

Краткий терминологический словарь

Приведен перечень основных терминов, знание которых необходимо для успешного изучения вопросов программы по дисциплине «Физика», (разделы «Механика», «СТО», «Колебания и волны», «Термодинамика и молекулярная физика», «Электромагнетизм», «Оптика», «Атомная физика и элементарные частицы»)

Механика

Абсолютное движение - движение тела относительно условно неподвижной системы отсчета.

Абсолютно твердое тело - система материальных точек, расстояние между которыми не изменяется в данной задаче. Абсолютно твердое тело обладает только поступательными и вращательными степенями свободы.

Вес тела - в физике - сила, с которой тело, находящееся в силовом (гравитационном) поле, действует на горизонтальную опору или растягивает вертикальный подвес. Значит, вес приложен к опоре, к подвесу, но не к телу.

Вращательное движение вокруг оси – движение, при котором траектории всех точек тела являются окружностями с центрами, расположенными на одной прямой (оси вращения), и лежащими в плоскостях, перпендикулярных этой прямой.

Вторая космическая скорость - минимальная скорость, которую необходимо сообщить телу, находящемуся на поверхности Земли (или иного массивного тела), чтобы оно вышло из сферы гравитационного действия планеты (т. е. удалилось на такое расстояние, при котором притяжение к Земле пренебрежимо мало). У поверхности Земли вторая космическая скорость равна 11.2 км/с. Вторая космическая скорость не зависит от направления, в котором запускается тело.

Второй закон Ньютона - физический закон, в соответствии с которым ускорение, приобретаемое материальной точкой в инерциальной системе отсчета, прямо пропорционально действующей на тело (равнодействующей) силе, обратно пропорционально массе тела, и направлено в сторону действия силы. В такой форме закон применим только для тел, масса которых при движении не меняется. Более общая формулировка второго закона Ньютона гласит: скорость изменения импульса тела прямо пропорциональна действующей силе.

Движение материальной точки по окружности - движение материальной точки, когда траекторией точки является окружность. Это простейший случай криволинейного движения.

Динамика - раздел механики, изучающий влияние взаимодействий между телами на их механическое движение. Динамика отвечает на вопрос: почему движется тело? Это причинная часть механики.

Динамические уравнения движения – это второй закон Ньютона, записанный для данного тела. Эти уравнения можно записать в векторном виде и в проекциях на оси координат.

Составление и решение таких уравнений – главная задача динамики.

Закон всемирного тяготения (открыт Ньютоном) гласит: сила взаимодействия двух материальных точек прямо пропорциональна массам этих точек, обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними и направлена вдоль прямой соединяющей точки. Масса, фигурирующая в этом законе, называется гравитационной.

Законы Ньютона - три закона, лежащие в основе классической механики.

Законы Ньютона не доказываются в математическом смысле, а являются обобщением опыта. Впервые эти законы были сформулированы Ньютоном в знаменитом труде «Математические начала натуральной философии» (1687).

Законы сохранения - фундаментальные физические законы, согласно которым в замкнутой (изолированной) системе некоторые физические величины не изменяются с течением времени при всех взаимодействиях, происходящих в этой системе. В механике Ньютона законы сохранения выводятся из законов Ньютона, являются их следствием.

Закон сохранения импульса - закон механики, в соответствии с которым:

векторная сумма импульсов тел замкнутой системы остается постоянной при любых взаимодействиях этих тел между собой. Импульс может только перераспределяться между телами системы. В механике этот закон выводится из законов Ньютона. За пределами механики закон сохранения импульса нужно рассматривать как самостоятельный опытный принцип, не сводящийся к законам Ньютона. Закон сохранения импульса есть следствие однородности пространства.

Закон сохранения и превращения энергии - общий закон природы, один из основных законов естествознания. Согласно этому закону энергия любой замкнутой (изолированной) системы при всех процессах, происходящих в системе, остается постоянной. Энергия может только переходить из одной формы в другую и перераспределяться между частями системы. Для незамкнутой системы увеличение (или уменьшение) ее энергии равно убыли (или возрастанию) энергии взаимодействующих с ней тел и физических полей (см. также Энергия). Закон сохранения энергии связан с однородностью времени.

Закон сохранения массы - закон классической механики, в соответствии с которым при любых процессах, происходящих в системе тел, ее масса остается неизменной. В специальной теории относительности этот закон после открытия взаимосвязи массы и энергии подвергся переосмыслению. Как выяснилось, всякое выделение или поглощение энергии сопровождается изменением массы.

Закон сохранения механической энергии - физический закон, в соответствии с которым: в замкнутой системе, в которой не действуют силы трения и сопротивления, сумма кинетической и потенциальной энергии всех тел системы остается величиной постоянной.

Закон сохранения момента импульса - физический закон, в соответствии с которым момент импульса замкнутой системы относительно любой неподвижной точки не изменяется со временем. Закон сохранения момента импульса есть проявление изотропности пространства.

Инертность - свойство материальных объектов приобретать разные ускорения при одинаковых внешних воздействиях со стороны других тел. Мерой инертности тела в поступательном движении является его масса, а при вращательном движении – момент инерции.

Инерциальная система отсчета - система отсчета, в которой тело находится в покое или движется равномерно и прямолинейно до тех пор, пока на него не действуют другие тела или это действие скомпенсировано. Смысл первого закона Ньютона в утверждении существования таких систем отсчета.

Кинематика - раздел механики, изучающий геометрические свойства движения тел без учета их масс и действующих на них сил. Кинематика исследует способы описания движений и связей между величинами, характеризующими эти движения. Кинематика отвечает на вопрос: как движется тело? (ср. с Динамикой).

Кинематические уравнения движения это зависимость радиус-вектора материальной точки или ее координат от времени. Особенно широко используются кинематические уравнения равнопеременного движения.

Кинетическая энергия – энергия механической системы, зависящая от скоростей ее точек. Если тело массы m движется со скоростью v , то его кинетическая энергия равна $mv^2/2$.

Коэффициент трения – отношение силы трения к силе нормальной реакции (или к силе нормального давления, прижимающей трущиеся поверхности друг к другу). Выражается отвлеченным безразмерным числом (см. также Трение).

Линейная скорость - скорость отдельной точки вращающегося тела, зависящая от угловой скорости и расстояния от точки до оси вращения. Линейная скорость материальной точки численно равна расстоянию, которое точка проходит в единицу времени.

Масса – мера инертных и гравитационных свойств тела (см. Инертность, Закон всемирного тяготения). Масса не зависит от скорости.

Материальной точкой называется тело, размеры и форма которого в данной задаче не существенны. Материальную точку часто называют телом.

Мгновенная скорость - предел средней скорости за бесконечно малый промежуток времени. Мгновенная скорость направлена по касательной в данной точке траектории.

Мгновенная угловая скорость - предел, к которому стремится средняя угловая скорость при бесконечном уменьшении промежутка времени. Мгновенную угловую скорость можно найти, таким образом, как производную от угла поворота по времени.

Механика - основной раздел физики; наука о механическом движении материальных тел и происходящих взаимодействиях между ними. В результате взаимодействия изменяются скорости тел или тела деформируются. Механика подразделяется на статику, кинематику и динамику.

Механика тел переменной массы - раздел механики, изучающий движения тел, масса которых изменяется с течением времени вследствие отделения от тела (или присоединения к нему) материальных частиц. Такие задачи возникают при движении ракет, реактивных самолетов, небесных тел и др. Движение тела переменной массы описывается уравнением Мещерского, которое является обобщением второго закона Ньютона путем введения в это уравнение реактивной силы тяги.

Момент силы относительно точки O определяется как векторное произведение радиус-вектора тела на вектор силы. Момент силы относительно оси вращения (не путать с моментом силы относительно точки!) это – произведение силы на плечо (кратчайшее расстояние от линии действия силы до оси вращения, другими словами, длина перпендикуляра, опущенного из точки O на линию действия силы). Можно показать, что момент силы относительно оси вращения, проходящей через точку O, есть проекция момента силы относительно точки O на эту ось. (Ср. с понятием Момент импульса!)

Неинерциальная система отсчета - система отсчета, в которой не выполняется первый закон Ньютона. Неинерциальная система отсчета движется с ускорением относительно некоторой инерциальной системы отсчета. Важным классом неинерциальных систем являются вращающиеся системы отсчета.

Нормальное ускорение - составляющая ускорения, направленная вдоль нормали к траектории движения в данной точке. Нормальное ускорение характеризует изменение скорости по направлению.

Относительное движение - движение точки или тела относительно движущейся системы отсчета.

Парой сил называется система, состоящая из двух сил равных по модулю и противоположных по направлению, линии действия которых в общем случае не совпадают.

Параллелограмм сил - геометрическое построение, выражающее закон сложения сил. Вектор, изображающий силу, равную геометрической сумме двух сил, является диагональю параллелограмма, построенного на этих силах, как на его сторонах.

Первая космическая скорость - минимальная скорость, которую необходимо сообщить телу, находящемуся в гравитационном поле Земли (или иного массивного тела), чтобы оно стало искусственным спутником планеты, т. е. двигалось по круговой орбите. Вблизи поверхности Земли первая космическая скорость равна 7.91 км/с.

Первый закон Ньютона (открыт Галилеем) - физический закон, в соответствии с которым материальная точка сохраняет состояние покоя или равномерного движения до тех пор, пока внешние воздействия не изменят это состояния.

Перемещением называется вектор, проведенный из начальной в конечную точку траектории В случае прямолинейной траектории модуль вектора перемещения равен пройденному пути.

Переносное движение - движение условно подвижной системы отсчета по отношению к инерциальной системе отсчета, условно принятой за неподвижную.

Потенциальная энергия - часть механической энергии тела, зависящая от взаимного расположения ее частей и от их положений во внешнем силовом поле. Численно потенциальная энергия системы в данном состоянии равна работе, которую произведут действующие на систему силы при переходе системы из этого положения в то, где потенциальная энергия условно принимается равной нулю.

Преобразования Галилея - соотношения, позволяющие переходить (в классической механике) от пространственно-временных координат некоторого события в одной инерциальной системе отсчета к пространственно-временным координатам этого же события в другой инерциальной системе отсчета.

Принцип относительности классической механики - постулат Г.Галилея, согласно которому в любых инерциальных системах отсчета все механические явления протекают одинаково при одних и тех же условиях.

Пространство и время - основные формы существования материи. Это философские категории, в физике они не определяются. Согласно теории относительности геометрические свойства пространства и скорость течения времени зависят от распределения и движения материи.

Равнодействующая сила - сила, действие которой эквивалентно действию на тело нескольких сил. Система сил имеет равнодействующую только в том случае, если для нее существует точка, относительно которой главный момент сил системы равен нулю. Равнодействующая сила равна геометрической сумме всех сил системы и приложена в центре приведения. Пара сил не имеет равнодействующей.

Равномерное вращательное движение - движение, при котором углы поворота материальной точки за любые равные промежутки времени одинаковы.

Равномерное движение - движение, при котором за любые равные промежутки времени материальная точка проходит одинаковые пути.

Равномерное прямолинейное движение – то же самое, что и *Равномерное движение*, если траектория тела – прямая линия.

Равномерное движение материальной точки по окружности - движение материальной точки по окружности, при котором модуль ее скорости не меняется. Меняется только направление скорости. При таком движении материальная точка обладает центростремительным ускорением. Центростремительное ускорение – частный случай нормального ускорения.

Свободное вращение твердого тела - вращение твердого тела, при котором неподвижной точкой является центр тяжести тела.

Сила - мера механического действия на материальную точку или тело других тел или полей.

Сила вызывает изменение скорости тела или его деформацию. В механике различают силы, возникающие при непосредственном контакте тел или на расстоянии посредством создаваемых телами полей. Можно показать, что на микроскопическом уровне все силы (например, сила упругости) обусловлены полями. Сила - векторная величина, поэтому в каждый момент времени она характеризуется числовым значением, направлением и точкой приложения. В механике природа сил не рассматривается. Единица силы в СИ – 1 Ньютон.

Если в каждой точке пространства на тело действует сила, то говорят, что в пространстве существует силовое поле. Если работа сил поля не зависит от формы траектории, то поле называется потенциальным, а сила консервативной. Примеры потенциальных полей: гравитационное поле, электростатическое (кулоновское) поле, поле упругих сил.

Силы инерции – фиктивные силы, которые вводятся в неинерциальных системах отсчета, чтобы второй закон Ньютона можно было распространить на неинерциальные системы отсчета. Например, во вращающихся системах отсчета появляются центробежная сила и сила Кориолиса.

