

Энергия

Если тело может совершить механическую работу, то оно обладает механической энергией E (Дж). Либо, если внешняя сила совершает работу, воздействуя на тело, его энергия изменяется.

Запасенная работоспособность тела в механике называется энергией.

Механическая энергия



Кинетическая



Потенциальная

Кинетическая энергия

Кинетической энергией системы называют энергию, зависящую от скоростей движения точек этой системы.

Для того чтобы, получить количественное выражение для кинетической энергии, вычислим работу, которую может совершить движущееся тело в частном случае одномерного движения.

Рассмотрим случай, когда на тело массой m действует постоянная сила F (она может быть равнодействующей нескольких сил) и векторы силы F и перемещения s направлены вдоль одной прямой в одну сторону. В этом случае работу силы можно определить как $A = F \cdot s$.

Модуль силы по второму закону Ньютона равен $F = m \cdot a$, а модуль перемещения s при равноускоренном прямолинейном движении связан с модулями начальной V_1 и конечной скорости V_2 и ускорения выражением:

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

Отсюда для работы получаем:

$$A = F \cdot s = m \cdot a \cdot \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a} = \frac{m \cdot v_2^2}{2} - \frac{m \cdot v_1^2}{2}$$

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

$$E_k = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

Тогда: $A = E_{k2} - E_{k1} \quad (*)$

(*) - Теорема о кинетической энергии:
работа равнодействующей сил, приложенных к телу, равна изменению кинетической энергии тела.

Теорема о кинетической энергии

$$A = \int_a^b F \cos \alpha ds = \int_a^b ma \cos \alpha ds =$$

$$\int_a^b m \frac{dv}{dt} ds = \int_{v_{\text{нач.}}}^{v_{\text{кон.}}} m v dv =$$

$$\frac{1}{2} m v^2 \Big|_{v_{\text{нач.}}}^{v_{\text{кон.}}} = \frac{1}{2} m v_{\text{кон.}}^2 - \frac{1}{2} m v_{\text{нач.}}^2 \quad (*)$$

Если начальная скорость движения тела массой m равна нулю и тело **увеличивает свою скорость** до значения V , то работа силы равна конечному значению кинетической энергии тела:

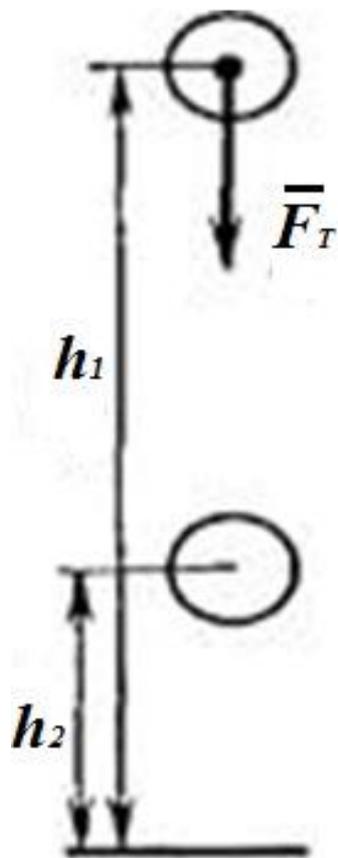
$$A = E_{k2} - E_{k1} = \frac{mv^2}{2} - 0 = \frac{mv^2}{2}$$

Физический смысл кинетической энергии:

кинетическая энергия тела, движущегося со скоростью V , показывает, какую работу должна совершить сила, действующая на покоящееся тело, чтобы сообщить ему эту скорость.

Потенциальная энергия

Потенциальной энергией называют энергию, обусловленную взаимодействием тел и зависящую от их взаимного расположения.



Потенциальная энергия взаимодействия тела с Землей.

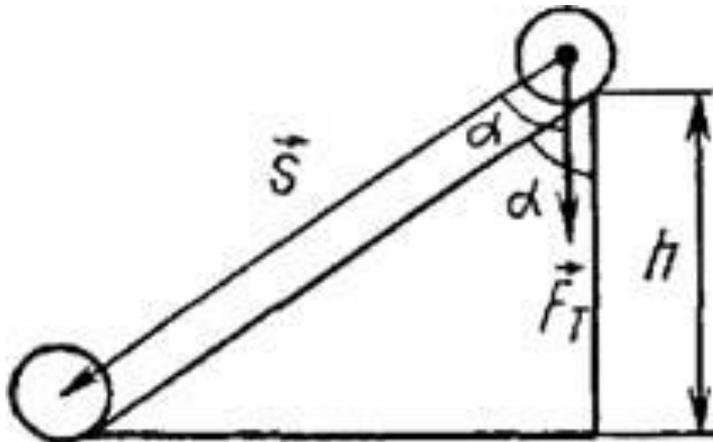
Найдем работу, совершаемую силой тяжести F_T при перемещении тела массой m вертикально вниз с высоты h_1 над поверхностью Земли до высоты h_2 .

