Лекция 3. Работа и энергия

3.1. Связь энергии и работы

При движении тела в поле силы, сила совершает <u>работу</u> $A = \int_{\vec r_1}^{\vec r_2} \vec F\, d\vec r = \int_{l_1}^{l_2} F_l\, dl$ между точками с параметрами длины l_1 и l_2. Мощность: $P = \delta A/dt = \vec F \cdot \vec v$.

<u>Консервативные</u> силы: $\int_{\vec r_1}^{\vec r_2} \vec F\, d\vec r = U(\vec r_1) - U(\vec r_2) = -\Delta U$ – работа совершается "за счёт" *убыли* функции $U = U(\vec r)$ – <u>потенциальной энергии</u> тела в поле силы, и т.о. зависит только от положения точек начала и конца пути, но не от его длины (говорят, *не от пути*). <u>Центральные</u> силы – консервативны.

$\delta A = \vec F d\vec r = m\frac{d}{dt}\vec v d\vec r = mvdv = d\frac{mv^2}{2} \Rightarrow A = K_2 - K_1$ – работа "переходит" в <u>кинетическую энергию</u> тела $K = mv^2/2$.

3.2. Закон сохранения энергии

Полная <u>механическая энергия</u> системы n тел:

$E = \Sigma K_i + \frac{1}{2}\sum_{i \neq j = 1}^{n} U_{ij} + \sum_{n} U_i$ – сумма кинетической, <u>собственной</u> (U_0) и внешней потенциальных энергий.

K прирастает за счёт работ сил консервативных внутри системы ($A_п$), консервативных внешних ($A_{вн}$) и диссипативных ($A_д$): $\Delta K = A_п + A_{вн} + A_д = -\Delta U_0 + A_{вн} + A_д$ $\Rightarrow \Delta E = A_{вн} + A_д$ – <u>закон сохранения</u>: механическая энергия замкнутой системы не изменяется в отсутствие диссипации.

3.3. Связь напряжённости и потенциала поля

Консервативные силы зависят от "заряда" субъекта силы как $\vec F = q\vec H$., $\Rightarrow \exists$ *поле* силы <u>напряженностью</u> $\vec H$.. Силовые поля представляются геометрически <u>силовыми линиями</u>, касательными к $\vec H$ в $\forall$ точке.

$\delta A = q\vec H d\vec r = -dU$. $\Rightarrow$ Работа на единицу заряда: $\delta A_1 = \vec H d\vec r = -d\phi$, где $\phi = U/q$ – <u>потенциал</u> поля. Т.к. вдоль любого направления, напр. x, $H_x = -\partial\phi/\partial x$, то

$$\vec H = -(\vec e_x \cdot \frac{d}{dx}\phi + \vec e_y \cdot \frac{d}{dy}\phi + \vec e_z \cdot \frac{d}{dz}\phi) = -\text{grad}\,\phi = -\vec\nabla\phi.$$

<u>Эквипотенциальными поверхностями</u> также представляют потенциальные поля.

3.4. Релятивистская динамика. Энергия в СТО

Из требования (постулата) **релятивистской инвариантности** (относительно преобразований Лоренца) **законов физики**:

импульс $\vec p = \gamma m \vec v$;

полная энергия тела массы m, $E = \gamma mc^2$
(без потенциальной энергии во внешнем поле);

<u>энергия покоя</u> $E_0 = mc^2$;

$\Rightarrow$ дефект массы $\Delta m = \Delta E_0/c^2$ – напр.в ядерных реакциях и аннигиляции;

кинетическая энергия в СТО $K = E - E_0$.

к.физ.-мат.н. А. Панфёров, ТГУ, 2013