

Билет №1.

Механическое движение Относительность движения, Система отсчета, Материальная точка, Траектория. Путь и перемещение. Мгновенная скорость. Ускорение. Равномерное и равноускоренное движение

Механическим движением называют **изменение положения тела** (или его частей) относительно других тел. Например, человек, едущий на эскалаторе в метро, находится в покое относительно самого эскалатора и перемещается относительно стен туннеля; гора Эльбрус находится в покое относительно Земли и движется вместе с Землей относительно Солнца.

Из этих примеров видно, что всегда надо указать **тело, относительно которого рассматривается движение**, его называют **телом отсчета**. Система координат, тело отсчета, с которым она связана, и выбранный способ измерения времени образуют **систему отсчета**. Рассмотрим два примера. Размеры орбитальной станции, находящейся на орбите около Земли, можно не учитывать, рассчитывая траекторию движения космического корабля при стыковке со станцией, без учета ее размеров не обойтись. Таким образом, иногда размерами тела по сравнению с расстоянием до него можно пренебречь, в этих случаях тело считают материальной точкой,

Линию, вдоль которой движется материальная точка, называют траекторией. Длина части траектории между начальным и конечным положением точки называют **путем (L)**. Единица измерения пути — 1 м.

Механическое движение характеризуется тремя физическими величинами: перемещением, скоростью и ускорением.

Направленный отрезок прямой, проведенный из начального положения движущейся точки в ее конечное положение, называется **перемещением (s)**, Перемещение — величина векторная. Единица измерения перемещения-1 м.

Скорость — векторная физическая величина, характеризующая быстроту перемещения тела, численно равная **отношению перемещения за малый промежуток времени к величине этого промежутка**. Промежуток, времени

считается достаточно малым, если скорость в течении этого промежутка не менялась. Например, при движении автомобиля $t \sim 1$ с, при движении элементарной частицы $t \sim 10$ с, при движении небесных тел $t \sim 10$ с. Определяющая формула скорости имеет вид $v = s/t$. Единица измерения скорости — м/с. На практике используют единицу измерения скорости км/ч ($36 \text{ км/ч} = 10 \text{ м/с}$). Измеряют скорость спидометром.

Ускорение — векторная физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости, численно равная **отношению изменения скорости к промежутку времени, в течение которого это изменение произошло**. Если скорость изменяется одинаково в течение всего времени движения, то ускорение можно рассчитать по формуле $a = (v - v_0)/t$. Единица измерения ускорения — м/с². Характеристики механического движения связаны между собой основными кинематическими уравнениями.

$$s = v_0 t + at^2 / 2;$$

$$v = v_0 + at.$$

Предположим, что тело движется без ускорения (самолет на маршруте), его скорость в течение продолжительного времени не меняется, $a = 0$, тогда кинематические уравнения будут иметь вид: $v = \text{const}$, $s = vt$.

Движение, при котором скорость тела не меняется, т. е. тело за любые равные промежутки времени перемещается на одну и ту же величину, называют **равномерным прямолинейным движением**.

Во время старта скорость ракеты быстро возрастает, т. е. ускорение $a > 0$,
 $a = \text{const}$.

В этом случае кинематические уравнения выглядят так: $v = v_0 + at$, $s = v_0 t + at^2 / 2$.

При таком движении **скорость и ускорение имеют одинаковые направления**, причем скорость изменяется одинаково за любые равные промежутки времени.

Этот вид движения называют **равноускоренным**.

При торможении автомобиля **скорость уменьшается одинаково за любые равные промежутки времени**, ускорение меньше нуля; так как скорость уменьшается, то уравнения принимают вид: $v = v_0 + at$, $s = v_0 t - at^2 / 2$. Такое движение называют **равнозамедленным**.

Все физические величины, характеризующие движение тела (скорость, ускорение, перемещение), а также вид траектории, могут изменяться при переходе из одной системы к другой, т. е. характер движения зависит от выбора системы отсчета, в этом и проявляется *относительность движения*. Например, в воздухе происходит дозаправка самолета топливом. В системе отсчета, связанной с самолетом, другой самолет находится в покое, а в системе отсчета, связанной с Землей, оба самолета находятся в движении. При движении велосипедиста точка колеса в системе отсчета, связанной с осью, имеет траекторию, представленную на рисунке 1.

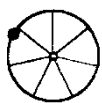


Рис. 1



Рис. 2

В системе отсчета, связанной с Землей, вид траектории оказывается другим (рис. 2).

Механическое движение – это **изменение положения тела** в пространстве с течением времени относительно других тел.

Из всех многообразных форм движения материи этот вид движения является самым простым.

Например: перемещение стрелки часов по циферблату, идут люди, колышутся ветки деревьев, порхают бабочки, летит самолет и т.д.

Определение положения тела в любой момент времени является основной задачей механики.

Движение тела, при котором **все точки движутся одинаково**, называется **поступательным**.

Материальная точка – это **физическое тело**, размерами которого в данных условиях движения можно пренебречь, считая, что вся его масса сосредоточены в одной точке.

Траектория – это **линия которую описывает материальная точка** при своем движении.

Путь – это **длина траектории движения** материальной точки.

Перемещение – это **направленный отрезок прямой** (вектор), соединяющий начальное положение тела с его последующим положением.

Система отсчета – это, **тело отсчета**, связанная с ним **система координат**, а также **прибор для отсчета времени**.

Важная особенность механического движения – его относительность.

Относительность движения – это **перемещение и скорость тела** относительно разных систем отсчета различны (например, человек и поезд). Скорость тела относительно неподвижной системы координат равна геометрической сумме скоростей тела относительно подвижной системы и скорости подвижной системы координат относительно неподвижной. (V_1 – скорость человека в поезде, V_0 – скорость поезда, то $V = V_1 + V_0$).

Классический закон сложения скоростей формулируется следующим образом: скорость движения материальной точки по отношению к системе отсчета, принимаемой за неподвижную, равна векторной сумме скоростей движения точки в подвижной системе и скорости движения подвижной системы относительно неподвижной. [pic]

Характеристики механического движения связаны между собой основными кинематическими уравнениями: $s = v_0 t + at^2/2$; $v = v_0 + at$.

Предположим, что тело движется без ускорения (самолет на маршруте), его скорость в течение продолжительного времени не меняется, $a = 0$, тогда кинематические уравнения будут иметь вид: $v = \text{const}$, $s = vt$.

Движение, при котором скорость тела не меняется, т. е. **тело за любые равные промежутки времени перемещается на одну и ту же величину**, называют **равномерным прямолинейным движением**.

Во время старта скорость ракеты быстро возрастает, т. е. ускорение $a > 0$, $a = \text{const}$.

В этом случае кинематические уравнения выглядят так: $v = v_0 + at$, $s = v_0 t + at^2/2$.

При таком движении скорость и ускорение имеют одинаковые направления, причем **скорость изменяется одинаково за любые равные промежутки**

времени.

Этот вид движения называют **равноускоренным**.

При торможении автомобиля **скорость уменьшается одинаково за любые равные промежутки времени**, ускорение меньше нуля; так как скорость уменьшается, то уравнения принимают вид: $v = v_0 + at$, $s = v_0t - at^2/2$. Такое движение называют **равнозамедленным**.

Билет №2

Взаимодействие тел. Сила. Второй закон Ньютона.

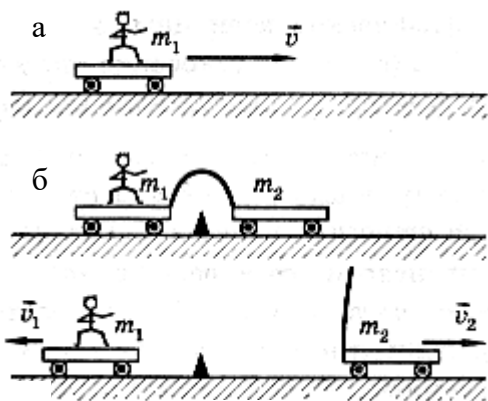


Рис. 3

Простые наблюдения и опыты, например с тележками (рис. 3), приводят к следующим качественным заключениям: **а)** тело, на которое другие тела не действуют, сохраняет свою скорость неизменной;

б) ускорение тела возникает под действием других тел, но зависит и от самого тела; **в)** действия тел друг на друга всегда носят характер взаимодействия. Эти выводы подтверждаются при наблюдении явлений в природе, технике, космическом пространстве только в инерциальных системах отсчета.

Взаимодействия отличаются друг от друга и количественно, и качественно. Например, ясно, что чем больше деформируется пружина, тем больше взаимодействие ее витков. Или, чем ближе два одноименных заряда, тем сильнее они будут притягиваться. В простейших случаях взаимодействия количественной характеристикой является сила.

Сила — причина ускорения тел по отношению к инерциальной системе отсчета или их деформации.

Сила — это векторная физическая величина, являющаяся мерой ускорения, приобретаемого телами при взаимодействии. Сила характеризуется: **а)** модулем; **б)** точкой приложения; **в)** направлением.

Единица измерения силы — ньютон. 1 ньютон — это сила, которая телу массой 1 кг сообщает ускорение 1 м/с² в направлении действия этой силы, если другие тела на него не действуют. Равнодействующей нескольких сил называют силу, действие которой эквивалентно действию тех сил, которые она заменяет. Равнодействующая является векторной суммой всех сил, приложенных к телу.

$$R = F_1 + F_2 + \dots + F_n,$$

Качественно по своим свойствам взаимодействия также различны. Например, электрическое и магнитное взаимодействия связаны с наличием зарядов у частиц либо с движением заряженных частиц. Наиболее просто рассчитать силы в электродинамике: сила Ампера — $F = IlB \sin \alpha$,

сила Лоренца — $F = qv B \sin \alpha$, кулоновская сила — $F = q_1 q_2 / r^2$; и гравитационные силы: закон всемирного тяготения — $F = G m_1 m_2 / r^2$. Такие механические силы, как сила упругости и сила трения, возникают в результате электромагнитного взаимодействия. Для их расчета необходимо использовать формулы: $F_{\text{упр}} = -kx$ (закон Гука), $F_{\text{тр}} = MN$ — сила трения.

На основании опытных данных были сформулированы законы Ньютона.

Второй закон Ньютона: Ускорение, с которым движется тело, прямо пропорционально равнодействующей всех сил, действующих на тело, обратно пропорционально его массе и направлено так же, как и равнодействующая сила:
 $a = F/m$.

Для решения задач закон часто записывают в виде: $F = ma$.

Билет 3

Импульс тела. Закон сохранения импульса в природе и технике.

Простые наблюдения и опыты доказывают, что покой и движение относительны, скорость тела зависит от выбора системы отсчета; по второму закону Ньютона,

независимо от того, находилось ли тело в покое или двигалось, изменение скорости его движения может происходить только при действии силы, т. е. в результате взаимодействия с другими телами. Однако существуют величины, которые могут сохраняться при взаимодействии тел. Такими величинами являются *энергия* и *импульс*.

Импульсом тела называют векторную физическую величину, являющуюся количественной характеристикой поступательного движения тел. Импульс обозначается p . Единица измерения импульса P — кг • м/с. Импульс тела равен произведению массы тела на его скорость: $p = mv$. Направление вектора импульса p совпадает с направлением вектора скорости тела v (рис. 4).

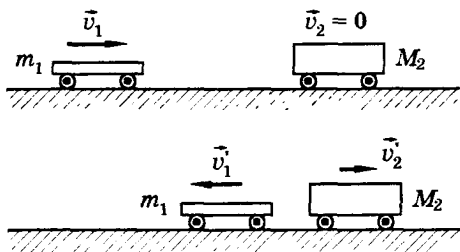


Рис.
4

Для импульса тел выполняется закон сохранения, который справедлив только для замкнутых физических систем. В общем случае замкнутой называют систему, которая не обменивается энергией и массой с телами и полями, не входящими в нее. В механике **замкнутой** называют систему, на которую не действуют внешние силы или действие этих сил скомпенсировано. В этом случае $p_1 = p_2$ где p_1 — начальный импульс системы, а p_2 — конечный. В случае двух тел, входящих в систему, это выражение имеет вид

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2'$$

где m_1 и m_2 — массы тел, а v_1 и v_2 , — скорости до взаимодействия, v_1' и v_2' — скорости после взаимодействия. Эта формула и является математическим выражением закона сохранения импульса: импульс замкнутой физической системы сохраняется при любых взаимодействиях, происходящих внутри этой системы.

Другими словами: *в замкнутой физической системе геометрическая сумма импульсов тел до взаимодействия равна геометрической сумме импульсов этих*

тел после взаимодействия. В случае незамкнутой системы импульс тел системы не сохраняется. Однако, если в системе существует направление, по которому внешние силы не действуют или их действие скомпенсировано, то сохраняется проекция импульса на это направление. Кроме того, если время взаимодействия мало (выстрел, взрыв, удар), то за это время даже в случае незамкнутой системы внешние силы незначительно изменяют импульсы взаимодействующих тел. Поэтому для практических расчетов в этом случае тоже можно применять закон сохранения импульса.

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

В механике закон сохранения импульса и законы Ньютона связаны между собой. Если на тело массой m в течение времени t действует сила и скорость его движения изменяется от v_0 до v , то ускорение движения a тела равно $a = (v - v_0)/t$. На основании второго закона Ньютона для силы F можно записать $F = ma = m(v - v_0)/t$, отсюда следует $Ft = mv - mv_0$.

Ft — векторная физическая величина, характеризующая действие на тело силы за некоторый промежуток времени и равная произведению силы на время t ее действия, называется **импульсом силы**.

Единица импульса в СИ — Н • с.

Закон сохранения импульса лежит в основе реактивного движения. **Реактивное движение** — это такое движение тела, которое возникает после отделения от тела его части.

Пусть тело массой m покоилось. От тела отделилась какая-то его часть m_1 со скоростью v_1 . Тогда

оставшаяся часть придет в движение в противоположную сторону со скоростью v_2 , масса оставшейся части m_2 . Действительно, сумма импульсов обеих частей тела до отделения была равна нулю и после разделения будет равна нулю:

$$m_1v_1 + m_2v_2 = 0, \text{ отсюда } v_1 = -m_2v_2/m_1.$$

Большая заслуга в развитии теории реактивного движения принадлежит К. Э. Циолковскому.

Он разработал теорию полета тела переменной массы (ракеты) в однородном поле тяготения и рассчитал запасы топлива, необходимые для преодоления силы земного притяжения; основы теории жидкостного реактивного двигателя, а так же элементы его конструкции; теорию многоступенчатых ракет, причем предложил два варианта: параллельный (несколько реактивных двигателей работают одновременно) и последовательный (реактивные двигатели работают друг за другом). К. Э. Циолковский строго научно доказал возможность полета в космос с помощью ракет с жидкостным реактивным двигателем, предложил специальные траектории посадки космических аппаратов на Землю, выдвинул идею создания межпланетных орбитальных станций и подробно рассмотрел условия жизни и жизнеобеспечения на них. Технические идеи Циолковского находят применение при создании современной ракетно-космической техники. Движение с помощью реактивной струи, по закону сохранения импульса, лежит в основе гидрореактивного двигателя. В основе движения многих морских моллюсков (осьминогов, медуз, кальмаров, каракатиц) также лежит реактивный принцип.

Билет №4

Закон всемирного тяготения. Сила тяжести. Вес тела. Невесомость.

