**Связь между массой и энергией**

Важнейшее следствие теории относительности, играющее одну из главных ролей в ядерной физике и физике элементарных частиц - универсальная связь между энергией и массой.

Связь между энергией и массой неизбежно следует из закона сохранения энергии и того факта, что масса тела зависит от скорости его движения. Это видно из простого примера. При нагревании газа в сосуде ему сообщается определенная энергия. Скорость хаотического теплового движения молекул зависит от температуры, и увеличивается с нагреванием газа. Увеличение скорости движения молекул согласно формуле означает увеличение массы всех молекул. Следовательно, масса газа в сосуде увеличивается при увеличении его внутренней энергии. Между массой газа и его энергией существует связь.

Формула Эйнштейна. С помощью» теории относительности Эйнштейн установил замечательную по своей простоте и общности формулу связи между энергией и массой: E=mc2

Энергия тела или системы тел равна массе, умноженной на квадрат скорости света.

Если изменяется энергия системы, то изменяется и ее масса.

Так как коэффициент очень мал, то заметные изменения массы возможны лишь при очень больших изменениях энергии. При химических реакциях или при нагревании в обычных условиях изменения энергии настолько малы, что соответствующие изменения масс не удается обнаружить на опыте. Лишь при превращениях атомных ядер и элементарных частиц изменения энергии оказываются настолько большими, что изменение массы уде заметно.

При взрыве водородной бомбы выделяется около 1017 Дж. Эта энергия превышает выработку электроэнергии на всем земном шаре за несколько дней. Выделяющаяся энергия уносится вместе с излучением. Излучение наряду с энергией обладает массой, которая составляет 0,1% массы исходных материалов.

Энергия покоя.

Согласно формуле (6.9) тело обладает энергией и при скорости, равной нулю. Это энергия покоя Ео:

E0 = m0c2

Любое тело уже только благо факту своего существования обладает энергией, которая пропорциональна массе покоя то.

При превращениях элемента частиц, обладающих массой покоя в частицы, у которых mо=0, энергия покоя целиком превращается в кинетическую энергию вновь образовавшихся частиц. Этот факт является наиболее очевидным экспериментальным доказательством существования энергии покоя.

**Релятивистские эффекты**

Специальная теория относительности, принципы которой сформулировал в 1905г А.Эйнштейн, представляет собой современную физическую теорию пространства и времени, в которой, как и в классической ньютановской механике, предполагается что время однородно, а пространство однородно и изотропно. Специальная теория часто называется релятивистской, а специфические явления, описываемые этой теорией, - релятивистским эффектом.

Движение тел со скоростью, близкой к скорости света, принято называть релятивистским.

Длина тела в направлении движения со скоростью v относительно системы отсчета связана с длиной L0 покоящегося тела соотношением, где с — скорость света в вакууме.

Промежугок времени t; в системе, движущейся со скоростью v по отношению к наблюдателю, связан с промежутком времени tо в неподвижной для наблюдателя системе соотношением

Зависимость массы тела от скорости его движения определяется по формуле

где m0, — масса покоя тела.

Кинетическая энергия движущегося тела W = mc2 – m0c2,

где т — масса движущегося тела со скоростью v.

Закон сложения скоростей:

**Симметрия пространства-времени, законы сохранения.**

ИНВАРИАНТНОСТЬ - неизменность какой-либо величины при изменении физических условий или по отношению к некоторым преобразованиям, напр., преобразованиям координат и времени при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой (релятивистская инвариантность).

СИММЕТРИЯ (от греч. symmetria — соразмерность) - в широком смысле — инвариантность (неизменность) структуры, свойств, формы материального объекта относительно его преобразований (т. е. изменений ряда физических условий). Симметрия лежит в основе законов сохранения.

Весьма важным для понимания законов природы является принцип инвариантности относительно сдвигов в пространстве и во времени, т. е. Параллельных переносов начала координат и начала отсчета времени. Он формулируется так: смещение во времени и в пространстве не влияет на протекание физических процессов.

