

### Лекция 3 Фундаментальные физические законы. Важнейшие законы сохранения.

#### 1. Закон сохранения массы

Ломоносов был твердо убежден в неумираемости материи, в том, что в мире ничто не может исчезнуть бесследно. При любых изменениях веществ, химических взаимодействиях – соединяются ли простые тела, образуя сложные, или, наоборот, сложные тела разлагаются на отдельные химические элементы – общее количество вещества остается неизменным. Другими словами, при всех изменениях должен оставаться неизменным общий вес вещества. Пусть в результате какой-либо реакции исчезают два взаимодействующих вещества и получается неизвестное третье – вес вновь образовавшегося соединения должен равняться весу первых двух.

Прекрасно понимая значение законов сохранения, неумираемости материи для науки, Ломоносов искал подтверждение своих мыслей. Он решил повторить опыты английского ученого XVII в. Р. Бойля.

Бойль интересовался вопросами изменения веса металла при нагревании. Он поставил такой опыт: в стеклянную реторту поместил кусочек металла и взвесил ее.

Затем, запаяв узкое горлышко сосуда, нагрел его на огне. Через два часа Бойль снял сосуд с пламени, обломил горлышко реторты и, охладив ее, взвесил. Металл увеличился в весе.

Причину Бойль видел в том, что через стекло в сосуд проникают мельчайшие частицы «материи огня» и соединяются с металлом. Во времена Бойля и Ломоносова непонятные явления природы ученые объясняли с помощью различных неуловимых «материй», но что они из себя представляют – сказать не могли. Ломоносов же не признавал существования таинственных «материй». Он был уверен, что причина увеличения веса заключается в другом, и решил доказать, что нет никакой «тонкой всепроникающей материи огня», а также что при химических превращениях общий вес вещества участвующих в реакции элементов остается неизменным.

Ломоносов повторил опыт Бойля и получил тот же результат: вес металла увеличился. Затем он видоизменил опыт: после нагревания реторты на огне и охлаждения ее взвешивает сосуд, не отламывая горлышка. Так он доказал, что «без допущения внешнего воздуха вес сожженного металла останется в одной мере, никакой материи огня в реторту не проникает».

Увеличение веса в случае, когда реторта перед взвешиванием вскрывалась, Ломоносов объяснял зависимостью от поглощения воздуха металлом. Теперь мы знаем, что при нагревании металлы окисляются, соединяются с кислородом. В опыте Бойля металл берет кислород из воздуха, находящегося в закрытой реторте. При этом его вес увеличивается ровно настолько, насколько уменьшается вес воздуха в реторте. Благодаря этому общий вес закрытой реторты и помещенного в ней тела не изменяется. Хотя здесь и происходит окисление, общее количество вещества не убывает и не прибывает – вес веществ, участвующих в реакции, не изменяется. Но при открытии реторты на место кислорода воздуха, который был поглощен металлом, внутрь колбы ворвется наружный воздух, в результате чего вес реторты увеличится.

Так М.В. Ломоносов открыл закон сохранения вещества, или, как его называют, закон сохранения массы. Через 17 лет после Ломоносова этот закон подтвердил многочисленными опытами французский химик А. Лавуазье. В дальнейшем закон сохранения массы неоднократно подтверждался многочисленными и разнообразными опытами. В настоящее время он является одним из основных законов, лежащих в основе наук о природе.

Закон сохранения массы — масса как мера количества вещества сохраняется при всех природных процессах, то есть несотворима и неумираема. С точки зрения современной физики, этот закон неверен. Например, при радиоактивном распаде совокупная масса вещества уменьшается.

В XX веке выяснились два новых свойства массы.

(M1) Масса физического объекта зависит от его внутренней энергии (см. Эквивалентность массы и энергии). При поглощении внешней энергии масса растёт, при потере — уменьшается. Отсюда следует, что в общезначимом смысле закон сохранения массы неверен. 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. Масса сохраняется только в консервативных системах, то есть при отсутствии обмена энергией с внешней средой.