Система отсчета – тело отсчета, система координат, связанная с телом отсчета, и часы (прибор для измерения времени движения с указанием на начало его отсчета). Система отсчета используется для определения положения в пространстве физических объектов в различные моменты времени. Различают инерциальные и неинерциальные системы отсчета.

Скорость тела - кинематическая характеристика материальной точки. Это векторная величина, определяемая как предел отношения перемещения точки к промежутку времени, за который это перемещение произошло, когда этот промежуток времени стремится к нулю. Скорость можно найти, таким образом, взяв производную от радиус-вектора по времени. Вектор скорости всегда направлен по касательной к траектории тела. В СИ единицей скорости является метр-в-секунду (м/с). Одно и то же тело может одновременно двигаться и находиться в покое в разных системах отсчета. Если рассматривается конечный промежуток времени Δt , то скорость называется средней.

Среднее угловое ускорение - физическая величина, численно равная отношению приращения угловой скорости к промежутку времени, за который это приращение произошло.

Средняя угловая скорость – отношение угла поворота радиуса любой точки вращающегося тела к промежутку времени, за который совершился этот поворот. См. также Вращательное движение вокруг оси.

Статика - раздел механики, изучающий условия равновесия материальных точек или их системы, находящихся под действием сил.

Тангенциальное ускорение - составляющая ускорения, направленная вдоль касательной к траектории движения в данной точке. Тангенциальное ускорение характеризует изменение скорости по модулю.

Тело отсчета - тело, относительно которого рассматривается движение всех остальных тел.

Теорема о кинетической энергии формулируется так. Сумма работы всех сил (консервативных и неконсервативных), приложенных к телу, равна приращению его кинетической энергии. С помощью этой теоремы можно обобщить закон сохранения механической энергии на случай незамкнутой (неизолированной) системы: приращению полной механической энергии системы равно работе сторонних сил над системой.

Теорема Штейнера - соотношение для расчета момента инерции тела относительно произвольной оси, если известен момент инерции I_0 относительно оси, проходящей через центр масс тела. Момент инерции тела относительно оси, параллельной оси, проходящей через центр масс тела и отстоящей от нее на расстояние l , определяется по формуле $I_0 + ml^2$, где m - масса тела.

Траекторией называется воображаемая линия, описываемая телом при движении. В зависимости от формы траектории движения бывают криволинейные и прямолинейные. Примеры криволинейного движения: движение тела, брошенного под углом к горизонту (траектория – парабола), движение материальной точки по окружности.

Трение - явление сопротивления тел относительному перемещению. Возникает между двумя телами в плоскости соприкосновения их поверхностей и сопровождается диссипацией (рассеиванием) энергии. Механическая энергия системы, в которой есть трение, может только уменьшаться. Наука, изучающая трение, называется трибологией. Опытным путем установлено, что максимальная сила трения покоя и сила трения скольжения не зависит от площади соприкосновения тел и пропорциональна силе нормального давления, прижимающей поверхности друг к другу. Коэффициент пропорциональности при этом называется коэффициентом трения (покоя или скольжения).

Третий закон Ньютона - физический закон, в соответствии с которым силы взаимодействия двух материальных точек равны по модулю, противоположны по направлению и действуют вдоль прямой, соединяющей эти точки. Как и прочие законы Ньютона, третий закон справедлив только для инерциальных систем отсчета. Краткая формулировка третьего закона: действие равно противодействию.

Третья космическая скорость - минимальная скорость, необходимая для того, чтобы космический аппарат, запущенный с Земли, преодолел притяжение Солнца и покинул Солнечную систему. Если бы Земля в момент запуска была неподвижна и не притягивала тело к себе, то третья космическая скорость была бы равна 42 км/с. С учетом скорости орбитального движения Земли (30 км/с) третья космическая скорость равна $42-30 = 12$ км/с (при запуске в направлении орбитального движения) или $42+30 = 72$ км/с (при запуске в противоположном направлении). Если учесть еще и силу притяжения к Земле, то для третьей космической скорости получим значения от 17 до 73 км/с.

Ускорение - векторная величина, характеризующая быстроту изменения скорости. При произвольном движении ускорение определяется как отношение приращения скорости к соответствующему промежутку времени. Если устремить этот промежуток времени к нулю, получим мгновенное ускорение. Значит, ускорение есть производная от скорости по времени. Если рассматривается конечный промежуток времени Δt , то ускорение называется средним. При криволинейном движении полное ускорение складывается из тангенциального (касательного) и нормального ускорения.

Угловая скорость - векторная величина, характеризующая вращательное движение твердого тела и направленная по оси вращения согласно правилу правого винта. Средняя угловая скорость численно равна отношению угла поворота к соответствующему промежутку времени.

Взяв производную от угла поворота по времени, получим мгновенную угловую скорость. Единицей угловой скорости в СИ является рад/с.

Ускорение свободно падающего тела - ускорение, с которым движется тело под действием силы тяготения. Ускорение свободного падения одинаково для всех тел, независимо от их массы. На Земле ускорение свободно падающего тела зависит от высоты над уровнем моря и от географической широты и направления к центру Земли. На широте 45^0 и на уровне моря ускорение свободно падающего тела $g = 9.80665 \text{ м/с}^2$. В учебных задачах обычно полагают $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

Физический закон - необходимая, существенная и устойчиво повторяющаяся связь между явлениями, процессами и состояниями тел. Познавание физических законов составляет основную задачу физической науки.

Центральная сила – это сила, линия действия которой проходит через одну точку (силовой центр), и зависящая только от расстояния до этой точки. Примеры центральных сил: гравитационная сила, кулоновская сила, сила упругости. Работа центральной силы не зависит от формы траектории. Поэтому поле центральных сил потенциально (см. также Силовое поле).

Центр инерции – то же самое, что и центр масс.

Центростремительная сила - сила, которая меняет направление скорости и сообщает материальной точке центростремительное ускорение. Роль центростремительной силы могут играть сила упругости, гравитационная сила, кулоновская сила, магнитная сила Лоренца и др. Центростремительная сила, как и прочие силы, приложена к движущейся материальной точке и направлена к центру вращения.

Энергия - скалярная физическая величина, являющаяся общей мерой различных форм движения материи и мерой перехода движения материи из одних форм в другие. Основные виды энергии: механическая, внутренняя, электромагнитная, химическая, гравитационная, ядерная. Одни виды энергии могут превращаться в другие в строго определенных количествах (см. также Закон сохранения и превращения энергии).

Центр масс – точка тела (или системы тел), которая движется так, как если бы в ней была сосредоточена вся масса тела (системы) и если бы к ней были приложены все внешние силы, действующие на систему. Другое название этой точки – *центр инерции*. Система отсчета, связанная с центром масс, называется Ц-системой или системой центра масс. В такой системе удобно решать задачи, если нас не интересует движение системы в целом, а только относительное движение ее частиц.

ОТО представляет собой классическую (неквантовую) релятивистскую теорию гравитации. В основе ОТО лежит принцип эквивалентности, согласно которому неинерциальная система отсчета эквивалентна инерциальной при наличии в ней некоторого гравитационного поля. Таким образом утверждается эквивалентность инерции и гравитации.

Преобразования Лоренца - соотношения, позволяющие переходить (в теории относительности) от пространственно-временных координат некоторого события в одной инерциальной системе отсчета к пространственно-временным координатам этого же события в другой инерциальной системе отсчета. При скоростях значительно меньших скорости света в вакууме преобразования Лоренца переходят в преобразования Галилея.

Принцип относительности релятивистской механики – постулат впервые сформулированный А.Пуанкаре (1902), согласно которому в любых инерциальных системах отсчета все физические явления протекают одинаково. В такой формулировке принцип относительности является обобщением *принципа относительности Галилея* на все физические явления (механические, электромагнитные, оптические и т. д.).

Пространство и время - основные формы существования материи. Это философские категории, в физике они не определяются. Согласно *теории относительности* геометрические свойства пространства и скорость течения времени зависят от распределения и движения материи.

Релятивистская механика - раздел теоретической физики, рассматривающий классические законы механического движения тел при скоростях, сравнимых со скоростью света в вакууме. Релятивистская механика основана на *специальной теории относительности*

Пространство и время - основные формы существования материи. Это философские категории, в физике они не определяются. Согласно теории относительности геометрические свойства пространства и скорость течения времени зависят от распределения и движения материи.

Специальная теория относительности (СТО) - разработанная Г.Лоренцом, А.Пуанкаре и А.Эйнштейном физическая теория пространства и времени, основанная на двух постулатах. Постулаты СТО:

- принцип относительности;
 - существует предельная скорость передачи взаимодействий, одинаковая во всех инерциальных системах отсчета. В качестве такой скорости в СТО принимается скорость света в вакууме.
- Эффекты СТО** начинают сказываться при скоростях, приближающихся к скорости света. При $(v/c) \rightarrow 0$ законы СТО, согласно принципу соответствия, переходят в законы классической механики Ньютона.

Колебания

Автоколебания – это незатухающие колебания под действием постоянной силы.

Незатухающие колебания в автоколебательной системе поддерживаются за счет источника энергии, подключаемого в нужные моменты времени к колебательной системе (маятнику, колебательному контуру и пр.) через клапан, регулирующий поступление энергии в эту систему. Роль клапана может играть, анкерный механизм в часах, радиолампа, транзистор и пр. Биениями называется результат сложения двух колебаний близких по частоте ($\omega_1 \approx \omega_2$), имеющих одинаковую амплитуду и происходящих в одном направлении. Биения имеют вид синусоиды с медленно меняющейся амплитудой. Вынужденными колебаниями называются незатухающие колебания под действием периодически меняющейся вынуждающей силы. Амплитуда и фаза вынужденных колебаний зависят от частоты вынуждающей силы (см. также Резонанс).

Колебания, амплитуда которых с течением времени уменьшается. Причина затухания обуславливается силами, тормозящими движение.

Колебания – это периодически повторяющиеся движения. Колебания, описываемые законом синуса $x = A \sin(\omega t + \varphi)$ или косинуса $x = A \cos(\omega t + \varphi)$, называются гармоническими. Величина, стоящая под знаком гармонической функции $(\omega t + \varphi)$, называется фазой; ω называется круговой (или циклической) частотой; φ – начальной фазой. Колебания разной природы описываются математически совершенно одинаково.

Коэффициентом затухания называется величина, характеризующая скорость убывания амплитуды затухающих колебаний. Амплитуда определяется экспоненциальным множителем $e^{-\alpha t}$. Чем больше α , тем быстрее затухают колебания.

Логарифмическим декрементом колебания называется натуральный логарифм двух последовательных амплитуд затухающего колебания.

Математический маятник - механическая колебательная система, состоящая из материальной точки, подвешенной на тонкой, невесомой и нерастяжимой нити или на невесомом стержне в поле сил тяжести. Период малых колебаний математического маятника не зависит от амплитуды и определяется по формуле: $T = 2\pi\sqrt{l/g}$.

Механические колебания - обладающие периодичностью отклонения тела от положения равновесия. Возбуждение незатухающих механических колебаний происходит путем воздействия на колебательную систему постоянной или переменной силы.

Резонансом называется явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний при совпадении частоты вынуждающей силы и частоты собственных колебаний колебательной системы.

Фигуры Лиссажу – результат сложения двух перпендикулярных колебаний, частоты которых относятся как целые числа. Фигуры можно получить на экране осциллографа. Простейшей фигурой Лиссажу является окружность, которая получается при сложении двух перпендикулярных колебаний одинаковой частоты и амплитуды, сдвинутых по фазе на $\pi/2$.

Физический маятник - абсолютно твердое тело, имеющее ось вращения. В поле тяготения физический маятник может совершать колебания около положения равновесия, при этом массу

системы нельзя считать сосредоточенной в одной точке. Период колебаний физического маятника зависит от момента инерции тела и от расстояния от оси вращения до центра масс.

Термодинамика и молекулярная физика

Адиабатическим называется процесс, происходящий в условиях теплоизоляции (без теплообмена со средой).

Барометрическая формула Лапласа дает зависимость давления от высоты: $p = p_0 \exp(-\mu gh/RT)$, где μ – молярная масса газа, h – высота, T – температура, p_0 – давление у поверхности Земли, $R = 8,31 \cdot 10^3$ Дж/кмоль·К – универсальная газовая постоянная. Таким образом, давление экспоненциально убывает с высотой. Формула выведена при условии постоянства температуры и однородности поля тяготения. Поэтому для реальной атмосферы выполняется лишь приближенно и при небольшом изменении высоты.