Исаак Ньютон выдвинул предположение, что между любыми телами в природе существуют силы взаимного притяжения. Эти силы называют **силами гравитации**, или **силами всемирного тяготения**. Сила всемирного тяготения проявляется в Космосе, Солнечной системе и на Земле. Ньютон обобщил законы движения небесных тел и выяснил, что $F = G(m_1 * m_2) / R^2$, где G — коэффициент пропорциональности, называется гравитационной постоянной. Численное значение гравитационной постоянной опытным путем определил Кавендиш, измеряя силу взаимодействия между свинцовыми шарами. В результате закон

всемирного тяготения звучит так: между любыми материальными точками существует сила взаимного притяжения, прямо пропорциональная произведению их масс и обратно пропорциональная квадрату расстояния между ними, действующая по линии, соединяющей эти точки.

Физический смысл гравитационной постоянной вытекает из закона всемирного тяготения. Если $m_1 = m_2 = 1$ кг, $R = 1$ м, то $G = F$, т. е. гравитационная постоянная равна силе, с которой притягиваются два тела по 1 кг на расстоянии 1 м. Численное значение: $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{кг}^2$. Силы всемирного тяготения действуют между любыми телами в природе, но ощутимыми они становятся при больших массах (или хотя бы масса одного из тел велика). Закон же всемирного тяготения выполняется только для материальных точек и шаров (в этом случае за расстояние принимается расстояние между центрами шаров).

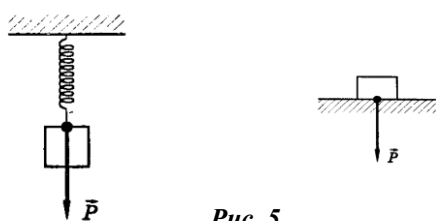


Рис. 5

Частным видом силы всемирного тяготения является сила притяжения тел к Земле (или к другой планете). Эту силу называют **силой тяжести**. Под действием этой силы все тела

приобретают ускорение свободного падения. В соответствии со вторым законом Ньютона $g = F_T/M$, следовательно, $F_T = mg$. Сила тяжести всегда направлена к центру Земли. В зависимости от высоты h над поверхностью Земли и географической широты положения тела ускорение свободного падения приобретает различные значения. На поверхности Земли и в средних широтах ускорение свободного падения равно **9,831 м/с²**.

В технике и быту широко используется понятие веса тела. Весом тела называют силу, с которой тело давит на опору или подвес в результате гравитационного притяжения к планете (рис. 5). Вес тела обозначается P . Единица измерения веса — 1 Н. Так как вес равен силе, с которой тело действует на опору, то в соответствии с третьим законом Ньютона по величине вес тела равен силе реакции опоры. Поэтому, чтобы найти вес тела, необходимо найти, чему равна сила реакции опоры.

Рассмотрим случай, когда тело вместе с опорой не движется. В этом случае сила реакции опоры, а следовательно, и вес тела равен силе тяжести (рис. 6): $p = N =$

mg .

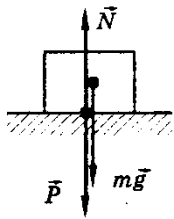


Рис. 6

В случае движения тела вертикально вверх вместе с опорой с ускорением, по второму закону Ньютона, можно записать $mg + N = ma$ В проекции на ось Ox : $-mg + N = ma$, отсюда $N = m(g + a)$

Следовательно, при движении вертикально вверх с ускорением вес тела увеличивается и находится по формуле $P = m(g + a)$.

Увеличение веса тела, вызванное ускоренным движением опоры или подвеса, называют **перегрузкой**. Действие перегрузки испытывают на себе космонавты как при взлете космической ракеты, так и при торможении корабля при входе в плотные слои атмосферы. Испытывают перегрузки и летчики при выполнении фигур высшего пилотажа, и водители автомобилей при резком торможении.

Если тело движется Вниз по вертикали, то с помощью аналогичных рассуждений получаем $mg +$

$+N = ma; mg - N = ma; N = m(g - a); P = m(g - a)$, т. е. вес при движении по вертикали с ускорением будет меньше силы тяжести.

Если тело свободно падает, в этом случае $P = (g - g)m = 0$.

Состояние тела, в котором его вес равен нулю, называют невесомостью. Состояние невесомости наблюдается в самолете или космическом корабле при движении с ускорением свободного падения независимо от направления и значения скорости их движения. За пределами земной атмосферы при выключении реактивных двигателей на космический корабль действует только сила всемирного тяготения. Под действием этой силы космический корабль и все тела, находящиеся в нем, движутся с одинаковым ускорением, поэтому в корабле наблюдается состояние невесомости.

Билет 5

Виды механических сил: сила трения, сила упругости. Закон Гука.

Сила сопротивления, возникающая при перемещении одного тела относительно другого, называется **силой трения**.

F – сила трения покоя, если внешняя сила недостаточна для относительного перемещения тел.

F – сила трения скольжения, если под действием силы происходит относительное перемещение тел.

F – сила трения качения, если одно тело катится по поверхности другого.

$F = \mu \cdot N$, где N – сила давления, μ – коэффициент трения скольжения.

Коэффициент трения скольжения зависит: от площади соприкосновения трущихся поверхностей (медленно возрастает с её увеличением); от скорости относительного движения поверхностей (может, как возрастать, так и убывать с ростом скорости в зависимости от материала поверхностей).

Силу трения скольжения можно уменьшить во много раз с помощью смазки – чаще всего тонкого слоя жидкости (обычно того или иного сорта минерального масла) между трущимися поверхностями.

Сила, возникающая при деформации тела и направленная в сторону, противоположную смещению частиц тела при деформации.

Деформация – это изменение формы или объёма тела.

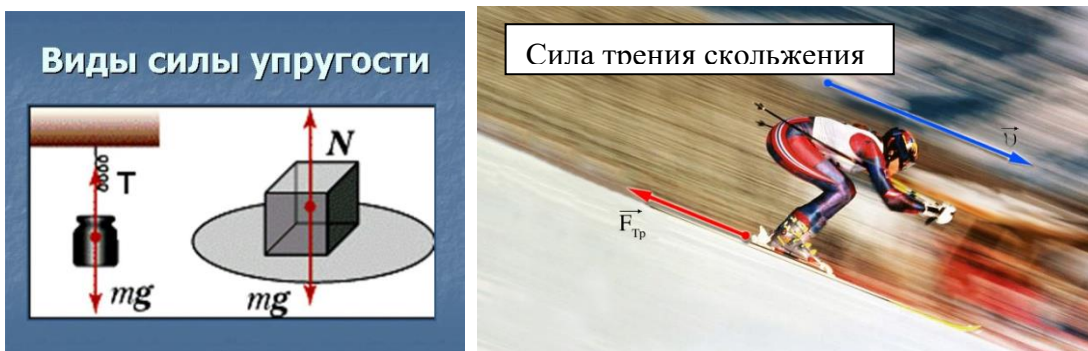


Рис.7

Типы деформаций: растяжение (сжатие), сдвиг, изгиб, кручение.

Упругая деформация – исчезает после прекращения действия внешних сил.

Пластические – не исчезают после прекращения действия внешних сил.

Закон Гука: Сила упругости прямо пропорциональна удлинению тела и направлена в сторону, противоположную направлению перемещений частиц тела при деформации. $F = k \cdot |\Delta l|$, где k – коэффициент жёсткости, Δl –

удлинение тела. При проекции на ось X закон Гука принимает вид: $F = -kx$, где $x = \Delta l$ - удлинение тела ($x > 0$ при деформации растяжения, $x < 0$ при деформации сжатия).

Жёсткость тела зависит от формы и размеров тела и от материала, из которого оно изготовлено. Единица измерения [Н/м].

Закон Гука применяется только для упругих деформаций.

Билет 6

Работа. Механическая энергия, виды механической энергии. Закон сохранения механической энергии.

Работой A постоянной силы F называется физическая величина, равная произведению модулей сил и перемещения, умноженному на косинус угла α между векторами силы F и перемещения s : $A = Fscos\alpha$.

Работа положительна, если угол α между векторами силы F и вектором перемещения меньше 90° . При значениях угла $90^\circ < \alpha \leq 180^\circ$ работа силы отрицательна. Если вектор F перпендикулярен вектору перемещения s , то косинус угла α равен нулю и работа силы F равна нулю. Единица работы в СИ называется *джоулем*.

Энергия – это величина, характеризующая способность тела совершать работу. В механике различают кинетическую и потенциальную энергию.

Движущее тело обладает кинетической энергией. Эта энергия равна работе, которую надо совершить, чтобы увеличить скорость тела от нуля до значения v .

Кинетической энергией называется величина, равная половине произведения массы на квадрат скорости тела. $E_k = mv^2/2$.

Потенциальная энергия – это энергия, обусловленная взаимодействием различных тел или частей одного и того же тела. Она зависит от взаимного расположения тел или величины упругой деформации тела.

$E_p = mgh$. **Потенциальная энергия – это энергия взаимодействия тел.**

Потенциальная энергия поднятого над Землёй тела – это энергия взаимодействия тела и Земли гравитационными силами. Потенциальная энергия упруго деформированного тела – это энергия взаимодействия отдельных частей тела между собой силами упругости.

В замкнутой системе тел положительная работа внутренних сил увеличивает кинетическую энергию и уменьшает потенциальную. Отрицательная работа, напротив, увеличивает потенциальную энергию и уменьшает кинетическую. Именно благодаря этому выполняется закон сохранения энергии: **В замкнутой системе, в которой действуют консервативные силы, механическая энергия сохраняется.**

$$E = E_k + E_p = \text{const.}$$

Это понятие было введено в 1847 г. 26-летним немецким учёным Гельмгольцем. Что происходит с полной механической энергией по мере движения тела? Рассмотрим простое явление. Бросим вертикально вверх мяч. Придав мячу скорость, мы тем самым сообщим ему некоторую кинетическую энергию. По мере движения мяча вверх его движение будет замедляться притяжением Земли и скорость, а вместе с ней и кинетическая энергия мяча будет становиться всё меньше и меньше. Потенциальная же энергия мяча вместе с высотой будет при этом возрастать. В высшей точке траектории (на максимальной высоте) потенциальная энергия мяча достигнет наибольшего значения, а кинетическая энергия окажется равной нулю. После этого мяч начнёт падать вниз, постепенно набирая скорость. Кинетическая энергия при этом начнёт увеличиваться, а потенциальная энергия (из-за уменьшения высоты) – убывать. В момент удара о землю кинетическая энергия мяча достигнет максимального значения, а потенциальная обратится в нуль.

Итак, когда кинетическая энергия тела уменьшается, потенциальная возрастает, и наоборот, когда кинетическая энергия тела увеличивается, его потенциальная энергия убывает. Изучение свободного падения тела (в отсутствие сопротивления воздуха) показывает, что всякое уменьшение одного из видов энергии сопровождается равным увеличением другого вида энергии. Полная же

механическая энергия тела при этом сохраняется. В этом состоит **закон сохранения механической энергии**:

ПОЛНАЯ МЕХАНИЧЕСКАЯ ЭНЕРГИЯ ТЕЛА, НА КОТОРОЕ НЕ ДЕЙСТВУЮТ СИЛЫ ТРЕНИЯ И СОПРОТИВЛЕНИЯ, В ПРОЦЕССЕ ЕГО ДВИЖЕНИЯ ОСТАЁТСЯ НЕИЗМЕННОЙ.

Билет 7

Превращение энергии при механических колебаниях. Свободные и вынужденные колебания. Резонанс.

Механическими колебаниями называют движения тела, повторяющиеся точно или приблизительно через одинаковые промежутки времени. Основными

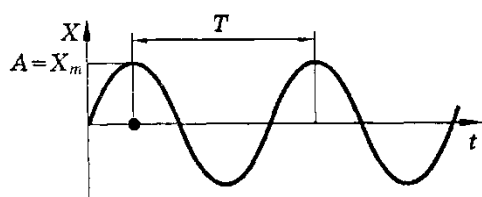


Рис. 8

характеристиками механических колебаний являются: смещение, амплитуда, частота, период. Смещение — это отклонение от положения равновесия. **Амплитуда — модуль**

максимального отклонения от положения равновесия.

Частота — число полных колебаний, совершаемых в единицу времени.

Период — время одного полного колебания, т. е. минимальный промежуток времени, через который происходит повторение процесса. Период и частота связаны соотношением: $\nu = 1/T$.

Простейший вид колебательного движения — *гармонические колебания*, при которых колеблющаяся величина изменяется со временем по закону синуса или косинуса (рис. 8).

Свободными — называют колебания, которые совершаются за счет первоначально сообщенной энергии при последующем отсутствии внешних воздействий на систему, совершающую колебания. Например, колебания груза на нити (рис. 9).

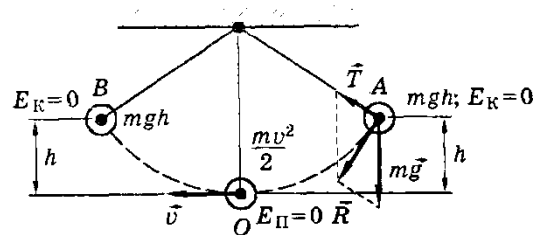


Рис. 9

Рассмотрим процесс превращения энергии на примере колебаний груза на нити (см. рис. 9).

При отклонении маятника от положения равновесия он поднимается на высоту h относительно нулевого уровня, следовательно, в точке A маятник обладает потенциальной энергией mgh . При движении к положению равновесия, к точке O , уменьшается высота до нуля, а скорость груза увеличивается, и в точке O вся потенциальная энергия mgh превратится в кинетическую энергию $mv^2/2$. В положении равновесия кинетическая энергия имеет максимальное значение, а потенциальная энергия минимальна. После прохождения положения равновесия происходит превращение кинетической энергии в потенциальную, скорость маятника уменьшается и при максимальном отклонении от положения равновесия становится равной нулю. При колебательном движении всегда происходят периодические превращения его кинетической и потенциальной энергий.

При свободных механических колебаниях неизбежно происходит потеря энергии на преодоление сил сопротивления. Если колебания происходят под действием периодически действующей внешней силы, то такие колебания называют **вынужденными**. Например, родители раскачивают ребенка на качелях, поршень движется в цилиндре двигателя автомобиля, колеблются нож электробритвы и игла швейной машины. Характер вынужденных колебаний зависит от характера действия внешней силы, от ее величины, направления, частоты действия и не зависит от размеров и свойств колеблющегося тела. Например, фундамент мотора, на котором он закреплен, совершает вынужденные колебания с частотой, определяемой только числом оборотов мотора, и не зависит от размеров фундамента.

При совпадении частоты внешней силы и частоты собственных колебаний тела амплитуда вынужденных колебаний резко возрастает. Такое явление называют *механическим резонансом*. Графически зависимость вынужденных колебаний от частоты действия внешней силы показана на рисунке 10.

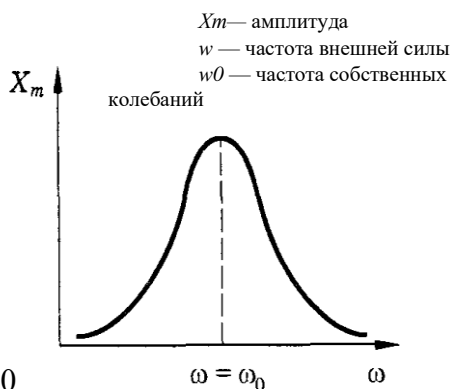


Рис.10

Явление резонанса может быть причиной разрушения машин, зданий, мостов, если собственные их частоты совпадают с частотой периодически действующей силы.

Поэтому, например, двигатели в автомобилях устанавливаются на специальных амортизаторах, а воинским подразделениям при движении по мосту запрещается идти «в ногу».

При отсутствии трения амплитуда вынужденных колебаний при резонансе должна возрастать со временем неограниченно. В реальных системах амплитуда в установившемся режиме резонанса определяется условием потерь энергии в течение периода и работы внешней силы за то же время. Чем меньше трение, тем больше амплитуда при резонансе.

