

## Билет №1

1. **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 сосредоточенна 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 мех. 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  $V = V_1 + V_0$ ).

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**.

**Равноускоренным** называется движение с ускорением, постоянным по модулю и направлению. Скорость при равноускоренном движении

вычисляется как  $\vec{v}(t) = \vec{v}_0 + \vec{a}(t - t_0)$ .

Также справедливы формулы  $S = \frac{v^2 - v_0^2}{2a}$ , выводимая из уравнений скорости и пути при равноускоренном движении.

При равномерном прямолинейном движении с постоянной скоростью  $U$  вектор скорости в каждой точке направлен вдоль траектории.

Средняя скорость и численное значение мгновенной – равны, при таком движении ускорение  $a$  остается величиной постоянной, причем нормальная составляющая равна 0.

Если направление ускорения совпадает с направлением скорости, то движение называется - равноускоренным, а если не совпадает – то, равнозамедленным.

- Прямолинейное движение, при котором скорость тела за любые равные промежутки времени изменяется на одинаковую величину, называется равноускоренным прямолинейным движением.

## Билет №1

2. Электрическим током называют упорядоченное (направленное) движение заряженных частиц.

*Электрический ток возникает при упорядоченном перемещении свободных электронов или ионов. Если перемещать нейтральное в целом тело, то, несмотря на упорядоченное движение огромного числа электронов и атомных ядер, электрический ток не возникнет. Полный заряд, переносимый через любое сечение проводника, будет при этом равным нулю, так как заряды разных знаков перемещаются с одинаковой средней скоростью.*

Электрический ток имеет определенное направление. За направление тока принимают направление движения положительно заряженных частиц. Если ток образован движением отрицательно заряженных частиц, то направление тока считают противоположным направлению движения частиц.

Электродвижущая сила в замкнутом контуре представляет собой отношение работы сторонних сил при перемещении заряда вдоль контура к заряду:

Электродвижущую силу выражают в вольтах.

*Электродвижущая сила гальванического элемента есть работа сторонних сил при перемещении единичного положительного заряда внутри элемента от одного полюса к другому.*

*Сопротивление источника часто называют внутренним сопротивлением в отличие от внешнего сопротивления  $R$  цепи. В генераторе  $r$  — это сопротивление обмоток, а в гальваническом элементе — сопротивление раствора электролита и электродов. Закон Ома для замкнутой цепи связывает силу тока в цепи, ЭДС и полное сопротивление  $R+r$  цепи.*

Произведение силы тока и сопротивления участка цепи часто называют падением напряжения на этом участке. Таким образом, ЭДС равна сумме падений напряжений на внутреннем и внешнем участках замкнутой цепи. Обычно закон Ома для замкнутой цепи записывают в форме: где  $R$  — сопротивление нагрузки,  $\varepsilon$  — ЭДС,  $r$  — внутреннее сопротивление.

$$\varepsilon = \frac{A_{ст}}{q} \quad I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

*Сила тока в полной цепи равна отношению ЭДС цепи к ее полному сопротивлению.*

Сила тока зависит от трех величин: ЭДС  $\varepsilon$ , сопротивлений  $R$  и  $r$  внешнего и внутреннего участков цепи. Внутреннее сопротивление источника тока не оказывает заметного влияния на силу тока, если оно мало по сравнению с сопротивлением внешней части цепи ( $R \gg r$ ). При этом напряжение на зажимах источника приблизительно равно ЭДС:

$$U = IR \approx \varepsilon.$$

При коротком замыкании, когда  $R \rightarrow 0$ , сила тока в цепи определяется именно внутренним сопротивлением источника и при электродвижущей силе в несколько вольт может оказаться очень большой, если  $r$  мало (например, у аккумулятора  $r \approx 0,1 - 0,001$  Ом). Провода могут расплавиться, а сам источник выйти из строя.

Если цепь содержит несколько последовательно соединенных элементов с ЭДС  $\varepsilon_1, \varepsilon_2, \varepsilon_3$  и т.д., то полная ЭДС цепи равна алгебраической сумме ЭДС отдельных элементов.

Если при обходе цепи переходят от отрицательного полюса источника к положительному, то ЭДС  $> 0$ .

# Билет №2

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

**Равномерное движение по окружности. Линейная и угловая скорость.**

Любое движение на достаточно малом участке траектории возможно приближенно рассматривать как равномерное движение по окружности. В процессе равномерного движения по окружности значение скорости остается постоянным, а направление вектора скорости

изменяется..  $\frac{R}{v \cdot \Delta t} \approx \frac{v}{\Delta v} \Rightarrow \Delta v = \frac{v^2 \Delta t}{R} \Rightarrow a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v^2}{R}$ . Вектор ускорения

при движении по окружности направлен перпендикулярно вектору скорости (направленному по касательной), к центру окружности. Промежуток времени, за который тело совершает полный оборот по окружности,

называется периодом.  $T = \frac{2\pi R}{v}$ . Величина, обратная периоду,

показывающая количество оборотов в единицу времени, называется частотой

$\nu = \frac{v}{2\pi R}$ . Применив эти формулы, можно вывести, что  $a = \frac{4\pi^2 R}{T^2}$ , или

$a = 4\pi^2 R \nu^2$ . **Угловая скорость** (скорость вращения) определяется как

$\omega = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{d\varphi}{dt}$ . Угловая скорость всех точек тела одинакова, и

характеризует движения вращающегося тела в целом. В этом случае

**линейная скорость** тела выражается как  $v = \omega \cdot R$ , а ускорение – как

$$a = \omega^2 \cdot R.$$

Принцип независимости движений рассматривает движение любой точки тела как сумму двух движений – поступательного и вращательного.