Инвариантность непосредственно связана с симметрией, представляющей собой неизменность структуры материального объекта относительно его преобразований, т. е. изменения ряда физических условий.

В широком смысле симметрия означает инвариантность как неизменность свойств системы при некотором изменении (преобразовании) ее параметров. Наглядным примером пространственных симметрий физических систем является кристаллическая структура твердых тел. Симметрия кристаллов — закономерность атомного строения, внешней формы и физических свойств кристаллов, заключающаяся в том, что кристалл может быть совмещен с самим собой путем поворотов, отражений, параллельных переносов и других преобразований симметрии. Симметрия свойств кристалла обусловлена симметрией его строения. Например, как следует из математического моделирования, процесс взаимодействия свободного электрона с изотопами кристаллической решетки имеет симметричный характер.

Орнамент — наверное, самое древнее отображение идеи симметрии, лежащей в основе многих фундаментальных законов.

Из сформулированного принципа инвариантности относительно сдвигов в пространстве и во времени следует симметрия пространства и времени, называемая однородностью пространства и времени.

Однородность пространства заключается в том, что при параллельном переносе в пространстве замкнутой системы тел как целого ее физические свойства и законы движения не изменяются, иными словами, не зависят от выбора положения начала координат инерциальной системы отсчета.

Из свойства симметрии пространства — его однородности следует закон сохранения импульса, импульс замкнутой системы сохраняется, т. е. не изменяется с течением времени. Закон сохранения импульса справедлив не только в классической физике, хотя он и получен как следствие законов Ньютона. Эксперименты доказывают, что он выполняется и для замкнутых систем микрочастиц, подчиняющихся законам квантовой механики. Импульс сохраняется и для незамкнутой системы, если геометрическая сумма всех внешних сила равна нулю. Закон сохранения импульса носит универсальный характер и является фундаментальным законом природы.

Однородность времени означает инвариантность физических законов относительно выбора начала отсчета времени. Например, при свободном падении тела в поле силы тяжести его скорость и пройденный путь зависят лишь от начальной скорости и продолжительности свободного падения тела и не зависят от того, когда тело начало падать.

Из однородности времени следует закон сохранения механической энергии: в системе тел, между которыми действуют только консервативные силы, полная механическая энергия сохраняется, т. е. не изменяется со временем. Консервативные силы действуют только в потенциальных полях, характеризующихся тем, что работа, совершаемая действующими силами при перемещении тела из одного положения в другое, не зависит от того, по какой траектории это перемещение произошло, а зависит только от начального и конечного положений. Если же работа, совершаемая силой, зависит от траектории перемещения тела из одной точки в другую, то такая сила называется диссипативной; например сила трения.

Механические системы, на тела которых действуют только консервативные силы (внутренние и внешние), называются консервативными системами. Закон сохранения механической энергии можно сформулировать еще и так: в консервативных системах полная механическая энергия сохраняется.

В диссипативных системах механическая энергия постепенно уменьшается из-за преобразования ее в другие (немеханические) формы энергии. Этот процесс называется диссипацией, или рассеянием энергии. Строго говоря, все реальные системы в природе диссипативные.

В консервативных системах полная механическая энергия остается постоянной, могут происходить лишь превращения кинетической энергии в потенциальную и обратно в эквивалентных количествах.

Закон сохранения и превращения энергии — фундаментальный закон природы; он справедлив как для систем макроскопических тел, так и для микросистем.

В системе, в которой действуют консервативные и диссипативные силы, например силы трения, полная механическая энергия системы не сохраняется. Следовательно, для такой системы закон сохранения механической энергии не выполняется. Однако при убывании механической энергии всегда возникает эквивалентное количество энергии другого вида. Таким образом, энергия никогда не исчезает и не появляется вновь, она лишь превращается из одного вида в другой. В этом заключается физическая сущность закона сохранения и превращения энергии — сущность неуничтожения материи и ее движения, поскольку энергия, по определению, — универсальная мера различных форм движения и взаимодействия.

