



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



Закон сохранения момента импульса

Моментом импульса материальной точки, вращающейся относительно неподвижной оси OO' , называется величина L , равная произведению импульса mv этой точки на расстояние r от этой точки до оси вращения:

$$L = m v r$$



Закон сохранения момента импульса

Момент импульса является векторной величиной. Вектор L направлен по оси вращения в соответствии с правилом правого винта.

Правило буравчика (винта): Если вращать винт (буравчик) в том направлении, в котором вращается тело, он будет завинчиваться (или вывинчиваться) в ту сторону, куда направлена угловая скорость.



Закон сохранения момента импульса

При вращении твердого тела относительно неподвижной оси отдельные его точки, находящиеся на различном расстоянии от оси вращения, имеют различные скорости.

Поэтому для того, чтобы найти **момент импульса твердого тела** относительно некоторой оси вращения, необходимо разбить это тело на элементарные объемы так, чтобы каждый элементарный объем можно было рассматривать как материальную точку массой m находящуюся на расстоянии r от оси вращения и движущаяся со скоростью v .



Закон сохранения момента импульса

Тогда **момент импульса твердого тела** L равен сумме моментов импульса всех материальных точек, на которые разбито это тело:

$$L = \sum_{i=1}^n m_i v_i r_i$$



Закон сохранения момента импульса

Так как для твердого тела угловая скорость вращения всех материальных точек, на которые разбито это тело, одинакова, то, используя формулу

$$v_i = \omega r_i$$

$$L = \sum_{i=1}^n m_i \omega r_i^2 = \omega \sum_{i=1}^n m_i r_i^2 = I \omega$$



Закон сохранения момента импульса

Таким образом, момент импульса твердого тела относительно оси вращения равен произведению момента инерции этого тела относительно той же оси вращения на угловую скорость вращения этого тела.



Закон сохранения момента импульса

В замкнутой системе векторная сумма моментов внешних сил равна нулю.

$L = \text{const}$

Таким образом, *момент импульса замкнутой системы сохраняется*, что является **законом сохранения момента импульса**.



Закон сохранения электрического заряда

Электрический заряд q – это физическая величина, которая характеризует свойство тел или частиц вступать в электромагнитные взаимодействия и определяет значения сил и энергий при таких взаимодействиях.



Закон сохранения электрического заряда

Свойства:

- 1) электрический заряд существует в двух видах: отрицательные и положительные заряды;
- 2) Электрический заряд дискретен;
- 3) алгебраическая сумма электрических зарядов замкнутой системы остается постоянной (*закон сохранения электрического заряда*);
- 4) электрический заряд - величина релятивистки инвариантная.



Закон сохранения электрического заряда

Закон сохранения электрического заряда утверждает: электрические заряды не возникают и не исчезают, они могут быть лишь переданы от одного тела другому или перемещены внутри данного тела. Это фундаментальный закон природы, экспериментально подтвержденный в 1843 году английским физиком М. Фарадеем:

$$\sum_{i=1}^n q_i = \text{const}$$



Задача

Два одинаковых шарика обладают зарядами 8 нКл и -4 нКл . Шарики приводят в соприкосновение и разводят на прежние места. Какими стали заряды шариков?



Задача

Система из двух шариков замкнутая, следовательно, сумма зарядов, входящих в эту систему, остаётся величиной постоянной (закон сохранения электрического заряда).

Так как шарики одинаковые, то при соприкосновении заряд перераспределится и заряды шариков будут одинаковыми

$$q_1 + q_2 = 2q$$

$$q = \frac{Q}{2} = \frac{q_1 + q_2}{2} = \frac{8 \cdot 10^{-9}}{2} = 4 \cdot 10^{-9} \text{ Кл} = 4 \text{ нКл}$$



Закон сохранения центра масс

Центр масс – это точка, которая характеризует распределение массы системы тел. В физике центр масс играет важную роль, так как его движение определяется законами сохранения импульса и энергии. Понимание движения центра масс позволяет анализировать и прогнозировать поведение системы тел в различных условиях.



Законы движения центра масс:

1. Первый закон Ньютона и центр масс

Первый закон Ньютона, также известный как закон инерции, утверждает, что тело остается в покое или движется равномерно прямолинейно, если на него не действуют внешние силы. В контексте движения центра масс это означает, что если на систему тел не действуют внешние силы, то ее центр масс будет оставаться неподвижным или двигаться равномерно прямолинейно.