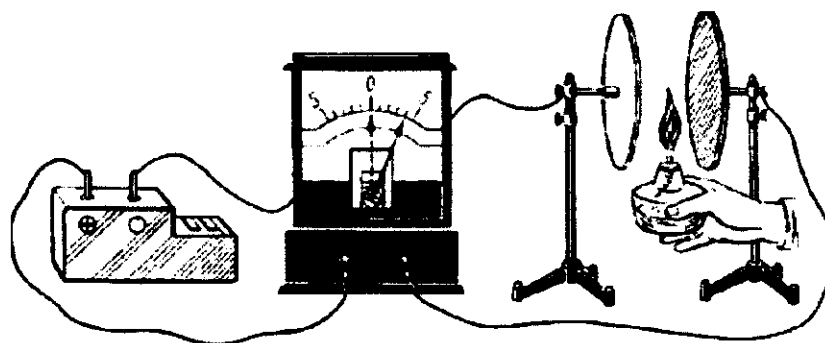
$$\begin{matrix} \rightarrow & \rightarrow & \rightarrow \\ v_{\text{полн}} = v_{\text{пост}} + v_{\text{вращ}} \end{matrix}$$

## Электрический ток в газах

Вы знаете, что при обычных условиях все газы являются диэлектриками, то есть не проводят электрического тока. Этим свойством объясняется, например, широкое использование воздуха в качестве изолирующего вещества. Принцип действия выключателей и рубильников как раз и основан на том, что размыкая их металлические контакты, мы создаем между ними прослойку воздуха, не проводящую ток.



Однако при определенных условиях газы могут становиться проводниками. Например, пламя, внесенное в пространство между двумя металлическими дисками (см. рисунок), приводит к тому, что гальванометр отмечает появление тока. Отсюда следует вывод: *пламя, то есть газ, нагретый до высокой температуры, является проводником электрического тока.*

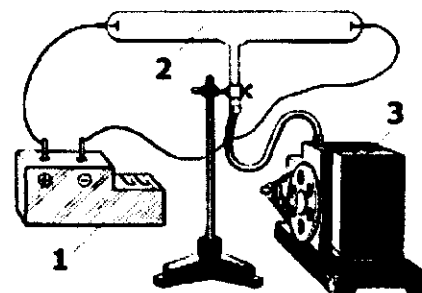


Нагревание – не единственный способ превращения газа в проводник. Вместо пламени можно использовать ультрафиолетовое или рентгеновское излучение, а также поток альфа-частиц или электронов. Опытами установлено, что действие любой из этих причин *приводит к ионизации молекул газа*. При этом от некоторых молекул отрывается один (или несколько) электронов, в результате чего молекула превращается в положительный ион. Под воздействием электрического поля, существующего между дисками, образовавшиеся ионы и электроны начинают двигаться, создавая между дисками электрический ток.

Прохождение тока через газы называют **газовым разрядом**. Только что мы рассмотрели пример так называемого *несамостоятельного разряда*. Он так называется потому, что для его поддержания требуется какой-либо *ионизатор* – пламя, излучение или поток заряженных частиц. Опыты показывают, что если ионизатор устранить, то ионы и электроны вскоре воссоединяются (говорят: рекомбинируют), вновь образуя электронейтральные молекулы. В результате газ перестает проводить ток, то есть становится диэлектриком.

Рассмотрим теперь некоторые виды *самостоятельного разряда*.

**Тлеющий разряд.** Обычно он возникает при давлениях в газе значительно ниже атмосферного: 1–10 Па. Проведем опыт. Из стеклянной трубки 2 с электродами, подключенными к высоковольтному источнику тока 1, насосом 3 будем откачивать воздух. Через некоторое время воздух, оставшийся в трубке, начнет испускать неяркий красно-малиновый свет. Используя вместо воздуха другие разреженные газы, можно наблюдать свечения и других оттенков. Разреженные водород и гелий, например, испускают сине-зеленый свет, а газ неон – красно-оранжевый. Трубки с этими газами, изогнутые в виде букв и других фигур, используют для изготовления светящихся надписей на магазинах, кинотеатрах и т. д.



