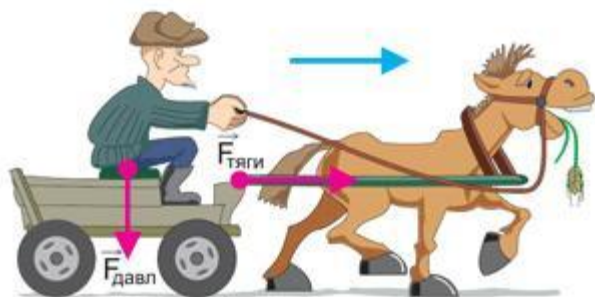


ЛЕКЦИЯ № 3 Работа и энергия

Элементы содержания: Механическая работа. Мощность. Энергия. Кинетическая энергия. Теорема о кинетической энергии. Консервативные, гироскопические и диссипативные силы. Потенциальная энергия. Полная механическая энергия. Законы изменения и сохранения полной механической энергии. Общезначимый закон сохранения энергии.

Литература: Трофимова Т.И. Курс физики: Учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 2000. С. 21-31.

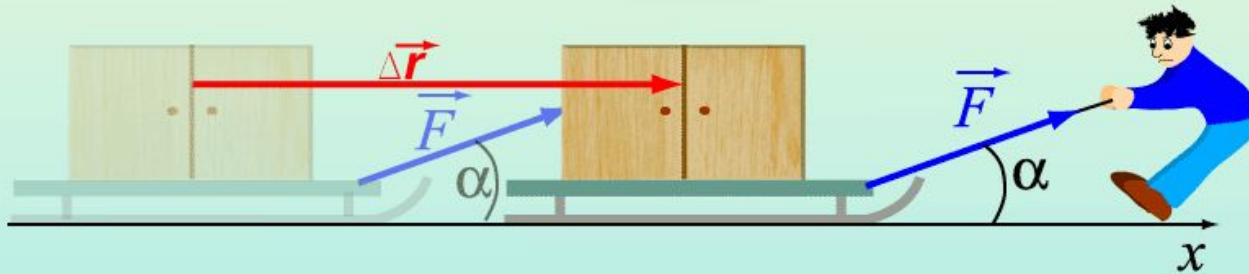


Механическая работа – скалярная величина, характеризующая действие силы на некотором участке пути; $[A]=\text{Дж}$.

Работа

– физическая величина, равная произведению модуля вектора силы на модуль вектора перемещения и на косинус угла между этими векторами

$$A = F s \cos \alpha$$



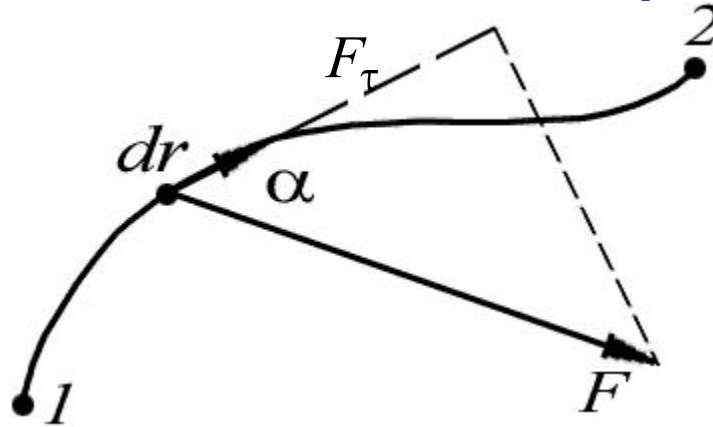
$$\alpha > 90 \\ A < 0$$

$$\alpha = 90 \\ A = 0$$

$$\alpha < 90 \\ A > 0$$

$$A = F s \cos \alpha = |\vec{F}| \cdot |\Delta \vec{r}| \cos \alpha = \vec{F} \cdot \Delta \vec{r} = F_{\tau} s \quad (3.1)$$

Формулы (3.1) справедливы при вычислении работы в случае когда, тело движется по прямолинейной траектории, а сила, действующая на тело, во всех точках траектории одна и та же. В общем случае:



Работа на бесконечно малом участке траектории:

$$\delta A = \vec{F} \cdot d\vec{r} = F_{\tau} ds \quad . \quad (3.2)$$

Работа на конечном участке траектории:

$$A = \int_{(L)} \vec{F} \cdot d\vec{r} = \int_{(L)} F_{\tau} ds \quad , \quad (3.3)$$

где L - длина траектории.

Из формул (3.1)-(3.3) видно, что механическую работу совершает только **тангенциальная составляющая силы**.

Мощность - скалярная величина, характеризующая быстроту совершения работы; $[P]=\text{Вт}$.



Средняя мощность: $\langle P \rangle = \frac{A}{\Delta t} = F_{\tau} \langle v \rangle$ (3.4)

Мгновенная мощность: $P = \frac{\delta A}{dt} = \vec{F} \cdot \vec{v} = F_{\tau} v$ (3.5)

Понятие **работы** тесно связано с понятием энергии, так как совершение работы всегда сопровождается изменением **энергии**.

