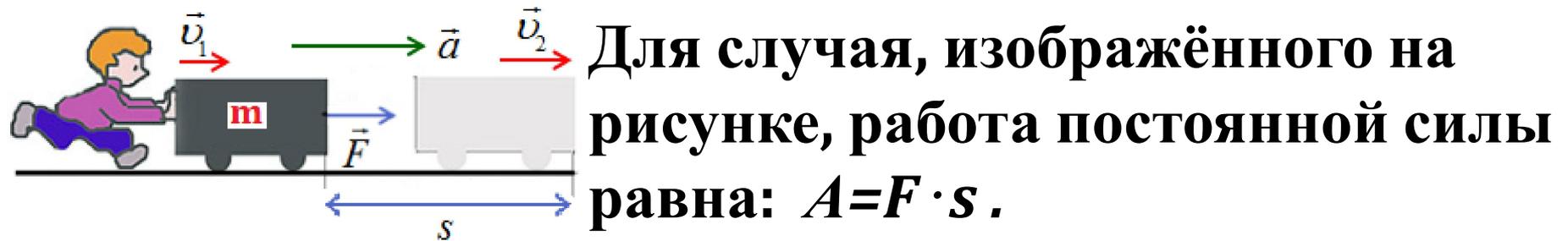


4. Кинетическая энергия тела

Любая работа, совершаемая над телом, увеличивает его **энергию** и делает его способным в свою очередь совершать работу.



По II-му з-ну Ньютона: $F = ma$. Модуль перемещения

$$s = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}$$

Тогда для работы получим:

$$A = Fs = ma \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a} = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

Физическая величина, равная половине произведения массы тела на квадрат его скорости, называется **кинетической энергией тела**.

Кинетическая энергия тела обозначается буквой

: E_k $E_k = \frac{mv^2}{2}$

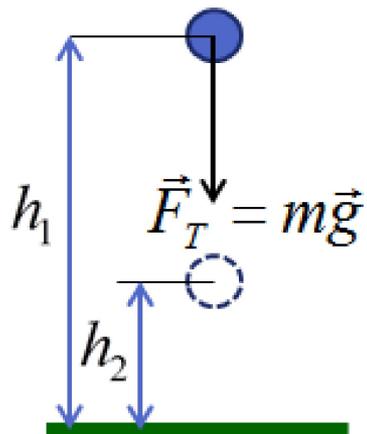
Тогда работа постоянной силы может быть записана в виде:

$$A = E_{k2} - E_{k1} = \Delta E_k$$

Работа равнодействующей сил, приложенных к телу, равна изменению кинетической энергии тела.

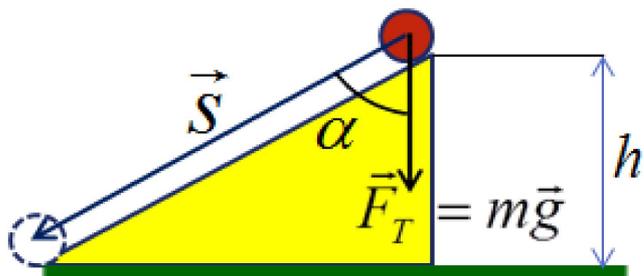
Кинетическая энергия выражается в тех же единицах, что и работа, т.е. в джоулях.