Билет №8

Опытное обоснование основных положений МКТ строения вещества. Масса и размер молекул. Постоянная Авогадро.

Молекулярно-кинетическая теория — это раздел физики, изучающий свойства различных состояний вещества, основывающийся на представлениях о существовании молекул и атомов, как мельчайших частиц вещества. В основе МКТ лежат три основных положения:

- 1. Все вещества состоят из мельчайших частиц: молекул, атомов или ионов.**
- 2. Эти частицы находятся в непрерывном хаотическом движении, скорость которого определяет температуру вещества.**
- 3. Между частицами существуют силы притяжения и отталкивания, характер которых зависит от расстояния между ними.**

Основные положения МКТ подтверждаются многими опытными фактами.

Существование молекул, атомов и ионов доказано экспериментально, молекулы достаточно изучены и даже сфотографированы с помощью электронных микроскопов. Способность газов неограниченно расширяться и занимать **весь** предоставленный им объем объясняется непрерывным хаотическим движением молекул. Упругость **газов**, твердых и жидких тел, способность жидкостей смачивать некоторые твердые тела, процессы окрашивания, склеивания, сохранения формы твердыми телами и многое другое говорят о существовании сил притяжения и отталкивания между молекулами. **Явление диффузии — способность молекул одного вещества проникать в промежутки между молекулами другого** — тоже подтверждает основные положения МКТ. Явлением диффузии объясняется, например, распространение запахов, смешивание разнородных жидкостей, процесс растворения твердых тел в жидкостях, сварка металлов путем их расплавления или путем давления. Подтверждением непрерывного хаотического движения молекул является также и **броуновское движение — непрерывное хаотическое движение микроскопических частиц, нерастворимых в жидкости.**

Движение броуновских частиц объясняется хаотическим движением частиц жидкости, которые сталкиваются с микроскопическими частицами и приводят их в движение. Опытным путем было доказано, что скорость броуновских частиц зависит от температуры жидкости. Теорию броуновского движения разработал А. Эйнштейн. Законы движения частиц носят статистический, вероятностный характер. Известен только один способ уменьшения интенсивности броуновского движения — уменьшение температуры. Существование броуновского движения убедительно подтверждает движение молекул.

Любое вещество состоит из частиц, поэтому **количество вещества** принято считать пропорциональным числу частиц, т. е. структурных элементов, содержащихся в теле, ν .

Единицей количества вещества является **моль**. Моль — это количество вещества, содержащее столько же структурных элементов любого вещества, сколько содержится атомов в 12 г углерода C^{12} . Отношение числа молекул вещества к количеству вещества называют постоянной Авогадро:

$$N_A = N/\nu. N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}.$$

Постоянная Авогадро показывает, сколько атомов и молекул содержится в одном моле вещества. **Молярной массой** называют величину, равную отношению массы вещества к количеству вещества:

$$M = m/\nu.$$

Молярная масса выражается в кг/моль. Зная молярную массу, можно вычислить массу одной молекулы:

$$m_0 = m/N = m/\nu N_A = M/N_A$$

Средняя масса молекул обычно определяется химическими методами, постоянная Авогадро с высокой точностью определена несколькими физическими методами. Массы молекул и атомов со значительной степенью точности определяются с помощью масс-спектрографа.

Массы молекул очень малы. Например, масса молекулы воды:

$$m = 29,9 \cdot 10^{-27} \text{ кг.}$$

Молярная масса связана с относительной молекулярной массой **Mr**. Относительная молярная масса — это величина, равная отношению массы молекулы данного вещества к 1/12 массы атома углерода C^{12} . Если известна химическая формула вещества, то с помощью таблицы Менделеева может быть определена его относительная масса, которая, будучи выражена в килограммах, показывает величину молярной массы этого вещества.

Диаметром молекулы принято считать минимальное расстояние, на которое им позволяют сблизиться силы отталкивания. Однако понятие размера молекулы является условным. Средний размер молекул порядка 10^{-10} м.

Билет №9

Идеальный газ. Основное уравнение МКТ идеального газа. Температура и ее измерение. Абсолютная температура.

Для объяснения свойств вещества в газообразном состоянии используется модель идеального газа. **Идеальным** принято считать газ, если:

- а) между молекулами отсутствуют силы притяжения, т. е. молекулы ведут себя как абсолютно упругие тела;
- б) газ очень разрежен, т. е. расстояние между молекулами намного больше размеров самих молекул;
- в) тепловое равновесие по всему объему достигается мгновенно. Условия, необходимые для того, чтобы реальный газ обрел свойства идеального, осуществляются при соответствующем разрежении реального газа. Некоторые газы даже при комнатной температуре и атмосферном давлении слабо отличаются от идеальных.

Основными параметрами идеального газа являются давление, объем и температура.

Одним из первых и важных успехов МКТ было качественное и количественное объяснение давления газа на стенки сосуда. Качественное объяснение заключается в том, что молекулы газа при столкновениях со стенками сосуда взаимодействуют с ними по законам механики как упругие тела и передают свои импульсы стенкам сосуда.

На основании использования основных положений молекулярно-кинетической теории было получено основное уравнение МКТ идеального газа, которое выглядит так:

$$p = 1/3 m_0 n v^2.$$

Здесь p — давление идеального газа, m_0 — масса молекулы, n — концентрация молекул, v^2 — средний квадрат скорости молекул.

Обозначив среднее значение кинетической энергии поступательного движения молекул идеального газа E_k получим основное уравнение МКТ идеального газа в виде:

$$p = 2/3 n E_k.$$

Однако, измерив только давление газа, невозможно узнать ни среднее значение кинетической энергии молекул в отдельности, ни их концентрацию. Следовательно, для нахождения микроскопических параметров газа нужно измерение какой-то еще физической величины, связанной со средней кинетической энергией молекул. Такой величиной в физике является *температура*.

Температура — скалярная физическая величина, описывающая состояние термодинамического равновесия (состояния, при котором не происходит изменения микроскопических параметров). Как термодинамическая величина температура характеризует тепловое состояние системы и измеряется степенью его отклонения от принятого за нулевое, как молекулярно-кинетическая величина характеризует интенсивность хаотического движения молекул и измеряется их средней кинетической энергией.

$E_k = 3/2 kT$, где $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$ Дж/К и называется **постоянной Больцмана**.

Температура всех частей изолированной системы, находящейся в равновесии, одинакова. Измеряется температура термометрами в градусах различных температурных шкал. Существует абсолютная термодинамическая шкала (шкала Кельвина) и различные эмпирические шкалы, которые отличаются начальными точками. До введения абсолютной шкалы температур в практике широкое распространение получила шкала Цельсия (за 0 °С принята точка замерзания воды, за 100 °С принята точка кипения воды при нормальном атмосферном давлении).

Единица температуры по абсолютной шкале называется **Кельвином** и выбрана равной одному градусу по шкале Цельсия $1 \text{ К} = 1 \text{ }^\circ\text{С}$. В шкале Кельвина за ноль принят абсолютный ноль температур, т. е. температура, при которой давление идеального газа при постоянном объеме равно нулю. Вычисления дают результат, что абсолютный ноль температуры равен $-273 \text{ }^\circ\text{С}$. Таким образом, между абсолютной шкалой температур и шкалой Цельсия существует связь $T = t \text{ }^\circ\text{С} + 273$. Абсолютный ноль температур недостижим, так как любое охлаждение основано на испарении молекул с поверхности, а при приближении к абсолютному нулю скорость поступательного движения молекул настолько замедляется, что испарение практически прекращается. Теоретически при абсолютном нуле скорость поступательного движения молекул равна нулю, т. е. прекращается тепловое движение молекул.

Уравнение состояния идеального газа (Уравнение Менделеева—Клапейрона). Изопроеессы.

Состояние данной массы полностью определено, если известны давление, температура и объем газа. Эти величины называют **параметрами** состояния газа. Уравнение, связывающее параметры состояния, называют **уравнением состояния**.

Для произвольной массы газа *единичное* состояние газа описывается уравнением Менделеева—Клапейрона:

$$pV = mRT/M$$

, где p — давление, V — объем, m — масса, M — молярная масса, R — универсальная газовая постоянная. Физический смысл универсальной газовой постоянной в том, что она показывает, какую работу совершает один моль идеального газа при изобарном расширении при нагревании на 1 К ($R = 8,31$ Дж/моль • К).

Уравнение Менделеева—Клапейрона показывает, что возможно одновременно изменение пяти параметров, характеризующих состояние идеального газа. Однако многие процессы в газах, происходящие в природе и осуществляемые в технике, можно рассматривать приближенно как процессы, в которых изменяются лишь два параметра из пяти. Особую роль в физике и технике играют три процесса: изотермический, изохорический и изобарный.

Изопроеессом называют процесс, происходящий с данной массой газа при одном постоянном параметре — температуре, давлении или объеме. Из уравнения состояния как частные случаи получаются законы для изопроеессов.

Изотермическим называют процесс, протекающий при постоянной температуре. $T = \text{const}$. Он описывается законом Бойля-Мариотта. $pV = \text{const}$.

Изохорным называют процесс, протекающий при постоянном объеме. Для него справедлив закон Шарля. $V = \text{const}$. $p/T = \text{const}$.

Изобарным называют процесс, протекающий при постоянном давлении. Уравнение этого процесса имеет вид $V/T = \text{const}$ при $p = \text{const}$ и называется законом Гей-Люссака. Все процессы можно изобразить графически (рис. 11).

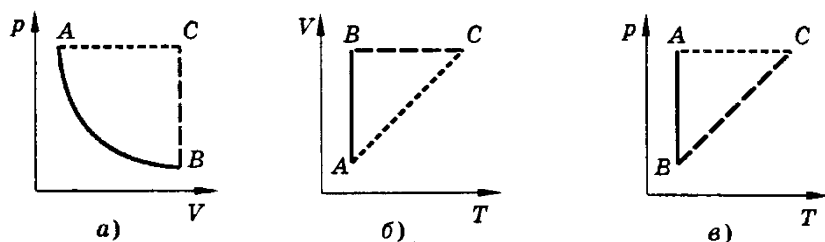


рис.11

Реальные газы удовлетворяют уравнению состояния идеального газа при не слишком высоких давлениях (пока собственный объем молекул пренебрежительно мал по сравнению с объемом сосуда, в котором находится газ) и при не слишком низких температурах (пока потенциальной энергией межмолекулярного взаимодействия можно пренебречь по сравнению с кинетической энергией теплового движения молекул), т. е. для реального газа это уравнение и его следствия являются хорошим приближением.

Билет №11

Испарение и конденсация. Насыщенные и ненасыщенные пары. Влажность воздуха. Измерение влажности воздуха.

Испарение — парообразование, происходящее при любой температуре со свободной поверхности жидкости. Неравномерное распределение кинетической энергии теплового движения молекул приводит к тому, что при любой температуре кинетическая энергия некоторых молекул жидкости или твердого тела может превышать потенциальную энергию их связи с другими молекулами. Большой кинетической энергией обладают молекулы, имеющие большую скорость, а температура тела зависит от скорости движения его молекул, следовательно, испарение сопровождается охлаждением

жидкости. Скорость испарения зависит: от площади открытой поверхности, температуры, концентрации молекул вблизи жидкости.

Конденсация — процесс перехода вещества из газообразного состояния в жидкое.

Испарение жидкости в закрытом сосуде при неизменной температуре приводит к постепенному увеличению концентрации молекул испаряющегося вещества в газообразном состоянии. Через некоторое время после начала испарения концентрация вещества в газообразном состоянии достигнет такого значения, при котором число молекул, возвращающихся в жидкость, становится равным числу молекул, покидающих жидкость за то же время. Устанавливается **динамическое равновесие** между процессами испарения и конденсации вещества. Вещество в газообразном состоянии, находящееся в динамическом равновесии с жидкостью, называют **насыщенным паром**. (**Паром** называют совокупность молекул, покинувших жидкость в процессе испарения.) Пар, находящийся при давлении ниже насыщенного, называют **ненасыщенным**.

Вследствие постоянного испарения воды с поверхностей водоемов, почвы и растительного покрова, а также дыхания человека и животных в атмосфере всегда содержится водяной пар. Поэтому атмосферное давление представляет собой сумму давления сухого воздуха и находящегося в нем водяного пара. Давление водяного пара будет максимальным при насыщении воздуха паром. Насыщенный пар в отличие от ненасыщенного не подчиняется законам идеального газа. Так, давление насыщенного пара не зависит от объема, но зависит от температуры. Эта зависимость не может быть выражена простой формулой, поэтому на основе экспериментального изучения зависимости давления насыщенного пара от температуры составлены таблицы, по которым можно определить его давление при различных температурах.

Давление водяного пара, находящегося в воздухе при данной температуре, называют **абсолютной влажностью**, или упругостью водяного пара. Поскольку давление пара пропорционально концентрации молекул, можно определить абсолютную влажность как плотность водяного пара, находящегося в воздухе при данной температуре, выраженную в килограммах на метр кубический (ρ).

Большинство явлений, наблюдаемых в природе, например быстрота испарения, высыхание различных веществ, увядание растений, зависит не от количества водяного пара в воздухе, а от того, насколько это количество близко к насыщению, т. е. от **относительной влажности**, которая характеризует степень насыщения воздуха водяным паром.

При низкой температуре и высокой влажности повышается теплопередача и человек подвергается переохлаждению. При высоких температурах и влажности теплопередача, наоборот, резко сокращается, что ведет к перегреванию организма. Наиболее благоприятной для человека в средних климатических широтах является относительная влажность 40—60%. *Относительной влажностью* называют отношение плотности водяного пара (или давления), находящегося в воздухе при данной температуре, к плотности (или давлению) водяного пара при той же температуре, выраженное в процентах, т. е. $= p/p_0 \cdot 100\%$, или $(p = p/p_0 \cdot 100\%$.

Относительная влажность колеблется в широких пределах. Причем суточный ход относительной влажности обратен суточному ходу температуры. Днем, с возрастанием температуры, и следовательно, с ростом давления насыщения относительная влажность убывает, а ночью возрастает. Одно и то же количество водяного пара может либо насыщать, либо не насыщать воздух. Понижая температуру воздуха, можно довести находящийся в нем пар до насыщения. **Точкой росы** называют температуру, при которой пар, находящийся в воздухе, становится насыщенным. При достижении точки росы в воздухе или на предметах, с которыми он соприкасается, начинается конденсация водяного пара. Для определения влажности воздуха используются приборы, которые называются *гигрометрами* и *психрометрами*.

Билет №12

Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Применение первого закона к изопроцессам. Адиабатный процесс.

Каждое тело имеет вполне определенную структуру, оно состоит из частиц, которые хаотически движутся и взаимодействуют друг с другом, поэтому любое тело обладает внутренней энергией.

Внутренняя энергия — это величина, характеризующая собственное состояние тела, т. е. энергия хаотического (теплового) движения микрочастиц системы (молекул, атомов, электронов, ядер и т. д.) и энергия взаимодействия этих частиц.

Внутренняя энергия одноатомного идеального газа определяется по формуле

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{M} RT$$

Внутренняя энергия тела может изменяться только в результате его взаимодействия с другими телами. Существуют два способа изменения внутренней энергии: теплопередача и совершение механической работы (например, нагревание при трении или при сжатии, охлаждение при расширении).

Теплопередача — это изменение внутренней энергии без совершения работы: энергия передается от более нагретых тел к менее нагретым. Теплопередача бывает трех видов: *теплопроводность* (непосредственный обмен энергией между хаотически движущимися частицами взаимодействующих тел или частей одного и того же тела); *конвекция* (перенос энергии потоками жидкости или газа) и *излучение* (перенос энергии электромагнитными волнами). Мерой переданной энергии при теплопередаче является **количество теплоты** (Q).