Энергия – скалярная величина, являющаяся общей мерой различных видов движения и взаимодействия материи.

Единица энергии – **джоуль** (Дж).

В разделе «Механика» рассматриваются только кинетическая и потенциальная энергии.

Кинетическая энергия – это энергия, обусловленная механическим движением тела. Для **частицы (материальной точки)** кинетическая энергия рассчитывается по формуле

$$K = \frac{mv^2}{2} . \quad (3.5)$$

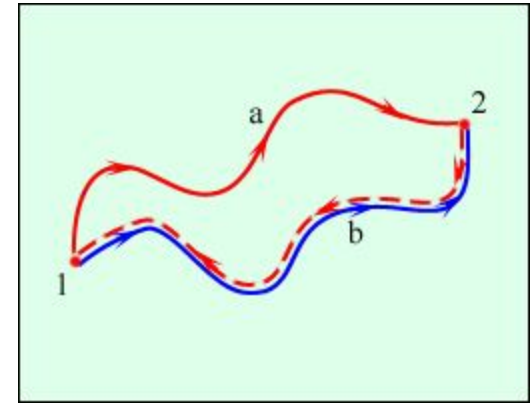
Теорема об изменении кинетической энергии: в инерциальной системе отсчета приращение кинетической энергии частицы на некотором участке траектории равно механической работе результирующей всех сил, действующих на частицу на этом участке траектории:

$$\Delta K = A_{\Sigma} . \quad (3.6)$$

Механическая работа и потенциальная энергия

По отношению к выполняемой механической работе силы делятся на три вида:

1) **консервативные** (силы, работа которых не зависит от формы траектории движения частицы, а определяется только начальным и конечным положениями частицы).

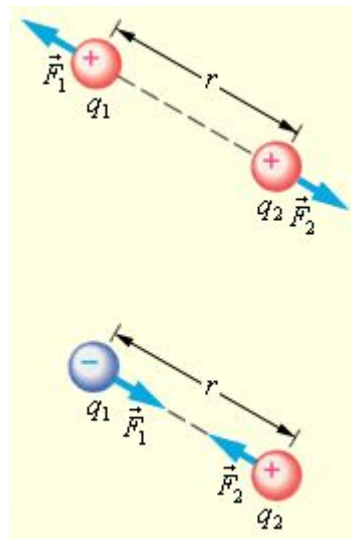
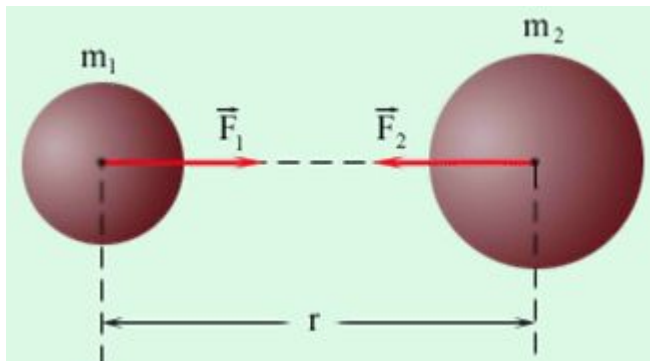


Примеры консервативных сил:

а) **гравитационная сила**: $F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$;

б) **«кулоновская» сила**: $F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{|q_1||q_2|}{r^2}$;

в) **сила упругости**: $F = k\Delta l$.



Сила упругости

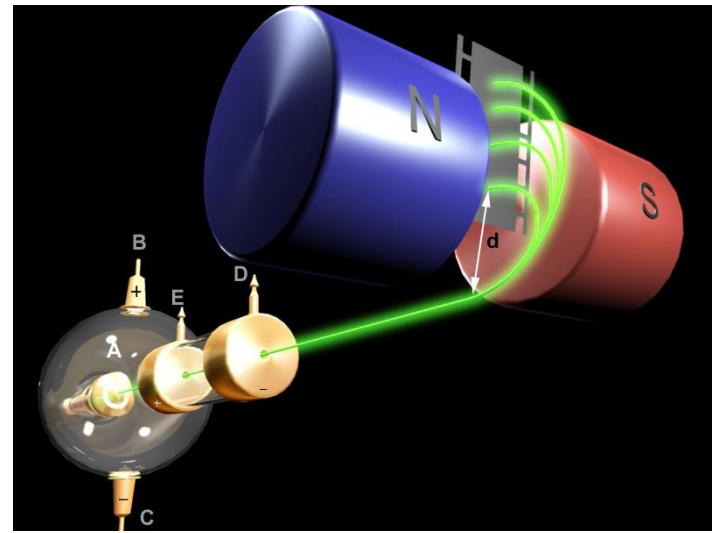
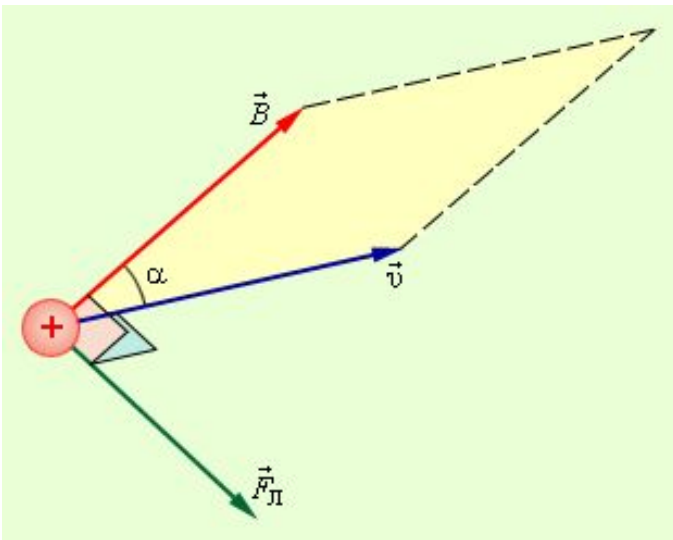
Упругие силы – силы, возникающие при упругой деформации тел