5. Потенциальная энергия тела



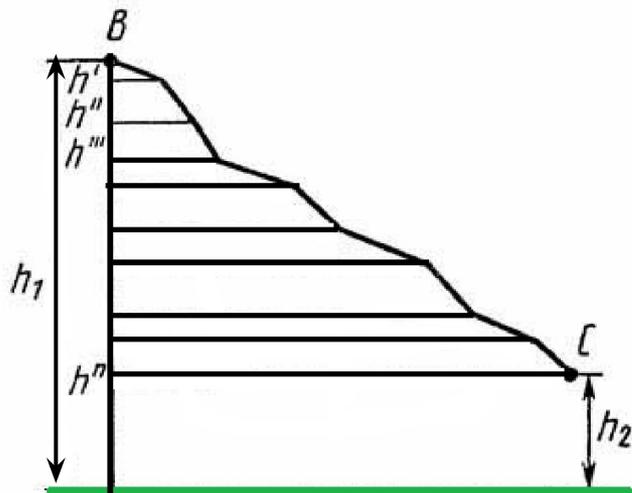
Найдём работу, совершаемую силой тяжести F_T при перемещении тела массой m вертикально вниз с высоты над поверхностью Земли до высоты h_1 h_2

$$A = F_T \cdot s = mg(h_1 - h_2)$$



При движении тела по наклонной плоскости сила тяжести совершает работу:

$$A = F_T \cdot s \cdot \cos \alpha = mgh$$



При движении тела из т. В в т. С по любой траектории

$$A = mgh' + mgh'' + \dots + mgh^n = mg(h' + h'' + \dots + h^n) = mg(h_1 - h_2)$$

Таким образом, *работа силы тяжести не зависит от траектории движения и всегда равна произведению модуля силы тяжести на разность высот в начальном и конечном положениях.*

При движении вниз работа силы тяжести положительна, при движении вверх – отрицательна.

Если после движения по какой-либо траектории тело возвращается в исходную точку ($h_2 = h_1$) работа силы тяжести оказывается равной нулю.



Работа силы тяжести на замкнутой траектории равна нулю.

Перепишем равенство $A = mg(h_1 - h_2)$ в виде:

$$A = -mg(h_2 - h_1) = -(mgh_2 - mgh_1)$$

Физическую величину, равную произведению массы тела на модуль ускорения свободного ускорения и на высоту, на которую поднято тело над поверхностью Земли, называется потенциальной энергией тела.

Обозначается потенциальная энергия буквой E_p

Работа силы тяжести равна изменению потенциальной энергии тела, взятому с противоположным знаком:

$$A = -(E_{p2} - E_{p1}) = -\Delta E_p$$

Значение потенциальной энергии тела над Землёй зависит от выбора нулевого уровня, т. е. высоты, на которой принимается за нуль. Обычно принимают, что потенциальная энергия на поверхности Земли равна нулю.

Для тела, поднятого на высоту h от поверхности Земли:

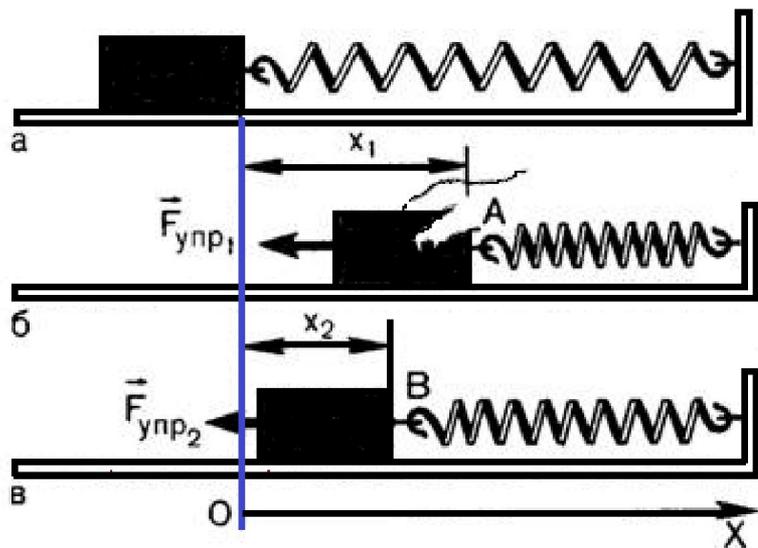
$$E_p = mgh$$

Для тела на глубине h от поверхности Земли:

$$E_p = -mgh$$

Таким образом, в отличие от кинетической энергии, потенциальная энергия может быть как положительной, так и отрицательной.

