

1.4 Законы сохранения в механике

1.4.1 Импульс материальной точки

импульс тела $\vec{p} = m\vec{V}$

импульс всегда имеет то же направление, что и скорость

1.4.2 Импульс системы тел

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

1.4.3 Закон изменения и сохранения импульса

$$\text{Изменение импульса } \Delta\vec{p} = \vec{F}_1\Delta t + \vec{F}_2\Delta t$$

Удары, столкновения:

а) абсолютно упругий удар

Абсолютно упругим ударом называется столкновение, при котором сохраняется механическая энергия системы тел.

б) абсолютно неупругий удар

Абсолютно неупругим ударом называют такое ударное взаимодействие, при котором тела соединяются (слипаются) друг с другом и движутся дальше как одно тело.

Если два или несколько тел взаимодействуют только между собой (то есть не подвергаются воздействию внешних сил), то эти тела образуют **замкнутую систему**.

Для двух взаимодействующих тел:

$$\vec{p}_{01} + \vec{p}_{02} = \vec{p}_1 + \vec{p}_2$$

Импульс до взаимодействия Импульс после взаимодействия

Если сумма внешних сил равна нулю, то импульс системы тел сохраняется.

$$\vec{p}_{\text{сист}} = m_1\vec{V}_1 + m_2\vec{V}_2 = \text{const}$$

Условия применимости закона сохранения импульса

а) внешние силы компенсируют друг друга

б) сумма проекций внешних сил на некоторую ось равна нулю

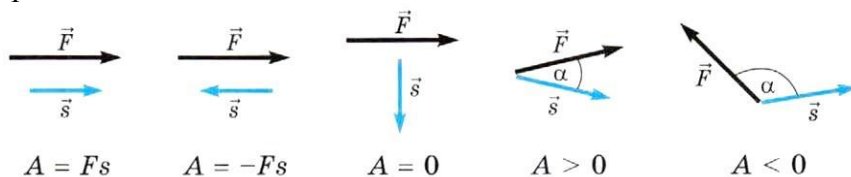
в) удары, столкновения, разрывы, выстрелы (значительное изменение скорости за малый промежуток времени)

1.4.4 Работа силы

Работа силы равна произведению модулей силы и перемещения точки приложения силы и косинуса угла между ними.

$$A = FS \cos \alpha$$

Формула справедлива в том случае, когда сила постоянна и перемещение тела происходит вдоль прямой.



Суммарную работу нескольких сил, действующих на тело, можно найти двумя способами:

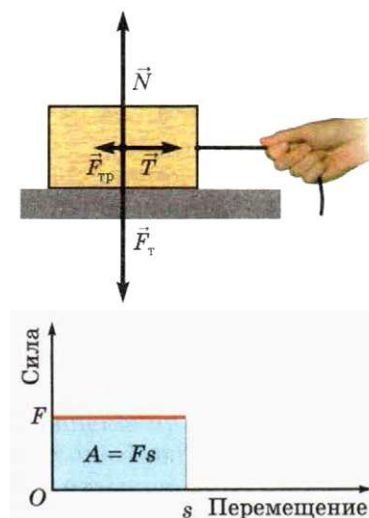
- Найти работу каждой силы и сложить эти работы с учётом знаков.
- Найти равнодействующую всех приложенных к телу сил и вычислить работу равнодействующей.

Оба способа приводят к одному и тому же результату.

Работа постоянной силы численно равна площади прямоугольника под графиком зависимости силы от перемещения

В физике консервативные силы (потенциальные силы) — это силы, работа которых не зависит от вида траектории, точки приложения этих сил и закона их движения, и определяется только начальным и конечным положением этой точки. Равносильным определением является и следующее: консервативные силы — это такие силы, работа которых по любой замкнутой траектории равна 0. **Если в системе действуют только консервативные силы – то энергия системы сохраняется неизменной (консервируется).**