Силу тяжести F_T во время движения тела можно считать постоянной и равной mg .

Т.к. перемещение совпадает по направлению с вектором силы тяжести, работа силы тяжести равна:

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

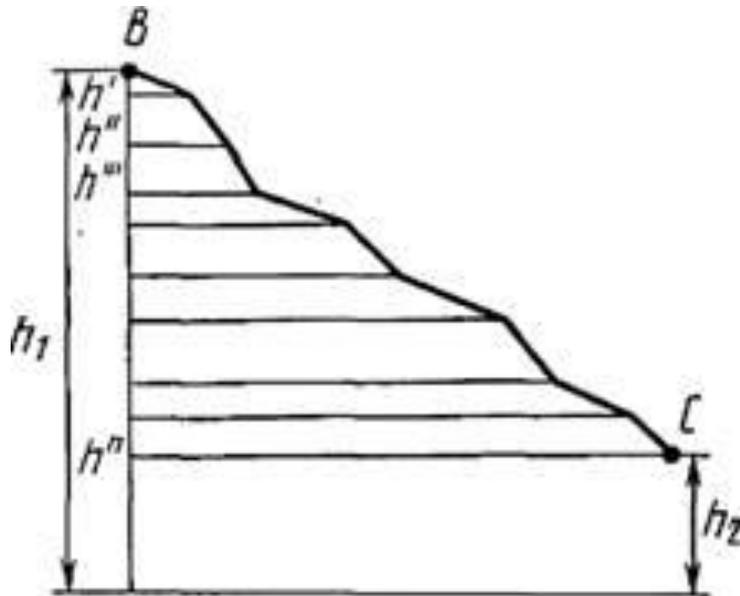
Рассмотрим теперь движение тела по наклонной плоскости. При перемещении тела вниз по наклонной плоскости сила тяжести $F_T = mg$ совершает работу:



$$A = mgS \cos \alpha = mgh$$

h – высота наклонной плоскости, s – модуль перемещения, равный длине наклонной плоскости.

Движение тела из т. B в т. C по любой траектории (см. рисунок) можно мысленно представить состоящим из перемещений по участкам наклонных плоскостей с различными высотами h' , h'' и т.д.



h_1 и h_2 – высоты от поверхности Земли, на которых расположены соответственно точки B и C .

Работа A силы тяжести на всем пути из т. B в т. C равна сумме работ на отдельных участках пути:

$$A = m \cdot g \cdot h' + m \cdot g \cdot h'' + \dots + m \cdot g \cdot h^n = m \cdot g \cdot (h' + h'' + \dots + h^n) = m \cdot g \cdot (h_1 - h_2) (**)$$

Равенство (**) показывает, что работа силы тяжести не зависит от траектории движения тела 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**. Работа силы тяжести на замкнутой траектории равна нулю.

Равенство (**) можно представить в таком виде:

$$A = - (mgh_2 - mgh_1)$$

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

Работа силы тяжести при перемещении тела массой m из точки, расположенной на высоте h_1 , в точку, расположенную на высоте h_2 от поверхности Земли, по любой траектории равна изменению потенциальной энергии взаимодействия тела и Земли, взятому с противоположным знаком.

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

Значение потенциальной энергии тела, поднятого над Землей, зависит от выбора нулевого уровня, т. е. высоты, на которой потенциальная энергия принимается равной нулю.

Обычно принимают, что потенциальная энергия тела на поверхности Земли равна нулю.

При таком выборе нулевого уровня потенциальная энергия E_p тела:

