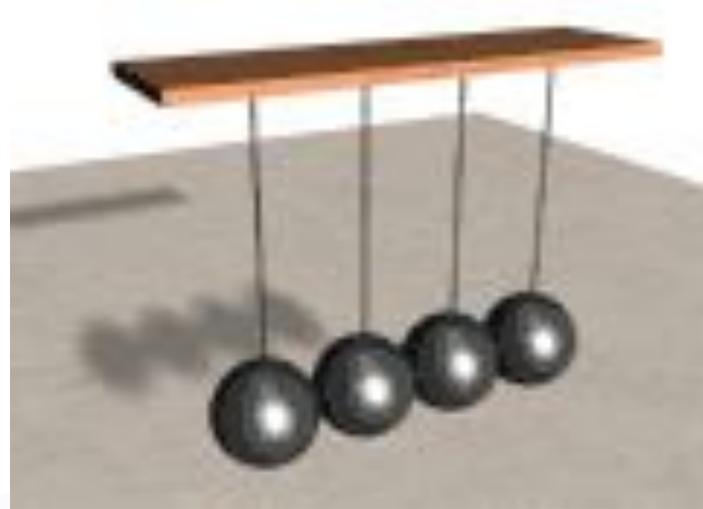


# Законы Сохранения в Механике



# Содержание:

1. Закон Сохранения Импульса
2. Закон Сохранения Механической Энергии
3. Работа и Энергия





# 1. Закон Сохранения Импульса

Импульсом называют векторную величину, равную произведению массы тела на ее скорость:

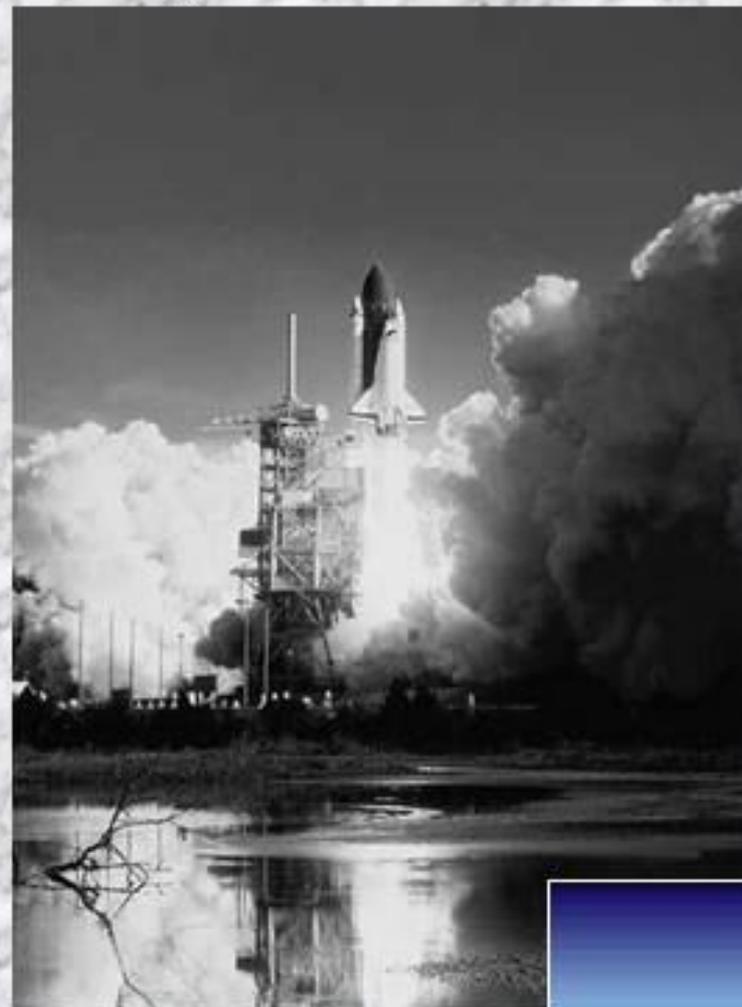
$$\vec{p} = m \vec{v}$$

## **Закон сохранения импульса лежит в основе реактивного движения.**

- **Большая заслуга в развитии теории реактивного движения принадлежит Константину Эдуардовичу Циолковскому.**
- **Основоположником теории космических полетов является выдающийся русский ученый Циолковский (1857 - 1935). Он дал общие основы теории реактивного движения, разработал основные принципы и схемы реактивных летательных аппаратов, доказал необходимость использования многоступенчатой ракеты для межпланетных полетов. Идеи Циолковского успешно осуществлены в СССР при постройке искусственных спутников Земли и космических кораблей.**

# Примеры применения закона сохранения импульса

- Закон строго выполняется в явлениях отдачи при выстреле, явлении реактивного движения, взрывных явлениях и явлениях столкновения тел.
- Закон сохранения импульса применяют: при расчетах скоростей тел при взрывах и соударениях; при расчетах реактивных аппаратов; в военной промышленности при проектировании оружия; в технике - при забивании свай, ковке металлов и т.д.