Вакуумом называется состояние разрежения, когда соударения молекул друг с другом немногочисленны по сравнению с соударениями со стенками сосуда. Степень разрежения зависит от соотношения среднего свободного пробега и линейных размеров сосуда.

Вакуумные насосы применяются для создания *вакуума*. Различают насосы предварительного вакуума (для создания давления порядка 10^{-3} мм рт. ст.) и насосы высокого вакуума (для создания давления порядка 10^{-7} мм рт. ст. и ниже).

Вечным двигателем второго рода называется устройство, превращающее в полезную работу все количество теплоты, полученное от нагревателя (без передачи некоторого количества теплоты холодильнику). Утверждение о невозможности вечного двигателя второго рода – одна из возможных формулировок *второго начала термодинамики*.

Вечным двигателем первого рода называется устройство, создающее энергию из ничего. Невозможность такого двигателя вытекает из *первого начала термодинамики* (закона сохранения энергии).

Внутренним трением называется возникновение силы трения между слоями жидкости или газа, движущимися с разными скоростями. Причиной внутреннего трения является хаотическое тепловое движение. См. также *Явления переноса*.

Внутренней энергией (U) называется общий запас энергии *системы* за вычетом кинетической энергии системы как целого и потенциальной энергии системы как целого во внешнем потенциальном поле. Внутренняя энергия *идеального газа* равна суммарной кинетической энергии молекул.

Существует свыше 20 формулировок второго начала термодинамики. Первая формулировка: теплота может самопроизвольно передаваться только от более нагретых тел к менее нагретым. Еще одна формулировка: в замкнутой (изолированной) системе при неравновесном *теплообмене энтропия* системы возрастает, достигая максимума при достижении системой равновесия. Второе начало указывает, таким образом, на направление процессов.

Фазы (агрегатные состояния) вещества находятся в динамическом равновесии, если количество молекул, переходящих из первой фазы во вторую в единицу времени, равно числу молекул, переходящих за то же время из второй фазы в первую. Равновесие может быть на границе «жидкость-пар», «твердое тело-жидкость» и «твердое тело-пар». Давление, соответствующее равновесию, зависит от температуры. См. также *Тройная точка*.

Диффузией называется процесс выравнивания концентраций соприкасающихся слоев жидкости или газа вследствие хаотического (теплового) движения молекул. Диффузия приводит к тому, что примеси в жидкости или газе распространяются от места их введения. См. также *Явления переноса*.

Закон Бойля-Мариотта утверждает, что для данной массы газа, при постоянной температуре, произведение давления на объем есть величина постоянная: $pV = \text{const}$.

Закон Гей-Люссака утверждает, что для данной массы газа, при постоянном давлении, объем газа прямо пропорционален абсолютной температуре: $(V_1/V_2) = (T_1/T_2)$.

Закон Гука выражает линейную зависимость между напряжениями и малыми деформациями в упругой среде. Английский ученый Р.Гук обнаружил (1660), что при растяжении стержня

длиною l и площадью поперечного сечения S удлинение стержня Δl пропорционально растягивающей силе F . Еще одна форма записи закона Гука: $\sigma = E\varepsilon$, где $\sigma = F/S$ – нормальное напряжение в поперечном сечении, $\varepsilon = \Delta l/l$ – относительное удлинение стержня. Коэффициент пропорциональности E называется модулем Юнга.

Закон Дальтона гласит: давление смеси химически не взаимодействующих газов равно сумме *парциальных давлений* отдельных компонентов.

Закон Дюлонга и Пти утверждает, что атомная теплоемкость химически простого кристаллического твердого тела одинакова для всех таких тел, не зависит от температуры и равна $c_a = 3R$, где $R = 8,31 \cdot 10^3$ Дж/кмоль·К – универсальная газовая постоянная. При низких температурах закон перестает выполняться, а при $T \rightarrow 0$ $c_a \rightarrow 0$. Объяснить указанное затруднение удалось квантовой теории теплоемкости (Эйнштейн, 1907; Дебай, 1914).

Закон Шарля утверждает, что для данной массы газа, при постоянном объеме, давление газа прямо пропорционально абсолютной температуре:

$$(p_1/p_2) = (T_1/T_2).$$

Идеальной называется тепловая машина, работающая по *циклу Карно*.

Идеальной холодильной машиной называется холодильная машина, работающая по обратному *циклу Карно*.

Идеальным газом называют систему, свойства которой описываются уравнением Клапейрона-Менделеева $pV = (m/\mu)RT$, где p – давление, V – объем, T – температура, m – масса, μ – масса одного киломоля, $R = 8,31 \cdot 10^3$ Дж/кмоль·К – универсальная газовая постоянная. С точки зрения молекулярно-кинетической теории идеальный газ – это газ, молекулы которого имеют нулевой собственный объем и не взаимодействуют на расстоянии. Реальный газ при условиях, близких к нормальным, можно приближенно считать идеальным.

Изобарическим называется процесс, происходящий при постоянном давлении ($p = \text{const}$).

Испарение это процесс *парообразования*, происходящий при любой температуре с поверхности жидкости.

Изотермическим называется процесс, происходящий при постоянной температуре ($T = \text{const}$).

Конвекцией называется процесс перемешивания слоев жидкости или газа, имеющих разную *температуру* и находящихся в поле тяготения. Причиной конвекции является зависимость плотности жидкости или газа от температуры. Конвекция – один из способов *теплообмена*.

Краевым углом называется угол θ между касательной к поверхности жидкости в точке соприкосновения с твердым телом и поверхностью твердого тела. В случае смачивания краевой угол острый, в случае несмачивания – тупой.

Критическая температура – *температура*, выше которой газ невозможно сжатием превратить в жидкость. При температуре ниже критической изотерма сжатия в координатах (p , V) имеет горизонтальный участок – линию плавления.

Изохорическим называется процесс, происходящий при постоянном объеме ($V = \text{const}$).

Капилляры – тонкие трубки диаметром 0,01 – 0,1 мм. При опускании их в смачивающую жидкость уровень жидкости в капилляре оказывается выше уровня жидкости в сосуде, а при опускании в несмачивающую жидкость – ниже. Высота подъема жидкости в капилляре определяется по формуле Жюрена: $h = 4\cos\theta \cdot \alpha/d\rho g$, где θ – краевой угол, α – *коэффициент поверхностного натяжения*, d – диаметр капилляра, ρ – плотность жидкости, g – ускорение свободного падения.

Кипением называется процесс парообразования, происходящий не только со свободной поверхности жидкости, но и во всем объеме, внутри образующихся пузырьков пара. Пузырьки пара увеличиваются в размерах и всплывают на поверхность и лопаются, создавая характерную картину кипения. Температура кипения соответствует равенству давления насыщенного пара жидкости внешнему давлению.

Количество теплоты – это энергия, полученная (или отданная) системой при *теплообмене*. По аналогии с выражением для элементарной работы $\delta A = p dV$ можно записать для элементарного количества теплоты: $\delta Q = T dS$. *Температура* здесь играет роль термической «силы», а *энтропия* – термической «координаты».

Каждому *взаимодействию* отвечает некоторая физическая величина, характеризующая систему и называемая координатой состояния. Для термомеханической системы это объем V и

энтропия S . Число координат состояния определяет число степеней свободы. Так, термомеханическая система имеет две степени свободы.

Коэффициент поверхностного натяжения α определяется как отношение силы поверхностного натяжения, действующей на контур, ограничивающий свободную поверхность жидкости, к длине этого контура.

Кристалл – твердое тело, частицы которого расположены упорядоченно. Главным отличием кристаллов от аморфных твердых тел является анизотропия физических свойств (зависимость свойств от направления). См. также *Кристаллическая решетка*.

Кристаллическая решетка – изображение положения центров атомов или молекул в кристалле. **Элементарная ячейка** – наименьшая часть решетки, отображающая структуру кристалла. Повторение элементарной ячейки путем параллельного переноса можно получить решетку в целом.

Критической называется температура, выше которой газ нельзя превратить в жидкость увеличением давления. Критическая температура у разных веществ может быть довольно высокой и очень низкой. Например, у водяного пара она равна 647 К, а у молекулярного водорода 33 К, а у гелия 5,2 К. См. также *Пар*.

Макросостояние – состояние термодинамической системы, задаваемое набором макроскопических параметров (давление, объем, температура и пр.), характеризующих систему в целом. Одно макросостояние может быть реализовано большим (даже очень большим) числом микросостояний. См. также *Термодинамическая вероятность*.

Микросостояние – состояние термодинамической системы, задаваемое набором величин, характеризующих каждую микрочастицу (координата, импульс, энергия и т. д.).

МКТ – теория тепловых явлений, основанная на представлении о мельчайших частицах вещества – атомах и молекулах. Современное название МКТ – статистическая физика. См. также *Основные положения молекулярно-кинетической теории*.

Насыщенным называется пар, находящийся в динамическом равновесии с жидкостью.

Наивероятнейшей называется скорость v_v , соответствующая максимуму функции распределения Максвелла. См. также *Распределение Максвелла*.

Наивероятнейшая скорость пропорциональна корню квадратному из абсолютной температуры.

Неравенство Клаузиуса есть математическая запись второго начала термодинамики для необратимых процессов в неизолированной системе: если система совершает цикл (круговой процесс), то изменение ее энтропии равно нулю. Алгебраическая сумма приведенных количеств теплоты, сообщенных при этом системе, равно нулю в обратимом процессе и меньше нуля в необратимом процессе. Приведенное количество теплоты – это количество теплоты, полученное системой от нагревателя (или отданное холодильнику), отнесенное к соответствующей температуре.

Нормальными называются условия, когда система (например, газ) находится при давлении $p = 1,013 \cdot 10^5$ Па (760 мм рт. ст.) и температуре $T = 273$ К (0°C).

Обратимым называется процесс, который можно провести в прямом и обратном направлении через одни и те же промежуточные состояния без изменения в окружающих телах. Обратимыми являются равновесные процессы.

Опытные газовые законы – это законы Бойля-Мариотта, Гей-Люссака и Шарля.

Основные положения МКТ:

- все тела состоят из мельчайших частиц, атомов и молекул;
- частицы эти находятся в состоянии непрерывного хаотического движения, называемого тепловым;
- между частицами имеются силы притяжения и отталкивания;
- движение каждой частицы подчиняется законам классической механики.

Пар – это газ при температуре ниже критической. Пар можно превратить в жидкость простым сжатием. Всякий пар – это газ, но не всякий газ есть пар. См. также *Критическая температура*.

Координаты и потенциалы называются параметрами состояния. Например, для термомеханической системы параметрами состояния будут: объем (V), энтропия (S), давление (p) и температура (T).

Парциальным давлением газа называется давление, которое было бы, если бы этот газ занимал объем, занимаемый смесью газов. См. также *Закон Дальтона*.

Первое начало термодинамики – закон сохранения энергии, записанный в чрезвычайно общей форме, включающий изменение энергии за счет *теплообмена*. В стандартных обозначениях: $\Delta Q = \Delta U + A$ – количество теплоты, сообщаемое системе (ΔQ), идет на повышение внутренней энергии системы (ΔU) и на совершение работы (A). Закон сохранения механической энергии – частный случай первого начала термодинамики.

Политропическим называется процесс, описываемый уравнением $pV^n = \text{const}$, где n – некоторое действительное число (показатель политропы). *Изотермический* ($n = 1$), *изобарический* ($n = 0$), *изохорический* ($n = \infty$) и *адиабатический* ($n = \gamma$, $\gamma = c_p/c_v$) процессы – частные случаи политропического процесса.

Для любого *взаимодействия* существует величина, **называемая потенциалом**. Условием возникновения взаимодействия является разность потенциалов *системы и среды*. Для механического взаимодействия потенциалом является давление, для теплообмена – температура. Давление, рассматриваемое как термодинамический потенциал, берется со знаком минус.

Принцип равномерного распределения энергии по степеням свободы сформулирован Максвеллом: если система находится в состоянии равновесия при температуре T , то энергия распределяется по степеням свободы равномерно и на каждую степень свободы приходится энергия $(1/2)kT$, где $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана.

Работой называется макрофизический способ изменения *внутренней энергии системы*, сопровождающийся макроскопическим движением. Ср.: *Теплообмен*. Энергия, которую система получает (или отдает) при этом процессе, называется так же работой (A).

Равновесные распределения – формулы, показывающие, как распределяются молекулы по энергиям и скоростям. См. *Распределение Больцмана* и *Распределение Максвелла*.