Эти способы количественно объединены в закон сохранения энергии, который для тепловых процессов читается так.

Первый закон термодинамики:

Изменение внутренней энергии замкнутой системы равно сумме количества теплоты, переданной системе, и работы, внешней сил, совершенной над системой.

$$\Delta U = Q + A,$$

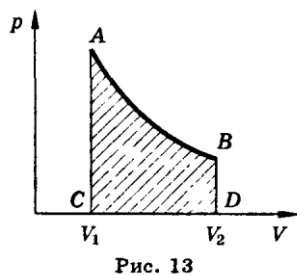
где ΔU — изменение внутренней энергии, Q — количество теплоты, переданной системе, A — работа внешних сил.

Если система сама совершает работу, то ее условно обозначают A' . Тогда закон сохранения энергии для тепловых процессов, который называется **первым законом термодинамики**, можно записать так: $Q = A' + \Delta U$, т. е. количество теплоты, переданное системе, идет на совершение системой работы и изменение ее внутренней энергии.

При изобарном нагревании газ совершает работу над внешними силами $A' = p(V_1 - V_2) = p\Delta V$, где

V_1 , и V_2 — начальный и конечный объем газа. Если процесс не является изобарным, величина работы может быть определена площадью фигуры, заключенной между линией, выражающей зависимость $p(V)$ и начальным и конечным объемом газа (рис. 13).

Рассмотрим применение первого закона термодинамики к изопроцессам, происходящим с идеальным газом.



В *изотермическом* процессе температура постоянная, следовательно, внутренняя энергия не меняется. Тогда уравнение первого закона термодинамики примет вид: $Q = A'$, т. е. количество теплоты, переданное системе, идет на совершение

работы при изотермическом расширении, именно поэтому температура не изменяется.

В *изобарном* процессе газ расширяется и количество теплоты, переданное газу, идет на увеличение его внутренней энергии и на совершение им работы: $Q = \Delta U + A'$.

При *изохорном* процессе газ не меняет своего объема, следовательно, работа им не совершается, т. е., $A = 0$, и уравнение первого закона имеет вид:

$Q = \Delta U$, т. е. переданное количество теплоты идет на увеличение внутренней энергии газа.

Адиабатным называют процесс, протекающий без теплообмена с окружающей средой. $Q = 0$, следовательно, газ при расширении совершает работу за счет уменьшения его внутренней энергии, следовательно, газ охлаждается, $A' = -\Delta U$.

Кривая, изображающая адиабатный процесс, называется **адиабатой**.

Билет № 13

Взаимодействие заряженных тел. Закон Кулона. Закон сохранения электрического заряда Дискретность электрического заряда.

Законы взаимодействия атомов и молекул удается понять и объяснить на основе знаний о строении атома, используя планетарную модель его строения. В центре атома находится положительно заряженное ядро, вокруг которого вращаются по определенным орбитам отрицательно заряженные частицы. Взаимодействие между заряженными частицами называется **электромагнитным**.

Интенсивность электромагнитного взаимодействия определяется физической величиной — **электрическим зарядом**, который обозначается q .

Тело обладает электрическим зарядом, если взаимодействует с другими телами с силами, превосходящими гравитационные во много раз и так же убывающими с расстоянием как гравитационные силы. Единица измерения электрического заряда — кулон (Кл). 1 кулон — это такой электрический заряд, который, проходя через поперечное сечение проводника за 1 с, создает в нем ток силой 1 А. Способность электрических зарядов как к взаимному притяжению, так и к взаимному отталкиванию объясняется существованием двух видов зарядов. Один вид заряда назвали *положительным*, носителем элементарного положительного заряда является протон. Другой вид заряда назвали *отрицательным*, его носителем является электрон. Элементарный заряд равен $e=1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл.

Считают, что тела заряжены отрицательно, если они содержат избыток электронов, при недостатке электронов, тела считают положительно заряженными.

Заряд тела всегда представляется числом, кратным величине элементарного заряда: $q=e(N_p-N_e)$ где N_p — количество электронов, N_e — количество протонов — это свойство называется дискретностью электрического заряда.

Полный заряд замкнутой системы (в которую не входят заряды извне), т. е. алгебраическая сумма зарядов всех тел остается постоянной:

$$q_1 + q_2 + \dots + q_n = \text{const.}$$

Электрический заряд не создается и не исчезает, а только переходит от одного тела к другому. Этот экспериментально установленный факт называется **законом сохранения электрического заряда**. Никогда и нигде в природе не возникает и не исчезает электрический заряд одного знака. Появление и исчезновение электрических зарядов на телах в большинстве случаев объясняется переходами элементарных заряженных частиц — электронов — от одних тел к другим.

Электризация — это сообщение телу электрического заряда. Электризация может происходить, например, при соприкосновении (трении) разнородных веществ и при облучении. При электризации в теле возникает избыток или недостаток электронов.

В случае избытка электронов тело приобретает отрицательный заряд, в случае недостатка — положительный.

Законы взаимодействия неподвижных электрических зарядов изучает электростатика.

Основной закон электростатики был экспериментально установлен французским физиком Шарлем Кулоном и читается так. *Модуль силы взаимодействия двух точечных неподвижных электрических зарядов в вакууме прямо пропорционален произведению величин этих зарядов и обратно пропорционален квадрату расстояния между ними.*

$$F = k \frac{q_1 q_2}{r^2}$$

где q_1 и q_2 — модули зарядов, r — расстояние между ними, k — коэффициент пропорциональности, зависящий от выбора системы единиц, в СИ $k = 9 \cdot 10^9 \text{ Н} \cdot \text{м}^2/\text{Кл}^2$. Величина, показывающая во сколько раз сила взаимодействия зарядов в вакууме больше, чем в среде, называется **диэлектрической проницаемостью среды** ϵ . Для среды с диэлектрической проницаемостью ϵ закон Кулона записывается следующим образом: $F = k \cdot q_1 q_2 / (\epsilon \cdot r^2)$

Вместо коэффициента k часто используется коэффициент, называемый электрической постоянной ϵ_0 . Электрическая постоянная связана с коэффи-

циентом k следующим образом $k = 1/4\pi \varepsilon_0$ и численно равна $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$ Кл/Н • м².

С использованием электрической постоянной закон Кулона имеет вид: $F = (1/4\pi \varepsilon_0) \cdot (q_1 q_2 / r^2)$

Взаимодействие неподвижных электрических зарядов называют электростатическим, или кулоновским, взаимодействием. Кулоновские силы можно изобразить графически (рис. 14, 15).

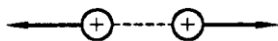


Рис. 14

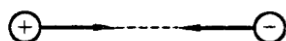


Рис. 15

Кулоновская сила направлена вдоль прямой, соединяющей заряженные тела. Она является силой притяжения при разных знаках зарядов и силой отталкивания при одинаковых знаках.

Билет №14

Электрическое поле. Свойства электрического поля. Напряженность электрического поля.

Электрическое поле – это особый вид материи, который создается вокруг электрического заряда.

Электрическое поле создается как неподвижными, так и движущимися зарядами. О наличии электрического поля можно судить, прежде всего, по его способности оказывать силовое действие на электрические заряды, движущиеся и неподвижные, а также по способности индуцировать электрические заряды на поверхности проводящих нейтральных тел.

Поле, создаваемое неподвижными электрическими зарядами, называют *стационарным электрическим*, или *электростатическим* полем. Оно представляет собой частный случай *электромагнитного поля*, посредством которого осуществляются силовые взаимодействия между электрически заряженными телами, движущимся в общем случае произвольным образом относительно системы отсчета.

Напряженность электрического поля. Количественной характеристикой силового действия электрического поля на заряженные тела служит векторная величина \mathbf{E} , называемая *напряжённостью электрического поля*.

$$\mathbf{E} = \mathbf{F} / q_{\text{пр.}}$$

Она определяется отношением силы \mathbf{F} , действующей со стороны поля на точечный пробный заряд $q_{\text{пр}}$, помещенный в рассматриваемую точку поля, к величине этого заряда.

Понятие «пробный заряд» предполагает, что этот заряд не участвует в создании электрического поля и так мал, что не искажает его, т. е. не вызывает перераспределения в пространстве зарядов, создающих рассматриваемое поле. В системе СИ единицей напряженности служит 1 В / м , что эквивалентно 1 Н / Кл .

Напряженность поля точечного заряда. Используя закон Кулона (1.1) найдем выражение для напряжённости электрического поля, создаваемого точечным зарядом q в однородной изотропной среде на расстоянии r от заряда:

$$\mathbf{E} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{q}{\epsilon r^2} \frac{\mathbf{r}}{r} \quad (1.2)$$

В этой формуле \mathbf{r} – радиус-вектор, соединяющий заряды q и $q_{\text{пр}}$. Из (1.2) следует, что напряжённость \mathbf{E} поля точечного заряда q во всех точках поля направлена радиально от заряда при $q > 0$ и к заряду при $q < 0$.

Принцип суперпозиции. Напряжённость поля, создаваемого системой неподвижных точечных зарядов $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$, равна векторной сумме напряжённостей электрических полей, создаваемых каждым из этих зарядов

в **отдельности:**

$$\mathbf{E} = \sum_{i=1}^n \mathbf{E}_i = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{i=1}^n \frac{q_i}{r_i^2} \cdot \frac{\mathbf{r}_i}{r_i}$$

где r_i – расстояние между зарядом q_i и рассматриваемой точкой поля.

Принцип суперпозиции, позволяет рассчитывать не только напряжённость поля системы точечных зарядов, но и напряженность поля в системах, где имеет место непрерывное распределение заряда. Заряд тела можно представить как сумму элементарных точечных зарядов dq .

При этом, если заряд распределен с *линейной плотностью* λ , то $dq = \lambda dl$; если заряд распределен с *поверхностной плотностью* σ , то $dq = \sigma dl$ и $dq = \rho dl$, если заряд распределен с *объёмной плотностью* ρ .

Графическое изображение электрического поля. Метод графического изображения электрического поля был предложен английским физиком Майклом Фарадеем. Суть метода заключается в том, что на чертеже изображаются непрерывные линии, которые называют *линиями напряженности*, или *силовыми линиями*.

Напряжённость — векторная величина определяющая силу

\vec{E} , действующую на заряженную частицу или тело со стороны электрического поля и численно равная отношению силы к заряду частицы.

$$E = F/Q \text{ [Н/Кл] или [В/М]}$$

Напряжённость — это основная характеристика электрического поля, которая измеряет интенсивность поля.

Направление вектора напряжённости совпадает с направлением силы действующей на частицу с положительным зарядом.

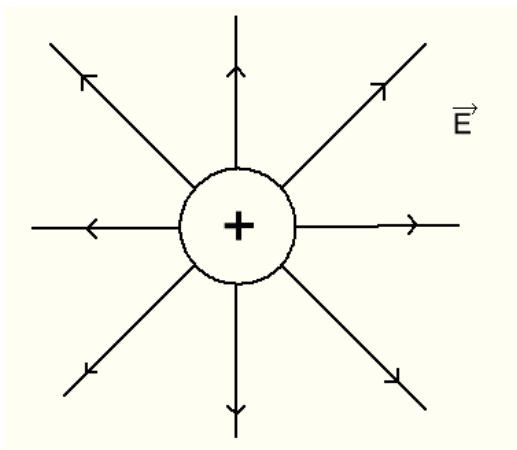


рис16

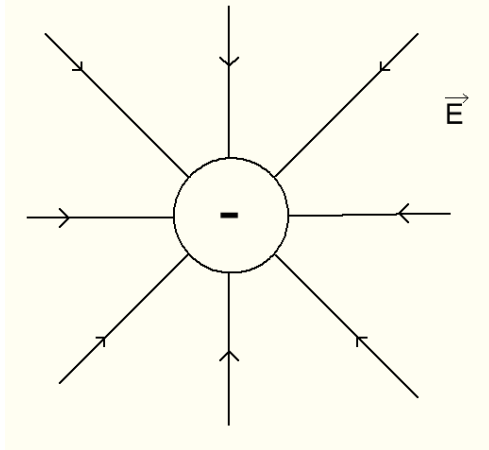


рис 17

Правило построения линий напряженности заключается в том, что касательные к ним в каждой точке чертежа совпадают с направлением вектора напряженности поля в изображаемой точке.

Таким образом, силовые линии имеют то же направление, что и напряжённость поля и не пересекаются, так как в каждой точке электрического поля вектор E имеет лишь одно направление.

С помощью силовых линий можно дать количественную характеристику напряжённости электрического поля. Для этого *густота*, или *плотность*, силовых линий выбирается пропорционально модулю вектора напряженности. Плотность силовых линий определяется как число линий, пронизывающих единичную поверхность в направлении, перпендикулярном к этой поверхности. Изображение силовых линий позволяет получать картину поля, которая наглядно показывает, чему равна напряженность в разных частях поля и как она изменяется в пространстве.

Билет №15

Электрическая емкость. Конденсаторы. Энергия заряженного конденсатора.

Два проводника, между которыми имеется электрическое поле, все силовые линии которого начинаются на одном проводнике и заканчиваются на другом, называют *конденсатором*, а сами проводники - *обкладками конденсатора*.

В простом конденсаторе величины зарядов на обкладках равны по величине, но противоположны по знаку.

Емкость конденсатора равна отношению величины заряда на одной из обкладок к разности потенциалов между ними, т.е.

$$C = q / U$$

Емкость в системе СИ измеряется в фарадах (ϕ). *1 фарада* - емкость такого конденсатора, у которого при наличии заряда в 1 к (на одной из обкладок) разность потенциалов между обкладками равна 1 в .

Различают по форме проводящих поверхностей плоские, цилиндрические и сферические (шаровые) конденсаторы.

Емкость плоского конденсатора.

$$C = \frac{\epsilon S}{4\pi d},$$

$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

где

S - величина поверхности одной пластины (меньшей, если они не равны)

d - расстояние между пластинами

ϵ - диэлектрическая проницаемость материала, находящегося между обкладками

Емкость цилиндрического конденсатора и коаксиального кабеля.

$$C = \frac{\epsilon l}{2 \ln(b/a)},$$

$$C = \frac{2\pi \epsilon \epsilon_0 l}{\ln(b/a)}$$

где

b - радиус внешнего цилиндра

a - радиус внутреннего цилиндра

l - длина конденсатора

где

a и b - радиусы внутренней и внешней сфер.

где

d - расстояние между осями параллельных проводов

a - их радиус

l - длина

При параллельном соединении конденсаторов с емкостями $C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ общая емкость:

C_n общая емкость:

$$C_{\text{пар}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots + C_n$$

При последовательном соединении:

$$1/C_{\text{пос}} = 1/C_1 + 1/C_2 + 1/C_3 + \dots + 1/C_n$$

Энергия, сосредоточенная в заряженном конденсаторе:

$$W = CU^2/2$$

В пространстве, где имеется электрическое поле, сосредоточена энергия. Величина этой энергии в единице объема (плотность энергии) для однородного поля может быть вычислена по формуле

$$W_{\text{э}} = \frac{\epsilon E^2}{8\pi}, \quad W_{\text{э}} = \frac{1}{2} \epsilon \epsilon_0 E^2$$

где

E - величина напряженности поля

Билет № 16

Электрический ток. Работа и мощность в цепи постоянного тока. Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи.

