



# Законы сохранения

“Практикум по решению теоретических и экспериментальных задач по физике”

*Кустова Евгения Владимировна*

ассистент кафедры общей и экспериментальной физики АлтГУ  
эксперт по проверке ГИА Алтайского края по физике



# Физика

1. Механика (Кинематика, Статика, Динамика, Законы сохранения)
2. Молекулярная физика (Термодинамика, МКТ)
3. Электричество (Электродинамика, Электростатика, Поля)
4. Ядерная и квантовая физика



## Законы сохранения

Фундаментальные физические законы, согласно которым при определённых условиях некоторые измеримые физические величины, характеризующие замкнутую физическую систему, не изменяются с течением времени. Являются наиболее общими законами в любой физической теории.



# Законы сохранения

Делятся на 3 основные группы:

1. Точные;
2. Теоретически не подтвержденные;
3. Приближенные.



# Законы сохранения

Точные:

- Закон сохранения энергии;
- Закон сохранения импульса;
- Закон сохранения момента импульса;
- Закон сохранения электрического заряда;
- Закон сохранения движения центра масс.



# Законы сохранения

Теоретически не подтвержденные:

- Закон сохранения лептонного числа;
- Закон сохранения барионного числа.

Приближенные:

- Закон сохранения массы;
- Закон сохранения числа частиц;
- Закон сохранения чётности.



## Законы сохранения

Законы сохранения связаны с симметриями физических систем. Так, законы сохранения энергии, импульса и момента импульса являются следствиями пространственно-временных симметрий (соответственно: однородности времени, однородности и изотропности пространства).



## Закон сохранения импульса

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

Импульс который равняется векторной сумме импульсов тел, входящих в замкнутую систему, называется суммарным импульсом этой системы.





## Закон сохранения импульса

Согласно третьему закону Ньютона, любое механическое взаимодействие является «двусторонним». Если одно тело действует на другое, то другое тело начинает действовать на первое с силой, равной по модулю и противоположной по направлению. Векторная сумма этих двух сил равна нулю.

А это значит, что в системе тел векторная сумма всех сил, с которыми тела действуют друг на друга, всегда равна нулю. Отсюда следует, что изменение импульса системы тел возможно только в результате действия внешних сил.



## Закон сохранения импульса

**Если векторная сумма внешних сил, действующих на систему, равна нулю, то общий импульс системы не меняется.**

Этот закон называется законом сохранения импульса. Формула закона сохранения импульса записывается следующим образом:

$$m_1 \vec{V}_1' + m_2 \vec{V}_2' = m_1 \vec{V}_1 + m_2 \vec{V}_2$$



## Закон сохранения импульса

Закон сохранения импульса является следствием второго и третьего законов Ньютона. Более глубоко физическая сущность закона сохранения импульса была обоснована Эмми Нётер в 1918 г. Сохранение импульса является следствием симметрии однородности пространства.



## Закон сохранения импульса

Безусловно, реальные системы никогда не являются замкнутыми. Поэтому закон сохранения импульса применим не всегда. К примеру, на все тела на Земле всегда действует сила тяжести. Однако если требуется определение импульса по горизонтали, то эта сила всегда компенсируется силой реакции опоры, и закон сохранения импульса выполняется с высокой точностью.



## Выводы

Импульс (количество движения) равен произведению массы материальной точки на её скорость. Импульс системы точек равен векторной сумме импульсов всех материальных точек, входящих в систему. Согласно закону сохранения импульса, суммарный импульс системы в отсутствие внешних сил всегда остаётся постоянным.



## Алгоритм решения задач

При столкновении двух тел:

упругий удар - после соударения тела движутся с разными скоростями;

неупругий удар - после соударения оба тела движутся, как одно целое ("в сцепке"), в одном направлении и с одинаковой скоростью.

Для успешного решения задачи на закон сохранения импульса удобнее сделать два чертежа ( до и после взаимодействия). Иногда при решении задачи невозможно заранее определить направление движения какого-либо тела после взаимодействия. Тогда это направление вектора скорости тела выбирается произвольно. Если в результате решения задачи проекция выбранного вектора окажется положительной, то его направление выбрано правильно, если отрицательна, то истинное направление вектора противоположно. Несмотря на это, в обоих случаях задача решена правильно.