Равновесным называется процесс, протекающий бесконечно медленно и представляющий собой последовательность равновесных состояний. Равновесный процесс протекает при наличии бесконечно малой разности *потенциалов системы и среды*. Равновесные процессы изучает раздел *термодинамики – термостатика*. Реальный процесс можно считать равновесным, если он протекает достаточно медленно.

Распределение Больцмана – *равновесное распределение* молекул в потенциальном поле: $n = n_0 \exp(-\Delta E/kT)$, где n_0 – концентрация молекул там, где потенциальная энергия принимается равной нулю; n – концентрация там, где потенциальная энергия равна ΔE ; T – температура; $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана. При $T \rightarrow \infty$ $n = n_0$, т. е. концентрации выравниваются с повышением температуры.

Распределение Максвелла – *равновесное распределение* молекул по скоростям: $f(u) = (\Delta n/n\Delta u) = (4/\sqrt{\pi})u^2 e^{-u^2}$, где Δn – число молекул, скорости которых лежат в интервале от u до $(u + \Delta u)$; n – общее число молекул; $u = v/v_B$ – относительная скорость, т. е. отношение скорости молекулы v к наивероятнейшей скорости v_B . Отношение $\Delta n/n$ можно интерпретировать как априорную вероятность того, что у наугад взятой молекулы скорость окажется в интервале от u до $(u + \Delta u)$.

Свободный пробег есть расстояние, которое проходит молекула между двумя соударениями. В *молекулярно-кинетической теории* вводится понятие среднего свободного пробега.

Термодинамическая система – это часть Вселенной, выделенная для исследования. Средой может быть и газ в сосуде и скопление галактик. Среда – все остальное (то, что не вошло в систему).

Степени свободы – независимые координаты, определяющие положение тела (молекулы) в пространстве.

Температура – физическая величина, характеризующая состояние термодинамического равновесия макроскопической *системы*. С точки зрения *термодинамики* температура есть мера отклонения данного тела от состояния термодинамического равновесия с другим телом. Общее определение: температура есть производная от *внутренней энергии* системы по *энтропии*. Для *идеального газа* температура есть мера средней кинетической энергии молекулы.

Творцы *второго начала термодинамики* Томсон и Клаузиус распространили второе начало на

всю Вселенную, рассматривая ее как замкнутую *систему*. Ход их рассуждений был таков. Все виды энергии могут без ограничений переходить во внутреннюю энергию (в энергию хаотического движения частиц, как часто говорят, в теплоту). Теплота самопроизвольно самопроизвольно передается от более нагретых к менее нагретым телам. Образно говоря, все виды энергии стекают в тепловой океан. В конце концов наступает равновесие при температуре, близкой к абсолютному нулю. Наступает тепловая смерть Вселенной. Критика этой теории основана на двух положениях. Во-первых, Вселенную нельзя считать замкнутой системой, так как понятие система предполагает наличие *среды*. Во-вторых, во Вселенной существуют процессы концентрации энергии, механизма которых мы не знаем. См. также **Второе начало термодинамики**.

Тепловое расширение твердых тел (увеличение размеров при нагревании) объясняется асимметрией потенциальной кривой зависимости потенциальной энергии от расстояния между атомами.

Тепловыми машинами называются устройства для преобразования *внутренней энергии* в механическую работу. Любая тепловая машина состоит из нагревателя, холодильника и рабочего тела. К тепловым машинам относятся паровые машины, паровые и газовые турбины, двигатели внутреннего сгорания, реактивные двигатели и т. д.

Теплоемкостью тела (системы) называется *количество теплоты*, необходимое для нагревания тела (*системы*) на один кельвин. Если расчет ведется на один килограмм, теплоемкость называется удельной, если на один (кило)моль – (кило)молярной.

Теплопроводностью называется процесс выравнивания температур при соприкосновении тел (твердых, жидких или газообразных), имеющих разную температуру. Теплопроводность объясняется переходом энергии от более нагретых к менее нагретым областям при отсутствии (если это газ или жидкость) перемешивания или *конвекции*. См. также *Явления переноса*.

Теплообменом (или теплопередачей) называется микрофизический способ изменения *внутренней энергии системы*, не связанный с макроскопическим движением. См. также *Количество теплоты*.

Термодинамика – наука о самых разнообразных процессах и сопровождающих их энергетических превращениях. Термодинамика относится к области макрофизики, она отвлекается от подразумеваемого молекулярного строения вещества и учитывает лишь поведение *системы* в целом. Делится на *термостатику* и собственно термодинамику.

Термодинамическая вероятность W – число *микросостояний*, с помощью которых реализуется данное *макросостояние*.

Термодинамическим процессом называется изменение *координат состояния* системы при наличии разности *потенциалов системы и среды*. См. также *Равновесный процесс*.

Термодинамическим равновесием называется состояние, при котором макроскопические *параметры состояния* всюду постоянны и не изменяются с течением времени.

Третье начало термодинамики утверждает, что *энтропия* системы при абсолютном нуле температуры равна нулю (теорема Нернста, 1906).

Деформация называется упругой, если при снятии деформирующей силы размеры и форма тела восстанавливаются. См. также *Закон Гука*.

Тройной точкой называется точка на диаграмме (p , T), в которой пересекаются кривые фазового равновесия. Если вещество находится при давлении и температуре, соответствующих тройной точке, то все три фазы (твердая, жидкая и газообразная) находятся в *динамическом равновесии*. Например, для воды: $p_{тр} = 610$ Па, $T_{тр} = 273,16$ К.

Уравнение Ван-дер-Ваальса это *уравнение состояния* реального газа, в котором учитывается собственный объем молекул и силы притяжения между ними: $[p + (a/V_m^2)](V_m - b) = RT$, где a и b – поправки на силы притяжения и на собственный объем молекул. См. также *Уравнение Клапейрона-Менделеева*.

Уравнение Клапейрона-Клаузиуса описывает фазовые переходы 1-го рода: $(dp/dT) = \lambda/T(V_2 - V_1)$. Здесь V_1 и V_2 – удельные объемы низко- и высокотемпературной фазы, соответственно; λ – удельная теплота перехода. В левой части уравнения стоит производная от давления по температуре.

Уравнение Клапейрона-Менделеева – уравнение состояния *идеального газа*: $pV = (m/\mu)RT$,

где p – давление, V – объем, T – температура, m – масса, μ – масса одного киломоля, $R = 8,31 \cdot 10^3$ Дж/кмоль · К – универсальная газовая постоянная.

Уравнение Майера связывает молярные теплоемкости при постоянном давлении и при постоянном объеме: $c_{mp} - c_{mv} = R$,

где $R = 8,31 \cdot 10^3$ Дж/кмоль · К – универсальная газовая постоянная.

Уравнение МКТ для давления имеет вид: $p = (1/3)m_0n_0v_{kv}^2$. Здесь m_0 – масса одной молекулы, n_0 – концентрация молекул, v_{kv} – средняя квадратичная скорость.

Уравнение МКТ для энергии имеет вид: $E_{cp} = (i/2)kT$. Здесь E_{cp} – средняя кинетическая энергия одной молекулы, T – температура, i – число степеней свободы, $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К – постоянная Больцмана.

Уравнением состояния называется уравнение, связывающее *параметры состояния*. Для *идеального газа* уравнением состояния является *уравнение Клапейрона-Менделеева*.

Уравнения Пуассона связывают попарно давление, объем и температуру при *адиабатическом процессе*: $TV^{\gamma-1} = \text{const}$, $pV^{\gamma} = \text{const}$, $T^{\gamma}/p^{\gamma-1} = \text{const}$. Здесь $\gamma = c_p/c_v$ – отношение газовых теплоемкостей.

Фазовым переходом первого рода называется превращение, сопровождающееся выделением или поглощением энергии (скрытой теплоты перехода) и изменением удельного объема. К таким переходам, в частности, относятся: плавление и кристаллизация, испарение и конденсация, сублимация (испарение твердых тел) и конденсация.

Фазовым переходом второго рода называется превращение, происходящее без поглощения или выделения теплоты и изменения удельного объема. Примеры фазовых переходов второго рода: переход ферромагнетика в парамагнитное состояние при температуре Кюри, переход металла в сверхпроводящее состояние и пр.

Формула Больцмана-Планка связывает *энтропию* S и *термодинамическую вероятность* W : $S = k \ln W$.

Функцией состояния называется величина, однозначно определяемая набором *координат состояния* системы. Примеры функций состояния: *внутренняя энергия*, *энтропия* и пр. В принципе любой *параметр состояния* может рассматриваться как функция состояния.

Холодильные машины – устройства, отнимающие теплоту от тела с более низкой температурой и передача теплоты телу с более высокой температурой за счет совершения работы. Принцип действия основан на испарении летучих жидкостей (аммиак, фреон) при пониженном давлении. Широко применяются в производстве, науке и технике (пищевая, химическая и металлообрабатывающая промышленность, строительная техника и пр.).

Циклом Карно называется *цикл*, состоящий из двух изотерм и двух адиабат.

КПД цикла Карно зависит только от температур нагревателя (T_1) и холодильника (T_2): $\eta = (T_1 - T_2)/T_1$. Этот коэффициент максимальный из всех циклов, осуществляемых с данным нагревателем и холодильником и не зависит от природы рабочего тела.

Циклическим или круговым процессом называется последовательность превращений, в результате которой система возвращается в исходное состояние. Циклы могут быть равновесными и неравновесными. На диаграмме *равновесные* круговые процессы изображаются замкнутыми кривыми. На диаграмме (p, V) прямой цикл осуществляется по часовой стрелке, обратный – против часовой стрелки.

Энтропией называется *функция состояния* системы, дифференциал которой равен отношению элементарного количества теплоты, полученного системой в элементарном обратимом процессе, к температуре. При неравновесном теплообмене в изолированной системе энтропия системы возрастает. См. также *Второе начало термодинамики*.

Эффектом Джоуля-Томсона называется изменение температуры реального газа при адиабатическом расширении. Если газ при этом охлаждается, эффект называется положительным, если нагревается – отрицательным. При нормальных условиях большинство газов обнаруживают положительный эффект (исключения – водород и гелий). Применяется для получения жидких газов.

К явлениям переноса относится группа явлений, имеющих сходный механизм: *внутреннее трение (вязкость)*, *теплопроводность*, *диффузия*.

Переносится за счет хаотического теплового движения, соответственно, импульс, кинетическая

энергия, масса.

Электromагнетизм

Вектором Умова-Пойнтинга называется вектор \mathbf{P} плотности потока электромагнитной энергии, переносимой электромагнитной волной. Модуль этого вектора равен энергии, переносимой волной в одну секунду через площадку 1 м^2 , расположенную перпендикулярно направлению распространения волны. Направлен вектор \mathbf{P} в сторону распространения волны.

Вихревые электрические токи - индукционные токи, возникающие в сплошных проводниках, находящихся в переменном магнитном поле. Иногда с ними борются для уменьшения потерь (например, сердечники трансформаторов набирают из отдельных пластин), а иногда используют в металлургии и машиностроении (индукционные печи для плавки металлов, закалки стали, сварки и пр.).

Гальванический элемент - источник электрического тока, который при разряде выделяет электрическую энергию за счет протекания электрохимических реакций. Принцип действия гальванического элемента основан на явлении взаимодействия металла с электролитом, приводящем к возникновению в замкнутой цепи электрического тока. ЭДС гальванического элемента зависит от материала электродов и состава электролита.

Диамagnetизм называется свойство веществ (диамagnetиков) намагничиваться навстречу силовым линиям действующего на него внешнего магнитного поля. С точки зрения электронной теории диамagnetизм объясняется законом электромагнитной индукции и правилом Ленца. Диамagnetитики – слабомагнитные вещества. Диамagnetизм – универсальное свойство всех веществ, однако в ряде случаев оно перекрывается более сильным пара- и ферромагнетизмом.

Диэлектрик - вещество, обладающее низкой удельной электрической проводимостью.

Идеальный диэлектрик вообще не проводит ток, его проводимость равна нулю. К диэлектрикам относятся пьезоэлектрики, сегнетоэлектрики, электреты и др.

Поляризация P (электрический дипольный момент единицы объема) прямо пропорциональна напряженности электрического поля E : $P = \kappa \epsilon_0 E$. Коэффициент пропорциональности κ и есть диэлектрическая восприимчивость. Здесь ϵ_0 – электрическая постоянная.

Диэлектрическая проницаемость ϵ показывает, во сколько раз напряженность электростатического поля в диэлектрике меньше, чем в вакууме. Для характеристики поля в диэлектрике вводят вспомогательную величину – электрическое смещение: $D = \epsilon_0 \epsilon E$.