**Дуговой разряд** можно наблюдать, например, так. Закрепим в штативах два угольных стержня и подадим на них напряжение 30-40 В. На пару секунд стержни придвинем до соприкосновения, а затем отодвинем на расстояние 1-2 см. Теплота, выделяемая током в месте касания стержней, ионизирует воздух, превращая его в проводник. В результате он и горячие концы электродов начинают испускать ослепительно яркий свет. Используя для защиты глаз темное стекло, можно увидеть, что светящийся воздух имеет вид дуги. Именно поэтому этот разряд называется дуговым разрядом или “электрической дугой” (см. стр. 65). Дуговой разряд применяется для электросварки, для выплавки металлов в электродуговых печах, а также в мощных киноаппаратах и военных прожекторах.

Физические закономерности, которым подчиняются газовые разряды, намного сложнее закономерностей, описывающих прохождение тока через металлы или электролиты. Поэтому мы остановились лишь на описании протекания разрядов, не давая им объяснения.

### 1. I закон Ньютона

- Всякое тело сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор пока внешнее воздействие не заставит его изменить это состояние.
- Инерция – стремление тела сохранять состояние покоя или равномерного прямолинейного движения.
- Инерциальные системы отсчета – системы по отношению к которым выполняется I закон Ньютона.

I закон Ньютона утверждает существование и с.о.

! М.т. сохраняет состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока внешнее воздействие не выведет его из этого состояния.

Инерциальной системой отсчета можно считать гемеоцентрическую с.о.

Всякое изменение состояния, любое ускорение, есть результат действия на движущееся тело со стороны других тел.

- Сила – это векторная физическая величина, являющаяся мерой механического воздействия на тело со стороны других тел или полей, в результате которого тело приобретает ускорение или изменяет свою форму и размеры.
- Масса тела – физическая величина, являющаяся одной из основных характеристик матери, определяющая ее инерциальные и гравитационные свойства.

4 вида воздействия.

1. Гравитационное (обусловленное всемирным тяготением)
2. Электромагнитное (осуществляется через магнитное или электрическое поле)
3. Сильное или ядерное (обеспечивающее связь части в атомном ядре)
4. Слабое взаимодействие (ответственные за многие процессы распада элемент. частиц).

- Физическое поле – особая форма материи, связывающая частицы вещества в единые системы и передающиеся с конечной скоростью действия одних частиц на другие.

Сила  $\vec{F}$  полностью задана, если указаны ее модуль, направление в пространстве и точки приложения. Прямая вдоль которой направлена сила, называется линией действия силы.

- Поле, действующее на мт с силой  $\vec{F}$ , называется стационарным полем, если оно не изменяется с течением времени.

Для стационарного поля необходимо, чтобы создающие его тела покоились относительно инерциальной системы отсчета, использованной в данной задаче.

## 2. Электрический ток в растворах и расплавах электролитов. Закон электролиза. Применение электролиза в технике.

Вещества, которые проводят электрический ток называются электролитами. Изменение химического состава раствора или расплава при прохождении через него электрического тока. Обусловленное потерей или присоединением электронов ионами, называют электролизом.

Майкл Фарадей установил, что при прохождении эл. Тока через электролит масса вещества  $m$ , выделившегося на электроде, пропорциональна заряду  $q$ , прошедшего через электролит:

$$m = k \cdot q \text{ или } m = k \cdot I \cdot t.$$

Зависимость, полученную Фарадеем, называют законом электролиза. Коэффициент пропорциональности  $k$  называется электрохимическим эквивалентом.

$$k = 1/e \cdot N_a \cdot M/n \implies m = 1/e \cdot N_a \cdot M/n \cdot I \cdot t.$$

Коэффициент  $k$  численно равен массе выделившегося на электродах вещества при переносе ионами заряда в 1 Кл:

$$k = m/q; [k] = \text{кг/Кл}.$$

Произведение заряда электрона на число Авогадро называется числом Фарадея: 96500 Кл/моль.

Число Фарадея это электрический заряд, переносимый веществом в количестве 1 моль при электролизе.

В электрическом поле ионы электролита приходят в движение: положительные ионы движутся к катоду, а отрицательные к аноду. Так возникает электрический ток в электролите. При встрече положительного и отрицательного ионов, происходит их соединение – рекомбинация.

С помощью электролиза из солей и оксидов получают многие металлы. Электролитический способ дает возможность получать вещества с малым количеством примесей. Путем электролиза можно наносить тонкие слои металлов, эти слои могут служить защитой изделия от окисления. Такой способ называется – гальваностегией.

При длительном пропускании тока, получается толстый слой металла, который может быть отделен с сохранением формы – гальванопластика. Явление электролиза лежит в основе принципа действия кислотных и щелочных аккумуляторов, где используют обратимость процесса электролиза.