Законы движения центра масс:

2. Принцип сохранения импульса утверждает, что сумма импульсов замкнутой системы тел остается постоянной при отсутствии внешних сил.

В контексте движения центра масс это означает, что если на систему тел не действуют внешние силы, то ее общий импульс будет сохраняться.

Таким образом, движение центра масс системы будет определяться только взаимодействиями внутри самой системы.



Законы движения центра масс:

Если на систему тел действуют внешние силы, то движение ее центра масс будет определяться этими силами. Взаимодействие сил на отдельные тела в системе приведет к изменению их скоростей, а следовательно, изменению положения центра масс. В результате действия внешних сил центр масс может двигаться по прямой линии или по криволинейной траектории.



Закон сохранения центра масс

Расчет центра масс является важным шагом при изучении движения системы тел. Центр масс представляет собой точку, в которой можно считать сосредоточенной всю массу системы. Расчет центра масс может быть выполнен для однородных и неоднородных объектов, а также для систем из нескольких тел.



Закон сохранения центра масс

Для **однородного** объекта, у которого распределение массы равномерно, центр масс находится в его геометрическом центре. Например, для однородного круга или сферы его центр масс будет находиться в середине.

Для **неоднородного** объекта, у которого распределение массы неравномерно, расчет центра масс может быть более сложным. В этом случае необходимо разделить объект на более маленькие части и вычислить их индивидуальные центры масс. Затем можно использовать эти значения для определения общего центра масс путем усреднения или интегрирования.



Закон сохранения лептонного числа

Лептонами называются элементарные частицы, не участвующие в сильном взаимодействии и имеющие спин $\frac{1}{2}$, то есть являющиеся фермионами.

Из класса лептонов исключают фотон и гравитон, также не участвующие в сильном взаимодействии, поскольку они являются бозонами.

Лептоны и их характеристики

Дублет	Название	Символ		Масса		L	Время жизни (с)
		частица	античастица	в m_e	МэВ		
1	Электрон	e^-	e^+	1	0,511	± 1	стабильно
	Электронное нейтрино	ν_e	$\tilde{\nu}_e$	0	0(1,4*10 ⁻⁵)	± 1	стабильно
2	Мюон	μ^-	μ^+	207	105,66	± 1	2,2*10 ⁻⁶
	Мюонное нейтрино	ν_μ	$\tilde{\nu}_\mu$	0	0(<0,25)	± 1	стабильно
3	Таон	τ^-	τ^+	3492	1784	± 1	<4*10 ⁻¹³
	Таонное нейтрино	ν_τ	$\tilde{\nu}_\tau$	0	0(<0,35)	± 1	стабильно

Закон сохранения лептонного заряда

Члены данного дублета различаются значениями электрического заряда, заряженные лептоны – значениями массы. Но главное, все лептоны и антилептоны, в том числе три типа нейтрино, а также нейтрино и антинейтрино данного типа, различаются характером взаимопревращений. Так, например, из реакций

$$\tilde{\nu}_e + p \rightarrow n + e^+$$

$$\nu_e + p \rightarrow n + e^+$$

$$\nu_e + n \rightarrow p + e^-$$

$$\nu_e + n \rightarrow p + e^+$$

$$\nu_\mu + n \rightarrow p + \mu^-$$

$$\nu_\mu + n \rightarrow p + e^-$$

те, которые записаны слева, разрешены, и все они реально протекают, а те, которые записаны справа, запрещены и ни одна из них не наблюдалась.



Закон сохранения лептонного числа

С помощью первой реакции в было впервые экспериментально зарегистрировано антинейтрино (1953 – 1956). Реакция вторая используется в настоящее время для регистрации солнечных нейтрино. Изучение процессов (1962), представленных в последней строке, показало отличие мюонных нейтрино ν_{μ} от электронных нейтрино ν_e .

В этих опытах первичный пучок протонов от ускорителя направлялся на мишень и генерировал вторичный пучок π^+ -мезонов. Они распадались по схеме





Закон сохранения лептонного заряда

Для того чтобы выделить класс лептонов из множества частиц и различить лептоны и антилептоны, прежде всего нейтрино и антинейтрино, была введена новая физическая величина – лептонный заряд L .