Вычислим работу, совершаемую силой упругости при изменении деформации (удлинения) пружины от некоторого начального значения до конечного x_1 значения (рис. б, в). x_2



Сила упругости изменяется в процессе деформации пружины. Для нахождения работы силы упругости можно взять среднее значение

модуля силы (т. к. сила упругости линейно зависит от x) и умножить на модуль перемещения:

$$A = F_{\text{упр.ср.}} \cdot (x_1 - x_2)$$

По закону Гука: $F_{\text{упр.ср.}} = k \frac{x_1 + x_2}{2}$. Тогда:

$$A = k \frac{x_1 + x_2}{2} (x_1 - x_2) = \frac{k(x_1^2 - x_2^2)}{2} = \frac{kx_1^2 - kx_2^2}{2} = \frac{kx_1^2}{2} - \frac{kx_2^2}{2}$$

Или:

$$A = -\left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2}\right) \quad (1)$$

Физическая величина, равная половине произведения жесткости тела на квадрат его деформации, называется потенциальной энергией упруго деформированного тела:

$$E_p = \frac{kx^2}{2} \quad (2)$$

Из уравнений (1) и (2) следует, что *работа силы упругости равна изменению потенциальной энергии упруго деформированного тела, взятому с противоположным знаком:*

$$A = -(E_{p2} - E_{p1}) = -\Delta E_p$$

Если $x_2 = 0$ и $x_1 = x$, то: $E_p = A$

Тогда физический смысл потенциальной энергии деформированного тела:

потенциальная энергия упруго деформированного тела равна работе, которую совершает сила упругости при переходе тела в состояние, в котором деформация равна нулю.

6. ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ И ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭНЕРГИИ В МЕХАНИЧЕСКИХ ПРОЦЕССАХ

Если тела, составляющие замкнутую механическую систему, взаимодействуют между собой только силами тяготения и упругости, то работа этих сил равна изменению потенциальной энергии тел, взятому с противоположным знаком:

$$A = -(E_{p2} - E_{p1})$$

Вместе с тем по теореме о кинетической энергии эта работа равна изменению кинетической энергии тел:

$$A = E_{k2} - E_{k1} \quad \text{Следовательно:}$$

$$E_{k2} - E_{k1} = -(E_{p2} - E_{p1}) \quad \text{или} \quad \boxed{E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2}}$$

Сумма кинетической и потенциальной энергии тел, составляющих замкнутую систему и взаимодействующих между собой силами тяготения и силами упругости, остается неизменной.