## Задача

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 ?

## Задача

Дано:

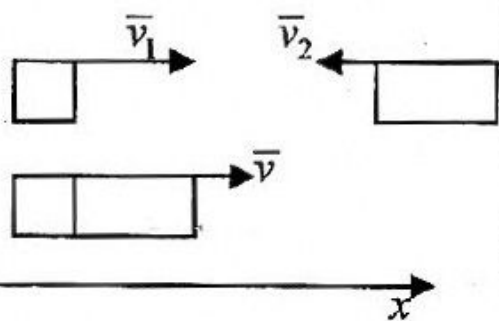
$$m_1 = 40 \text{ кг}$$

$$m_2 = 60 \text{ кг}$$

$$v_1 = 4 \text{ м/с}$$

$$v_2 = 2 \text{ м/с}$$

$v - ?$



Решение:

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

$$\text{ОХ: } m_1 v_1 - m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$$

$$v = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{40 \cdot 4 - 60 \cdot 2}{40 + 60} = 0,4 \text{ (м/с)}$$

Ответ: 0,4 м/с

В сторону движения первой тележки.

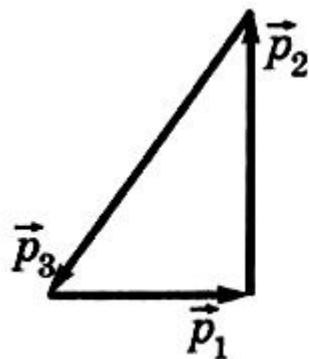




## Задача

Снаряд, выпущенный вертикально вверх, разорвался в верхней точке траектории. Первый осколок массой 1 кг приобрел скорость 400 м/с, направленную горизонтально. Второй осколок массой 1,5 кг полетел вверх со скоростью 200 м/с. Какова скорость третьего осколка, если его масса равна 2 кг?

## Задача



$$p_3 = \sqrt{p_1^2 + p_2^2} \quad \text{и} \quad v_3 = \sqrt{(m_1 v_1)^2 + (m_2 v_2)^2} / m_3.$$



## Задача

Телега массой 400 кг движется со скоростью 4 м/с, а навстречу ей со скоростью 2 м/с едет телега массой 60 кг. После неупругого соударения телеги движутся вместе. В каком направлении и с какой скоростью будут двигаться телеги?



## Задача

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

Ответ: 0,4 м/с



## Закон сохранения энергии

Закон сохранения энергии действует повсеместно и незаметно. В механике он срабатывает в замкнутой системе под воздействием консервативных сил – то есть сил тяжести и упругости, зависящих только от стартового и финального положения тела и не зависящих от траектории движения. При таких условиях энергия тел никуда не исчезает, а лишь переходит из кинетической в потенциальную и наоборот – из потенциальной в кинетическую. Это и есть самая простая формулировка закона сохранения энергии для механических систем.



## Закон сохранения энергии

**Полной механической энергией** называется сумма кинетической энергии (т.е. энергии движения) и потенциальной (т.е. энергии взаимодействия тел силами тяготения и упругости):

$$E_k + E_p = E$$

## Закон сохранения энергии

Если механическая энергия не переходит в другие формы, например, во внутреннюю (тепловую) энергию, то сумма кинетической и потенциальной энергии остаётся неизменной. Если же механическая энергия переходит в тепловую, то изменение механической энергии равно работе силы трения или потерям энергии, или количеству выделившегося тепла и так далее, другими словами изменение полной механической энергии равно работе внешних сил:

$$E_{\text{кон}} = E_{\text{нач}} + A_{\text{внеш}} \quad A_{\text{внеш}} = E_{\text{кон}} - E_{\text{нач}}$$



## Алгоритм решения задач

1. Найти точки начального и конечного положения тела.
2. Записать какой или какими энергиями обладает тело в данных точках.
3. Приравнять начальную и конечную энергию тела.
4. Добавить другие необходимые уравнения из предыдущих тем по физике.
5. Решить полученное уравнение или систему уравнений математическими методами.