Из формулы определения напряжения ($U = A/q$) легко получить выражение для расчета работы переноса электрического заряда $A = Uq$, так как для тока заряд $q = It$, то работа тока:

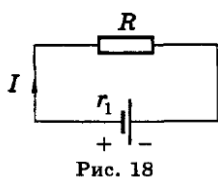
$$A = Ult, \text{ или}$$

$$A = I^2 R t = U^2/R \cdot t.$$

Мощность, по определению, $N = A/t$, следовательно, $N = UI = I^2 R = U^2/R$.

Русский ученый Х. Ленц и английский ученый Джоуль опытным путем в середине прошлого века установили независимо друг от друга закон, который называется законом Джоуля—Ленца и читается так. *При прохождении тока по проводнику количество теплоты, выделившейся в проводнике, прямо пропорционально квадрату силы, тока, сопротивлению проводника и времени прохождения тока.*

$$Q = I^2 R t.$$



Полная замкнутая цепь представляет собой электрическую цепь, в состав которой входят внешние сопротивления и источник тока (рис. 18). Как один из участков цепи, источник тока обладает сопротивлением, которое называют внутренним, r .

Для того чтобы ток проходил по замкнутой цепи, необходимо, чтобы в источнике тока зарядам сообщалась дополнительная энергия, она берется за счет работы по перемещению зарядов, которую производят силы неэлектрического происхождения (сторонние силы) против сил электрического поля. Источник тока характеризуется энергетической характеристикой, которая называется ЭДС — электродвижущая сила источника. *ЭДС — характеристика источника энергии неэлектрической природы в электрической цепи, необходимого для поддержания в ней электрического тока.* ЭДС измеряется отношением работы сторонних сил по перемещению вдоль замкнутой цепи положительного заряда к этому заряду $\xi = A_{\text{ст}}/q$

Пусть за время t через поперечное сечение проводника пройдет электрический заряд q . Тогда работу сторонних сил при перемещении заряда можно записать так: $A_{\text{ст}} = \xi q$. Согласно определению силы тока $q = It$, поэтому $A_{\text{ст}} = \xi I t$. При совершении этой работы на внутреннем и внешнем участках цепи, сопротивления которых R и r , выделяется некоторое количество теплоты.

По закону Джоуля— Ленца оно равно:

$$Q = I^2 R t + I^2 r t.$$

Согласно закону сохранения энергии $A = Q$. Следовательно,

$\xi I = IR + Ir$. Произведение силы тока на сопротивление участка цепи часто называют **падением напряжения** на этом участке. Таким образом, ЭДС равна сумме падений напряжений на внутреннем и внешнем участках замкнутой цепи.

Обычно это выражение записывают так:

$$I = \frac{\xi}{R+r}$$

Эту зависимость опытным путем получил Г. Ом, называется она **законом Ома для полной цепи** и читается так. *Сила тока в полной цепи прямо пропорциональна ЭДС источника тока и обратно пропорциональна полному сопротивлению цепи.* При разомкнутой цепи ЭДС равна напряжению на зажимах источника и, следовательно, может быть измерена вольтметром.

Магнитное поле, условия его существования. Действие магнитного поля на электрический заряд и опыты, подтверждающие это действие. Магнитная индукция

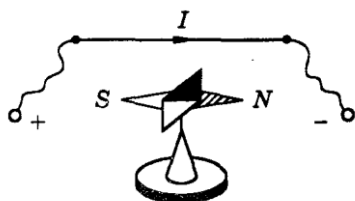


Рис. 19

В 1820 г. датский физик Эрстед обнаружил, что магнитная стрелка поворачивается при пропускании электрического тока через проводник, находящийся около нее (рис. 19). В том же году французский физик Ампер установил, что два проводника, расположенные параллельно друг другу, испытывают взаимное притяжение, если ток течет по ним в одну сторону, и отталкивание, если токи текут в разные стороны (рис. 20). Явление взаимодействия токов Ампер назвал **электродинамическим взаимодействием**. Магнитное взаимодействие движущихся электрических зарядов, согласно представлениям теории близкодействия, объясняется следующим образом: всякий движущийся электрический заряд создает в окружающем пространстве магнитное поле. **Магнитное поле** — особый вид материи, который возникает в пространстве вокруг любого переменного электрического поля.

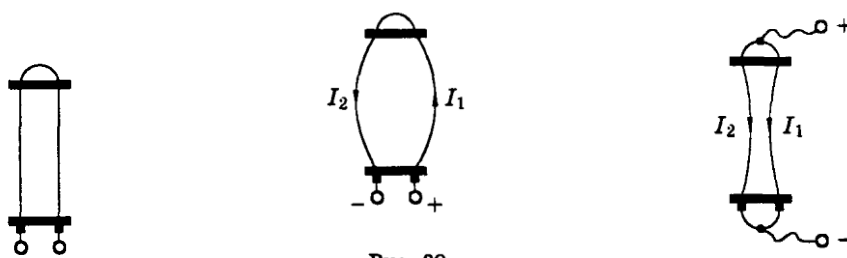


Рис. 20

С современной точки зрения в природе существует совокупность двух полей — электрического и магнитного — это электромагнитное поле, **оно** представляет собой особый вид материи, т. е. существует объективно, независимо от нашего сознания. Магнитное поле всегда порождается переменным электрическим, и, наоборот, переменное электрическое поле всегда порождает переменное магнитное поле. Электрическое поле, вообще говоря, можно

рассматривать отдельно от магнитного, так как носителями его являются частицы — электроны и протоны. Магнитное поле без электрического не существует, так как носителей магнитного поля нет. Вокруг проводника с током существует магнитное поле, и оно порождается переменным электрическим полем движущихся заряженных частиц в проводнике.

Магнитное поле является силовым полем. Силовой характеристикой магнитного поля называют магнитную индукцию (B). **Магнитная индукция** — это векторная физическая величина, равная максимальной силе, действующей со стороны магнитного поля на единичный элемент тока. $B = F/I$. Единичный элемент тока — это проводник длиной 1 м и силой тока в нем 1 А. Единицей измерения магнитной индукции является тесла. $1 \text{ Тл} = 1 \text{ Н/А} \cdot \text{м}$.

Магнитная индукция всегда порождается в плоскости под углом 90° к электрическому полю. Вокруг проводника с током магнитное поле также существует в перпендикулярной проводнику плоскости.

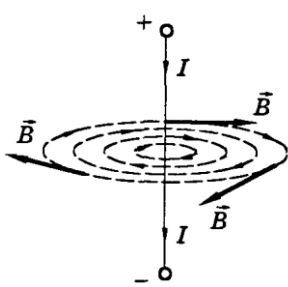


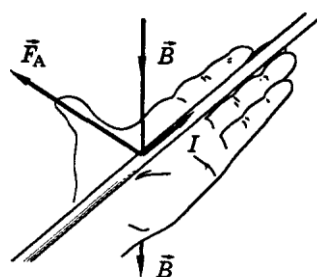
Рис. 21

Магнитное поле является вихревым полем. Для графического изображения магнитных полей вводятся **силовые линии**, или **линии индукции**, — это такие линии, в каждой точке которых вектор магнитной индукции направлен по касательной. Направление силовых линий находится по правилу буравчика.

Если буравчик ввинчивать по направлению тока, то направление вращения рукоятки совпадет с направлением силовых линий. Линии магнитной индукции прямого провода с током представляют собой концентрические окружности, расположенные в плоскости, перпендикулярной проводнику (рис. 21).

Как установил Ампер, на проводник с током, помещенный в магнитное поле, действует сила. Сила, действующая со стороны, магнитного поля на проводник с током, прямо пропорциональна силе тока.

проводника в магнитном поле и перпендикулярной составляющей вектора индукции. Это и есть формулировка закона который записывается так: $F_A = I B \sin \alpha$.

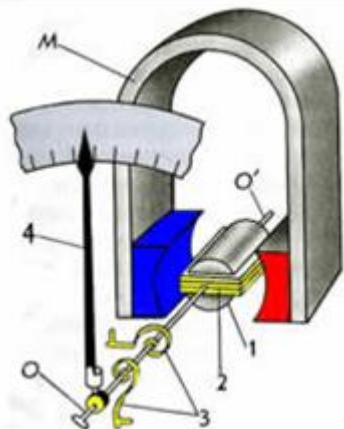


длине
магнитной
Ампера,

Рис. 22

Направление силы Ампера определяют по правилу левой руки. Если левую руку расположить так, чтобы четыре пальца показывали направление тока,

перпендикулярная составляющая вектора магнитной индукции входила в ладонь, то отогнутый на 90° большой палец покажет направление силы Ампера (рис. 22).



$$B = B \sin \alpha.$$

Применение силы Ампера в электроизмерительных приборах: по катушке 1 проходит электрический ток, сердечник 2 концентрирует поле и усиливает его, магнитное постоянное магнита действует на

электрический ток в катушке, поэтому катушка приходит в

рис 23

движение, вызывая отклонение стрелки 4.(рис 23)

Билет № 18

Электромагнитная индукция. Магнитный поток. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца.

Явление электромагнитной индукции было открыто Майклом Фарадеем в 1831 г. Он опытным путем установил, что при изменении магнитного поля внутри замкнутого контура в нем возникает электрический ток, который называют индукционным током.

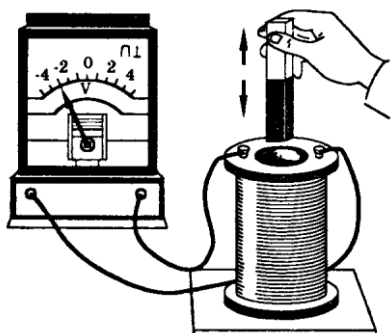


Рис. 24

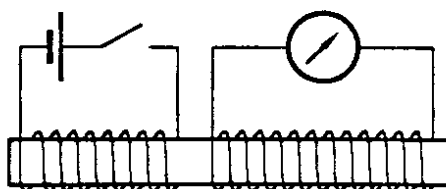


Рис. 25

Опыты Фарадея можно воспроизвести следующим образом: **при внесении или вынесении магнита в катушку, замкнутую на гальванометр, в катушке возникает индукционный ток (рис. 24).** Если рядом расположить две катушки (например, на общем сердечнике или одну катушку внутри другой) и одну катушку через ключ соединить с источником тока, то при замыкании или размыкании ключа в цепи первой катушки во второй катушке появится индукционный ток (рис. 25). Объяснение этого явления было дано Максвеллом. Любое переменное магнитное поле всегда порождает переменное электрическое поле.

Для количественной характеристики процесса изменения магнитного поля через замкнутый контур вводится физическая величина под названием магнитный поток. **Магнитным потоком** через замкнутый контур площадью S называют физическую величину, равную произведению модуля вектора магнитной индукции B на площадь контура S и на косинус угла α между направлением вектора магнитной индукции и нормалью к площади контура. $\Phi = BS \cos \alpha$ (рис. 26).

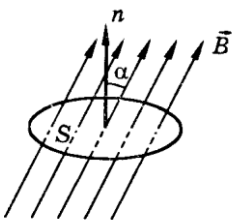


Рис. 26

Опытным путем был установлен основной закон электромагнитной индукции: **ЭДС индукции в замкнутом контуре равна по величине скорости изменения магнитного потока через контур.** $\xi = \Delta\Phi/t..$

Если рассматривать катушку, содержащую n витков, то формула основного закона электромагнитной индукции будет выглядеть так: $\xi = n \Delta\Phi/t.$

Единица измерения магнитного потока Φ — вебер (Вб): $1\text{Вб} = 1\text{В}\cdot\text{с}.$

Из основного закона $\Delta\Phi = \xi t$ следует смысл размерности: 1 вебер — это величина такого магнитного потока, который, уменьшаясь до нуля за одну секунду, через замкнутый контур наводит в нем ЭДС индукции 1 В.

Классической демонстрацией основного закона электромагнитной индукции является первый опыт Фарадея: чем быстрее перемещать магнит через витки катушки, тем больше возникает индукционный ток в ней, а значит, и ЭДС индукции.

Зависимость направления индукционного тока от характера изменения магнитного поля через замкнутый контур в 1833 г. опытным путем установил русский ученый Ленц. Он сформулировал правило, носящее его имя.

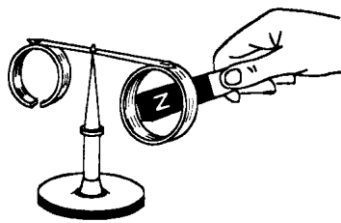


Рис. 27

Правило Ленца: Индукционный ток имеет такое направление, при котором его магнитное поле стремится скомпенсировать изменение внешнего магнитного потока через контур. Ленцем был сконструирован прибор, представляющий собой два алю-

миниевых кольца, сплошное и разрезанное, укрепленные на алюминиевой перекладине и имеющие возможность вращаться вокруг оси, как коромысло. (рис. 27). При внесении магнита в сплошное кольцо оно начинало «убегать» от магнита, поворачивая соответственно коромысло. При вынесении магнита из кольца кольцо стремилось «догнать» магнит. При движении магнита внутри разрезанного кольца никакого эффекта не происходило. Ленц объяснял опыт тем, что магнитное поле индукционного тока стремилось компенсировать изменение внешнего магнитного потока.

Билет № 19

Явление самоиндукции. Индуктивность. Электромагнитное поле.

Явление самоиндукции заключается в появлении ЭДС индукции в самом проводнике при изменении тока в нем. Примером явления

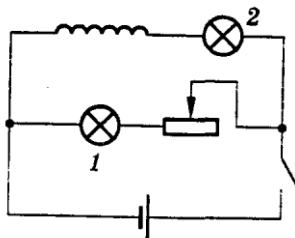


Рис. 28

самоиндукции является опыт с двумя лампочками, подключенными параллельно через ключ к источнику тока, одна из которых подключается через катушку (рис. 28). При замыкании ключа лампочка 2, включенная через катушку, загорается позже лампочки 1. Это происходит потому, что после замыкания ключа ток достигает максимального значения не сразу, магнитное поле нарастающего тока породит в катушке

индукционную ЭДС, которая в соответствии с правилом Ленца будет мешать нарастанию тока.

Для самоиндукции выполняется установленный опытным путем закон: ЭДС самоиндукции прямо пропорциональна скорости изменения тока в проводнике. $\xi = L \Delta I/t$.

Коэффициент пропорциональности L называют индуктивностью. Индуктивность — это величина, равная ЭДС самоиндукции при скорости изменения тока в проводнике 1 А/с. Индуктивность измеряется в генри (Гн). 1 Гн = 1 Вc/А.

1 генри — это индуктивность такого проводника, в котором возникает ЭДС самоиндукции 1 вольт при скорости изменения тока 1 А/с.

Индуктивность характеризует магнитные свойства электрической цепи (проводника), зависит от магнитной проницаемости среды сердечника, размеров и формы катушки и числа витков в ней.

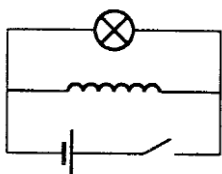


Рис. 29

При отключении катушки индуктивности от источника тока лампа, включенная параллельно катушке, дает кратковременную вспышку (рис. 29). Ток в цепи возникает под действием ЭДС самоиндукции. Источником энергии, выделяющейся при этом в электрической цепи, является магнитное поле катушки.

Энергия магнитного поля находится по формуле

$$W_m == LI^2/2.$$

Энергия магнитного поля зависит от индуктивности проводника и силы тока в нем. Эта энергия может переходить в энергию электрического поля. Вихревое электрическое поле порождается переменным магнитным полем, а переменное электрическое поле порождает переменное магнитное поле, т. е. переменные электрическое и магнитное поля не могут существовать друг без друга. Их взаимосвязь позволяет сделать вывод о существовании единого электромагнитного поля. Электромагнитное поле, одно из основных физических полей, посредством которого осуществляется взаимодействие электрически заряженных частиц или частиц, обладающих магнитным моментом. Электромагнитное поле характеризуется напряженностью электрического поля и

магнитной индукцией. Связь между этими величинами и распределением в пространстве электрических зарядов и токов была установлена в 60-х годах прошлого столетия Дж. Максвеллом. Эта связь носит название основных уравнений электродинамики, которые описывают электромагнитные явления в различных средах и в вакууме. Получены эти уравнения как обобщение установленных на опыте законов электрических и магнитных явлений.