# 1. Закон Сохранения Импульса

При взаимодействии тел замкнутой системы полный импульс системы остается неизменным:

$$\vec{p} = m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 + \dots + m_n \vec{v}_n = \text{const}$$



# 1. Закон Сохранения Импульса

Закон сохранения импульса есть следствие второго и третьего законов Ньютона.

Рассмотрим пример использования закона сохранения импульса.



# 1. Закон Сохранения Импульса

Рассмотрим неупругое столкновение, при котором выполняется закон сохранения импульса. Пусть при абсолютно неупругом столкновении двух тел их скорость будет общей после удара.

Ее нужно определить. Напишем векторное уравнение, соответствующее закону сохранения импульса системы:

$$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}$$



# 1. Закон Сохранения Импульса

Еще один пример - реактивное движение.

Рассмотрим простейший случай этого движения, при котором происходит одномоментное взаимодействие - выстрел из винтовки. До выстрела скорости винтовки и пули были равны нулю. После выстрела они имели различные скорости. Если известна скорость пули, ее масса и масса ружья, можно определить скорость, которую приобрело ружье после выстрела:

$$0 = m \vec{v}_1 + M \vec{v}_2$$

Отсюда после проецирования векторов на выбранную ось получим:

$$0 = m_1 v_1 - M v_2 \Rightarrow v_2 = \frac{m_1 v_1}{M}$$



## 2. Закон Сохранения Механической Энергии

Если в замкнутой системе не действуют силы, трения и силы сопротивления, то сумма кинетической и потенциальной энергии всех тел системы остается величиной постоянной.

Рассмотрим пример проявления этого закона. Пусть тело, поднятое над Землей, обладает потенциальной энергией  $E_1 = mgh_1$  и скоростью  $v_1$  направленной вниз. В результате свободного падения тело переместилось в точку с высотой  $h_2$  ( $E_2 = mgh_2$ ), при этом скорость его возросла от  $v_1$  до  $v_2$ . Следовательно, его кинетическая энергия возросла от

$$\frac{mv_1^2}{2}$$

ДО

$$\frac{mv_2^2}{2}$$

# Виды механической энергии



**потенциальная**

**кинетическая**

# Определение и формула кинетической энергии

- Кинетической энергией называется энергия, которой обладает тело вследствие своего движения.

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

# Потенциальная энергия тела, поднятого над землей

$$E_{\text{п}} = m \cdot g \cdot h$$

$m$  – масса тела, кг

$g$  – ускорение свободного падения,  $\text{м/с}^2$

$h$  – высота относительно  
выбранного нулевого уровня, м



## 2. Закон Сохранения Механической Энергии

Запишем уравнение кинематики:

$$h_1 - h_2 = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g}$$



## 2. Закон Сохранения Механической Энергии

Умножим обе части равенства на  $mg$ , получим:

$$mgh_1 - mgh_2 = A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}$$

После преобразования получим:

$$mgh_1 + \frac{m_1 v_1^2}{2} = mgh_2 + \frac{m_2 v_2^2}{2}$$



## 2. Закон Сохранения Механической Энергии

Рассмотрим ограничения, которые были сформулированы в законе сохранения полной механической энергии. Что же происходит с механической энергией, если в системе действует сила трения? В реальных процессах, где действуют силы трения, наблюдается отклонение от закона сохранения механической энергии.



# Потенциальная энергия упруго деформированного тела

$$E_{\text{п}} = \frac{k \cdot (\Delta x)^2}{2}$$

$E_{\text{п}}$  – потенциальная энергия упругого взаимодействия, Дж

$k$  – жесткость тела, Дж/м<sup>2</sup>

$\Delta x$  – удлинение или сжатие тела, м



## 2. Закон Сохранения Механической Энергии

Например, при падении тела на Землю сначала кинетическая энергия тела возрастает, поскольку увеличивается скорость. Возрастает и сила сопротивления, которая увеличивается с возрастанием скорости. Со временем она будет компенсировать силу тяжести, и в дальнейшем при уменьшении потенциальной энергии относительно Земли кинетическая энергия не возрастает. Это явление выходит за рамки механики, поскольку работа сил сопротивления приводит к изменению температуры тела. Нагревание тел при действии трения легко обнаружить, потерев ладони друг о друга.



## 2. Закон Сохранения Механической Энергии

Таким образом, в механике закон сохранения энергии имеет довольно жесткие границы. Изменение тепловой (или внутренней) энергии возникает в результате работы сил трения или сопротивления. Оно равно изменению механической энергии. Таким образом, сумма полной энергии тел при взаимодействии есть величина постоянная (с учетом преобразования механической энергии во внутреннюю). Энергия измеряется в тех же единицах, что и работа. В итоге отметим, что изменить механическую энергию можно только одним способом - совершить работу.



