

О законах сохранения импульса и механической энергии в курсе физики средней школы

П.Ю. Боков, А.В. Грачев,
В.А. Погожев, А.М. Салецкий

Москва, 2012

Формулировки законов сохранения

■ Учебник 1

В замкнутой консервативной системе полная механическая энергия сохраняется (не изменяется с течением времени)

Изменение механической энергии системы равно работе всех непотенциальных сил

Замкнутая система – система тел, для которой равнодействующая внешних сил равна нулю

Результирующая (равнодействующая) сила, действующая на частицу со стороны других тел, равна векторной сумме сил, с которыми каждое из этих тел действует на частицу

Формулировки законов сохранения

■ Учебник 2

Если на систему тел не действуют внешние силы, то такую систему называют **замкнутой**, или **изолированной**

■ Учебник 3

Полная механическая энергия системы тел, взаимодействующих между собой только силами тяготения и упругости, остается неизменной

■ Учебник 4

Полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих силами тяготения и упругости, остается неизменной

Формулировки законов сохранения

■ Учебник 5

Система тел называется замкнутой, если внешние силы отсутствуют

■ Учебник 6

В изолированной системе тел, в которой действуют консервативные силы, механическая энергия сохраняется

О системах тел

- Изолированной называют такую систему тел, на которую не действуют другие тела
- Замкнутой называют такую систему тел, для которой равнодействующая всех внешних сил равна нулю

Закон сохранения импульса

- Суммарный импульс замкнутой системы тел сохраняется

Или

- Суммарный импульс системы тел сохраняется неизменным, если эта система является замкнутой

В.И. Николаев «О законах сохранения в разделе «Механика»», Физическое образование в вузах т. 13, №2, 2007

Закон сохранения механической энергии

- Механическая энергия системы тел сохраняется неизменной, если эта система является изолированной и в ней отсутствуют силы трения

Или

- Механическая энергия системы тел сохраняется неизменной, если, во-первых, эта система является изолированной и, кроме того, во-вторых, в ней отсутствуют силы трения

Закон сохранения механической энергии и работа сил

- Механическая энергия системы тел сохраняется неизменной если, во-первых, работа внешних сил равна нулю и, кроме того, во-вторых, работа сил трения внутри системы также равна нулю

Или

- Механическая энергия системы тел сохраняется неизменной если суммарная работа всех внешних сил и сил трения внутри системы равна нулю

ЗАКОНЫ СОХРАНЕНИЯ В МЕХАНИКЕ

Импульс материальной точки в ИСО:

$$\vec{p} = m \cdot \vec{v}.$$

Импульс системы материальных точек:

$$\vec{p} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots + \vec{p}_N$$

Изменение импульса материальной точки в ИСО:

$$\Delta \vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t,$$

где \vec{F} – сумма всех действующих на тело сил, Δt – время их действия.

Изменение суммарного импульса системы материальных точек в ИСО:

$$\Delta \vec{p} = (\vec{F}_{1\text{ex}} + \vec{F}_{2\text{ex}} + \dots + \vec{F}_{N\text{ex}}) \cdot \Delta t,$$

где $\vec{F}_{1\text{ex}} + \vec{F}_{2\text{ex}} + \dots + \vec{F}_{N\text{ex}}$ – сумма всех внешних сил.

Закон сохранения импульса

Если сумма всех внешних сил, действующих на тела системы, равна нулю, то импульс системы тел в ИСО не изменяется с течением времени (сохраняется).

$$\text{Если } (\vec{F}_{1\text{ex}} + \vec{F}_{2\text{ex}}) = 0, \text{ то } \Delta \vec{p} = 0.$$

Закон сохранения проекции импульса

Если проекция на координатную ось ИСО суммы всех внешних сил, действующих на тела системы, равна нулю, то проекция импульса системы тел на эту ось не изменяется с течением времени (сохраняется).

Центром масс системы, состоящей из N материальных точек, называют точку, радиус-вектор которой равен отношению суммы произведений массы каждой точки на её радиус-вектор к сумме масс этих точек:

$$\vec{r}_{\text{цм}} = \frac{m_1 \vec{r}_1 + m_2 \vec{r}_2 + \dots + m_N \vec{r}_N}{m_1 + m_2 + \dots + m_N}.$$

Теорема о движении центра масс системы

Ускорение \vec{a} центра масс системы, состоящей из N материальных точек, в ИСО равно отношению суммы всех внешних сил, действующих на точки этой системы, к сумме масс всех её точек:

$$\vec{a}_{\text{цм}} = \frac{\vec{F}_{1\text{ex}} + \vec{F}_{2\text{ex}} + \dots + \vec{F}_{N\text{ex}}}{m_1 + m_2 + \dots + m_N}.$$

Обобщающая
схема из
учебника
«Физика-10»

МЕХАНИЧЕСКАЯ РАБОТА. МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ. ЗАКОНЫ ИЗМЕНЕНИЯ И СОХРАНЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ

Работой постоянной силы \vec{F} , действующей на материальную точку, при перемещении этой точки на $\Delta\vec{r}$ называют произведение модулей силы и перемещения, умноженное на косинус угла между ними: $A = F \Delta r \cos \alpha$.

Кинетическая энергия материальной точки массой m , движущейся в ИСО со скоростью \vec{v} , равна

$$K = \frac{mv^2}{2}.$$

Теорема о кинетической энергии
Изменение кинетической энергии материальной точки в ИСО равно совершенной над ней работе: $A = K_k - K_0$.

Кинетическая энергия системы материальных точек равна сумме их кинетических энергий: $K = K_1 + K_2 + \dots + K_N$.

Изменение кинетической энергии системы тел в ИСО $K_k - K_0$ равно совершенной над ними работе A , равной работе $A_{\text{п}}$ внутренних потенциальных сил, $A_{\text{тр}}$ внутренних сил трения и A_{ex} внешних сил:
 $K_k - K_0 = A_{\text{п}} + A_{\text{тр}} + A_{\text{ex}}$.

Изменение механической энергии системы тел в ИСО равно сумме работ внутренних сил трения $A_{\text{тр}}$ и внешних сил A_{ex} над телами системы.
 $(K_k + \Pi_k) - (K_0 + \Pi_0) = A_{\text{тр}} + A_{\text{ex}}$, или $E_k - E_0 = A_{\text{тр}} + A_{\text{ex}}$.

Закон сохранения механической энергии

Если суммарная работа внутренних сил трения и внешних сил над телами системы равна нулю, то механическая энергия системы тел в ИСО не изменяется (сохраняется).

Если $A_{\text{тр}} + A_{\text{ex}} = 0$, то $E_0 = E_k$ (или $\Pi_0 + K_0 = \Pi_k + K_k$).

Потенциальными называют силы, работа которых не зависит от вида траектории, а определяется только начальным и конечным положениями материальной точки, на которую они действуют.

Потенциальной Π называют энергию системы, которая определяется расположением тел системы или их частей и потенциальными силами взаимодействия между ними. Потенциальная энергия:

- 1) системы «тело – Земля» $\Pi = mgh$,
- 2) деформированной пружины

$$\Pi = \frac{k\Delta l^2}{2}.$$

Изменение потенциальной энергии системы $\Pi_k - \Pi_0 = -A_{\text{п}}$, где $A_{\text{п}}$ – работа внутренних потенциальных сил этой системы.

Обобщающая
схема из
учебника
«Физика-10»

Заключение

- Закон сохранения – следствие закона изменения!