Доменами называют области спонтанной (самопроизвольной) намагниченности в ферромагнетике. Размеры доменов порядка 1 мкм. См. также Ферромагнетизм.

Дугой называется разряд в газе, происходящий при атмосферном давлении и сопровождающийся очень высокой температурой. При этом напряжение на электродах составляет 30-40 В, а ток – десятки или сотни ампер. Одно из важнейших применений дуги – дуговая сварка и резка металлов.

Закон Ампера устанавливает связь силы, действующей на проводник с током в магнитном поле, с силой тока и индукцией магнитного поля: $dF = IBdl \sin \alpha$, где I – сила тока, B – индукция магнитного поля, dl – длина элементарного участка проводника. Направление вектора dF определяется с помощью правила левой руки.

Закон Био-Савара-Лапласа позволяет рассчитать напряженность магнитного поля тока любой конфигурации путем интегрирования выражения: $dH = [dl, r]/4\pi r^3$, где dH – напряженность магнитного поля, создаваемого элементом тока dl , r – радиус-вектор, проведенный от элемента тока в точку, в которой рассчитывается напряженность поля.

Закон Кулона - основной закон электростатики, выражающий зависимость силы взаимодействия двух неподвижных точечных зарядов от расстояния между ними. Два неподвижных точечных заряда взаимодействуют с силой прямо пропорциональной произведению величин этих зарядов и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними и зависящей от диэлектрической проницаемости среды, в которой находятся заряды (Кулон, 1785). Закон Кулона подтверждается опытом вплоть до расстояний порядка 10^{-15} м (размеры ядра атома).

Закон Джоуля-Ленца позволяет найти количество теплоты, выделяющееся в проводнике при протекании электрического тока: количество теплоты прямо пропорционально квадрату силы тока, сопротивлению проводника и времени протекания тока.

Закон Ома для участка цепи связывает силу тока с разностью потенциалов на концах проводника и сопротивлением проводника: $I = (\phi_1 - \phi_2)/R$. Закон Ома для замкнутой (полной) цепи связывает электродвижущую силу источника с полным сопротивлением цепи: $I = E/(R_n + R_0)$. Здесь R_n и R_0 – соответственно сопротивление нагрузки и внутреннее сопротивление источника.

Закон, связывающий циркуляцию вектора напряженности магнитного поля с током, охватываемым контуром интегрирования. В обобщенном виде закон полного тока входит в систему уравнений Максвелла.

Закон сохранения электрического заряда - физический закон, в соответствии с которым в замкнутой системе взаимодействующих тел алгебраическая сумма электрических зарядов (полный электрический заряд) остается неизменной при всех взаимодействиях.

Закон электромагнитной индукции - ЭДС индукции в замкнутом контуре прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром. Электронный механизм закона электромагнитной индукции состоит в том, что переменное магнитное поле порождает (индуцирует) вихревое электрическое поле с замкнутыми силовыми линиями. Открыт Фарадеем (1831). В обобщенном виде закон входит в систему уравнений Максвелла.

Зонная теория твердого тела – квантовая теория энергетического спектра электронов в кристалле. Согласно зонной теории этот спектр состоит из чередующихся зон (полос) разрешенных и запрещенных энергий. Зонная теория хорошо объясняет ряд явлений, в частности разный механизм электропроводности металлов, диэлектриков и полупроводников.

Индуктивность - физическая величина, характеризующая связь между скоростью изменения тока в проводнике (катушке) и возникающей при этом ЭДС самоиндукции. Индуктивность проводника (катушки) зависит от его размеров и формы, числа витков, а также от материала магнитопровода. Единицей индуктивности в СИ является 1 Генри.

Индукционный ток - электрический ток, возникающий в замкнутом проводящем контуре при изменении потока магнитной индукции, пронизывающего этот контур. Величина и направление индукционного тока определяются законом электромагнитной индукции и законом Ома.

Индукция магнитного поля \mathbf{B} – векторная величина, измеряемая отношением максимального вращающего момента, действующего на небольшой контур с током в магнитном поле к магнитному моменту этого контура. Направление вектора \mathbf{B} совпадает с направлением нормали к контуру в состоянии равновесия.

Источник тока - источник электрической энергии, в котором действуют сторонние силы, разделяющие электрические заряды. Источник тока характеризуется электродвижущей силой и внутренним сопротивлением. Источниками тока являются гальванические элементы, аккумуляторы, машины постоянного тока и др.

Классическая электродинамика - раздел электродинамики, рассматривающий изменяющееся или стационарное электромагнитное поле в неподвижной системе отсчета. Основу классической электродинамики составляют уравнения Максвелла.

Квантовая электродинамика - квантовая теория электромагнитного поля. Изучает взаимодействие поля с заряженными частицами.

Колебательным контуром называется цепь, состоящая из параллельно включенных катушки индуктивности и конденсатора. При разряде конденсатора на катушку в контуре возникают электромагнитные колебания, частота которых зависит от емкости и индуктивности контура.

Конденсатор - элемент электрической цепи, предназначенный для использования его в различных электро- и радиотехнических схемах. Конденсатор состоит из двух или проводников (обкладок), разделенных слоем диэлектрика. Толщина диэлектрика обычно мала по сравнению с размерами проводников. В зависимости от формы обкладок конденсаторы бывают плоские, цилиндрические, сферические и др. По типу диэлектрика различают воздушные, бумажные, слюдяные, керамические и др. конденсаторы.

Контактной разностью потенциалов называется разность потенциалов, возникающая при контакте двух разнородных металлов. Открыл явление итальянский ученый Вольта (1797).

Коэффициентом электропроводности называется величина обратная удельному сопротивлению.

Магнитной восприимчивостью называется коэффициент пропорциональности χ в выражении: $\mathbf{J} = \chi \mathbf{H}$, где \mathbf{J} – намагниченность, \mathbf{H} – напряженность магнитного поля. Для диамагнетиков $\chi < 0$, для парамагнетиков $\chi > 0$. Для ферромагнетиков $\chi \gg 0$. См. также Магнитная проницаемость.

Магнитной постоянной называется размерный множитель $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ Гн/м, входящий в некоторые формулы электромагнетизма (например, в формулу $B = \mu_0 \mu H$), записанные в системе единиц СИ.

Магнитной проницаемостью μ называется величина, показывающая, во сколько раз индукция магнитного поля в магнетике больше индукции в вакууме. Можно показать, что $\mu = 1 + \chi$, где χ – магнитная восприимчивость.

Магнитное поле – одна из сторон единого электромагнитного поля. Магнитное поле создается движущимися зарядами (током проводимости) и переменным электрическим полем (током смещения). Действует магнитное поле только на движущиеся заряды.

Магнитным моментом называется векторная величина, модуль которой равен произведению силы электрического тока в контуре на площадь обтекаемую этим током. Направление магнитного момента связано с направлением тока правилом буравчика.

Магнитный поток (или поток вектора B) – это поток Φ_B вектора магнитной индукции через какую-либо поверхность. В случае однородного магнитного поля и плоской поверхности $\Phi_B = BS \cos \alpha$, где B – индукция магнитного поля, S – площадь поверхности, α – угол между вектором B и нормалью к поверхности.

К металлам относятся вещества, имеющие свободные электроны, т. е. валентные электроны, оторвавшиеся от своих атомов и принадлежащие всему коллективу атомов металла (коллективизированные электроны). С точки зрения зонной теории твердого тела признаком металла является наличие не полностью заполненной зоны, которая носит название зоны проводимости.

Намагниченностью называется магнитный момент единицы объема магнетика.

Напряжение – то же самое, что и разность потенциалов.

Напряженностью магнитного поля называется вспомогательная величина, характеризующая магнитное поле макротоков.

Напряженность электрического поля – силовая характеристика поля, измеряется отношением силы, действующей на положительный пробный заряд, к значению этого заряда.

Эйхенвальд обнаружил магнитное поле тока смещения: магнитная стрелка, находящаяся вблизи плоского заряженного конденсатора, отклонялась от своего первоначального направления при разряде конденсатора. Ср.: Опыт Эрстеда.

Эрстед обнаружил магнитное поле тока проводимости: магнитная стрелка, расположенная вблизи проводника с током, при включении тока отклонялась от направления магнитного меридиана.

Парамагнетизмом называется свойство веществ (парамагнетиков) намагничиваться в направлении силовых линий внешнего магнитного поля. Атомы парамагнетиков имеют отличный от нуля магнитный момент и ведут себя в магнитном поле подобно микроскопическим магнитным стрелкам.

р-п-переходом называется область вблизи контакта двух полупроводников с разным типом проводимости. Вследствие рекомбинации дырок и электронов вблизи контакта образуется область, обедненная носителями тока и называемая запирающим слоем. Поскольку р-п-переход обладает односторонней проводимостью, то он используется для выпрямления переменного тока низкой частоты и детектирования радиосигналов.

Поляризацией диэлектрика называется процесс смещения связанных зарядов диэлектрика в электрическом поле. В результате поляризации грани диэлектрической пластины, помещенной в электрическое поле, оказываются заряженными зарядами противоположного знака.

Полярными называются молекулы, у которых «центры тяжести» положительного и отрицательного зарядов не совпадают. Такая молекула по своим свойствам подобна электрическому диполью и характеризуется электрическим дипольным моментом. Примеры полярных молекул: H_2O , NH_3 , HCl и др.

Потенциал электростатического поля – энергетическая характеристика поля. Определяется как величина, измеряемая работой сил поля по переносу единичного положительного заряда из данной точки в другую, фиксированную точку. В качестве фиксированной часто берут бесконечно удаленную точку. Другими словами, потенциал электростатического поля равен

потенциальной энергии единичного положительного заряда, помещенного в эту точку. Единица потенциала в СИ 1 Вольт.

Правило Ленца - правило, определяющее направление индукционных токов, возникающих при электромагнитной индукции. Согласно правилу Ленца индукционный ток всегда имеет такое направление, что его собственный магнитный поток компенсирует изменения внешнего магнитного потока, вызвавшего этот ток. Правило Ленца есть следствие закона сохранения энергии. Э.Х.Ленц (1804-1865) - русский физик.

Полупроводниками называется класс веществ, занимающих по своей способности проводить электрический ток промежуточное положение между металлами и диэлектриками. С точки зрения зонной теории твердого тела вещество относится к полупроводникам, если ширина запрещенной зоны, отделяющей валентную зону от зоны проводимости, меньше 2 эВ.

Поляризуемостью молекулы называется величина, характеризующая «смещаемость» электронной оболочки под действием электрического поля. Электрический дипольный момент p , индуцируемый полем, пропорционален напряженности поля E : $p = \alpha \epsilon_0 E$. Коэффициент пропорциональности α и есть поляризуемость.

Постоянным называется электрический ток, не меняющийся с течением времени. В случае постоянного тока при определении силы тока $I = \Delta q / \Delta t$ можно брать любой промежуток времени Δt .

Поток Φ_E вектора напряженности электрического поля через какую-либо поверхность. В случае однородного поля и плоской поверхности $\Phi_E = ES \cos \alpha$, где E – напряженность электростатического поля, S – площадь поверхности, α – угол между вектором E и нормалью к поверхности. Ср. Магнитный поток.

Правила Кирхгофа применяются для расчета сложных (разветвленных) цепей постоянного тока. Метод комплексных токов позволяет распространить эти правила для расчета цепей переменного тока.

Проводниками называются вещества, содержащие в достаточной концентрации свободные заряды. К проводникам относятся металлы, ионизированные газы, водные растворы электролитов и расплавы солей. В электрическом поле свободные заряды перераспределяются так, что напряженность электрического поля внутри проводника оказывается равна нулю, а потенциал проводника всюду одинаков.

Релятивистская электродинамика - раздел электродинамики, изучающий электромагнитные явления в движущихся средах, опираясь на инвариантность заряда в различных системах отсчета и инвариантность основных законов относительно преобразований Лоренца.

Самоиндукция - явление возникновения электродвижущей силы в проводнике (катушке) при изменении протекающего в ней электрического тока. Величина и знак ЭДС самоиндукции определяются законом электромагнитной индукции.

Явление сверхпроводимости открыл голландский физик Камерлинг-Оннес (1911): сопротивление ртути при температуре, близкой к абсолютному нулю, скачком уменьшалось до нуля. В дальнейшем сверхпроводимость была обнаружена и у других металлов и сплавов (свинец, олово, железо и др.). Сверхпроводимость, как и электрическое сопротивление, объясняется взаимодействием коллективизированных электронов металла с кристаллической решеткой. В 1986 году обнаружена высокотемпературная сверхпроводимость, теория которой находится в стадии разработки.