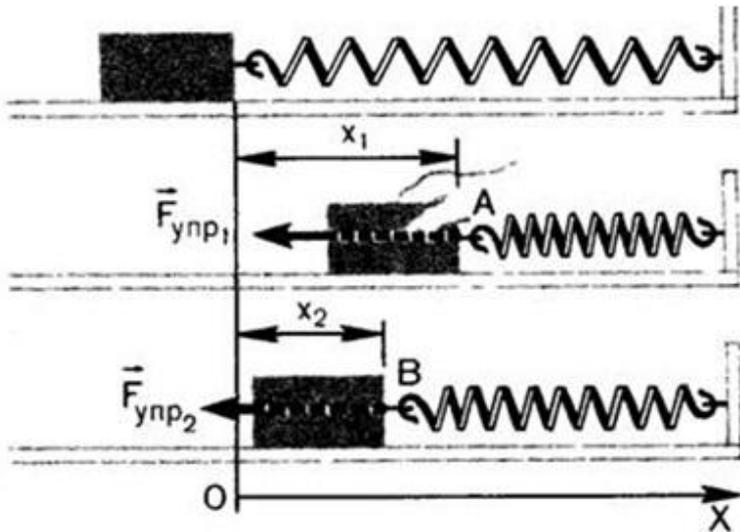
$$E_p = mgh$$

Физический смысл потенциальной энергии взаимодействия тела с Землей: потенциальная энергия тела, на которое действует сила тяжести, равна работе, совершаемой силой тяжести при перемещении тела на нулевой уровень.

В отличие от кинетической энергии поступательного движения, которая может иметь лишь положительные значения, потенциальная энергия тела может быть как положительной, так и отрицательной. Например, тело массой m , находящееся на глубине h от поверхности Земли, обладает отрицательной потенциальной энергией.

Потенциальная энергия упруго деформированного тела

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



$$A = F_{упр.ср.} \cdot (x_1 - x_2)$$

$$\text{где } F_{упр.ср.} = k \cdot \frac{x_1 + x_2}{2}$$

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.

Тогда:

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

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

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

$$E_p = kx^2/2$$

Из формул следует, что работа силы упругости равна изменению потенциальной энергии упруго деформированного тела, взятому с противоположным знаком:

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

Если $x_2 = 0$ и $x_1 = x$, то, как видно из формул:

$$E_p = A$$

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.

Закон сохранения энергии

Рассмотрим теперь вопрос об **изменениях энергии при взаимодействиях тел, образующих замкнутую систему**. Если несколько тел взаимодействуют между собой только силами тяготения и силами упругости и никакие внешние силы на них не действуют, то при любых взаимодействиях тел работа сил упругости или сил тяготения равна изменению потенциальной энергии тел, взятому с противоположным знаком:

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

Вместе с тем по теореме о кинетической энергии работа тех же сил равна изменению кинетической энергии:

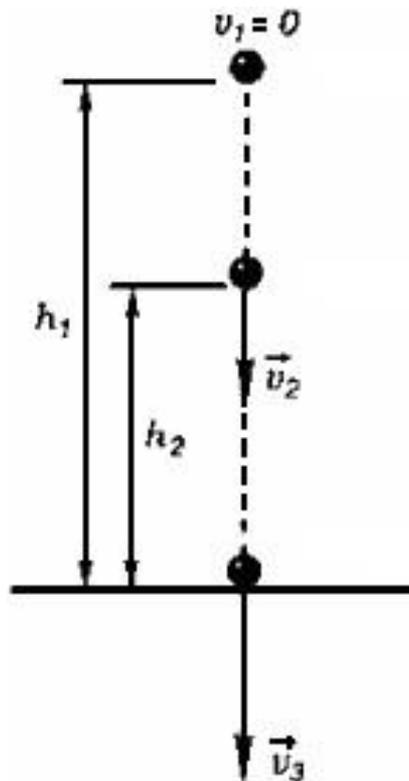
$$A = E_{k2} - E_{k1}$$

Изменение кинетической энергии тел в замкнутой системе равно по абсолютному значению изменению потенциальной энергии системы тел и противоположно ему по знаку:

$$E_{k2} - E_{k1} = -(E_{p2} - E_{p1})$$

Рассмотрим простейший случай свободного падения тела.

В данном случае система состоит из двух тел: падающего тела и земли. На тело будет действовать только сила тяжести $F = mg$.



$$E = E_{p1} = mgh_1, E_{k1} = 0$$

$$E = E_{k2} + E_{p2} = \frac{mv_2^2}{2} + mgh_2$$

$$E = E_{k3} = \frac{mv_3^2}{2}, E_{p3} = 0$$

$$E_{k1} + E_{p1} = E_{k2} + E_{p2} = E_{k3} + E_{p3}$$

Полная механическая энергия тела:

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

Полученное соотношение выражает закон сохранения энергии тела.

Этот закон формулируется следующим образом:

В изолированной системе полная энергия неизменна. При переходе из одного состояния в другое кинетическая и потенциальная энергии переходят одна в другую, но их сумма остается неизменной.

Под изолированной системой мы будем понимать систему тел, в которой не действуют силы трения и сопротивления.