#### Билет № 4

1. Второй закон Ньютона устанавливает связь между кинематической характеристикой движения – ускорением, и динамическими характеристиками взаимодействия – силами.  $\vec{F} = m \vec{a}$ , или, в более точном виде,  $\frac{d\vec{p}}{dt} = \vec{F}$ , т.е. скорость изменения импульса материальной точки равна действующей на него силе. При одновременном действии на одно тело нескольких сил тело движется с ускорением, являющимся векторной суммой ускорений, которые возникли бы при воздействии каждой из этих сил в отдельности. При любом взаимодействии двух тел отношение модулей приобретенных ускорений постоянно и равно обратному отношению масс. Т.к. при взаимодействии тел векторы ускорений имеют противоположное направление, можно записать, что  $m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2$ . По второму закону Ньютона сила, действующая на первое тело равна  $m_1 \vec{a}_1$ , а на второе  $m_2 \vec{a}_2$ . Таким образом,  $\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$ .

## Билет № 4

**2. Полупроводники** — это вещества, удельное сопротивление которых убывает с повышением температуры, наличия примесей, изменения освещенности. Типичными полупроводниками являются кристаллы германия и кремния, в которых атомы объединены ковалентной связью. Природа этой связи позволяет объяснить указанные выше характерные свойства. При нагревании полупроводников их атомы ионизируются. Освободившиеся электроны не могут быть захвачены соседними атомами, так как все их валентные связи насыщены. Свободные электроны под действием внешнего электрического поля могут перемещаться в кристалле, создавая ток проводимости. Удаление электрона с внешней оболочки одного из атомов в кристаллической решетке приводит к образованию положительного иона. Этот ион может нейтрализоваться, захватив электрон. Далее, в результате переходов от атомов к положительным ионам происходит процесс хаотического перемещения в кристалле места с недостающим электроном. Внешне этот процесс хаотического перемещения воспринимается как перемещение положительного заряда, называемого «дыркой». При помещении кристалла в электрическое поле возникает упорядоченное движение «дырок» — ток дырочной проводимости.

В идеальном кристалле ток создается равным количеством электронов и «дырок». Такой тип проводимости называют *собственной* проводимостью полупроводников. При повышении температуры (или освещенности) собственная проводимость проводников увеличивается.

На проводимость полупроводников большое влияние оказывают примеси. Примеси бывают до-норные и акцепторные. **Донорная примесь** — это примесь с большей валентностью. При добавлении донорной примеси в полупроводнике образуются лишние электроны. Проводимость станет *электронной*, а полупроводник называют полупроводником *n*-типа. Например, для кремния с валентностью  $n = 4$  донорной примесью является мышьяк с валентностью  $n = 5$ . Каждый атом примеси мышьяка приведет к образованию одного электрона проводимости.

**Акцепторная примесь** — это примесь с меньшей валентностью. При добавлении такой примеси в полупроводнике образуется лишнее количество «дырок». Проводимость будет «дырочной», а полупроводник называют полупроводником *p*-типа. Например, для кремния акцепторной примесью является индий с валентностью  $n = 3$ . Каждый атом индия приведет к образованию лишней «дырки».

Принцип действия большинства полупроводниковых приборов основан на свойствах *p-n* перехода. При приведении в контакт двух полупроводниковых приборов *p*-типа и *n*-типа в месте контакта начинается диффузия электронов из *n*-области в *p*-область, а «дырок» — наоборот, из *p*- в *n*-область. Этот процесс будет не бесконечный во времени, так как образуется

запирающий слой, который будет препятствовать дальнейшей диффузии электронов и «дырок».

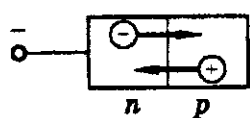


Рис. 23

*p-n* контакт полупроводников, подобно вакуумному диоду, обладает односторонней проводимостью: если к *p*-области подключить «+» источника тока, а к *n*-области «-» источника тока, то запирающий слой разрушится и *p-n* контакт будет проводить ток, электроны из области

*n*- пойдут в *p*-область, а «дырки» из *p*-области в *n*-область (рис. 23). В первом случае ток не равен нулю, во втором ток равен нулю. Т. е., если к *p*-области подключить «-» источника, а к *n*-области — «+» источника тока, то запирающий слой расширится и тока не будет.

Полупроводниковый диод состоит из контакта двух полупроводников *p*- и *n*-типа. Достоинством полупроводникового диода являются малые размеры и масса, длительный срок службы, высокая механическая прочность, высокий коэффициент полезного действия, а недостатком — зависимость их сопротивления от температуры.



В радиоэлектронике применяется также еще один полупроводниковый прибор: транзистор, который был изобретен в 1948 г. В основе триода лежит не один, а два *p-n* перехода. Основное применение транзистора — это использование его в качестве усилителя слабых сигналов по току и напряжению, а полупроводниковый диод применяется в качестве выпрямителя тока. После открытия транзистора наступил качественно новый этап развития электроники — микроэлектроники, поднявший на качественно иную ступень развитие электронной техники, систем связи, автоматики. Микроэлектроника занимается разработкой интегральных микросхем и принципов их применения.

### Билет №5

**1. Третий закон Ньютона.** В инерциальной системе отсчета силы взаимодействия двух тел равны по модулю и направлены в противоположные стороны. Третий закон отражает факт равноправия взаимодействующих тел.