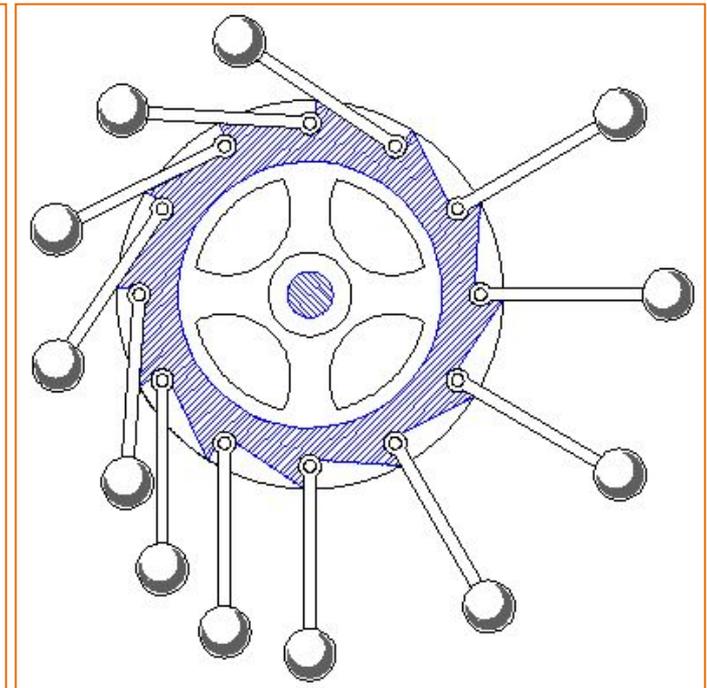
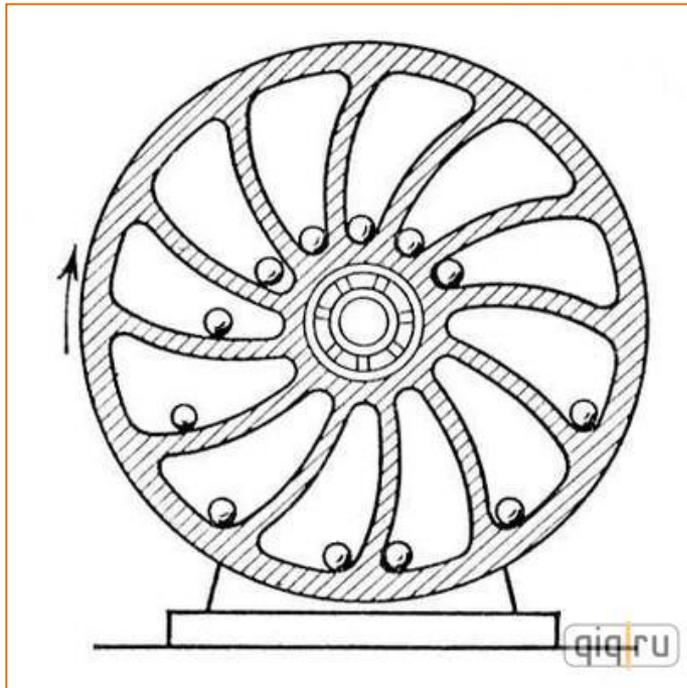
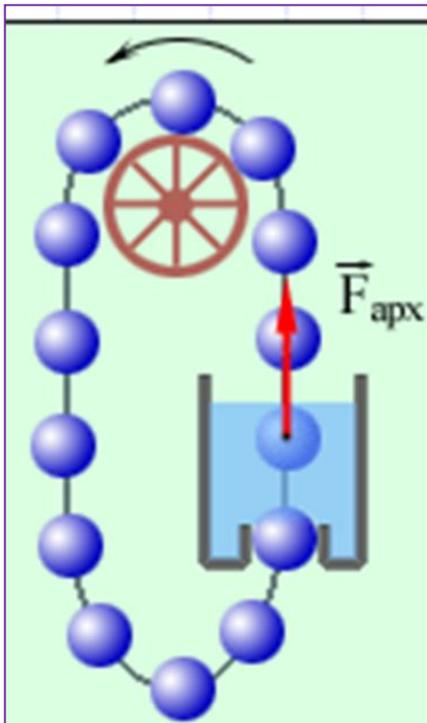
Это утверждение выражает закон сохранения энергии в механических процессах. Он является следствием законов Ньютона.

Сумму $E_n = E_k + E_p$ называют полной механической энергией.

Закон сохранения механической энергии выполняется только тогда, когда тела в замкнутой системе взаимодействуют между собой при отсутствии сил трения.

Если между телами, составляющими замкнутую систему, действуют силы трения, то механическая энергия не сохраняется. Часть механической энергии превращается во внутреннюю энергию тел (нагревание).

Одним из следствий закона сохранения и превращения энергии является утверждение о **невозможности создания «вечного двигателя»** (*perpetuum mobile*) – машины, которая могла бы неопределенно долго совершать работу, не расходуя при этом энергии



Для полной механической энергии закон сохранения энергии имеет следующее выражение: **полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих силами тяготения и упругости, остается неизменной.**

Закон сохранения энергии раскрывает физический смысл понятия работы.

Работа сил тяготения и сил упругости, с одной стороны, равна увеличению кинетической энергии, а с другой стороны, — уменьшению потенциальной энергии тел.