Закон Гука

$$\vec{F}_{\text{упр}} = -k\Delta\vec{l}$$

2) гироскопические (силы, которые не совершают механической работы.

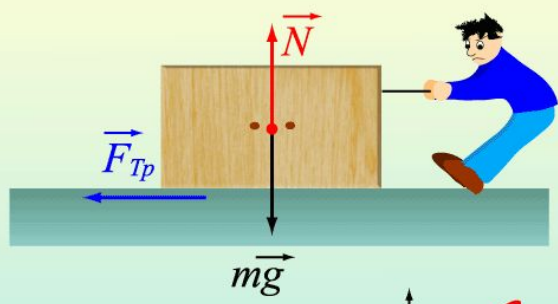
Пример: сила Лоренца: $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$



3) диссипативные (силы, работа которых зависит от формы траектории частицы).

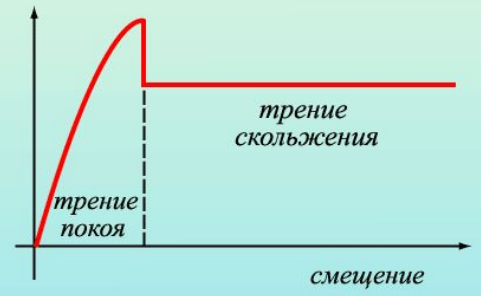
К диссипативным относятся всевозможные силы трения и сопротивления движению.

Сила трения



Сила, возникающая в плоскости касания тел при их относительном перемещении

$$F_{Tp} = \mu N$$



Потенциальной называется энергия, которой обладает тело, находящееся в поле действия консервативных сил.

Работа консервативных сил равна убыли потенциальной энергии частицы в данном силовом поле:

$$A_{\text{cons}} = -\Delta\Pi . \quad (3.7)$$

Потенциальная энергия тела, поднятого над Землей:

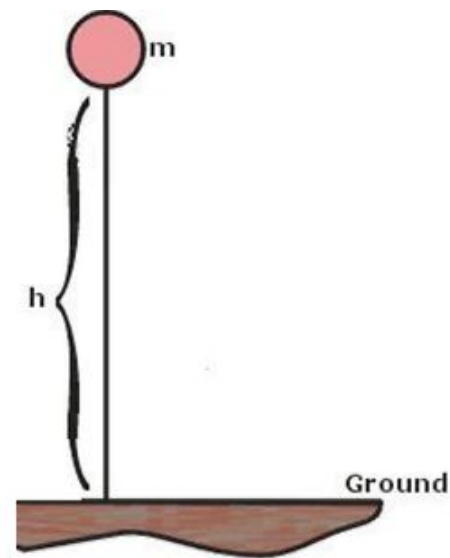
$$\Pi = mgh . \quad (3.8)$$

Потенциальная энергия взаимодействия точечных зарядов:

$$\Pi = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q_1q_2}{r^2} . \quad (3.9)$$

Потенциальная энергия упругой деформации:

$$\Pi = \frac{k(\Delta l)^2}{2} . \quad (3.10)$$



Законы изменения и сохранения полной механической энергии

Полной механической энергией называется энергия, складывающаяся из кинетической и потенциальной энергий: $E = K + \Pi$. (3.11)

Закон изменения полной механической энергии частицы: изменение полной механической энергии частицы на некотором участке пути равно работе диссипативных сил, действующих на частицу на этом участке пути: $\Delta E = A_{\text{dis}}$. (3.12)

Закон сохранения полной механической энергии частицы: если на частицу действуют только консервативные силы, то ее полная механическая энергия не изменяется с течением времени.

Закон сохранения полной механической энергии системы частиц (Готфрид Лейбниц, 1686 г.): если система частиц является замкнутой, а силы взаимодействия между частицами являются консервативными, то полная механическая энергия такой системы не изменяется с течением времени.

Общезначимый закон сохранения энергии (Юлиус Майер, 1845 г., Джеймс Джоуль, 1843-1850 г.г., Герман Гельмгольц, 1847 г.): в изолированной системе при любых процессах энергия может переходить из одной формы в другую, но ее количество остается постоянным.