Закон сохранения энергии — результат обобщения многих экспериментальных данных. Идея этого закона принадлежит М.В. Ломоносову (1711—1765), изложившему закон сохранения материи и движения, а количественная его формулировка дана немецкими учеными — врачом Ю. Майером (1814—1878) и естествоиспытателем Г. Гельмгольцем (1821—1894).

Обратимся еще к одному свойству симметрии пространства — его изотропности. Изотропность пространства означает инвариантность физических законов относительно выбора направлений осей координат системы отсчета (относительно поворота замкнутой системы в пространстве на любой угол).

Из изотропности пространства следует фундаментальный закон природы — закон сохранения момента импульса: момент импульса замкнутой системы сохраняется, т. е. не изменяется с течением времени.

**Симметрия и процесс познания**

Связь между симметрией пространства и законами сохранения установила немецкий математик Эмми Нётер (1882—1935). Она сформулировала и доказала фундаментальную теорему математической физики, названную ее именем, из которой следует, что из однородности пространства и времени вытекают законы сохранения соответственно импульса и энергии, и из изотропности пространства — закон сохранения момента импульса.

Выявление различных симметрий в природе, а иногда и постулирование их стало одним из методов теоретического исследования свойств микро-, макро- и мегамира. Возросла в связи с этим роль весьма сложного и абстрактного математического аппарата — теории групп — наиболее адекватного и точного языка для описания симметрии. Теория групп — одно из основных направлений современной математики. Значительный вклад в ее развитие внес французский математик Эварист Галуа (1811— 1832), жизнь которого рано оборвалась: в возрасте 21 года он был убит на дуэли.

С помощью теории групп русский минералог и кристаллограф Е.С. Федоров (1853—1919) решил задачу классификации правильных пространственных систем точек — одну из основных задач кристаллографии. Это исторически первый случай применения теории групп непосредственно в естествознании.

Существенное ограничение об однородном и изотропном пространственном распределении материи во Вселенной, налагаемое на уравнения общей теории материи и составляющее основу космологического принципа, позволило А.А-Фридману (1888—1925) предсказать расширение Вселенной.

Анализируя роль принципов инвариантности современный американский физик-теоретик Э. Вигнер (р. 1902), лауреат Нобелевской премии 1963 г., показавший эффективность применения теории групп в квантовой механике, выделил ряд ступеней в познании, поднимаясь на которые мы глубже и дальше обозреваем природу, лучше ее понимаем. Вначале в хаосе повседневных фактов человек замечает некоторые эмпирические закономерности. Затем, выделяя общие свойства природных явлений и анализируя их связи, он формулирует математические законы природы, учитывая при этом начальные условия, которые могут иметь любой, даже случайный характер. Например, в классической механике в качестве начальных условий могут выступать координаты и скорость тела в некоторый начальный момент времени. Наконец, синтезируя уже известные законы, находят ряд принципов, позволяющих дедуктивным путем определить уже известные и пока неизвестные утверждения, предсказывающие те или иные физические явления и процессы.

Функция, которую несут принципы симметрии, по утверждению Э. Вигнера, состоит в наделении структурой законов природы или установлении между ними внутренней связи, так как законы природы устанавливают структуру или взаимосвязь в мире явлений. Так создаются теории, охватывающие широкий круг физических явлений и процессов. Следующая ступень — анализ самих принципов границ или условий и выявление тех, при которых они выполняются.

Идею выявления основополагающих принципов и их последовательное применение при описании и объяснении природных явлений впервые предложил и реализовал с применением математического аппарата Исаак Ньютон еще в начале развития классической физики и задолго до появления современных представлений об инвариантности и симметрии. В своем труде "Оптика" он писал:

Вывести из явлений два или три общих принципа движения и затем изложить, как из этих ясных принципов вытекают свойства и действия всех вещественных предметов, вот что было бы очень большим шагом в философии, хотя причины этих принципов и не были еще открыты.

По своему содержанию и месту в теории познания такие принципы носят аксиоматический характер.

При подготовке этой работы были использованы материалы с сайта http://www.studentu.ru