## **2. Закон сохранения импульса**

Покой и движения тела относительны, скорость движения зависит от выбора системы отсчета. По второму закону Ньютона, независимо от того, находилось ли тело в покое, или двигалось равномерно и прямолинейно, изменение его скорости движения может происходить только под действием силы, т.е. в результате взаимодействия с другими телами.

Имеется физическая величина, одинаково изменяющаяся у всех тел под действием одинаковых сил, если время действия силы одинаково, равная произведению массы тела на его скорость и называемая импульсом тела. Изменение импульса равно импульсу приложенной силы. Импульс тела является количественной характеристикой поступательного движения тел.

Экспериментальные исследования взаимодействий различных тел — от планет и звезд до атомов и электронов, элементарных частиц — показали, что в любой системе взаимодействующих между собой тел при отсутствии действия сил со стороны других тел, не входящих в систему, или равенстве нулю суммы действующих сил геометрическая сумма импульсов тел остается постоянной.

Система тел, не взаимодействующих с другими телами, не входящими в эту систему, называется замкнутой. Таким образом, в замкнутой системе геометрическая сумма импульсов тел остается постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой. Этот фундаментальный закон природы называется законом сохранения импульса.

Необходимым условием применимости закона сохранения импульса к системе взаимодействующих тел является использование инерциальной системы отсчета. На законе сохранения импульса основано реактивное движение, его используют при расчете направленных взрывов, например, при прокладке туннелей в горах. Полеты в космос стали возможными благодаря использованию многоступенчатых ракет.

## **3. Закон сохранения заряда**

Не все явления природы можно понять и объяснить на основе использования понятий и законов механики, молекулярно-кинетической теории строения вещества, термодинамики. Эти науки ничего не говорят о природе сил, которые связывают отдельные атомы и молекулы, удерживают атомы и молекулы вещества в твердом состоянии на определенном расстоянии друг от друга. Законы взаимодействия атомов и молекул удастся понять и объяснить на основе представлений о том, что в природе существуют электрические заряды.

Самое простое и повседневное явление, в котором обнаруживается факт существования в природе электрических зарядов, — это электризация тел при соприкосновении. Взаимодействие тел, обнаруживаемое при электризации, называется электромагнитным взаимодействием, а физическая величина, определяющая электромагнитное взаимодействие, — электрическим зарядом. Способность электрических зарядов притягиваться и отталкиваться говорит о наличии двух различных видов зарядов: положительных и отрицательных.

Электрические заряды могут появляться не только в результате электризации при соприкосновении тел, но и при других взаимодействиях, например, под воздействием силы (пьезоэффект). Но всегда в замкнутой системе, в которую не входят заряды, при любых взаимодействиях тел алгебраическая (т.е. с учетом знака) сумма электрических зарядов всех тел остается постоянной. Этот экспериментально установленный факт называется законом сохранения электрического заряда.

Нигде и никогда в природе не возникают и не исчезают электрические заряды одного знака. Появление положительного заряда всегда сопровождается появлением равного по абсолютному значению, но противоположного по знаку отрицательного заряда. Ни положительный, ни отрицательный заряды не могут исчезнуть в отдельности друг от друга, если равны по абсолютному значению.

Появление и исчезновение электрических зарядов на телах в большинстве случаев объясняется переходами элементарных заряженных частиц – электронов – от одних тел к другим. Как известно, в состав любого атома входят положительно заряженное ядро и отрицательно заряженные электроны. В нейтральном атоме суммарный заряд электронов в точности равен заряду атомного ядра. Тело, состоящее из нейтральных атомов и молекул, имеет суммарный электрический заряд, равный нулю.

Если в результате какого-либо взаимодействия часть электронов переходит от одного тела к другому, то одно тело получает отрицательный электрический заряд, а второе – равный по модулю положительный заряд. При соприкосновении двух разноименно заряженных тел обычно электрические заряды не исчезают бесследно, а избыточное число электронов переходит с отрицательно заряженного тела к телу, у которого часть атомов имела не полный комплект электронов на своих оболочках.