Свойство тела сохранять свою скорость при отсутствии взаимодействий с другими телами называется *инертностью*. Физическая величина, являющаяся мерой инертности тела в поступательном движении, называется *инертной массой*. В механике Ньютона считается, что: а) масса тела равна сумме масс всех частиц (или материальных точек), из которых оно состоит; б) для данной совокупности тел выполняется закон сохранения массы: при любых процессах, происходящих в системе тел, ее масса остается неизменной.

*Силой* называется векторная физическая векторная величина, являющаяся мерой механического воздействия на тело со стороны других тел или полей.

## Билет № 5

**2. Законы взаимодействия атомов и молекул** удастся 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  $q$ . 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 называли *положительным*, носителем элементарного положительного заряда является протон. Другой вид заряда называли *отрицательным*, его носителем является электрон. Элементарный заряд равен  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  Кл.

**Магнитное поле представляет собой особую форму материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между движущимися электрически заряженными частицами.**

Свойства магнитного поля:

1. *Магнитное поле порождается электрическим током (движущимися зарядами).*
2. *Магнитное поле обнаруживается по действию на электрический ток (движущиеся заряды).*

*Подобно электрическому полю, магнитное поле существует реально, независимо от нас, от наших знаний о нем.*

**Сила Ампера равна произведению вектора магнитной индукции на силу тока, длину участка проводника и на синус угла между магнитной индукцией и участком проводника.**

где  $l$  — длина проводника,  $B$  — вектор магнитной индукции.

Силу Ампера применяют в громкоговарителях, динамиках.

*Силу, действующую на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля, называю силой Лоренца.*

**Сила Лоренца.** Модуль  $F_L$  силы находится по формуле

$$F_L = Bqv \cdot \sin \alpha$$

где  $B$  — модуль индукции магнитного поля, в котором движется заряд,  $q$  и  $v$  — абсолютная величина заряда и его скорость,  $\alpha$  — угол между векторами  $v$  и  $B$ . Эта сила перпендикулярна к векторам  $v$  и  $B$ , её направление находится по правилу левой руки: если руку расположить так, чтобы четыре вытянутых пальца совпадали с направлением движения положительного заряда, линии индукции магнитного поля входили в ладонь, то отставленный на  $90^\circ$  большой палец показывает направление силы. В случае отрицательной частицы направление силы противоположное. Так как сила Лоренца перпендикулярна скорости частицы, то она не совершает работу.

## Билет №6

1. **Закон всемирного тяготения:** Все тела притягиваются друг к другу с силой, прямо пропорциональной произведению их масс и обратно проп. К квадрату расстояния между ними. Эту силу

называют силой тяготения.

$F = G \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2$ , где  $G$  - коэффициент пропорциональности - гравитационная постоянная.  $[G] = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$ .

Границы применимости:

1. только для м.т.
2. тел, имеющих форму шара
3. шара большого радиуса, взаимодействующего с телами, размеры которых много меньше размеров шара.

Закон неприменим, например, для взаимодействия бесконечного стержня и шара.

Сила тяжести – это сила с которой Земля притягивает к себе тело.

Пропорциональна массе тела и сообщает ему ускорение свободного падения.

$g = G \cdot M / r^2$ , т.е.  $g$  не зависит от массы, но зависит от высоты тела над Землей, от широты места (Земля не инерциальная система отсчета, от породы земной коры, от формы Земли.

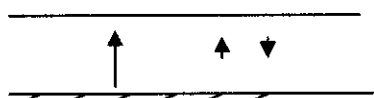
Сила тяготения и сила тяжести носят гравитационный характер.

Свободное падение тела является частным случаем равноускоренного движения, при условии, что ускорение  $\vec{a} = \vec{g}$ , где  $\vec{g}$  – ускорение свободного падения.

- Свободным падением называется такое движение тела, при котором м.т. (тело) движется под действующей только силы тяжести, при этом сопротивление воздуха не учитывается.



При движении тела вверх применимы все формулы для равнозамедленного движения; всегда есть начальная скорость, а конечная при таком движении обращается в 0.



Вес тела – это сила. С которой тело действует на опору или подвес, вследствие притяжения его к Земле.

На покоящееся тело действует сила тяжести и сила реакции опоры, эта сила упругости и есть вес тела (по третьему з-н Ньютона).

Когда тело совершает свободное падение ( $a = g$ ), то взаимодействие между телом и опорой отсутствует и вес тела равен 0. Это случай полной невесомости.

Может наблюдаться в следующих случаях:

1. при движении когда совпадают направления начальной скорости и ускорения
2. при движении, когда начальная скорость и ускорение противоположны
3. движение спутника по орбите
4. когда тело находится между Землей и Луной
5. лженевесомость наблюдается в воде.