Силой Лоренца называется сила, действующая на заряд в электрическом и магнитном поле (электрическая и магнитная сила Лоренца): $F = q\{E + [v, B]\}$. Первое слагаемое в последнем выражении называется электрической, а второе – магнитной силой Лоренца.

Силой тока называется величина, измеряемая зарядом, протекающим через поперечное сечение проводника в одну секунду. Единица силы тока в СИ: 1 Ампер – четвертая основная единица этой системы (наряду с метром, килограммом и секундой).

Соленоидом называется катушка цилиндрической формы.

Стационарным называется электрическое поле, существующее в проводнике с током и обуславливающее перенос энергии в цепях постоянного тока. Заряды при протекании тока непрерывно перемещаются, но распределение их остается неизменным. Поэтому стационарное поле, подобно электростатическому, является потенциальным.

Сторонняя сила - сила неэлектростатической природы, вызывающая перемещение положительных электрических зарядов внутри источника постоянного тока от точки с низким к точке с высоким потенциалом (отрицательных – от точки с высоким к точке с низким потенциалом). Сторонними считаются все силы отличные от кулоновских сил. Удельная работа сторонних сил (работа по переносу единичного заряда) называется электродвижущей силой источника тока.

Теорема Гаусса-Остроградского связывает суммарный электрический заряд, находящийся внутри замкнутой поверхности, с потоком вектора напряженности электростатического поля через эту поверхность: $\Phi_E = \Sigma q / \epsilon_0 \epsilon$. В обобщенном виде эта теорема входит в систему уравнений Максвелла.

Термоэлектронная эмиссия – испускание электронов металлами, нагретыми до высокой температуры.

Глеющий разряд – разряд, возникающий в разрядной трубке, наполненной газом при низком давлении (около 0,1 мм рт. ст.), при напряжении порядка нескольких тысяч вольт. Применяется, в частности, в лампах дневного света.

Токами Фуко называются индукционные токи, возникающие в массивном проводнике, помещенном в переменное магнитное поле.

Током проводимости называется электрический ток, обусловленный движением заряженных частиц.

Понятие «ток смещения» ввел Максвелл. По Максвеллу ток смещения - это переменное электрическое поле, порождающее, наряду с током проводимости (движущимися зарядами), магнитное поле. Таким образом, источником магнитного поля может быть ток смещения и ток проводимости.

Тороидом называется катушка, имеющая форму бублика.

Точечный электрический заряд – заряженное тело, размерами которого можно пренебречь в условиях конкретной задачи.

Транзисторы – полупроводниковые триоды. Предложены в США (1948). Применяются для усиления и генерации электрических колебаний. По сравнению с вакуумными триодами обладают рядом ценных преимуществ (малый вес и габариты, прочность, отсутствие накальных цепей, высокий к. п. д., большой срок службы).

Удельное сопротивление величина, характеризующая способность вещества проводить электрический ток, и численно равная сопротивлению проводника длиной в 1 метр и площадью поперечного сечения 1 м^2 . Удельное сопротивление зависит от температуры. У металлов оно растет с ростом температуры, у полупроводников и водных растворов электролитов – уменьшается.

Уравнения Максвелла - уравнения, устанавливающие связь между напряженностями электрического и магнитного полей и распределением в пространстве электрических зарядов и токов. Уравнения Максвелла описывают электромагнитные явления в различных средах и в вакууме. Уравнения не доказываются и не выводятся в математическом смысле, а являются обобщением опыта. Все законы электромагнетизма есть следствия этих уравнений. Из уравнений Максвелла вытекает существование электромагнитных волн.

Ферромагнетизм называется свойство некоторых веществ (ферромагнетиков) спонтанно намагничиваться. Магнитные моменты атомов ферромагнетика в пределах микроскопических областей (доменов) спонтанно ориентируются параллельно друг другу. Процесс намагничивания можно рассматривать как процесс ориентации магнитных моментов доменов вдоль силовых линий магнитного поля. При выключении магнитного поля ферромагнетик остается намагниченным (остаточная намагниченность). Ферромагнетизм наблюдается только при условии, что температура не превышает так называемую температуру (или точку) Кюри. Самые известные ферромагнетики – железо, кобальт и никель.

Электрет - диэлектрик, способный длительное время находиться в наэлектризованном состоянии после снятия внешнего воздействия, вызвавшего поляризацию. Электрет создает в окружающем пространстве электростатическое поле за счет предварительной электризации или остаточной поляризации. Обычно электреты образуются путем нагревания диэлектриков до

температуры, близкой к температуре их плавления, и последующего охлаждения в сильном внешнем электрическом поле.

Электрическая емкость (электроемкость) проводника - скалярная величина, характеризующая способность проводника накапливать электрический заряд, и равная отношению заряда проводника к его потенциалу (в предположении, что все другие проводники бесконечно удалены и что потенциал бесконечно удаленной точки принят равным нулю). Единицей электрической емкости проводника в СИ является 1 Фарад.

Электрической постоянной называется размерный множитель $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \text{ Кл}^2/\text{Н} \cdot \text{м}^2$, входящий в некоторые формулы электромагнетизма (например, в закон Кулона), записанные в системе единиц СИ.

Электрический диполь - система двух точечных зарядов одинаковых по абсолютной величине и противоположных по знаку, расположенных на некотором расстоянии друг от друга. На диполь, находящийся в электрическом поле, действует пара сил, стремящихся установить его вдоль силовых линий. Молекулы многих веществ по своим свойствам подобны электрическому диполю.

Электрический заряд - физическая величина, характеризующая свойство тел или частиц вступать в электромагнитное взаимодействие и определяющая значения сил и энергий при таких взаимодействиях. Электрическим зарядам приписывают положительный или отрицательный знак. Единица заряда в системе СИ – 1 Кл (кулон).

Электрическим смещением называется вспомогательная векторная величина $D = \epsilon_0 \epsilon E$ (где ϵ – относительная диэлектрическая проницаемость, ϵ_0 - электрическая постоянная, E – напряженность электрического поля), применяемая для описания электрического поля в диэлектрике.

Электродвижущая сила - характеристика источника энергии в электрической цепи.

Электродвижущая сила измеряется отношением работы сторонних сил по перемещению заряда вдоль цепи к значению этого заряда. Можно сказать, что ЭДС есть удельная работа сторонних сил. ЭДС, как и потенциал, измеряется в вольтах.

Электродинамика - раздел физики, изучающий свойства электромагнитного поля и его взаимодействие с зарядами, связь электрических и магнитных явлений, а также электрический ток. Различают классическую, релятивистскую и квантовую электродинамику. Основой классической электродинамики являются уравнения Максвелла.

Электролитической диссоциацией называется распад молекул кислот, щелочей и солей в водном растворе на противоположно заряженные ионы. Положительные ионы называются катионами, отрицательные – анионами. Причина диссоциации – воздействие полярных молекул воды.

Электролитами называются вещества (соли, кислоты, основания), водные растворы которых проводят электрический ток. Молекулы электролитов под действием полярных молекул воды диссоциируют – распадаются на противоположно заряженные ионы.

Электромагнитная индукция - явление возникновения ЭДС в проводнике при его движении в магнитном поле; или при изменении окружающего его магнитного поля. При этом в замкнутом проводящем контуре, помещенном в переменное магнитное поле, возникает индукционный ток. См. также Закон электромагнитной индукции.

Электромагнитное взаимодействие – это взаимодействие заряженных тел. Характер электромагнитного взаимодействия зависит от выбора системы отсчета. В некоторых системах отсчета магнитная компонента электромагнитного взаимодействия не наблюдается и наблюдается электрическое взаимодействие, в других, наоборот, маскируется электрическое, а наблюдается только магнитное взаимодействие.

Электромагнитное поле - особая форма существования материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между покоящимися или движущимися электрическими зарядами.

Электромагнитная волна – это свободное (оторвавшееся от токов и зарядов) переменное электромагнитное поле. Существование электромагнитных волн вытекает из уравнений Максвелла. Переменные электрическое и магнитное поле могут отрываться от породивших их токов и зарядов и, поддерживая друг друга, распространяться в пространстве со скоростью

света. Поэтому говорят, что Максвелл предсказал существование электромагнитных волн. Герц получил эти волны экспериментально, а Попов построил первый радиоприемник.

Электронная теория металлов была разработана немецким физиком Друде и развита голландским физиком Лоренцом. Теория основана на перенесении представлений кинетической теории газов на «газ» свободных электронов в металле. Электронная теория позволила вывести законы Ома и Джоуля-Ленца в металлах, но столкнулась с рядом затруднений, преодолеть которые удалось только квантовой (зонной) теории твердого тела.

Электроны и дырки – носители тока в полупроводниках. Электрон, переходя из валентной зоны в зону проводимости, оставляет в валентной зоне нарушенную валентную связь, по своим свойствам эквивалентную положительному электрическому заряду.

Электростатика - раздел электродинамики, изучающий поле неподвижных зарядов и их взаимодействие. Основу электростатики составляет закон Кулона.

Электростатическая индукция - появление электрических зарядов разного знака на противоположных участках проводника или диэлектрика в электростатическом поле.

Электростатическая защита - защита приборов и оборудования, основанная на том, что напряженность электростатического поля внутри проводника равна нулю. Роль экрана может играть металлический корпус прибора или металлическая сетка с достаточно мелкими ячейками.

Электростатическое поле - электрическое поле неподвижных электрических зарядов. Это частный случай электромагнитного поля. Характеристиками электростатического поля являются напряженность и потенциал.

Элементарный электрический заряд - наименьший положительный или отрицательный электрический заряд, равный по абсолютному значению заряду электрона. Заряд любого тела или частицы есть величина, кратная элементарному заряду. Частицы с дробным зарядом в свободном состоянии не наблюдаются.

Энергия, запасенная в магнитном поле катушки, равна $W = LI^2/2$, где I – сила тока, L – индуктивность катушки (ср. с формулой кинетической энергии!).

Энергия, запасенная в электрическом поле конденсатора, равна $W = CU^2/2$, где U – напряжение на конденсаторе, C – электроемкость конденсатора.

Энергия Ферми – энергия электронов, занимающих при абсолютном нуле температуры верхний уровень в зоне проводимости металла. Расчет показывает, что электроны, находящиеся на уровне Ферми, даже при абсолютном нуле обладают огромной кинетической энергией. Но движение электронов при этом носит не тепловой характер. При нормальных условиях вклад теплового движения в общую кинетическую энергию составляет величину не более 1 %. См. также Зонная теория.

Эффектом Холла называется возникновение разности потенциалов (электродвижущей силы) между гранями полупроводниковой или металлической пластинки с током при помещении ее в магнитное поле. Эффект Холла применяется для определения знака и концентрации носителей тока, а также в измерительной технике (для измерения индукции магнитного поля).

«Оптика»

Абсолютный показатель преломления света - отношение скорости света в вакууме к фазовой скорости света в данной среде. Абсолютный показатель преломления света показывает во сколько раз скорость света в вакууме больше скорости света в данной среде.

Анализатор поляризованного излучения - устройство, с помощью которого можно обнаружить положение плоскости поляризации света. См. также Поляризатор.

Видимое излучение - электромагнитное излучение, вызывающее зрительное ощущение и занимающее участок спектра от 380 до 780 нм. Световые излучения различных частот воспринимаются человеком как разные цвета.

Геометрическая оптика - раздел оптики, в котором изучаются законы распространения света в прозрачных средах, основанные на представлении о световых лучах. Основными законами геометрической оптики являются:

- закон прямолинейного распространения света;

- закон независимых световых пучков;
- закон отражения;
- закон преломления.

Волновая оптика - раздел *оптики*, изучающий явления, в которых проявляется волновые свойства света.

Голография – способ получения объемных изображений предметов на фотопластинке (голограмме) при помощи когерентного излучения лазера. Голограмма фиксирует не само изображение предмета, а структуру отраженной от него световой волны (ее амплитуду и фазу). Для получения голограммы необходимо, чтобы на фотографическую пластинку одновременно попали два когерентных световых пучка: предметный, отраженный от снимаемого объекта, и опорный – приходящий непосредственно от лазера. Свет обоих пучков интерферирует, создавая на пластинке чередование очень узких темных и светлых полос – картину интерференции. На экспонированной таким образом и проявленной пластинке отсутствует какое-либо изображение, но его в зашифрованном виде содержит система интерференционных полос. Если голограмму просветить, как диапозитив, лазерным светом той же частоты, что была использована при записи, возникнет «*восстановленная голограмма*» – объемное изображение снятого предмета, словно висящего в пространстве. Меняя точку наблюдения, можно заглянуть за предметы на первом плане и увидеть детали, ранее скрытые от взгляда. Свет, проходя сквозь систему черно-белых полос голограммы, испытывает дифракцию и воспроизводит волновой фронт, исходивший от снятого предмета. См. Также *Когерентность*.