Особый случай представляет встреча элементарных заряженных античастиц, например, электрона и позитрона. В этом случае положительный и отрицательный электрические заряды действительно исчезают, аннигилируют, но в полном соответствии с законом сохранения электрического заряда, так как алгебраическая сумма зарядов электрона и позитрона равна нулю.

#### **4. Закон сохранения энергии в механических процессах**

Механическая энергия подразделяется на два вида: потенциальную и кинетическую. Потенциальная энергия характеризует взаимодействующие тела, а кинетическая – движущиеся. И потенциальная и кинетическая энергии изменяются только в результате такого взаимодействия тел, при котором действующие на тела силы совершают работу, отличную от нуля.

Рассмотрим теперь вопрос об изменении энергии при взаимодействии тел, образующих замкнутую систему. Если несколько тел взаимодействуют между собой только силами тяготения и силами упругости и никакие внешние силы не действуют, то при любых взаимодействиях тел сумма кинетической и потенциальной энергий тел остается постоянной. Это утверждение называется законом сохранения энергии в механических процессах.

Сумма кинетической и потенциальной энергий тел называется полной механической энергией. Поэтому закон сохранения энергии можно сформулировать так: полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих силами тяготения и упругости, остается постоянной.

Основное содержание закона сохранения энергии заключается не только в установлении факта сохранения полной механической энергии, но и в установлении возможности взаимных превращений кинетической и потенциальной энергий в равной количественной мере при взаимодействии тел.

Закон сохранения полной механической энергии в процессах с участием сил упругости и гравитационных сил является одним из основных законов механики. Знание этого закона упрощает решение многих задач, имеющих большое значение в практической жизни.

Например, для получения электроэнергии широко используется энергия рек. С этой целью строят плотины, перегораживают реки. Под действием сил тяжести вода из водохранилища за плотиной движется вниз по колодцу ускоренно и приобретает некоторую кинетическую энергию. При столкновении быстро движущегося потока воды с лопатками гидравлической турбины происходит преобразование кинетической энергии поступательного движения воды в кинетическую энергию вращательного движения роторов турбины, а затем с помощью электрического генератора – в электрическую энергию.

Механическая энергия не сохраняется, если между телами действуют силы трения. Автомобиль, двигавшийся по горизонтальному участку дороги после выключения двигателя, проходит некоторый путь и под действием сил трения останавливается. Во время торможения автомобиля произошло нагревание тормозных колодок, шин автомобиля и асфальта. В результате действия сил трения кинетическая энергия автомобиля не исчезла, а превратилась во внутреннюю энергию теплового движения молекул.

Таким образом, при любых физических взаимодействиях энергия не возникает, а только превращается из одной формы в другую. Этот экспериментально установленный факт называется законом сохранения и превращения энергии.

Любые формы энергии, превращаясь друг в друга посредством механического движения, химических реакций и электромагнитных излучений, в конце концов переходят в тепло и рассеиваются в окружающее пространство. Это явление проявляется в виде взрывных процессов, горения, гниения, плавления, испарения, деформации, радиоактивного распада. Происходит круговорот энергии в природе, характеризующийся тем, что в космическом пространстве реализуется не только хаотизация, но и

обратный ей процесс – упорядочивание структуры, которые наглядно прослеживаются прежде всего в звездообразовании, трансформации и возникновении новых электромагнитных и гравитационных полей, и они снова несут свою энергию новым «солнечным системам». И все возвращается на круги своя.

Закон сохранения механической энергии был сформулирован немецким ученым А. Лейбницем. Затем немецкий ученый Ю.Р. Майер, английский физик Дж. Джоуль и немецкий ученый Г. Гельмгольц экспериментально открыли законы сохранения энергии в немеханических явлениях.

РЕПОЗИТОРИЙ ГГУ ИМЕНИ Ф. СКОРИНЫ