**Закон электромагнитной индукции Фарадея, правило Ленца, явление самоиндукции, индуктивность, энергия магнитного поля.**

**2.** Явление электромагнитной индукции заключается в возникновении электрического тока в замкнутом электропроводящем контуре при изменении магнитного потока через площадь этого контура. По правилу Ленца, возникающий в замкнутом контуре индукционный ток направлен так, что создаваемый им магнитный поток через площадь, ограниченную контуром, стремится препятствовать тому изменению потока, которое вызывает данный ток. Явление ЭИ находит широкое применение в технике. Оно используется в индукционных генераторах тока, индукционных плавильных печах, трансформаторах, в счетчиках электроэнергии и др

*Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца* Мы знаем, что электрический ток создаёт магнитное поле. Естественно возникает вопрос: «Возможно ли появление электрического тока с помощью магнитного поля?». Эту проблему решил Фарадей, открывший явление электромагнитной индукции, которое заключается в следующем: при всяком изменении Магнитного потока, пронизывающего площадь, охватываемую проводящим контуром, в нём возникает электродвижущая сила, называемая э.д.с. индукции. Если контур замкнут, то под действием этой э.д.с. появляется электрический ток, названный индукционным. Фарадей установил, что э.д.с. индукции не зависит от способа изменения магнитного потока и определяется только быстротой его изменения, т.е.

$$\varepsilon_i = - \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = \frac{d(BS \cos \alpha)}{-dt}, \quad \text{ЭДС может возникать при изменении}$$

магнитной индукции  $B$ , при повороте плоскости контура, относительно магнитного поля. Знак минус в формуле объясняется по **Правилу Ленца: Индуктивный ток направлен так, что своим магнитным полем препятствует изменению внешнего магнитного потока, порождающего индукционный ток.** Соотношение называется законом электромагнитной индукции: ЭДС индукции в проводнике равна скорости изменения магнитного потока, пронизывающего площадь, охватываемую проводником.

*Явление самоиндукции.* Явление возникновения э.д.с. в том же проводнике, по которому течёт переменный ток, называется самоиндукцией, а саму э.д.с. называют э.д.с. самоиндукции. Это явление объясняется следующим. **Переменный ток, проходящий по проводнику, порождает вокруг себя переменное магнитное поле, которое, в свою очередь, создаёт магнитный поток, изменяющийся со временем, через площадь, ограниченную проводником.** Согласно явлению электромагнитной индукции, это изменение магнитного потока и приводит к появлению э.д.с. самоиндукции.

Найдём э.д.с. самоиндукции. Пусть по проводнику с индуктивностью  $L$  течёт электрический ток. В момент времени  $t_1$  сила этого тока равна  $I_1$ , а к моменту времени  $t_2$  она стала равной  $I_2$ . Тогда магнитный поток, создаваемый током через площадь ограниченную проводником, в моменты времени  $t_1$  и  $t_2$  соответственно равен  $\Phi_1 = LI_1$  и  $\Phi_2 = LI_2$ , а изменение  $\Delta \Phi$  магнитного потока

равно  $\Delta\Phi = LI_2 - LI_1 = L(I_2 - I_1) = L\Delta I$ , где  $\Delta I = I_2 - I_1$  — изменение силы тока за промежуток времени  $\Delta t = t_2 - t_1$ . Согласно закону электромагнитной

индукции, э.д.с. самоиндукции равна:  $\varepsilon = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$  Подставляя в это выражения предыдущую формулу,

Получаем  $\varepsilon_i = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$  Итак, э.д.с. самоиндукции, возникающая в проводнике, пропорциональна скорости изменения силы тока, текущего по нему. Соотношение представляет собой закон самоиндукции.

Под действием э.д.с. самоиндукции создаётся индукционный ток, называемый током самоиндукции. Этот ток, согласно правилу Ленца, противодействует изменению силы тока в цепи, замедляя его возрастание или убывание.

**Энергия магнитного поля.** При протекании электрического тока по проводнику вокруг него возникает магнитное поле. Оно обладает энергией. Можно показать, что энергия магнитного поля, возникающего вокруг проводника с индуктивностью  $L$ , по которому течёт постоянный ток силой  $I$ ,

равна 
$$W = \frac{1}{2}LI^2$$



### Билет № 7

1. Деформация это процесс изменения формы и размеров тела. Деформация  $E$  – это безразмерная величина, равная отношению размера изделия  $\Delta l$  к исходному размеру  $l_0$  нулевое. Механическое напряжение – величина, характеризующая упругие силы на единицу площади, численно равная отношению силы упругости к площади поперечного сечения образца.

**Закон Гука.** Ряд растяжения или сжатия, характеризующегося *вектором деформации (удлинения или сжатия)*  $\Delta l$ : сила упругости пропорциональна вектору деформации и противоположна ему по направлению. Механическое напряжение возникающая в образце пропорциональна относительному удлинению  $\sigma = E \epsilon$ .

$$\sigma = F/S, \quad F/S = E \cdot \Delta l / l_0 \quad F = (ES/l_0) \cdot \Delta l. \quad F = k \cdot \Delta l.$$

Жесткость  $K = ES/l_0$ . Упругая деф. – деф, при котором при снятии нагрузки образец восстанавливает свою форму. Пластичная наоборот. Пластичная деформация происходит путем взаимных сдвигов соседних слоев материала, причем эти сдвиги имеют необратимый характер. Запас прочности величина, показывающая во сколько раз предел прочности больше допустимой нагрузки. Деформация: растяжение, сжатие, сдвиг, изгиб, кручение.

