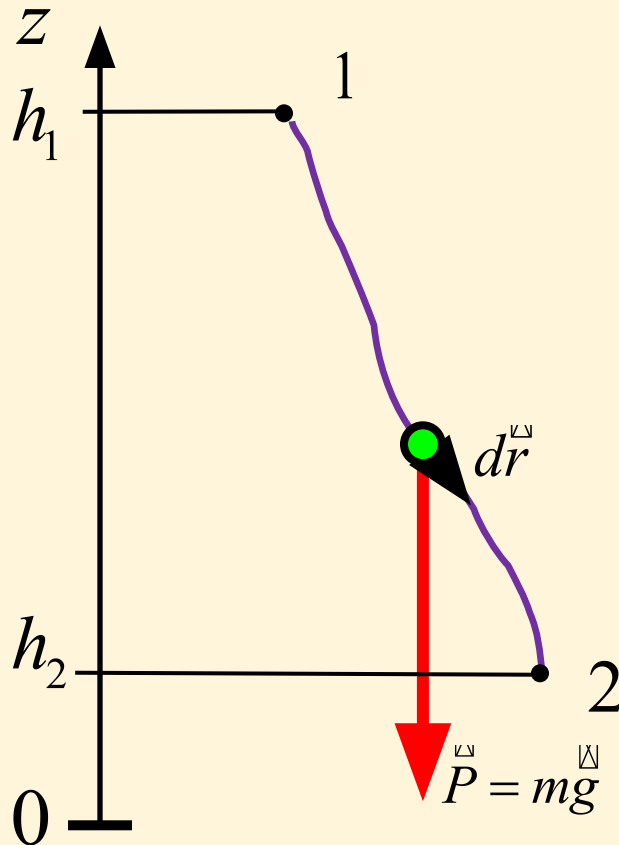


### 13. Работа консервативной силы. Потенциальная энергия.



Элементарная работа силы тяжести при элементарном перемещении:

$$\delta A = \vec{P} d\vec{r} = P(d\vec{r})_P = P(-dz) = -mgdz$$

$$(d\vec{r})_P = -dz$$

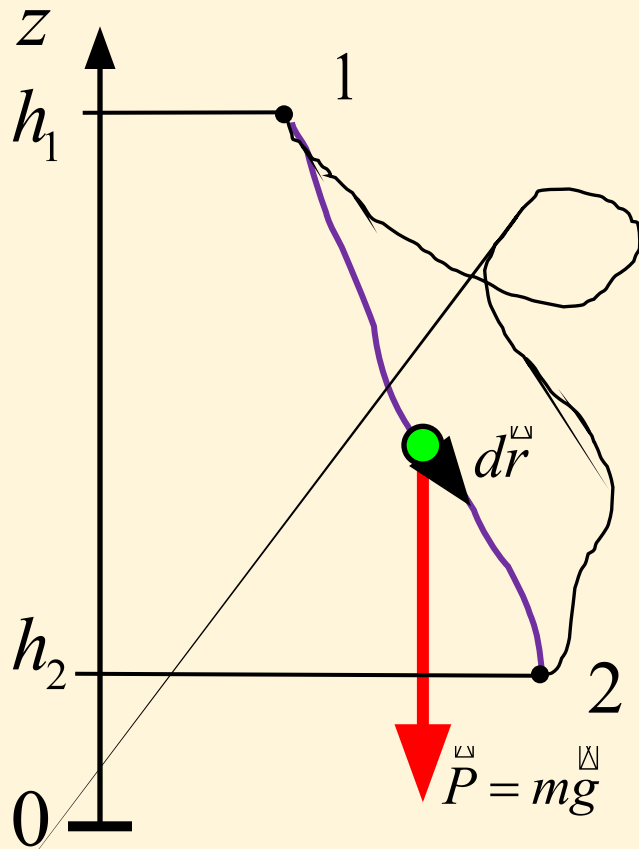
Работа силы тяжести по перемещению м.т. из точки (1) в точку (2) :

$$A = \int_{h_1}^{h_2} -mgdz = -mg \int_{h_1}^{h_2} dz = mgh_1 - mgh_2$$

$$A = mgh_1 - mgh_2$$

Работа силы тяжести не зависит от формы траектории, а определяется лишь начальным и конечным положениями материальной точки в пространстве.

### 13. Работа консервативной силы. Потенциальная энергия.



Элементарная работа силы тяжести на элементарном перемещении:

$$\delta A = \vec{P} d\vec{r} = P(d\vec{r})_P = P(-dz) = -mgdz$$

$$(d\vec{r})_P = -dz$$

Работа силы тяжести по перемещению м. т. из точки (1) в точку (2) :

$$A = \int_{h_1}^{h_2} -mgdz = -mg \int_{h_1}^{h_2} dz = mgh_1 - mgh_2$$

$$A = mgh_1 - mgh_2$$

Работа силы тяжести не зависит от формы траектории, а определяется лишь начальным и конечным положениями материальной точки в пространстве.