Следовательно, ***работа равна энергии, превратившейся из одного вида в другой.***

- **Работа силы тяжести** равна изменению потенциальной энергии тела, взятому с противоположным знаком.

$A_T = mgh$

$\vec{F}_T = m\vec{g}$

h_2

Δs_y

Работа силы тяжести не

- **Работа силы упругости:** равна изменению потенциальной энергии деформированного тела

$A_{\text{упр}} = - \left(\frac{kx_2^2}{2} - \frac{kx_1^2}{2} \right)$

x

l_0

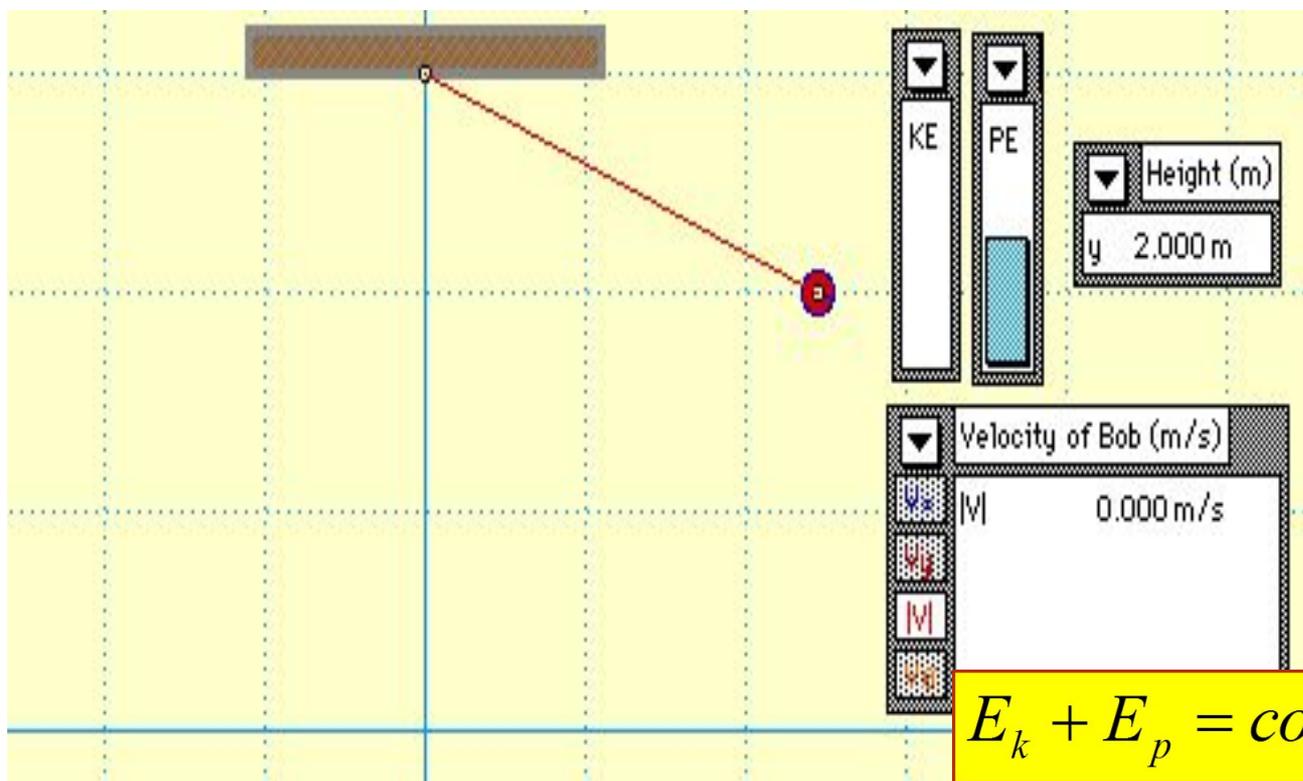
\vec{F}

$-\vec{F}$

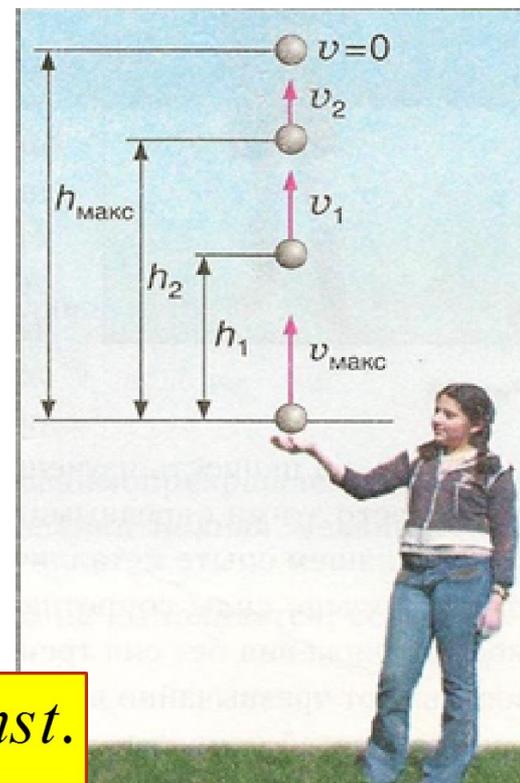
- **Работа силы трения:** равна изменению кинетической энергии тела

$A_{\text{тр}} = - \left(\frac{kv_2^2}{2} - \frac{kv_1^2}{2} \right)$