Билет № 20

Свободные и вынужденные электромагнитные колебания. Колебательный контур и превращение энергии при электромагнитных колебаниях. Частота и период колебаний.

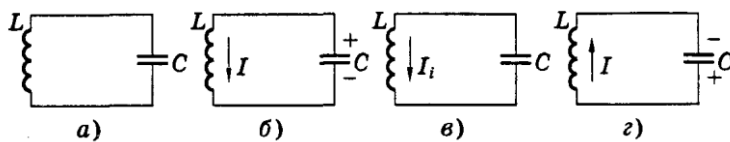


Рис. 30

Электромагнитные колебания — это колебания электрических и магнитных полей, которые сопровождаются периодическим изменением заряда, тока и напряжения. Простейшей системой, где могут возникнуть и существовать электромагнитные колебания, является колебательный контур. Колебательный контур — это система, состоящая из катушки индуктивности и конденсатора (рис. 30, а). Если конденсатор зарядить и замкнуть на катушку, то по катушке потечет ток (рис. 30, б). Когда конденсатор разрядится, ток в цепи не прекратится из-за самоиндукции в катушке. Индукционный ток, в соответствии с правилом Ленца, будет течь в ту же сторону и перезарядит конденсатор (рис. 30, в). Ток в данном направлении прекратится, и процесс повторится в обратном направлении (рис. 30, з). Таким образом, в колебательном контуре будут происходить электромагнитные колебания из-за превращения энергии электрического поля конденсатора ($W_{\text{э}} = CU^2/2$) в энергию магнитного поля катушки с током ($W_{\text{м}} = LI^2/2$) и наоборот.

Период электромагнитных колебаний в идеальном колебательном контуре (т. е. в таком контуре, где нет потерь энергии) зависит от

индуктивности катушки и емкости конденсатора и находится по формуле Томпсона $T = 2\pi\sqrt{LC}$. Частота с периодом связана обратно пропорциональной зависимостью $\nu = 1/T$.

В реальном колебательном контуре свободные электромагнитные колебания будут затухающими из-за потерь энергии на нагревание проводов. Для практического применения важно получить незатухающие электромагнитные колебания, а для этого необходимо колебательный контур пополнять электроэнергией, чтобы скомпенсировать потери энергии. Для получения незатухающих электромагнитных колебаний применяют генератор незатухающих колебаний, который является примером автоколебательной системы.

Билет №21

Волновые свойства света. Электромагнитная теория света Различные виды излучений и их практическое применение.

Свет — это электромагнитные волны в интервале частот $63 \cdot 10^{14} - 8 \cdot 10^{14}$ Гц, воспринимаемых человеческим глазом, т. е. длин волн в интервале 380 - 770 нм.

Свету присущи все свойства электромагнитных волн: *отражение, преломление, интерференция, дифракция, поляризация*. Свет может оказывать давление на вещество, поглощаться средой, вызывать явление фотоэффекта. Имеет конечную скорость распространения в вакууме 300 000 км/с, а в среде скорость убывает.

Наиболее наглядно волновые свойства света обнаруживаются в явлениях интерференции и дифракции. **Интерференцией** света называют пространственное перераспределение светового потока при наложении двух (или нескольких) когерентных световых волн, в результате чего в одних местах возникают максимумы, а в других минимумы интенсивности (интерференционная картина). Интерференцией света объясняется окраска мыльных пузырей и тонких масляных пленок на воде, хотя мыльный раствор и масло бесцветны. Световые волны частично отражаются от поверхности тонкой пленки, частично проходят в нее. На второй границе пленки вновь происходит частичное отражение волны

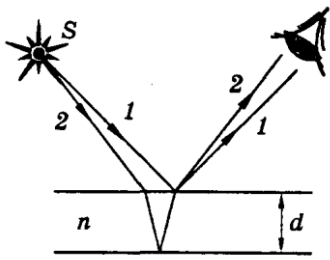


Рис. 34

(рис. 34). Световые волны, отраженные двумя поверхностями тонкой пленки, распространяются в одном направлении, но проходят разные пути. При разности хода l , кратной целому числу длин волн $l = 2k \lambda/2$.

При разности хода, кратной нечетному числу полуволен $l = (2k + 1) \lambda/2$, наблюдается интерференционный минимум. Когда выполняется условие максимума для одной длины световой волны, то оно не выполняется для других волн. Поэтому освещенная белым светом тонкая цветная прозрачная пленка кажется окрашенной. Явление интерференции в тонких пленках применяется для контроля качества обработки поверхностей просветления оптики. При прохождении света через малое круглое отверстие на экране вокруг центрального светлого пятна наблюдаются чередующиеся темные и светлые кольца; если свет проходит через узкую щель, то получается картина из чередующихся светлых и темных полос.

Явление отклонения света от прямолинейного направления распространения при прохождении у края преграды называют **дифракцией света**. Дифракция объясняется тем, что световые волны, приходящие в результате отклонения из разных точек отверстия в одну точку на экране, интерферируют между собой. Дифракция света используется в спектральных приборах, основным элементом в которых является дифракционная решетка. **Дифракционная решетка** представляет собой прозрачную пластинку с нанесенной на ней системой параллельных непрозрачных полос, расположенных на одинаковых расстояниях друг от друга.

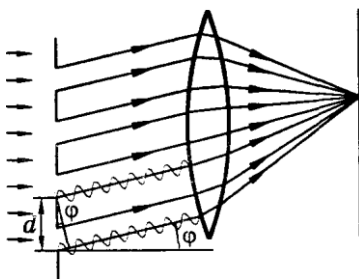


Рис. 35

Пусть на решетку (рис. 35) падает монохроматический (определенной длины волны) свет. В результате дифракции на каждой щели свет распространяется не только в первоначальном направлении,

но и по всем другим направлениям. Если за решеткой поставить собирающую линзу, то на экране в фокальной плоскости все лучи будут собираться в одну полосу.

Параллельные лучи, идущие от краев соседних щелей, имеют разность хода $l = d \sin \varphi$, где d — постоянная решетки — расстояние между соответствующими краями соседних щелей, называемое **периодом решетки**, (φ — угол отклонения световых лучей от перпендикуляра к плоскости решетки. При разности хода, равной целому числу длин волн $d \sin \varphi = k\lambda$, наблюдается интерференционный максимум для данной длины волны. Условие интерференционного максимума выполняется для каждой длины волны при своем значении дифракционного угла φ . В результате при прохождении через дифракционную решетку пучок белого света разлагается в спектр. Угол дифракции имеет наибольшее значение для красного света, так как длина волны красного света больше всех остальных в области видимого света. Наименьшее значение угла дифракции для фиолетового света.

Опыт показывает, что интенсивность светового пучка, проходящего через некоторые кристаллы, например, исландского шпата, зависит от взаимной ориентации двух кристаллов. При одинаковой ориентации кристаллов свет проходит через второй кристалл без ослабления.

Если же второй кристалл повернут на 90° , то свет через него не проходит. Происходит явление **поляризации**, т. е. кристалл пропускает только такие волны, в которых колебания вектора напряженности электрического поля совершаются в одной плоскости, плоскости поляризации. Явление поляризации доказывает волновую природу света и поперечность световых волн.

Узкий параллельный пучок белого света при прохождении через стеклянную призму разлагается на пучки света разного цвета, при этом наибольшее отклонение к основанию призмы имеют лучи фиолетового цвета. Объясняется разложение белого света тем, что белый свет состоит из электромагнитных волн с разной длиной волны, а показатель преломления света зависит от длины его волны. Показатель преломления связан со скоростью света в среде, следовательно, скорость света в среде зависит от длины волны. Это явление и называют **дисперсией света**.

На основании совпадения экспериментально измеренного значения скорости электромагнитных волн Максвелл высказал предположение, что свет — это

электромагнитная волна. Эта гипотеза подтверждена свойствами, которыми обладает свет.

Различные виды излучений(по шкале электромагнитных излучений)

1. Низкочастотное излучение

Низкочастотное излучение возникает в диапазоне частот от 0 до $2 \cdot 10^4$ Гц. Этому излучению соответствует длина волны от $1,5 \cdot 10^4$ до ∞ м. Излучением таких, сравнительно малых частот, можно пренебречь. Источником низкочастотного излучения являются генераторы переменного тока. Применяются при плавке и закалке металлов.

2 Радиоволны

Радиоволны занимают диапазон частот $2 \cdot 10^4$ - 10^9 Гц. Им соответствует длина волны $0,3$ - $1,5 \cdot 10^4$ м. Источником радиоволн, так же как и низкочастотного излучения является переменный ток. Также источником являются генератор радиочастот, звезды, в том числе Солнце, галактики и метagalактики. Индикаторами являются вибратор Герца, колебательный контур.

Большая частота радиоволн, по сравнению с низкочастотным излучением приводит к заметному излучению радиоволн в пространство. Это позволяет использовать их для передачи информации на различные расстояния. Передаются речь, музыка (радиосвязь), телеграфные сигналы, изображения различных объектов, радиолокация.

Радиоволны используются для изучения структуры вещества и свойств той среды, в которой они распространяются. Исследование радиоизлучения космических объектов – предмет радиоастрономии. В радиометеорологии изучают процессы по характеристикам принимаемых волн.

3 Инфракрасное излучение (ИК)

Инфракрасное излучение занимают диапазон волн от $0,74$ мкм до 1 - 2 мм. Инфракрасное излучение было открыто в 1800 году английским ученым Уильямом Гершелем. Изучая повышение температуры термометра, нагреваемого видимым светом, Гершель обнаружил наибольшее нагревание термометра вне области видимого света (за красной областью). Невидимое излучение, учитывая его место в спектре, было названо инфракрасным. Источником инфракрасного

излучения является излучение молекул и атомов при тепловых и электрических воздействиях. Мощный источник инфракрасного излучения – Солнце, около 50% его излучения лежит в инфракрасной области. На инфракрасное излучение приходится значительная доля (от 70 до 80 %) энергии излучения ламп накаливания с вольфрамовой нитью. Инфракрасное излучение испускает электрическая дуга и различные газоразрядные лампы. Излучения некоторых лазеров лежит в инфракрасной области спектра. Источником инфракрасного излучения является любое тело, если его температура выше температуры окружающей среды. Индикаторами инфракрасного излучения являются фото и терморезисторы, специальные фотоэмульсии. Инфракрасное излучение используют для сушки древесины, пищевых продуктов и различных лакокрасочных покрытий (инфракрасный нагрев), для сигнализации при плохой видимости, дает возможность применять оптические приборы, позволяющие видеть в темноте, а также при дистанционном управлении. Инфракрасные лучи используются для наведения на цель снарядов и ракет, для обнаружения замаскированного противника. Эти лучи позволяют определить различие температур отдельных участков поверхности планет, особенности строения молекул вещества (спектральный анализ). Инфракрасная фотография применяется в биологии при изучении болезней растений, в медицине при диагностике кожных и сосудистых заболеваний, в криминалистике при обнаружении подделок. При воздействии на человека вызывает повышение температуры человеческого тела.

4. Видимое излучение (свет)

Видимое излучение - единственный диапазон электромагнитных волн, воспринимаемым человеческим глазом. Световые волны занимают достаточно узкий диапазон: 380-780 нм ($\nu = 3,85 \cdot 10^{14}$ - $7,89 \cdot 10^{14}$ Гц). Источником видимого излучения являются валентные электроны в атомах и молекулах, изменяющие свое положение в пространстве, а также свободные заряды, движущиеся ускоренно. Эта часть спектра дает человеку максимальную информацию об окружающем мире. По своим физическим свойствам она аналогична другим диапазонам спектра, являясь лишь малой частью спектра электромагнитных волн.

Излучение, имеющее разную длину волны (частоты) в диапазоне видимого излучения, оказывает различное физиологическое воздействие на сетчатку человеческого глаза, вызывая психологическое ощущение света. Цвет - не свойство электромагнитной световой волны самой по себе, а проявление электрохимического действия физиологической системы человека: глаз, нервов, мозга. Приблизительно можно назвать семь основных цветов, различаемых человеческим глазом в видимом диапазоне (в порядке возрастания частоты излучения): красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый. Запоминание последовательности основных цветов спектра облегчает фраза, каждое слово которой начинается с первой буквы названия основного цвета: «Каждый Охотник Желает Знать, Где Сидит Фазан». Видимое излучение может влиять на протекание химических реакций в растениях (фотосинтез) и в организмах животных и человека. Видимое излучение испускают отдельные насекомые (светлячки) и некоторые глубоководные рыбы за счет химических реакций в организме. Поглощение растениями углекислого газа в результате процесса фотосинтеза и выделения кислорода способствует поддержанию биологической жизни на Земле. Также видимое излучение применяется при освещении различных объектов.

Свет - источник жизни на Земле и одновременно источник наших представлений об окружающем мире.

5. Ультрафиолетовое излучение

Ультрафиолетовое излучение, не видимое глазом электромагнитное излучение, занимающее спектральную область между видимым и рентгеновским излучением в пределах длин волн 10 – 380 нм ($n=8 \cdot 10^{14}$ - $3 \cdot 10^{16}$ Гц). Ультрафиолетовое излучение было открыто в 1801 году немецким ученым Иоганном Риттером. Изучая почернение хлористого серебра под действием видимого света, Риттер обнаружил, что серебро чернеет еще более эффективно в области, находящейся за фиолетовым краем спектра, где видимое излучение отсутствует. Невидимое излучение, вызвавшее это почернение, было названо ультрафиолетовым.

Источник ультрафиолетового излучения — валентные электроны атомов и молекул, также ускорено движущиеся свободные заряды.

Излучение нагретых до температур - 3000 К твердых тел содержит заметную долю ультрафиолетового излучения непрерывного спектра, интенсивность которого растет с увеличением температуры. Более мощный источник ультрафиолетового излучения - любая высокотемпературная плазма. Для различных применений ультрафиолетового излучения используются ртутные, ксеноновые и др. газоразрядные лампы. Естественные источники ультрафиолетового излучения - Солнце, звезды, туманности и другие космические объекты. Однако лишь длинноволновая часть их излучения ($\lambda > 290$ нм) достигает земной поверхности. Для регистрации ультрафиолетового излучения при $\lambda = 230$ нм используются обычные фотоматериалы. Применяются фотоэлектрические приемники, использующие способность ультрафиолетового излучения, вызывать ионизацию и фотоэффект: фотодиоды, ионизационные камеры, счетчики фотонов, фотоумножители.

В малых дозах ультрафиолетовое излучение оказывает благотворное, оздоровительное влияние на человека, активизируя синтез витамина D в организме, а также вызывая загар. Большая доза ультрафиолетового излучения может вызвать ожог кожи и раковые новообразования (в 80 % излечимые). Кроме того, чрезмерное ультрафиолетовое излучение ослабляет иммунную систему организма, способствуя развитию некоторых заболеваний. Ультрафиолетовое излучение оказывает также бактерицидное действие: под действием этого излучения гибнут болезнетворные бактерии.

Ультрафиолетовое излучение применяется в люминесцентных лампах, в криминалистике (по снимкам обнаруживают подделки документов), в искусствоведении (с помощью ультрафиолетовых лучей можно обнаружить на картинах невидимые глазом следы реставрации). Практически не пропускает ультрафиолетовое излучение оконное стекло, т.к. его поглощает оксид железа, входящий в состав стекла. По этой причине даже в жаркий солнечный день нельзя загореть в комнате при закрытом окне.