## Закон сохранения энергии

Важно отметить, что закон сохранения механической энергии позволил получить связь между координатами и скоростями тела в двух разных точках траектории без анализа закона движения тела во всех промежуточных точках. Применение закона сохранения механической энергии может в значительной степени упростить решение многих задач.



## Закон сохранения энергии

Если между телами, составляющими замкнутую систему, действуют силы трения, то механическая энергия не сохраняется. Часть механической энергии превращается во внутреннюю энергию тел (нагревание). Таким образом энергия в целом (т.е. не только механическая) в любом случае сохраняется.



## Закон сохранения энергии

При любых физических взаимодействиях энергия не возникает и не исчезает. Она лишь превращается из одной формы в другую. Этот экспериментально установленный факт выражает фундаментальный закон природы – **закон сохранения и превращения энергии**.

Одним из следствий закона сохранения и превращения энергии является утверждение о невозможности создания «вечного двигателя» – машины, которая могла бы неопределенно долго совершать работу, не расходуя при этом энергии.



## Задача

На какую высоту поднимется тело, подброшенное вертикально вверх, с начальной скоростью  $15 \text{ м/с}$ ? При решении задачи не учитывается сопротивление воздуха.



## Задача

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

$$\frac{v^2}{2} = gh$$

$$h = \frac{v^2}{2g} = \frac{10^2}{2 \cdot 9,81} = 5,1 \text{ м}$$



## Задача

Потенциальная энергия упругой пружины при её растяжении на 2 см равна 2 Дж. Найдите модуль изменения потенциальной энергии этой пружины при уменьшении её растяжения на 0,5 см.

## Задача

$$E = \frac{kx^2}{2},$$

$$k = \frac{2E}{x^2} = \frac{2 \cdot 2 \text{ Дж}}{0,02^2 \text{ м}^2} = 10^4 \text{ Н/м}$$

$$\Delta x = 0,005$$

$$E_1 = \frac{k(x - \Delta x)^2}{2} = \frac{10^4 \text{ Н/м} \cdot 2,25 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2}{2} = 1,125 \text{ Дж}$$

$$\Delta E = |E_1 - E| = |1,125 \text{ Дж} - 2 \text{ Дж}| = 0,875 \text{ Дж}$$



## Задача

Тело находится в свободном падении 5 с. Начальная скорость равна 0. Чему равна работа силы тяжести за время падения? Масса тела 3,5 кг.



## Задача

$$H = v_{0y}t + \frac{gt^2}{2},$$

$$H = \frac{gt^2}{2}.$$

$$A_{mg} = E = mgH - 0 = mgH$$

$$A_{mg} = mg \cdot \frac{gt^2}{2} = \frac{mg^2t^2}{2} = \frac{3,5 \text{ кг} \cdot 10^2 \text{ (м/с}^2\text{)}^2 \cdot 25 \text{ с}^2}{2} = 4375 \text{ Дж}$$



## Задача

Однородная тонкая металлическая цепь длиной 7 м лежит на горизонтальном столе. Линейная плотность цепи равна  $\sigma = 0,5$  кг/м. Чему равна потенциальная энергия цепи, если ее поднять за один конец вертикально таким образом, чтобы нижний конец находился на высоте, равной длине цепи? На поверхности земли потенциальная энергия равна 0.



## Задача

$$E_{\text{п}} = mgh$$

$$m = \sigma l$$

Так как тело однородное, то центр масс находится в центре цепи

$$h = l + \frac{l}{2} = \frac{3}{2}l$$

$$E_{\text{п}} = \sigma l g \cdot \frac{3}{2}l = \frac{3}{2}\sigma l^2 g \quad E_{\text{п}} = \frac{3}{2} \cdot 0,5 \text{ кг/м} \cdot 49 \text{ м}^2 \cdot 10 \text{ м/с}^2 = 367,5 \text{ Дж}$$