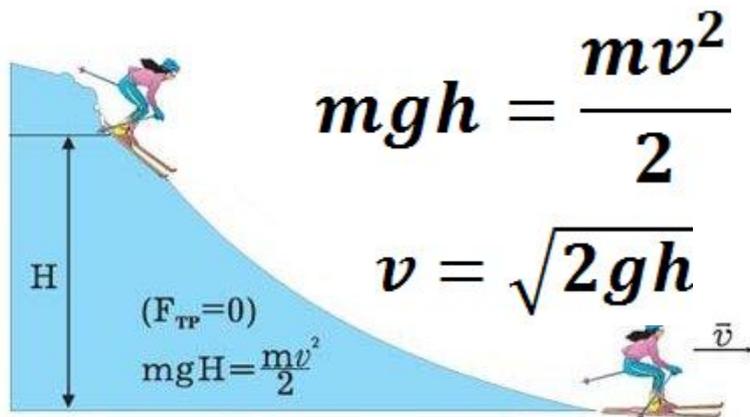
При любых физических взаимодействиях энергия не возникает и не исчезает. Она лишь превращается из одной формы в другую. Этот экспериментально установленный факт выражает фундаментальный закон природы – закон сохранения и превращения энергии.



$$E_k + E_p = const.$$



Примеры выполнения закона сохранения полной механической энергии

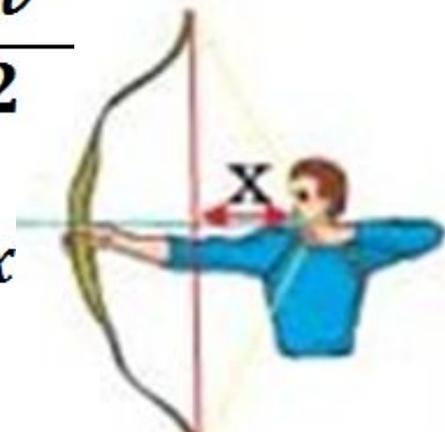


$$E_k + E_n = \text{const}$$

Потенциальная энергия тела, поднятого над землей переходит в кинетическую

$$\frac{kx^2}{2} = \frac{mv^2}{2}$$

$$v = \sqrt{\frac{k}{m}} x$$



Потенциальная энергия деформированного тела переходит в кинетическую

$$E_k + E_p = \text{const.}$$