### 3. Работа и Энергия

Термин "работа" в механике имеет два смысла: работа как процесс, при котором сила перемещает тело, действуя под углом, отличным от  $90^\circ$ ; работа - физическая величина, равная произведению силы, перемещения и косинуса угла между направлением действия силы и перемещением:

$$A = Fs \cos \alpha.$$

# Примеры использования потенциальной и кинетической энергии



### 3. Работа и Энергия

Работа равна нулю, когда тело движется по инерции ( $F = 0$ ), когда нет перемещения ( $s = 0$ ) или когда угол между перемещением и силой равен  $90^\circ$  ( $\cos \alpha = 0$ ). Единицей работы в СИ служит джоуль (Дж). 1 джоуль - это такая работа, которая совершается силой 1 Н при перемещении тела на 1 м по линии действия силы. Для определения быстроты совершения работы вводят величину "мощность". Мощность равняется отношению совершенной работы ко времени, за которое она выполнена:

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

Единицей мощности в СИ служит 1 ватт (Вт). 1 Вт - мощность, при которой совершается работа в 1 Дж за 1 секунду.

### 3. Работа и Энергия

Рассмотрим действие на тело некоторой постоянной силы  $F$ .  
На участке пути  $s$  будет произведена работа  $A$ . В результате у тела изменится скорость:

$$F = ma; s = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a};$$

$$A = ma \frac{v_2^2 - v_1^2}{2a}; A = \frac{mv_2^2}{2} - \frac{mv_1^2}{2}.$$

Величину  $\frac{mv_2}{2}$  для материальной точки называют кинетической энергией тела.



### 3. Работа и Энергия

$$A = E_{K2} - E_{K1}$$

Кинетическая энергия - энергия движения, ею обладают все движущиеся тела. Эта величина является относительной, то есть она изменяется в зависимости от выбранной системы отсчета. Кроме этого вида механической энергии, существует и другой ее вид - потенциальная энергия. Рассмотрим систему двух взаимодействующих тел. Например, тела, поднятого над Землей, и саму Землю.

### 3. Работа и Энергия

Работа силы тяжести при перемещении тела на отрезке  $|h_1 - h_2|$  будет равна:

$$A = mg(h_1 - h_2)$$

$$A = mgh_1 - mgh_2$$

Величину  $mgh$  в соответствующей точке, которая расположена на высоте  $h$ , называют потенциальной энергией тела, находящегося в поле тяжести.

### 3. Работа и Энергия

Из предыдущего уравнения вытекает, что работа не зависит от траектории движения в доле силы тяжести, а определяется лишь изменением высоты. Потенциальная энергия характеризует и другие взаимодействующие тела. Так, потенциальной энергией обладает сжатая пружина:

$$E_n = \frac{kx^2}{2}$$

где k - модуль упругости, x - смещение от положения равновесия.

Потенциальная энергия, как и кинетическая, является величиной относительной, поскольку и высота, и смещение зависят от выбора точки отсчета.

## ЗАДАЧИ на тему импульс

1. Определите массу автомобиля, имеющего импульс  $2,5 \cdot 10^4$  кг·м/с и движущегося со скоростью 90 км/ч.
2. Два шара, массы которых  $m_1 = 0,5$  кг и  $m_2 = 0,2$  кг, движутся по гладкой горизонтальной поверхности навстречу друг другу со скоростями  $v_1 = 1$  м/с и  $v_2 = 4$  м/с. Определите их скорость  $v$  после центрального абсолютно неупругого столкновения.
3. Тележка массой 40 кг движется со скоростью 4 м/с навстречу тележке массой 60 кг, движущейся со скоростью 2 м/с. После неупругого соударения тележки движутся вместе. В каком направлении и с какой скоростью будут двигаться тележки ?
4. Сравните кинетическую энергию пули массой 9 г, летящей со скоростью 300 м/с, и человека массой 60 кг, бегущий со скоростью 18 км/час.
5. Автомобиль, движущийся со скоростью 50 км/ч, начал тормозить, через некоторое время его скорость стала равна 30 км/час. Как изменилась его кинетическая энергия при этом? Чему равна работа силы трения на этом участке? Масса автомобиля 1,5 т.

# Задачи на тему Энергия

1. Определите, какой кинетической энергией будет обладать пуля, вылетевшая из винтовки. Скорость пули при вылете равна  $500 \text{ м/с}$ , масса –  $7 \text{ г}$ .
2. На какую высоту поднимется тело, подброшенное вертикально вверх, с начальной скоростью  $20 \text{ м/с}$ ?
3. Необходимо рассчитать жесткость пружины, если известно, что при растяжении ее на  $20 \text{ см}$  пружина приобрела потенциальную энергию упругодеформированного тела  $20 \text{ Дж}$ .
4. Спусковую пружину игрушечного пистолета сжали на  $5 \text{ см}$ , при вылете шарик массой  $20 \text{ г}$  приобрел скорость  $2 \text{ м/с}$ . Необходимо рассчитать, какова жесткость пружины.
5. Тело брошено вертикально вверх с начальной скоростью  $\text{ м/с}$ . На какой высоте его кинетическая энергия будет равна потенциальной? Сопротивление воздуха не учитывать.
6. Тело находится на высоте от поверхности Земли и начинает свободно падать. Определите скорость тела в момент соприкосновения с землей.