения верёвки. Ускорение свободного падения равно  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>.



$$H z = \left( \frac{1}{4l} + \frac{y}{l} \right) \frac{8}{\delta u} = \text{const}_L ; H z' = \left( \frac{1}{4l} - \frac{y}{l} \right) \frac{8}{\delta u} = \text{const}_L$$

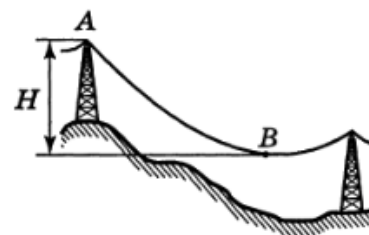
ЗАДАЧА 6. (Всеросс., 2011, РЭ, 10) Металлический куб прикреплен в точке  $A$  к тяжёлой однородной верёвке, перекинутой через два лёгких блока. Другой конец верёвки закреплен на неподвижной опоре в точке  $B$  так, что точки  $A$  и  $B$  находятся на одинаковой высоте (см. рисунок). Силы  $F_1 = 110$  Н и  $F_2 = 90$  Н, приложенные к осям блоков, удерживают систему в равновесии. Определите длину верёвки  $L$ .



Линейная плотность верёвки (масса единицы длины) равна  $\rho = 0,25$  кг/м, а  $g = 10$  м/с<sup>2</sup>. Трения в осях блоков нет. Радиусом блоков по сравнению с длиной верёвки пренебречь нельзя.

$$N_8 = \frac{6d}{z_A - z_B} = \tau$$

ЗАДАЧА 7. (Всеросс., 1997, финал, 10) В горах проведена линия электропередачи (рис.). Масса провода между двумя опорами  $m$ , его длина  $L$ . Расстояние по вертикали между нижней точкой провода  $B$  и местом крепления его к верхней опоре в точке  $A$  равно  $H$ . Длина участка  $AB$  провода равна  $l$ . Найдите максимальную силу натяжения провода.

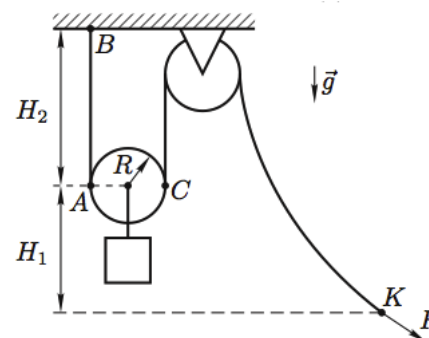


$$\frac{\tau H z}{z l + z H} \delta u = \text{const}_L$$

ЗАДАЧА 8. (Всеросс., 2008, ОЭ, 11) С помощью массивного однородного каната, подвижного блока радиуса  $R$  и неподвижного блока удерживают в покое груз (рис.). Масса каната  $m$ , его длина  $l$ , масса груза с подвижным блоком  $M$ . Расстояния по вертикали  $H_1$  и  $H_2$  известны.

- 1) Найдите силу натяжения каната в точке  $B$ .
- 2) Найдите прикладываемую к концу каната в точке  $K$  силу  $F$ .

Трением в осях блоков пренебречь.



$$\delta \left( \frac{l}{z_H z - y z} u + N \right) \frac{z}{l} = J ; \delta \left( \frac{l}{z_H z + y z} u + N \right) \frac{z}{l} = Q_L$$