Человеческий глаз не видит ультрафиолетовое излучение, т.к. роговая оболочка глаза и глазная линза поглощают ультрафиолет. Ультрафиолетовое излучение

видят некоторые животные. Например, голубь ориентируется по Солнцу даже в пасмурную погоду.

6. Рентгеновское излучение

Рентгеновское излучение - это электромагнитное ионизирующее излучение, занимающее спектральную область между гамма- и ультрафиолетовым излучением в пределах длин волн от 10^{-12} - 10^{-8} м (частот $3 \cdot 10^{16}$ - $3 \cdot 10^{20}$ Гц). Рентгеновское излучение было открыто в 1895 году немецким физиком В. К. Рентгеном. Наиболее распространенным источником рентгеновского излучения является рентгеновская трубка, в которой ускоренные электрическим полем электроны бомбардируют металлический анод. Рентгеновское излучение может быть получено при бомбардировке мишени ионами высокой энергии. В качестве источников рентгеновского излучения могут служить также некоторые радиоактивные изотопы, синхротроны накопители электронов. Естественными источниками рентгеновского излучения является Солнце и др. космические объекты.

Изображения предметов в рентгеновском излучении получают на специальной рентгеновской фотопленке. Рентгеновское излучение можно регистрировать с помощью ионизационной камеры, сцинтилляционным счетчиком. Благодаря высокой проникающей способности рентгеновское излучение применяется в рентгеноструктурном анализе (исследовании структуры кристаллической решетки), при изучении структуры молекул, обнаружении дефектов в образцах, в медицине (рентгеновские снимки, флюорография, лечение раковых заболеваний), в дефектоскопии (обнаружение дефектов в отливках, рельсах), в искусствоведении (обнаружение старинной живописи, скрытой под слоем поздней росписи), в астрономии (при изучении рентгеновских источников), криминалистике. Большая доза рентгеновского излучения приводит к ожогам и изменению структуры крови человека. Создание приемников рентгеновского излучения и размещение их на космических станциях позволило обнаружить рентгеновское излучение сотен звезд, а также оболочек сверхновых звезд и целых галактик.

7. Гамма излучение (g - лучи)

Гамма излучение - коротковолновое электромагнитное излучение, занимающее весь диапазон частот $\nu > 3 \cdot 10^{20}$ Гц, что соответствует длинам волн $\lambda < 10^{-12}$ м. Гамма излучение было открыто французским ученым Полем Вилларом в 1900 году. Изучая излучение радия в сильном магнитном поле, Виллар обнаружил коротковолновое электромагнитное излучение, не отклоняющееся, как и свет, магнитным полем. Оно было названо гамма излучением. Гамма излучение связано с ядерными процессами, явлениями радиоактивного распада, происходящими с некоторыми веществами, как на Земле, так и в космосе. Гамма излучение можно регистрировать с помощью ионизационных и пузырьковых камер, а также с помощью специальных фотоэмульсий. Используются при исследовании ядерных процессов, в дефектоскопии. Гамма излучение отрицательно воздействует на человека.

Билет №22

Квантовые свойства света. Фотоэффект и его законы. Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта и постоянная Планка. Применение фотоэффекта в технике.

В 1900 г. немецкий физик Макс Планк высказал гипотезу: свет излучается и поглощается отдельными порциями — квантами (или фотонами). Энергия каждого фотона определяется формулой $E = h\nu$, где h — постоянная Планка, равная $6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж • с, ν — частота света. Гипотеза Планка объяснила многие явления: в частности, явление фотоэффекта, открытого в 1887 г. немецким ученым Генрихом Герцем и изученного экспериментально русским ученым А. Г. Столетовым.

Квантовые свойства света: явление дисперсии, образование линейчатых, сплошных и полосатых спектров, фотоэлектрический эффект, химическое действие света, давление света, эффект Доплера.

Фотоэффект — это явление испускания электронов веществом под действием света.

В результате исследований были установлены три закона фотоэффекта.

1. Сила тока насыщения прямо пропорциональна интенсивности светового излучения, падающего на поверхность тела.
2. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с частотой света и зависит от его интенсивности.
3. Если частота света меньше некоторой определенной для данного вещества минимальной частоты, то фотоэффект не происходит.



Рис. 36

Зависимость фототока от напряжения показана на рисунке 36.

Теорию фотоэффекта создал немецкий ученый А. Эйнштейн в 1905 г. В основе теории Эйнштейна лежит

понятие работы выхода электронов из металла и понятие о квантовом излучении света. По теории Эйнштейна фотоэффект имеет следующее объяснение: поглощая квант света, электрон приобретает энергию $h\nu$. При вылете из металла энергия каждого электрона уменьшается на определенную величину, которую называют **работой выхода** ($A_{\text{вых}}$). Работа выхода — это работа, которую необходимо затратить, чтобы удалить электрон из металла. Максимальная энергия электронов после вылета (если нет других потерь) имеет вид: $m\nu^2/2 = h\nu - A_{\text{вых}}$. Это уравнение носит название **уравнения Эйнштейна**.

Если $h\nu < A_{\text{вых}}$ то фотоэффект не происходит. Значит, *красная граница фотоэффекта* равна $\nu_{\text{min}} = A_{\text{вых}}/h$

Приборы, в основе принципа действия которых лежит явление фотоэффекта, называют **фотоэлементами**. Простейшим таким прибором является вакуумный фотоэлемент. Недостатками такого фотоэлемента являются: слабый ток, малая чувствительность к длинноволновому излучению, сложность в изготовлении, невозможность использования в цепях переменного тока. Применяется в фотометрии для измерения силы света, яркости, освещенности, в кино для воспроизведения звука, в фототелеграфах и фототелефонах, в управлении производственными процессами.

Существуют полупроводниковые фотоэлементы, в которых под действием света происходит изменение концентрации носителей тока. Они используются при автоматическом управлении электрическими цепями (например, в турникетах метро), в цепях переменного тока, в качестве невозобновляемых источников тока в часах, микрокалькуляторах, проходят испытания первые солнечные автомобили, используются в солнечных батареях на искусственных спутниках Земли, межпланетных и орбитальных автоматических станциях.

С явлением фотоэффекта связаны фотохимические процессы, протекающие под действием света в фотографических материалах.

Билет №23

Опыты Резерфорда по рассеянию α -частиц. Ядерная модель атома. Постулаты Бора.

Слово «атом» в переводе с греческого означает «неделимый». Под атомом долгое время, вплоть до начала XX в., подразумевали мельчайшие неделимые частицы вещества. К началу XX в. в науке накопилось много фактов, говоривших о сложном строении атомов.

Большие успехи в исследовании строения атомов были достигнуты в опытах английского ученого Эрнеста Резерфорда по рассеянию α -частиц при прохождении через тонкие слои вещества. В этих опытах узкий пучок α -частиц, испускаемых радиоактивным веществом, направлялся на тонкую золотую фольгу. За фольгой помещался экран, способный светиться под ударами быстрых частиц. Было обнаружено, что большинство α -частиц отклоняется от прямолинейного распространения после прохождения фольги, т. е. рассеивается, а некоторые α -частицы вообще отбрасываются назад. Рассеяние α -частиц Резерфорд объяснил тем, что *положительный заряд* не распределен равномерно в шаре радиусом 10^{-10} м, как предполагали ранее, а сосредоточен в центральной части атома — атомном ядре.

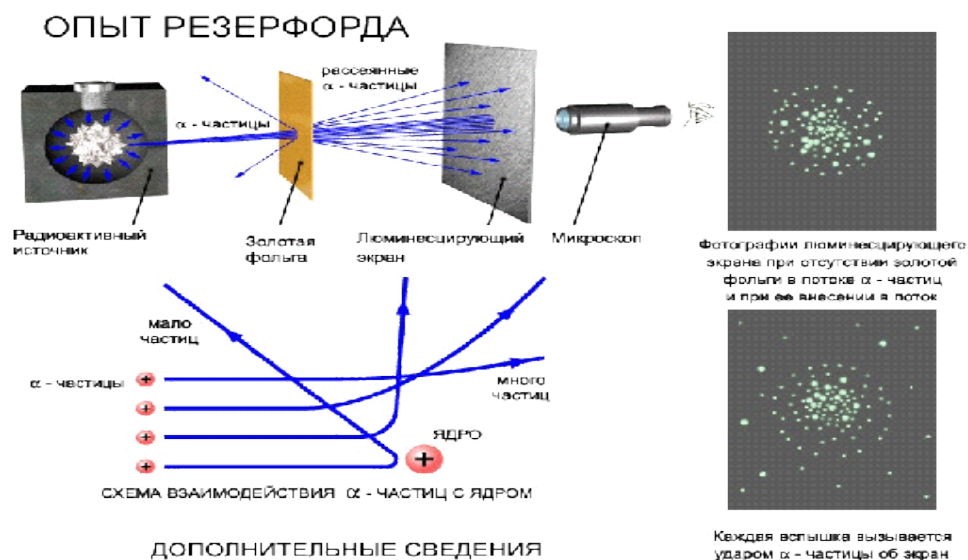


рис 37

При прохождении около ядра α -частица, имеющая положительный заряд, отталкивается от него, а при попадании в ядро — отбрасывается в противоположном направлении. Так ведут себя частицы, имеющие одинаковый заряд, следовательно, существует центральная положительно заряженная часть атома, в которой сосредоточена значительная масса атома. Расчеты показали, что для объяснения опытов нужно принять радиус атомного ядра равным примерно 10^{-15} м.

Резерфорд предположил, что атом устроен подобно планетарной системе. (рис 38)

Суть модели строения атома по Резерфорду заключается в следующем: в центре атома находится положительно заряженное ядро, в котором сосредоточена вся масса, вокруг ядра по круговым орбитам на больших расстояниях вращаются электроны (как планеты вокруг Солнца). Заряд ядра совпадает с номером химического элемента в таблице Менделеева. Планетарная модель строения атома по Резерфорду не смогла объяснить ряд известных фактов:

электрон, имеющий заряд, должен за счет кулоновских сил притяжения упасть на ядро, а атом — это устойчивая система; при движении по круговой орбите, приближаясь к ядру, электрон в атоме должен излучать электромагнитные волны всевозможных частот, т. е. излучаемый свет должен иметь непрерывный спектр, на практике же получается иное:

электроны атомов излучают свет, имеющий линейчатый спектр.

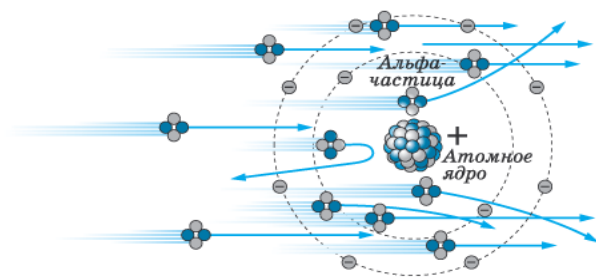


рис 38

Разрешить противоречия планетарной ядерной модели строения атома первым попытался датский физик Нильс Бор.

В основу своей теории Бор положил два постулата. Первый постулат: **атомная система может находиться только в особых стационарных или квантовых состояниях, каждому из которых соответствует своя энергия; в стационарном состоянии атом не излучает.**

Это означает, что электрон (например, в атоме водорода) может находиться на нескольких вполне определенных орбитах. Каждой орбите электрона соответствует вполне определенная энергия.

Второй постулат: **при переходе из одного стационарного состояния в другое испускается или поглощается квант электромагнитного излучения.** Энергия фотона равна разности энергий атома в двух состояниях: $h\nu = E_m - E_n$; $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж \cdot с, где h — постоянная Планка.

При переходе электрона с ближней орбиты на более удаленную, атомная система поглощает квант энергии. При переходе с более удаленной орбиты электрона на ближнюю орбиту по отношению к ядру атомная система излучает квант энергии.

Теория Бора позволила объяснить существование линейчатых спектров.

Спектр излучения (или поглощения) — это набор волн определенных частот, которые излучает (или поглощает) атом данного вещества.

Спектры бывают *сплошные*, *линейчатые* и *полосатые*.

Сплошные спектры излучают все вещества, находящиеся в твердом или жидком состоянии. Сплошной спектр содержит волны всех частот видимого света и

поэтому выглядит как цветная полоса с плавным переходом от одного цвета к другому в таком порядке: Красный, Оранжевый, Желтый, Зеленый, Синий и Фиолетовый (Каждый Охотник Желает Знать, где Сидит Фазан).

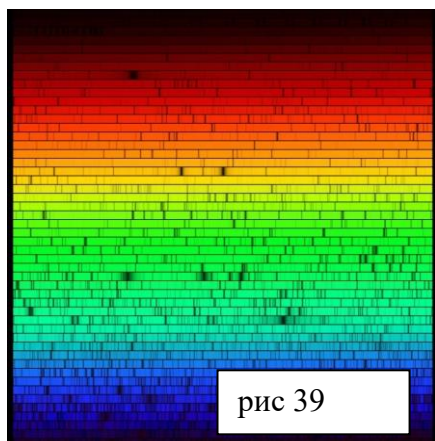


рис 39

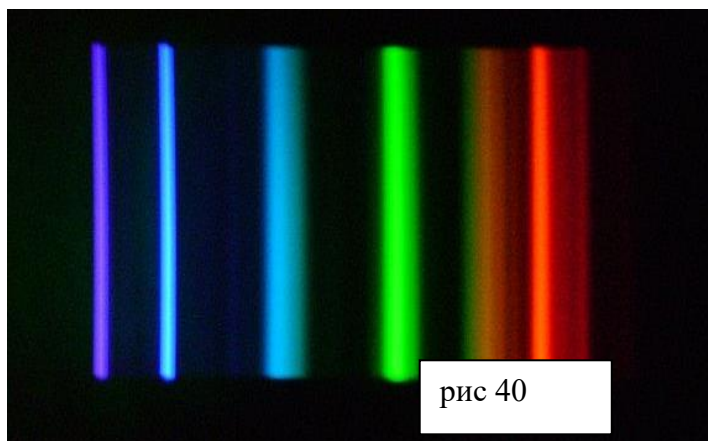


рис 40

Линейчатые спектры излучают все вещества в атомарном состоянии. Атомы всех веществ излучают свойственные только им наборы волн вполне определенных частот. Как у каждого человека свои личные отпечатки пальцев, так и у атома данного вещества свой, характерный только ему спектр. Линейчатые спектры излучения выглядят как цветные линии, разделенные промежутками. Природа линейчатых спектров объясняется тем, что у атомов конкретного вещества существуют только ему свойственные стационарные состояния со своей характерной энергией, а следовательно, и свой набор пар энергетических уровней, которые может менять атом, т. е. электрон в атоме может переходить только с одних определенных орбит на другие, вполне определенные орбиты для данного химического вещества.

