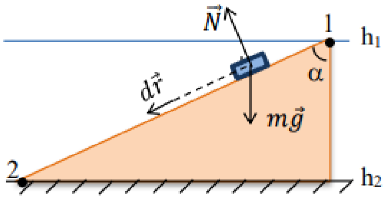
# 13 - Консервативные и неконсервативные силы. Работа силы трения и гироскопической силы.

**Консервативные(потенциальные) силы –** силы, работа которых не зависит от формы пути, а определяется только начальным и конечным положениями тела.

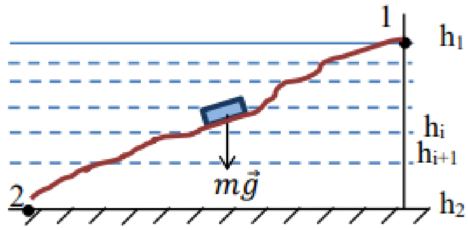



$$A_{12} = \int_1^2 \vec{F}\cdot d\vec{r} = \int_1^2 (\vec{N}+m\vec{g})\cdot d\vec{r} = \int_1^2 \underbrace{\vec{N}\cdot d\vec{r}}_{\vec{N}\perp d\vec{r}}^{\;0} +$$

$$+\int_1^2 m\vec{g}\cdot d\vec{r} = \int_1^2 |m\vec{g}||d\vec{r}|\cos(\widehat{m\vec{g}\,d\vec{r}}) =$$

$$= \int_1^2 mg\,ds\cos\alpha = mg\cos\alpha\int_1^2 ds = mg(s_{12}\cos\alpha) = mg(h_1-h_2) \quad (1)$$

Формула (1) будет справедлива, если перемещение точки будет происходить по произвольному криволинейному пути. Это становится очевидным, если разбить весь путь 1-2 горизонтальными плоскостями на малые участки, каждый из которых можно считать прямолинейным.

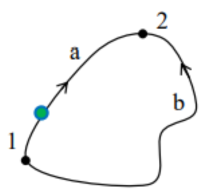



Записав для каждого участка формулу (1) и сложив полученные работы для всех участков, мы придём к прежней формуле:

$$A_{1\,i} = mg(h_1 - h_i)$$
$$+\; A_{i\,i+1} = mg(h_i - h_{i+1})$$
$$A_{i+1\,i+2} = mg(h_{i+1} - h_{i+2})$$
$$A_{i+n\,2} = mg(h_{i+n} - h_2)$$
$$\overline{\qquad A_{12} = \sum_i A_{i\,i+1} = mg(h_1-h_2)}$$

**Работа консервативных сил** по любому замкнутому пути равна нулю: $A_o = \oint \vec{F}\cdot d\vec{r} = 0$

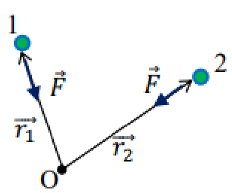
МТ переходит из положения 1 в положение 2 по пути $1a2$, при этом консервативные силы совершают работу $A_{1a2}$. Если точка перейдёт из положения 1 в положение 2 по пути $1b2$ будет совершена работа $A_{1b2}$. По определению консервативных сил $A_{1a2} = A_{1b2}$.




$$A_{1b2} = \int_1^2 \vec{F}\cdot d\vec{r} = -\int_2^1 \vec{F}\cdot d\vec{r} = -A_{2b1}$$

Пусть теперь наша МТ совершает перемещение по замкнутому пути: $1a2b1$, тогда консервативные силы совершают работу $A_{1a2b1} = A_o = A_{1a2} + A_{2b1} = A_{1a2} - A_{1b2} = 0$.

***Центральная сила***: *сила* называется *центральной*, если она направлена к одной и той же точке пространства (или от одной и той же точки) и зависит только от расстояния до этой точки, называемой *центром силы* или *силовым центром* (на рис. точка О).




$\vec{F} = \pm F(r)\dfrac{\vec{r}}{r}$ – общая запись всех центральных сил.

$$A_{12} = \int_1^2 \vec{F}\cdot d\vec{r} = \int_1^2 \pm F(r)\frac{\vec{r}}{r}\cdot d\vec{r} = \pm\int_1^2 F(r)\,dr = \Phi(r_2) - \Phi(r_1)$$

Все силы, не являющиеся консервативными, называются **неконсервативными**.

К ним, в первую очередь, относятся диссипативные силы ($\vec{F}$ тр, $\vec{F}$ сопр), общий вид которых можно представить в виде: $\vec{F} = -F(v)\frac{\vec{v}}{v}$.

Работа диссипативной силы при бесконечно малом перемещении:

$$\delta A = \vec{F} \cdot d\vec{r} = -F(v)\frac{\vec{v}}{v} \cdot d\vec{r} = -F(v)\frac{\vec{v}}{v} \cdot \vec{v} \cdot dt = -F(v) \cdot v \cdot dt < 0$$

Диссипативные силы – силы, работа которых всегда отрицательна.

**Гироскопические силы** – силы, зависящие от скорости МТ и действующие всегда перпендикулярно скорости.

Единственным примером гироскопических сил, известных в физике, является магнитная часть силы Лоренца:

$$\vec{F_м} = q[\vec{v}, \vec{B}],\ \vec{F_м} \perp \vec{v}.$$

Найдём работу силы Лоренца при малом премещении МТ $d\vec{r}$:

$$\delta A = \vec{F_м} \cdot d\vec{r} = q\left[\vec{v}, \vec{B}\right] \cdot d\vec{r} = q\left[\vec{v}, \vec{B}\right] \cdot \vec{v} \cdot dt = q \cdot \cancelto{0}{[\vec{v}, \vec{v}]} \cdot \vec{B} \cdot dt = 0$$

Значит, работа гироскопических сил на любом пути всегда будет равна нулю $A_{гир} = \int \delta A = 0$.