Коэффициент пропорциональности  $E$  называют модулем Юнга и определяют по формуле  $\sigma = E \epsilon$

Юнга на площадь поперечного сечения стержня и обратно пропорциональна его длине.

Пределы пропорциональности и упругости. Закон Гука выполняется при небольших деформациях, а, следовательно, при напряжениях, не превосходящих некоторого предела.

Если увеличивать нагрузку, то деформация становится нелинейной, напряжение перестанет быть прямо пропорциональным относительному удлинению. Тем не менее, при небольших нелинейных деформациях после снятия нагрузки форма и размеры тела практически восстанавливаются. Максимальное напряжение, при котором ещё не возникают заметные остаточные деформации (относительная остаточная деформация не превышает 0,1%), называют пределом упругости  $\sigma_{\text{уп}}$ . Предел упругости превышает предел пропорциональности лишь на сотые доли процента.

## Билет №7

2. Электромагнитные колебания — это колебания электрических и магнитных полей, которые сопровождаются

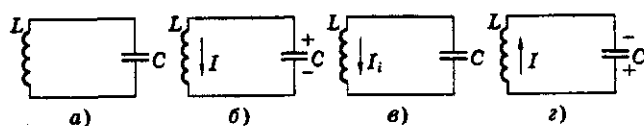


Рис. 30

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, г). 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 № 8

Переменный ток как вынужденные электромагнитные колебания. Действующие значения силы переменного тока и напряжения. Сила трения. Коэффициент трения скольжения. Учет и использования трения в быту и технике. Трения в жидкостях и газах

1. Сила, возникающая на границе взаимодействия тел при отсутствии относительного движения тел, называется **силой трения покоя**. Сила трения покоя равна по модулю внешней силе, направленной по касательной к поверхности соприкосновения тел и противоположна ей по направлению. При равномерном движении одного тела по поверхности другого под воздействием внешней силы на тело действует сила, равная по модулю движущей силе и противоположная по направлению. Эта сила называется **силой трения скольжения**. Вектор силы трения скольжения направлен против вектора скорости, поэтому эта сила всегда приводит к уменьшению относительной скорости тела. Силы трения также, как и сила упругости, имеют электромагнитную природу, и возникают за счет взаимодействия между электрическими зарядами атомов соприкасающихся тел. Экспериментально установлено, что максимальное значение модуля силы трения покоя пропорционально силе давления. Также примерно равны максимальное значение силы трения покоя и сила трения скольжения, как примерно равны и коэффициенты пропорциональности между силами трения и давлением тела на поверхность. Сила трения – механическая сила, в земных условиях трение и сила трения всегда сопутствуют любому движению тел. Сила трения возникает при непосредственном соприкосновении тел и всегда направлена вдоль поверхности соприкосновения.

Трение покоя. Сила трения покоя равна по модулю и направлена противоположно силе, приложенной к покоящемуся телу параллельно поверхности соприкосновения его с другим телом. Сила трения покоя мешает сдвинуть с места тяжёлый предмет. Максимальная сила трения покоя пропорциональна силе нормального давления. Сила трения покоя не только мешает телу начать двигаться, но и служит причиной начала движения.

Трение скольжения. На движущееся тело действует сила трения скольжения ( по модулю почти равна максимальной силе трения покоя), направлена всегда в сторону, противоположную направлению движения (напр – ию вектора скорости) тела относительно того тела, с которым оно соприкасается. Значит ускорение, сообщаемое силой трения телу, направлено против движения тела. Сила трения скольжения пропорциональна силе давления. Коэффициент трения характеризует не тело, на которое действует сила трения, а сразу на два соприкасающихся тела. Значение коэффициента зависит от материала, обработки поверхности тела, относительной скорости (при изменении направления скорости изменяется и направление силы трения) ... не зависит от площади, и относительного положения тел. Трение между твердыми телами – сухое трение.

Жидкое трение. Сила жидкого трения много меньше силы сухого трения. В жидкости и газе нет силы трения покоя (даже самая малая сила, приложенная к телу в жидкости или газе, сообщает ему ускорение. Сила жидкого трения зависит от направления движения, значения скорости (при небольших скоростях она пропорциональна скорости тела, а при больших – квадрату скорости). Сила

сопротивления зависит от формы тела. Форма тела, при которой сопротивление мало называют обтекаемой формой.