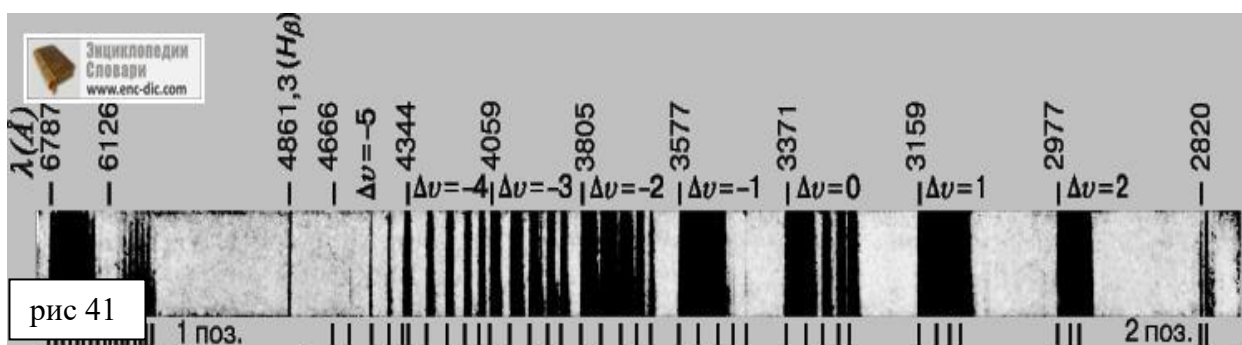


рис 41

Полосатые спектры излучаются молекулами. Выглядят полосатые спектры подобно линейчатым, только вместо отдельных линий наблюдаются отдельные серии линий, воспринимаемые как отдельные полосы.

Характерным является то, что какой спектр излучается данными атомами, такой же и поглощается, т. е. спектры излучения по набору излучаемых частот совпадают со спектрами поглощения. Поскольку атомам разных веществ соответствуют свойственные только им спектры, то существует способ определения химического состава вещества методом изучения его спектров. Этот способ называется **спектральным анализом**.

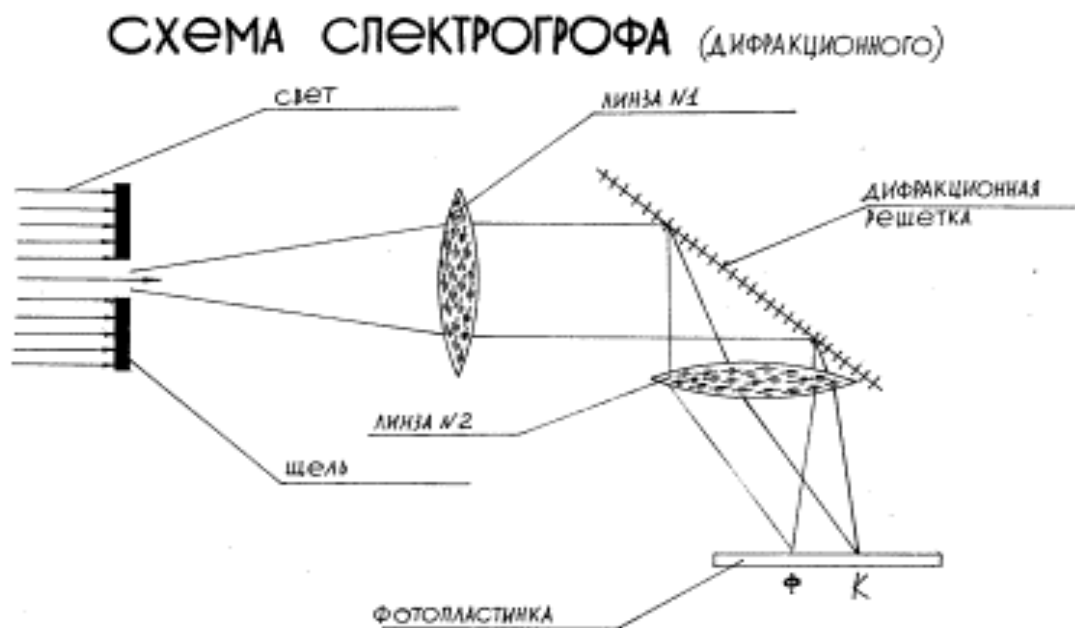


рис 42

Спектральный анализ применяется для определения химического состава ископаемых руд при добыче полезных ископаемых, для определения химического состава звезд, атмосфер, планет; является основным методом контроля состава вещества в металлургии и машиностроении.

Билет № 24

Радиоактивность. Виды радиоактивных излучений. Методы регистрации радиоактивных излучений.. Влияние ионизирующей радиации на живые организмы.

Радиоактивность — это испускание ядрами некоторых элементов различных частиц, сопровождающееся переходом ядра в другое состояние и изменением его параметров. Явление радиоактивности было открыто опытным путем французским ученым Анри Беккерелем в 1896 г. для солей урана. Беккерель заметил, что соли урана засвечивают завернутую во много слоев фотобумагу невидимым проникающим излучением.

Английский физик Э. Резерфорд исследовал радиоактивное излучение в электрических и магнитных полях и открыл три составляющие этого излучения, которые были названы α -, β -, γ -излучением (рис.43).

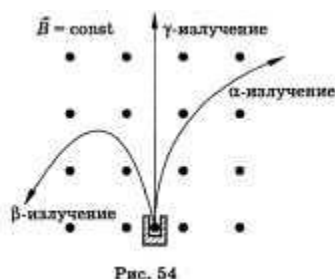


Рис. 54

рис 43 α представляет собой излучение α -частиц (ядер гелия) высоких энергий. При этом масса ядра уменьшается на 4 единицы, а заряд — на 2 единицы.

β -Распад — излучение электронов, заряд которых возрастает на единицу, массовое число не изменяется. **γ -Излучение** представляет собой испускание возбужденным ядром квантов света высокой частоты. Параметры ядра при γ -излучении не меняются, ядро лишь переходит в состояние с меньшей энергией. Распавшееся ядро тоже радиоактивно, т. е. происходит цепочка последовательных радиоактивных превращений. Процесс распада всех радиоактивных элементов идет до свинца. Свинец — конечный продукт распада.

Приборы, применяемые для регистрации ядерных излучений, называются детекторами ядерных излучений. Наиболее широкое применение получили детекторы, обнаруживающие ядерные излучения по производимой ими ионизации и возбуждению атомов вещества: **газоразрядный счетчик Гейгера, камера Вильсона, пузырьковая камера.** Существует также метод фотоэмульсий, основанный на способности пролетающей частицы создавать в фотоэмульсии

скрытое изображение. След пролетевшей частицы виден на фотографии после проявления.

Радиоактивные излучения оказывают сильное биологическое действие на ткани живого организма, заключающееся в ионизации атомов и молекул среды. Возбужденные атомы и ионы обладают сильной химической активностью, поэтому в клетках организма появляются новые химические соединения, чуждые здоровому организму. Под действием ионизирующей радиации разрушаются сложные молекулы и элементы клеточных структур. В человеческом организме нарушается процесс кроветворения, приводящий к дисбалансу белых и красных кровяных телец. Человек заболевает лейкозом, или так называемой лучевой болезнью. Большие дозы облучения приводят к смерти.

Билет №25

Состав ядра атома. Ядерные силы. Энергия связи ядра атома.

В 1932 г. английский физик Джеймс Чедвик открыл частицы с нулевым электрическим зарядом и единичной массой. Эти частицы назвали **нейтронами**. Обозначается нейтрон *n*. После открытия нейтрона физики Д. Д. Иваненко и Вернер Гейзенберг в 1932 г. выдвинули протонно-нейтронную модель атомного ядра. Согласно этой модели ядро атома любого вещества состоит из протонов и нейтронов. (Общее название протонов и нейтронов — нуклоны.)

Количество протонов в ядре атома Z равно порядковому атому химического элемента, а также равно количеству электронов на электронных оболочках атома. Количество протонов в ядре число постоянное у данного химического элемента, количество нейтронов может меняться, такие **атомы называются изотопы**.

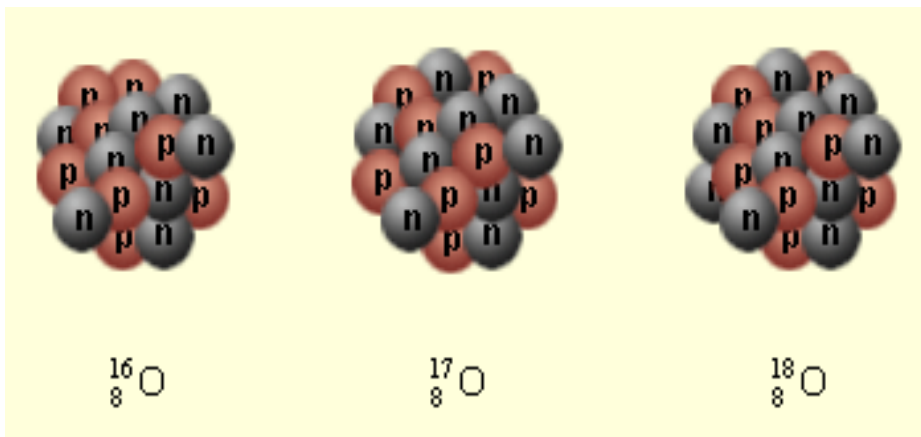
Атомная масса химического элемента A равна массе ядра, т.к масса электронов в 10000 раз меньше массы протонов.

Количество нейтронов N равно разности атомной массы и количества протонов. $N=A-Z$

Обозначение ядра элемента ${}^A_Z X$, A – массовое число .

Число протонов равно заряду ядра и совпадает с номером элемента в таблице Менделеева. Сумма числа протонов и нейтронов равна массовому числу. Например, ядро атома кислорода ${}^{16}_8\text{O}$ состоит из 8 протонов и $16 - 8 = 8$ нейтронов. Ядро атома ${}^{235}_{92}\text{U}$ состоит из 92 протонов и $235 - 92 = 143$ нейтронов.

Химические вещества, занимающие одно и то же место в таблице Менделеева, но имеющие разную атомную массу, называются **изотопами**.



Ядра изотопов отличаются числом нейтронов. Например, водород имеет три изотопа: протий — ядро состоит из одного протона, дейтерий — ядро состоит из одного протона и одного нейтрона, тритий — ядро состоит из одного протона и двух нейтронов.

Если сравнить массы ядер с массами нуклонов, то окажется, что масса ядра тяжелых элементов больше суммы масс протонов и нейтронов в ядре, а для легких элементов масса ядра меньше суммы масс протонов и нейтронов в ядре. Следовательно, существует разность масс между массой ядра и суммой масс протонов и нейтронов, называемая **дефектом массы**. $M = M_{\text{я}} - (M_p + M_n)$.

Так как между массой и энергией существует связь $E = mc^2$, то при делении тяжелых ядер и при синтезе легких ядер должна выделяться энергия, существующая из-за дефекта масс, и эта энергия называется **энергией связи атомного ядра**. $E_{\text{св}} = Mc^2$.

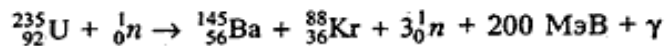
Выделение этой энергии может происходить при ядерных реакциях.

Билет №26

Радиоактивные превращения. Ядерные реакции. Цепные ядерные реакции деления ядер урана.

РАДИОАКТИВНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ – природные или искусственные превращения ядер одних атомов в ядра других атомов.

1938 г., О.Ган, Г.Штрассман (Германия) – открытие деления ядер

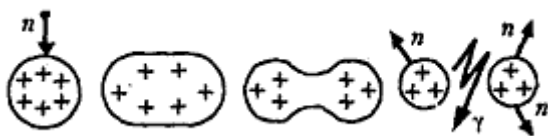


Ядерные реакции — процессы, происходящие при столкновении ядер или элементарных частиц с другими ядрами, в результате которых изменяются квантовое состояние и нуклонный состав исходного ядра, а также появляются новые частицы среди продуктов реакции.

Реакции деления: ядро одного атома в результате бомбардировки делится на два ядра разных атомов.

Реакция синтеза: происходит превращение легких ядер в более тяжелые.

Делиться могут только ядра некоторых тяжелых элементов, например, урана.

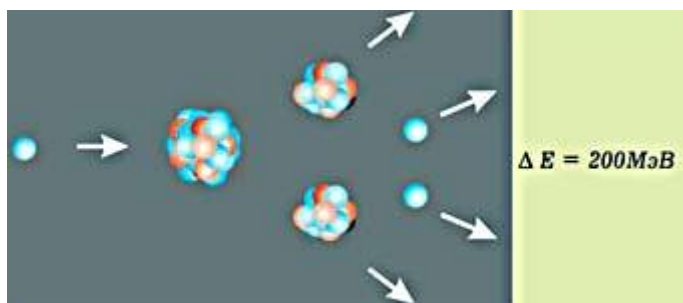


Ядро урана - 235 имеет форму шара. Поглотив нейтрон, ядро возбуждается и начинает деформироваться.

Оно растягивается из стороны в сторону до тех пор, пока кулоновские силы отталкивания между протонами не начнут преобладать над ядерными силами притяжения. После этого ядро разрывается на две части и осколки

разлетаются со скоростью 1/30 скорости света. При делении ядра образуются еще 2 или 3 нейтрона.

Появление нейтронов объясняется тем, что число нейтронов в осколках оказывается больше, чем это допустимо.



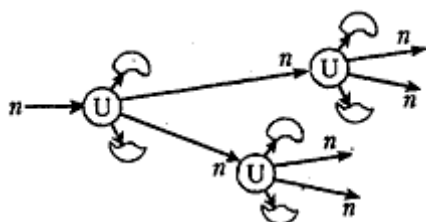
Имеющие огромную скорость разлетающиеся осколки тормозятся окружающей средой.

Кинетическая энергия осколков превращается во внутреннюю энергию среды, которая нагревается.

Таким образом, деление ядер урана сопровождается выделением большого количества энергии.

ЦЕПНАЯ ЯДЕРНАЯ РЕАКЦИЯ - это процесс, в котором одна проведенная реакция вызывает последующие реакции такого же типа.

При делении одного ядра урана образовавшиеся нейтроны могут вызвать деления других ядер урана, при этом число нейтронов нарастает лавинообразно.



k - коэффициент размножения:
 $k < 1$ - реакция затухает
 $k > 1$ - «ядерный взрыв»
 $k = 1$ - стационарная реакция

Отношение числа образовавшихся нейтронов в одном акте деления к числу таких нейтронов в предыдущем акте деления называется коэффициентом размножения нейтронов k .

При k меньше 1 реакция затухает, т.к. число поглощенных нейтронов больше

числа k больше 1 почти мгновенно происходит взрыв.
При k равном 1 идет управляемая стационарная цепная реакция.
Цепная реакция сопровождается выделением большого количества энергии.

$$1 \text{ т урана} \rightarrow 2,3 \cdot 10^4 \text{ кВт} \cdot \text{ч} \approx 3 \text{ т угля}$$

Для осуществления цепной реакции не получается использовать любые ядра, делящиеся под влиянием нейтронов. Используемый в качестве топлива для атомных реакторов химический элемент уран состоит в природе из двух изотопов: урана-235 и урана - 238. В природе изотопы урана-235 составляют всего лишь 0,7% от всего запаса урана, однако именно они пригодны для проведения цепной реакции, т.к. делятся под влиянием медленных нейтронов.

Ядра урана-238 могут делиться лишь под влиянием нейтронов большой энергии (быстрых нейтронов). Такую энергию имеют только 60% нейтронов, появляющихся при делении ядра урана-238. Примерно только 1 из 5 образовавшихся нейтронов вызывает деление ядра.

Условия протекания цепной реакции в уране-235:

- минимальное количество топлива (критическая масса), необходимое для проведения управляемой цепной реакции в атомном реакторе
- скорость нейтронов должна вызывать деление ядер урана
- отсутствие примесей, поглощающих нейтроны

Критическая масса:

- если масса урана мала, нейтроны будут вылетать за его пределы, не вступая в реакцию
- если масса урана велика, возможен взрыв за счет сильного увеличения числа нейтронов
- если масса соответствует критической, протекает управляемая цепная реакция

Для урана-235 критическая масса составляет 50 кг (это, например, шар из урана диаметром 9 см).

Первая управляемая цепная реакция - США в 1942 г. (Э.Ферми)
В СССР - 1946 г. (И.В.Курчатов).