По определению, для всех лептонов $L = +1$, для всех антилептонов $L = -1$, для остальных частиц $L = 0$. Таким образом, можно сказать, что антинейтрино отличается от нейтрино знаком лептонного заряда, подобно тому, как позитрон и электрон различаются знаками электрического заряда (и лептонного тоже). На первый взгляд может показаться, что такое различие является чисто формальным. Но главное здесь в том, что лептонный заряд, как считается, *сохраняется* в любом взаимодействии, и пока это предположение подтверждается всей совокупностью опытных данных.



Закон сохранения лептонного заряда

$$\mathbf{L} = \mathbf{L}_e + \mathbf{L}_\mu + \mathbf{L}_\tau$$

Считается, что во всех взаимодействиях сохраняется не только \mathbf{L} , но и каждый его компонент \mathbf{L}_e , \mathbf{L}_μ , \mathbf{L}_τ по отдельности.



Закон сохранения барионного числа

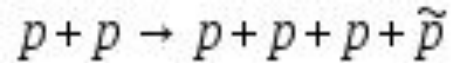
Если барионам и антибарионам присписать барионный заряд (+ B для барионов, $-B$ для антибарионов и 0 для всех остальных частиц), то для всех процессов с участием барионов и антибарионов суммарный барионный заряд будет сохраняться. Это и называют законом сохранения барионного заряда.

Например, этот закон сохранения обуславливает стабильность самого легкого из барионов – протона. Т.к. запрещает реакцию протона в позитрон, который в конечном итоге привел бы к аннигиляции атомов, так как образовавшиеся позитроны аннигилировали бы с электронами атомных оболочек.



Закон сохранения барионного числа

Из этого же закона следует, что антибарион может рождаться только в паре со своим барионом. Например, антипротон рождается в реакции



Барионы

Группа барионы состоит из 18 частиц.

Легкие барионы – протон и нейтрон образуют группу нуклоны.

Тяжелые барионы – это гипероны.

Название частицы	Символ		Масса (в массах электрона)	Заряд (в зарядах электрона)		Время жизни, с
	частицы	анти частицы				
Барионы (тяжелые частицы $m > m_p$)	Протон	p	p ⁻	1836,1	1 -1	стабилен?
	Нейтрон	n	n ⁻	1838,6	0	10 ³
	Лямбда- гиперон	Λ^0	Λ^{-0}	2183,1	0	2,63·10 ⁻¹⁰
	Сигма- гиперон	Σ^+	Σ^{-+}	2327,6	1 -1	8·10 ⁻¹¹
		Σ^0	Σ^{-0}	2333,6	0	5,8·10 ⁻²⁰
		Σ^-	Σ^{--}	2343,1	-1 1	1,48·10 ⁻¹⁰
Кси-гиперон	Ξ^0	Ξ^{-0}	2572,8	0	2,9·10 ⁻¹⁰	
	Ξ^-	Ξ^{--}	2585,6	-1 1	1,64·10 ⁻¹⁰	
Омега- минус- гиперон	Ω^-	Ω^{--}	3273	-1 1	8,2·10 ⁻¹¹	



Закон сохранения массы

Закон сохранения массы — закон физики, согласно которому масса физической системы сохраняется при всех природных и искусственных процессах.

Справедлив для классической механики.



Закон сохранения массы

Масса физического объекта зависит от его внутренней энергии . При поглощении внешней энергии масса растёт, при потере — уменьшается. Отсюда следует, что масса сохраняется только в **изолированной** системе, то есть при отсутствии обмена энергией с внешней средой. Особенно ощутимо изменение массы при ядерных реакциях. Но даже при химических реакциях, которые сопровождаются выделением (или поглощением) тепла, масса не сохраняется, хотя в этом случае дефект массы ничтожен.



Закон сохранения массы

1) при нагревании железного утюга на 200° его масса возрастает на величину $\Delta m/m \approx 10^{-12}$

2) при полном превращении некоторого количества льда в воду

$$\Delta m/m \approx 3.7 \cdot 10^{-12}$$

Масса не является аддитивной величиной: масса системы не равна сумме масс её составляющих.