

Потенциальная энергия

Потенциальная энергия системы – это функция механического состояния системы, зависящая от взаимного расположения всех тел системы и от их положения во внешнем потенциальном поле сил.

Убыль потенциальной энергии равна работе, которую совершают все консервативные силы (внутренние и внешние) при переходе системы из начального положения в конечное.

$$E_{\Pi 1} - E_{\Pi 2} = -\Delta E_{\Pi} = A_{12\text{конс}}, \quad -dE_{\Pi} = \delta A_{\text{конс}}.$$

Из определения потенциальной энергии следует, что она может быть определена по консервативной силе, причём с точностью до произвольной постоянной, значение которой определяется выбором нулевого уровня потенциальной энергии.

$$E_{\text{п}} = -\int \vec{F}_{\text{конс}} \cdot d\vec{r} + E_0.$$

Таким образом, потенциальная энергия системы в данном состоянии равна работе, совершаемой консервативной силой при переводе системы из данного состояния на нулевой уровень.

Свойства потенциальной энергии.

1. Потенциальная энергия является конечной, однозначной, непрерывной функцией механического состояния системы.
2. Численное значение потенциальной энергии зависит от выбора уровня с нулевой потенциальной энергией.

Как потенциальная энергия может быть найдена по известной консервативной силе, так и консервативная сила может быть найдена по потенциальной энергии:

$$\vec{F} = -\text{grad } E_{\text{п}} = -\left(\frac{\partial E_{\text{п}}}{\partial x} \cdot \vec{i} + \frac{\partial E_{\text{п}}}{\partial y} \cdot \vec{j} + \frac{\partial E_{\text{п}}}{\partial z} \cdot \vec{k} \right),$$

причем $F_x = -\frac{\partial E_{\text{п}}}{\partial x}$, $F_y = -\frac{\partial E_{\text{п}}}{\partial y}$, $F_z = -\frac{\partial E_{\text{п}}}{\partial z}$.

Примеры потенциальной энергии:

1) $E_{\text{п}} = mgh$ – потенциальная энергия тела массой m , поднятого на высоту h относительно нулевого уровня энергии в поле силы тяжести;

$$E_{\text{п}} = \frac{k \cdot \Delta x^2}{2} \text{ – потенциальная энергия упругого деформированного тела, } \Delta x \text{ –}$$

деформация тела.

Закон сохранения механической энергии

Механическая энергия системы тел равна сумме их кинетических энергий и потенциальной энергии взаимодействия этих тел друг с другом и с внешними телами:

$$E = E_{\text{к}} + E_{\text{п}}.$$

Приращение механической энергии системы определяется работой всех неконсервативных сил (внешних и внутренних):

$$\Delta E = E_2 - E_1 = \sum A_{i, \text{н.конс.}}$$

Закон сохранения механической энергии: механическая энергия системы тел, на которые действуют только консервативные силы, остается постоянной.

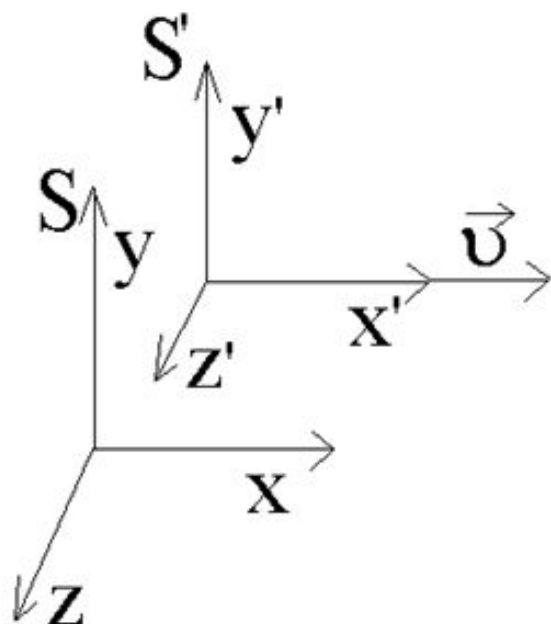
Элементы специальной теории относительности

Постулаты Эйнштейна. Преобразования Лоренца

Первый постулат Эйнштейна: никакими физическими опытами, производимыми внутри инерциальной системы отсчета, невозможно установить, покоится эта система или движется прямолинейно и равномерно.

Второй постулат Эйнштейна: скорость света в вакууме одинакова во всех инерциальных системах отсчета и не зависит от движения источников и приемников света.

Рассмотрим две системы отсчета S и S' . Систему S будем считать условно неподвижной. Система S' движется относительно S со скоростью \vec{U} вдоль оси X системы S .



Для перехода от одной системы отсчета в другую в специальной теории относительности используются преобразования Лоренца.

Пусть в начальный момент времени начала координат обеих систем и направления соответствующих осей совпадают.

$$\text{Тогда: } \left\{ \begin{array}{l} x' = \frac{x - v \cdot t}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \frac{t - \frac{v}{c^2} \cdot x}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} x = \frac{x' + v \cdot t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \\ y = y' \\ z = z' \\ t = \frac{t' + \frac{v}{c^2} \cdot x'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}} \end{array} \right.$$

Здесь $c = 3 \cdot 10^8$ м/с – скорость света в вакууме.

Следствия из преобразований Лоренца

Рассмотрим системы S и S' .

Относительность промежутков времени между событиями:

$$\Delta t = \frac{\Delta t'}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

где $\Delta t'$ – промежуток времени между событиями, произошедшими в системе отсчета S' ($\Delta t'$ отсчитывается по часам, находящимся в системе S'); Δt – промежуток времени между этими событиями, отсчитанный по часам, находящимся в системе S .

Изменение размеров движущихся тел

$$L' = \frac{L}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}},$$

где L' – длина стержня, расположенного вдоль оси x' и покоящегося в системе S' (отсчитывается в системе отсчета S'); L – длина этого же стержня, измеренная в системе отсчета S .

Релятивистский закон сложения скоростей:

Пусть некоторое тело движется вдоль оси \underline{x}' в системе отсчета S' со скоростью \vec{u}' относительно последней. Найдем проекцию скорости \vec{u} этого тела в системе отсчета S на ось \underline{x} этой системы:

$$u_x = \frac{u'_x + v}{1 + \frac{v \cdot u'_x}{c^2}}.$$

Релятивистские масса и импульс. Взаимосвязь массы и энергии

Эйнштейн показал, что масса тела зависит от его скорости:

$$m = \frac{m_0}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}.$$

где m_0 – масса тела в той системе отсчета, где тело покоится (масса покоя); m – масса тела в той системе, относительно которой тело движется (релятивистская масса); v – скорость тела относительно системы отсчета, в которой определяется масса m .

Релятивистский импульс

$$\vec{p} = m\vec{v},$$

где m – релятивистская масса.

Закон взаимосвязи массы и энергии:

$$E = mc^2,$$

где m – релятивистская масса; E – полная энергия материального объекта.

Кинетическая энергия объекта

$$E_{\text{к}} = E - E_0,$$

где $E = mc^2$ – полная энергия; $E_0 = m_0c^2$ – энергия покоя.

Из закона взаимосвязи массы и энергии следует, что всякое изменение массы тела на Δm сопровождается изменением его энергии на ΔE :

$$\Delta E = \Delta m \cdot c^2.$$