Например: Сила тяжести, сила упругости – консервативны, сила трения - нет



1.4.5 Мощность силы

Мощностью P называют отношение совершённой работы A к промежутку времени t , за который эта работа совершена:

$$P = \frac{A}{t}$$

Рассмотрим случай, когда сила направлена вдоль перемещения. Тогда работа силы $A = FS$. Подставляя это выражение в формулу для мощности, получаем:

$$P = \frac{A}{t} = \frac{FS}{t} = Fv$$

1.4.6 Кинетическая энергия материальной точки

Закон изменения кинетической энергии системы материальных точек

Работа силы при перемещении тела из начального положения в конечное равна изменению величины

$$A = \frac{mV_2^2}{2} - \frac{mV_1^2}{2}$$

Величина $\frac{mV^2}{2}$ представляет собой энергию, которую имеет тело, движущееся со скоростью V . Эту энергию называют кинетической (от греческого слова «кинема» — движение).

$$E_k = \frac{mV^2}{2}$$

Теорема об изменении кинетической энергии: **Изменение кинетической энергии тела (материальной точки) за некоторый промежуток времени равно работе, совершённой за то же время силой, действующей на тело.**

Применять эти формулы можно во всех случаях, когда применим второй закон Ньютона.

Работа равнодействующей сил равна алгебраической сумме работ всех сил, действующей приложенных к телу сил.

Кинетическая энергия тела равна максимальной работе, которую оно может совершить за счет уменьшения скорости.

1.4.7 Потенциальная энергия: для потенциальных (консервативных) сил

Подвешенный на тросе груз равномерно движется вниз. Благодаря силе тяжести груз может совершить работу при движении вниз.

$$A = mgh_1 - mgh_2$$
$$A = \frac{k\Delta x_1^2}{2} - \frac{k\Delta x_2^2}{2}$$

Величину, равную произведению массы тела m на ускорение свободного падения и на высоту тела над поверхностью Земли, называют потенциальной энергией взаимодействия тела и Земли.

$$E_{\text{п}} = mgh$$

Величину, равную половине произведения коэффициента упругости тела на квадрат деформации, называют потенциальной энергией упруго деформированного тела:

$$E_{\text{п}} = \frac{k(\Delta x)^2}{2}$$
$$A = E_{\text{п1}} - E_{\text{п2}} = -\Delta E_{\text{п}}$$

Потенциальной энергией системы называется зависящая от положения тел величина, изменение которой при переходе системы из начального состояния в конечное равно работе внутренних консервативных сил системы, взятой с противоположным знаком.

Консервативными являются почти все силы в природе, в том числе силы взаимодействия между атомами и молекулами. Поэтому установленные закономерности имеют общий характер.

Работа консервативных сил взаимодействия определяет не саму потенциальную энергию, а ее изменение. Значит **только ее изменение имеет физический смысл**. Поэтому можно произвольно выбрать состояние системы, в котором ее потенциальная энергия считается равной нулю. Этому состоянию соответствует нулевой уровень потенциальной энергии.

Выбор нулевого уровня производится по-разному и диктуется исключительно соображениями удобства, то есть простотой записи уравнения, выражающего закон сохранения

энергии. Обычно выбирают состояние с минимальной энергией. Тогда потенциальная энергия всегда положительна или равна нулю.

У пружины потенциальная энергия минимальна в отсутствии деформации, а у системы «камень-Земля» когда камень лежит на поверхности Земли.

Изолированная система тел стремится к состоянию, в котором ее потенциальная энергия минимальна.

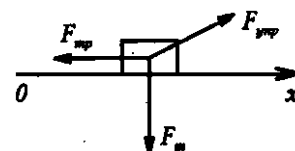
1.4.8 Закон изменения и сохранения механической энергии

Закон сохранения механической энергии:

В изолированной системе, в которой действуют консервативные силы (упругости и тяготения), полная механическая энергия сохраняется, то есть её изменение равно нулю:

$$\Delta(E_k + E_p) = 0$$
$$E = E_k + E_p = \text{const}$$

Важнейшее свойство взаимных превращений кинетической и потенциальной энергий, то что они обратимы. Например: колебания подвешенного на нити шара.



Если между телами системы действует сила трения:

В результате трения часть механической энергии превращается во внутреннюю. Такое превращение в значительной степени необратимо.

$$\Delta(E_k + E_p) = A_{\text{тр}}$$

Изменение полной механической энергии замкнутой системы тел равно работе сил трения, действующих между телами системы.

(Суммарная работа сил трения всегда отрицательна! То есть полная механическая энергия системы всегда уменьшается.)