Сила, работа которой зависит только от начального и конечного положения тела в пространстве и не зависит ни от вида траектории, ни от закона перемещения движения, называется **консервативной силой**.

$$\vec{F}_g = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

Работа силы гравитации

$$A_g = -G \frac{m_1 m_2}{r_1} - \left( -G \frac{m_1 m_2}{r_2} \right)$$

$$\vec{F}_k = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}$$

Работа силы Кулона

$$A_k = \frac{kq_1 q_2}{r_1} - \frac{kq_1 q_2}{r_2}$$

$$\vec{F}_{упр} = -\kappa \vec{r}$$

Работа силы упругости

$$A_{упр} = \frac{\kappa \cdot r_1^2}{2} - \frac{\kappa \cdot r_2^2}{2}$$

$$T.o., \vec{F}_{гип} = -G \frac{m_1 m_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}; \vec{F}_k = k \frac{q_1 q_2}{r^2} \cdot \frac{\vec{r}}{r}; \vec{F} = -\kappa r$$

Консервативные (потенциальные)  
силы, образующие силовое  
потенциальное поле.



**Вихревое поле**

(неконсервативных сил)

Магнитное поле, электрическое  
вихревое поле.

Гравитационное поле,  
электростатическое поле,  
поле упругой силы.

Потенциальная энергия  
взаимодействия

$$A_g = \left( -G \frac{m_1 m_2}{r_1} \right) - \left( -G \frac{m_1 m_2}{r_2} \right)$$

$$A_T = mgh_1 - mgh_2$$

$$A_k = k \frac{q_1 q_2}{r_1} - k \frac{q_1 q_2}{r_2}$$

$$A_{\text{упр}} = \frac{\kappa \cdot r_1^2}{2} - \frac{\kappa \cdot r_2^2}{2}$$



$$A_{\text{к.с.}} = W_{\Pi 1} - W_{\Pi 2} =$$
$$= -(W_{\Pi 2} - W_{\Pi 1})$$
$$\delta A_{\text{к.с.}} = -dW_{\Pi}$$



Работа консервативной силы равна  
взятому со знаком минус изменению  
потенциальной энергии тела.



$$W_g = -G \frac{m_1 m_2}{r} \rightarrow \text{Потенциальная энергия гравитационного$$
  
$$\text{взаимодействия}$$

$$W_T = mgh \rightarrow \text{Потенциальная энергия тела в}$$
  
$$\text{однородном поле силы тяжести}$$

$$W_k = k \frac{q_1 q_2}{r} \rightarrow \text{Потенциальная энергия}$$
  
$$\text{электростатического взаимодействия}$$

$$W_{\text{упр}} = \frac{\kappa \cdot r^2}{2} \rightarrow \text{Потенциальная энергия упругого$$
  
$$\text{взаимодействия}$$

## 14. Связь консервативной силы, действующей на тело, с потенциальной энергией тела.

$$\delta A_{\text{к.с.}} = \vec{F}_{\text{к.с.}} \cdot d\vec{l} = F_l dl = -dW_{\Pi}$$

$F_l$  – проекция консервативной силы  $\vec{F}_{\text{к.с.}}$  на направление элементарного перемещения  $d\vec{l}$

$$F_l = -\frac{dW_{\Pi}}{dl}$$

$$F_x = -\frac{\partial W_{\Pi}}{\partial x}$$

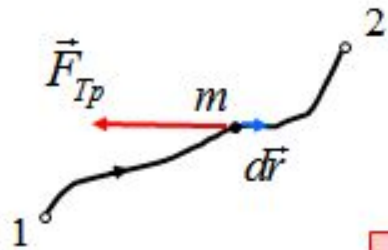
$$F_y = -\frac{\partial W_{\Pi}}{\partial y}$$

$$F_z = -\frac{\partial W_{\Pi}}{\partial z}$$

$$\vec{F}_{\text{к.с.}} = F_x \vec{i} + F_y \vec{j} + F_z \vec{k} = -\left( \frac{\partial W_{\Pi}}{\partial x} \vec{i} + \frac{\partial W_{\Pi}}{\partial y} \vec{j} + \frac{\partial W_{\Pi}}{\partial z} \vec{k} \right)$$

$$\vec{F}_{\text{к.с.}} = -\text{grad}W_{\Pi}$$

**Сила трения** – сила, возникающая при относительном перемещении соприкасающихся тел и направленная в сторону, противоположную относительному перемещению.



$$\delta A_{Tp} = \vec{F}_{Tp} d\vec{r} = -F_{Tp} dS$$

$$A = - \int_{(1)}^{(2)} F_{Tp} dS$$

*Работа силы трения зависит от формы траектории.  
Сила трения – неконсервативная сила. Сила трения – диссипативная сила.*