Двойное лучепреломление - раздвоение светового луча при прохождении через оптически анизотропную среду, возникающее вследствие зависимости показателя преломления света от его поляризации. В одноосном двоякопреломляющем кристалле, например, в кристалле исландского шпата, падающий луч света расщепляется на два луча, обыкновенный и необыкновенный, имеющие разные *показатели преломления* и поляризованные в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

Дисперсия света – зависимость фазовой скорости света от частоты (или длины волны).

Дисперсия показателя преломления – зависимость показателя преломления n от частоты ν .

Дифракционная решетка - оптическое устройство, имеющее большое число щелей, разделенных непрозрачными промежутками, на которых происходит дифракция света. Обычно дифракционная решетка представляет собой совокупность большого числа параллельных штрихов одинаковой ширины, нанесенных на прозрачную или отражающую поверхность на одинаковом расстоянии друг от друга. Дифракционная решетка является основным элементом многих спектральных приборов.

Дифракция света - отклонение от законов геометрической оптики, выражающееся в огибании светом малых препятствий. Дифракция наблюдается при распространении света в среде с резко выраженными неоднородностями.

Закон Брюстера утверждает, что при падении света на диэлектрическое зеркало под углом, тангенс которого равен относительному *показателю преломления* второй среды по отношению к первой, отраженный луч будет полностью поляризован в плоскости, перпендикулярной плоскости падения

Закон Кирхгофа утверждает, что отношение *излучательности* любого (нечерного) тела к коэффициенту поглощения есть величина одинаковая для всех тел и равная излучательности черного тела при данной температуре.

Закон Ленарда – один из законов внешнего *фотоэффекта*: энергия фотоэлектронов не зависит от интенсивности света, а зависит только от частоты.

Закон Малюса - физический закон, согласно которому интенсивность световой волны, прошедшей *поляризатор* и *анализатор*, пропорциональна квадрату косинуса угла между плоскостями главных сечений поляризатора и анализатора.

Закон независимых световых пучков - постулат геометрической оптики, в соответствии с которым: Распространение всякого светового пучка в среде не зависит от того, есть ли в этой среде другие пучки света или нет.

Закон отражения света - закон, определяющий взаимное расположение при зеркальном отражении падающего и отраженного лучей, а также перпендикуляра, восстановленного к

границе раздела двух сред в точке падения: оба луча и перпендикуляр лежат в одной плоскости; угол падения равен углу отражения.

Закон преломления света – один из законов геометрической оптики, согласно которому падающий луч, луч преломленный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения луча к границе раздела двух сред, лежат в одной плоскости; отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для данных двух сред и равная отношению показателю преломления второй среды по отношению к первой. См. также *Геометрическая оптика*.

Закон прямолинейного распространения света - постулат геометрической оптики, в соответствии с которым в однородной среде свет распространяется прямолинейно. Закон прямолинейного распространения света является следствием *принципа Ферма*.

Закон смещения утверждает, что длина волны, на которую приходится максимум спектральной плотности *излучательности*, обратно пропорциональна абсолютной температуре, т. е. максимум излучения смещается при повышении температуры в область более коротких волн.

Закон Стефана-Больцмана утверждает, что *излучательность черного тела* прямо пропорциональна четвертой степени абсолютной температуры.

Закон Столетова – один из законов внешнего *фотоэффекта*: фототок насыщения прямо пропорционален световому потоку.

Излучательностью называется полная мощность (на всех частотах и по всем направлениям) излучения с единицы поверхности нагретого тела. Излучательность зависит от температуры тела и от коэффициента поглощения его поверхности. Старые названия этой величины – энергетическая светимость или лучеиспускательная способность. См. также *Закон Стефана-Больцмана*.

Интерференция света - оптическое явление, возникающее при сложении двух или нескольких когерентных световых волн, линейно поляризованных в одной плоскости. Интерференция представляет собой устойчивую во времени картину усиления или ослабления результирующих световых колебаний в различных точках пространства.

Источник света - излучатель электромагнитной энергии в видимой части спектра. Источники света подразделяются на естественные (Солнце, Луна и т. д.) и искусственные (лампы накаливания, газоразрядные лампы и др.).

Квантовая оптика – раздел оптики, изучающий явления, в который обнаруживаются квантовые свойства электромагнитного излучения (света). Это *тепловое излучение*, *фотоэффект*, *эффект Комптона* и др.

Слово «**когерентность**» буквально означает «согласованность». Волны называются когерентными, если разность фаз возбуждаемых ими колебаний в любой точке пространства остается постоянной в течение времени наблюдения. См. также *Интерференция света*.

Кольца Ньютона - интерференционная картина, возникающая в проходящем или отраженном свете в окрестности точки соприкосновения выпуклой поверхности линзы со стеклянной пластинкой. После отражения лучей на границах раздела стекло - воздух и воздух - стекло световые волны интерферируют и образуют интерференционную картину в виде концентрических колец.

Комбинационное рассеяние света - явление изменения частоты рассеянного веществом света. В спектрах комбинационного рассеянного света для молекул наблюдаются дополнительные линии, частоты которых являются комбинациями частоты падающего света и вращательными частотами молекул.

Лазеры (от от первых букв англ. фразы Light amplification by stimulated emission of radiation) – квантовые генераторы света, принцип действия которых основан на явлении вынужденного (стимулированного) излучения. Излучение лазеров поляризовано, обладает монохроматичностью, большой мощностью в узком спектральном диапазоне и малой расходимостью светового пучка. Находят широкое применение в технике и экспериментальной физике.

Оптика - раздел физики, в котором изучаются закономерности оптических явлений, природа света и его взаимодействия с веществом.

Оптическая активность - свойство некоторых веществ вращать плоскость поляризации проходящего через них плоскополяризованного света. Примеры оптически активных веществ: кварц, киноварь, скипидар, раствор сахара в воде и пр.

Оптическая длина пути - произведение пути светового луча на показатель преломления среды. Оптическая длина пути численно равна пути, который проходит световой луч за то же время в вакууме.

Опыт Юнга - опыт по интерференции света от двух точечных источников, полученных пропусканием пучка света от общего источника через два отверстия. Опыт Юнга позволяет оценить длину волны для различных участков спектра.

Относительный показатель преломления света - отношение фазовой скорости света в первой среде к фазовой скорости света во второй среде. Численно относительный показатель преломления света равен отношению синуса угла падения к синусу угла преломления.

Период дифракционной решетки - расстояние между серединами двух соседних щелей дифракционной решетки. Другое название – шаг или постоянная решетки.

Плоскостью главного сечения *поляризатора* называется плоскость, в которой поляризован луч, прошедший этот поляризатор.

Плоскость поляризации - плоскость, в которой колеблется вектор напряженности электрического поля электромагнитной (световой) волны.

Поглощение света - явление ослабления яркости света при его прохождении через вещество или при отражении от поверхности.

Показатель преломления света - мера оптической плотности среды, равная отношению *скорости света* в вакууме к скорости света в среде. Показатель преломления света зависит от частоты света и от параметров состояния среды. Различают абсолютные и относительные показатели преломления.

Поляризатор - прибор, предназначенный для получения полностью или частично поляризованного света. Поляризатор можно использовать в качестве *анализатора* поляризованного излучения.

Поляризация света - ориентация векторов напряженности электрического поля и магнитной индукции световой волны в плоскости, перпендикулярной световому лучу. Обычно поляризация возникает при отражении и преломлении света, а также при распространении света в анизотропной среде. Различают линейную, круговую и эллиптическую поляризацию света.

Поляроид - оптическая система, предназначенная для поляризации света. Представляет собой эластичную пленку, на которую нанесены соответствующим образом ориентированные маленькие кристаллики двоякопреломляющего вещества (герапатита). Поляроид изготавливается в виде светофильтра, линейно поляризующего проходящий через него свет (*дешевый поляризатор*).

Преломление света - явление, заключающееся в изменении направления распространения световой волны при переходе из одной среды в другую, отличающуюся *показателем преломления света*.

Призмой Николя (или просто николем) называется *поляризатор*, предложенный шотландским инженером Николем. Принцип действия николя основан на том, что один из двух поляризованных лучей в одноосном двоякопреломляющем кристалле (необыкновенный или обыкновенный) выводится из игры с помощью явления полного внутреннего отражения. См. также *Двойное лучепреломление*.

Принцип Ферма - принцип геометрической оптики, согласно которому луч света, проходящий через две точки, идет между ними по такому пути, для прохождения которого требуется наименьшее или наибольшее (экстремальное) время по сравнению с другими возможными путями.

Рассеяние света - отклонение распространяющегося в среде светового пучка во всевозможных направлениях. Рассеяние света обусловлено неоднородностью среды и взаимодействием света с частицами вещества, при котором изменяется направление распространения, частота и плоскость колебаний световой волны.

Рентгеновское излучение – электромагнитное излучение очень высокой частоты (или очень короткой длины волны, $\lambda = 10^{-4} - 10^3 \text{ \AA}$). Открыто немецким физиком В.Рентгеном (1895).

Различают тормозное и характеристическое рентгеновское излучение. В рентгеновском диапазоне на передний план выступают квантовые свойства электромагнитного излучения. Находит широкое применение в медицине, в дефектоскопии, в структурных исследованиях и пр.

Рефракция света - искривление светового луча в среде с непрерывно меняющимся показателем преломления света.

Термином «свет» обозначают не только *видимый свет*, но и электромагнитное излучение других диапазонов (инфракрасное и ультрафиолетовое излучение, *рентгеновские лучи*). Таким образом, этот термин используется как синоним выражения «электромагнитное излучение».

Световой луч - линия, вдоль которой распространяется поток энергии, испущенный *источником света*. В прозрачной однородной среде световой луч всегда прямолинеен. В среде с плавно изменяющимися оптическими характеристиками световой луч искривляется. См. также *Рефракция света*.

Скорость света в вакууме - скорость распространения света в вакууме $c = 299'792'458 \text{ м/с}$.

Скорость света в вакууме - предельная скорость распространения любых физических взаимодействий.

Тепловое излучение – это электромагнитное излучение нагретых тел. Законы теплового излучения объясняет *квантовая теория* М.Планка (1900).

Тормозным рентгеновским излучением называется коротковолновое электромагнитное излучение, возникающее в рентгеновской трубке при резком торможении движущихся с большой скоростью электронов поверхностью анода (антикатада). Не зависит от материала антикатада.

Угол падения – угол между падающим лучом и перпендикуляром, восстановленным в точке падения.

Угол преломления - угол между преломленным лучом света и перпендикуляром, восстановленным в точке падения (преломления).

Уравнение Эйнштейна для внешнего *фотоэффекта* представляет собой следствие закона сохранения энергии: $h\nu = A_{\text{в}} + (mv^2/2)$ – энергия фотона ($h\nu$) идет на совершение работы выхода ($A_{\text{в}}$) и частично переходит в энергию фотоэлектрона ($mv^2/2$).

Фотоном называется квазичастица, введенная для того, чтобы объяснить корпускулярные свойства электромагнитного излучения. Фотону приписывается энергия $\epsilon = h\nu$ и импульс $p = h\nu/c$, где ν – частота света, c – скорость света в вакууме, а $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж/с}$ – *постоянная Планка*. Фотоны – *кванты* электромагнитного поля. *Электромагнитное взаимодействие* осуществляется путем обмена фотонами.

Фотометрические величины - сила света, освещенность, световой поток, яркость, коэффициент пропускания и коэффициент отражения.

Фотоэлектроны – электроны, вырванные светом из металла при внешнем *фотоэффекте*.

Фотоэффектом называется группа явлений, возникающих при взаимодействии электромагнитного излучения с веществом. Различают внешний фотоэффект (вырывание электронов из металла при облучении), внутренний фотоэффект (увеличение электропроводности полупроводника при облучении) и фотогальванический эффект (возникновение ЭДС при облучении p-n-перехода). Фотоэффект объясняется на основе квантовых представлений. Первую теорию внешнего фотоэффекта создал А.Эйнштейн (1905). См. *Уравнение Эйнштейна для внешнего фотоэффекта*.

Характеристическое рентгеновское излучение возникает при достаточно высоком ускоряющем напряжении на рентгеновской трубке. Механизм сводится к вырыванию электронов с внутренних электронных оболочек и к переходу на эти места электронов с других оболочек атома. Спектр такого излучения линейчатый. Появляется на фоне сплошного тормозного рентгеновского спектра как набор спектральных линий. Зависит от материала антикатада.

Хроматической поляризацией называется совокупность явлений, сопровождающих интерференцию поляризованного света (появление окраски экрана).

Черным называется идеализированное тело, поглощающее всю падающую на его поверхность энергию. Устаревшее название черного тела – абсолютно черное тело. Реальные тела не являются черными; поверхность, хорошо поглощающая свет в видимом диапазоне, может плохо поглощать в инфракрасном.

Эффектом Комптона (1923) называется увеличение длины волны *рентгеновского излучения* при рассеивании на легких атомах (на почти свободных электронах). Эффект Комптона легко объясняется на основе квантовых представлений путем применения законов сохранения энергии и импульса для системы «рентгеновский фотон + электрон отдачи».

Эффект Фарадея - вращение плоскости поляризации линейно поляризованного света при прохождении его через вещество, помещенное в продольное магнитное поле. Открыл явление английский физик М.Фарадей (1845). Эффект сыграл важную роль в утверждении электромагнитной теории света. Широко применяется в технике и в экспериментальной физике (изучение структуры вещества).

«Атомная физика»

Адронами называются частицы, которые могут участвовать в *сильном взаимодействии*. К адронам относятся *протоны, нейтроны, мезоны* и некоторые др. частицы.

Аннигиляцией называется взаимное уничтожение частиц и античастиц, в результате которого образуются *фотоны*. Например, аннигиляция электрона и позитрона приводит к образованию двух фотонов. См. также *Принцип зарядового сопряжения*.

Глюоны – квазичастицы, переносчики *сильного взаимодействия*.

Гравитационное взаимодействие – одно из четырех *фундаментальных взаимодействий*, самое слабое по интенсивности. Присуще всем телам Вселенной. Самое известное его проявление – всемирное тяготение. Согласно наиболее распространенной точке зрения, носит обменный характер: механизм сводится к обмену квазичастицами – *гравитонами*.

Взаимопревращаемость - фундаментальное свойство элементарных частиц. При распаде частицы происходит не разложение частицы на составные части, а рождение новых частиц. Так, например, в результате распада *нейтрона* на *протон, электрон* и *антинейтрино* происходит именно рождение протона, электрона и антинейтрино. Нельзя сказать, что нейтрон состоит из этих частиц.

Волна, сопоставляемая с любым движущимся микрообъектом. **Длина волны де-Бройля** $\lambda = h/mv$, где h – *постоянная Планка*, $p = mv$ – импульс микрочастицы. Общепринятая трактовка: волны де-Бройля – волны вероятности.

Гравитонами называются гипотетические квазичастицы – переносчики *гравитационного взаимодействия*. **Гравитоны** – кванты гравитационного поля.

Дефектом массы называется разность суммы масс *нуклонов*, входящих в состав ядра, и массы ядра.

Квантовой механикой называется механика объектов атомного и ядерного масштаба.

Нерелятивистская квантовая механика создана в 1923-26 гг. Шредингером и Гейзенбергом. В основе квантовой механики лежит несколько постулатов, в том числе утверждение о том, что состояние частицы (микрообъекта) описывается Ψ -функцией – комплексной функцией координат и времени, квадрат модуля которой интерпретируется как плотность вероятности обнаружить частицу в данном месте пространства.

Квантовая теория возникла в 1900 году при объяснении закономерностей *теплового излучения* (М.Планк). Как выяснилось, эти закономерности можно объяснить, только приписав электромагнитному излучению корпускулярные свойства (излучение происходит отдельными порциями – квантами, энергия кванта пропорциональна частоте излучения). См. также *Постоянная Планка*.

Квантовые числа – целочисленные параметры, определяющие значения некоторых величин, характеризующих микрообъект. Например, энергия электрона в атоме определяется квантовым числом n и принимает дискретный ряд значений.

Кварки – частицы, из которых построены *адроны*. В свободном состоянии не наблюдаются. Переносчики взаимодействия между кварками – *глюоны*. См. также *Сильное взаимодействие*. К **лептонам** относятся легкие частицы, не участвующие в *сильном взаимодействии* и имеющие спин 1/2. К лептонам относятся электроны, мюоны, таоны и соответствующие им античастицы.

Нейтрино – элементарная частица, не участвующая в сильном и в электромагнитном взаимодействии. Может преодолевать огромные расстояния, не взаимодействуя с веществом.

Нейтроны – тяжелые электрически нейтральные частицы, входящие в состав атомного ядра.

Нуклоны – общее название *протонов* и *нейтронов*.

Опыт Резерфорда по рассеиванию α -частиц тонкой золотой фольгой (1911) позволил подтвердить ядерную модель атома. Говорят, что Резерфорд открыл атомное ядро.

Периодическим законом называется закон, открытый Д.И.Менделеевым (1869), согласно которому физические и химические свойства элементов находятся в периодической зависимости от числа протонов в ядре (т. е. от порядкового номера элемента в таблице Менделеева). Смысл закона помогла понять *квантовая механика*. Периодичность свойств объясняется тем, что при переходе от атома к атому во внешнем электронном слое появляются одинаковые группы электронов (валентные электроны).

Постоянная Планка $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж/с – одна из фундаментальных физических констант, введенная М.Планком в 1900 году для объяснения законов теплового излучения. Присутствует во многих соотношениях *квантовой механики*. Постоянную $\hbar = h/2\pi$ также называют постоянной Планка.

Принцип зарядового сопряжения гласит: каждая заряженная элементарная частица имеет античастицу. Этот принцип распространяется на нейтральные частицы нейтрон и нейтрино. Например, для протона античастицей является антипротон, для нейтрона – антинейтрон, для электрона – позитрон и т. д. Частицы и античастицы имеют одинаковую массу, время жизни, спин, противоположный по знаку электрический заряд, магнитный момент и некоторые другие характеристики. При встрече частицы с античастицей происходит *аннигиляция* с образованием γ -квантов.

Простейшая формулировка принципа Паули: в атоме не может быть двух электронов, находящихся в двух одинаковых *стационарных состояниях*, определяемых набором четырех квантовых чисел, главного (n), орбитального (l), магнитного (m_l) и спинового (m_s). Принципу Паули подчиняются *фермионы* (электрон – фермион!) и не подчиняются *бозоны*. В нерелятивистской квантовой механике принцип Паули рассматривается как дополнительный постулат.

Промежуточными бозонами называются квазичастицы, переносчики *слабого взаимодействия*.

Протоны – положительно заряженные тяжелые частицы, входящие в состав атомных ядер. Число протонов в ядре определяет его заряд и химические свойства атома.

Радиоактивностью называется процесс самопроизвольного превращения атомного ядра в другое ядро, сопровождающийся испусканием *элементарных частиц*. Радиоактивность ядер, существующих в природе, называется естественной, а радиоактивность ядер, полученных в результате *ядерной реакции*, называется искусственной.

Сильное взаимодействие присуще тяжелым частицам (протонам, нейтронам и т. д.). Наиболее известное его проявление – ядерные силы, удерживающие нуклоны в ядрах атомов и *кварки* в *адронах*. Носит обменный характер: механизм сводится к обмену *глюонами*. Сильное взаимодействие – короткодействующее, действует на расстояниях порядка 10^{-15} м. См. также *Фундаментальные взаимодействия*.

Скорость света в вакууме - скорость распространения света в вакууме $c = 299'792'458$ м/с.

Скорость света в вакууме - предельная скорость распространения любых физических взаимодействий.

Слабое взаимодействие присуще всем частицам, кроме фотона. Носит обменный характер: механизм сводится к обмену *промежуточными бозонами*. Наиболее известное его проявление – бета-распад нейтрона.

Слабое взаимодействие – короткодействующее, действует на расстояниях порядка 10^{-18} м. См. также *Фундаментальные взаимодействия*.

Соотношение неопределенностей устанавливает пределы одновременного экспериментального определения пар некоторых величин. Например, произведение неопределенностей координаты и импульса частицы не может быть меньше *постоянной Планка*.

Спектральные серии – группы спектральных линий. Например, в спектре водорода наблюдаются серии Лаймана, Бальмера, Пашена и др.

Спин – собственный механический момент частицы. Частицы с целым спином (в единицах \hbar , \hbar – *постоянная Планка*) называются *бозонами*, с полуцелым – *фермионами*. Например, электрон (спин $1/2$) – типичный фермион, фотон (спин равен 0) – типичный бозон.

Теория Бора (1913) – первая примитивная квантовая механика водородного атома и водородоподобных ионов. Бор проквантовал атом Резерфорда. Теория объясняла водородный спектр (позволяла рассчитать положения спектральных линий), но не могла объяснить спектры более сложных атомов. Теория Бора была эклектичной, так как содержала квантовые (неклассические) постулаты и в то же время использовала представления и законы классической физики (понятие «орбита», «траектория», использовала второй закон Ньютона и пр.).

Термоядерными реакциями называются экзотермические *ядерные реакции* синтеза легких ядер, в результате которого образуются более тяжелые ядра. Например, при синтезе изотопов водорода образуется гелий. Протекают такие реакции при очень высоких температурах порядка $10^7 - 10^9$ К.

Уравнение Шредингера – основное уравнение *квантовой механики*, позволяющее рассчитать Ψ -функцию. Из-за колоссальных математических трудностей точное решение уравнения можно провести только в нескольких случаях.

Фотон называется квазичастица, введенная для того, чтобы объяснить корпускулярные свойства электромагнитного излучения. Фотону приписывается энергия $\epsilon = h\nu$ и импульс $p = h\nu/c$, где ν – частота света, c – скорость света в вакууме, а $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж/с – *постоянная Планка*. **Фотоны** – *кванты* электромагнитного поля. *Электромагнитное взаимодействие* осуществляется путем обмена фотонами.

Существует четыре типа фундаментальных взаимодействий. В порядке уменьшения интенсивности: *сильное, электромагнитное, слабое и гравитационное*. Гравитационное взаимодействие обладает предельно малой интенсивностью, но играет важную роль во Вселенной из-за колоссальных масс космических объектов.

Характеристическое рентгеновское излучение возникает при достаточно высоком ускоряющем напряжении на рентгеновской трубке. Механизм сводится к вырыванию электронов с внутренних электронных оболочек и к переходу на эти места электронов с других оболочек атома. Спектр такого излучения линейчатый. Появляется на фоне сплошного тормозного рентгеновского спектра как набор спектральных линий. Зависит от материала антикатада.

Электромагнитное взаимодействие – одно из четырех *фундаментальных взаимодействий*. Действует только между электрически заряженными частицами. Носит обменный характер: механизм связан с обменом *фотонов*. Самое известное его проявление – кулоновские силы.

Электрон – мельчайшая отрицательно заряженная частица, входящая в состав атомов.

Элементарными частицами называется большая группа субъядерных частиц, которые уже не рассматриваются как бесструктурные образования («кирпичики» мироздания). В настоящее время известно около 400 элементарных частиц.

Энергия связи – энергия, которую надо затратить, чтобы разделить ядро атома на составляющие его частицы. Расчет энергии связи производится с помощью соотношения $\Delta E_{\text{св}} = \Delta m \cdot c^2$, где Δm – *дефект массы*, c – *скорость света в вакууме*.

Ядерная модель атома предполагает наличие в атоме положительно заряженного массивного ядра, в котором сосредоточена почти вся масса атома, и отрицательно заряженных электронов, вращающихся вокруг ядра по круговым или эллиптическим орбитам. Размеры ядра порядка 10^{-15} м, размеры атома – 10^{-10} м. Модель внутренне противоречива: вращающийся электрон должен излучать электромагнитные волны, терять энергию и, в конце концов, упасть на ядро. Выход из положения был найден Бором. См. также *Опыт Резерфорда* и *Теория Бора*.

Ядерной реакцией называется процесс сильного взаимодействия атомного ядра с элементарной частицей или другим ядром, приводящий к превращению атомных ядер.

Ядерные силы удерживают *нуклоны* в ядрах атомов. Это не силы в ньютоновском понимании, поэтому лучше говорить о *сильном взаимодействии* между нуклонами. Обладают свойством зарядовой независимости, т. е. действуют одинаково в системах *протон-протон, нейтрон-нейтрон, протон-нейтрон*.

Ядерный реактор – установка, в которой осуществляется управляемая цепная реакция деления ядер. Ядерные реакторы – мощные источники *нейтронов* и *нейтрино*. В реакторах получают искусственные радиоактивные элементы.