2. Устройства, полностью преобразующие электрическую энергию в другие виды энергии, называют активной нагрузкой, а их сопротивление – активным сопротивлением. Предположим, что напряжение на концах цепи меняется по гармоническому закону  $u = U_m \cos \omega t$ . Как и в случае постоянного тока, мгновенное значение силы тока пропорционально мгновенному значению напряжения. Поэтому применяется закон Ома для участка цепи:  $i = U/R = U_m \cos \omega t / R = I_m \cos \omega t$ . На активном сопротивлении колебания силы тока совпадают по фазе с колебаниями напряжения. Сила тока в любой момент времени пропорциональна ЭДС источника тока (закон Ома для полной цепи). Если ЭДС источника не изменяется со временем и остаются неизменными параметры цепи, то через некоторое время после замыкания цепи изменения силы тока прекращаются, в цепи течет постоянный ток., но в технике широко применяются различные генераторы электрического тока, в которых ЭДС периодически изменяется. При подключении в электрическую цепь генератора переменной ЭДС в цепи возникают вынужденные электромагнитные колебания. Вынужденными электромагнитными колебаниями называют периодические изменения силы тока и напряжения в электрической цепи, происходящие под действием переменной ЭДС от внешнего источника. Электромагнитные колебания в электрических цепях создаются генератором переменного тока, работающим на электростанции. ( $\Phi = B S \cos \alpha = B S \cos \omega t$ ;  $e = B S \omega \sin \omega t$  – изменения ЭДС индукции со временем происходит по этому закону или  $e = \epsilon_m \sin \omega t$ , где  $\epsilon_m = B S \omega$  амплитуда ЭДС). Если с помощью контактных колец и скользящих по ним щеток соединить концы витка с электрической цепью, то под действием ЭДС индукции, изменяющейся со временем по гармоническому закону, в электрической цепи возникнут вынужденные электрические колебания силы тока – переменный ток. На практике синусоидальная ЭДС возбуждается не путем вращения витка в магнитном поле, а путем вращения магнита или электромагнита (ротора) внутри статора – неподвижной обмотки, навитой на стальной сердечник. Это позволяет избежать снятия напряжения с помощью контактных колец, что невозможно при больших значениях амплитуды напряжения.  $U = U_m \cos \omega t$ ;  $i = I_m \cos \omega t$ ;  $I_m = U_m / R$ ;  $p = iu = I_m U_m \cos^2 \omega t$  так как среднее значение квадрата косинуса за период равно 0,5, то среднее значение мощности равно:  $P = I_m U_m / 2 = I_m^2 R / 2$  Из равенства мощностей получим  $I^2 R = I_m^2 R / 2$ ;  $I^2 = I_m^2 / 2$ . Действующим значением силы тока называют величину, в  $\sqrt{2}$  раз меньшую ее амплитудного значения:  $I = I_m / \sqrt{2}$ . Действующее значение силы тока равно силе такого постоянного тока, при котором средняя мощность, выделяющаяся в проводнике в цепи переменного тока, равна мощности, выделяющейся в том же проводнике в цепи постоянного тока. Действующее значение переменного напряжения в  $\sqrt{2}$  раз меньше его амплитудного:  $U = U_m / \sqrt{2}$ . Средняя мощность переменного тока при совпадении фаз колебаний силы тока и напряжения равна произведению действующих значений силы тока и напряжения:  $P = IU$ .  $P = I^2 R$ ;  $R = P / I^2$  (активное сопротивление).  $U_m = I_m L \omega$ ;  $X_L = U_m / I_m = L \omega$   $I_m = U_m \omega C$ ;  $X_C = U_m / I_m = 1 / \omega C$

## Билет №9

**1. Второй закон Ньютона** устанавливает связь между кинематической характеристикой движения – ускорением, и динамическими характеристиками взаимодействия – силами.

$$\vec{F} = m \vec{a}, \text{ или, в более точном виде,}$$

$$\frac{d \vec{p}}{dt} = \vec{F}, \text{ т.е. скорость изменения импульса}$$

материальной точки равна действующей на него силе. При одновременном действии на одно тело нескольких сил тело движется с ускорением, являющимся векторной суммой ускорений, которые возникли бы при воздействии каждой из этих сил в отдельности. Действующие на тело силы, приложенные к одной точке, складываются по правилу сложения векторов. Это положение называют принципом независимости действия сил. Центром масс называется такая точка твердого тела или системы твердых тел, которая движется так же, как и материальная точка массой, равной сумме масс всей системы в целом, на которую действуют та же результирующая сила, что и на тело.

$$m \cdot \vec{v}_{ц.м.} = \sum_i m_i \vec{v}_i. \text{ Центр тяжести – точка}$$

приложения равнодействующей всех сил тяжести, действующих на частицы этого тела при любом положении в пространстве. Если линейные размеры тела малы по сравнению с размером Земли, то центр масс совпадает с центром тяжести. Сумма моментов всех сил элементарных тяжести относительно любой оси, проходящей через центр тяжести, равна нулю.

2. Аппараты, преобразующие переменный ток одного напряжения в другое – называются электрическими трансформаторами. Состоит из нескольких катушек изолированного провода, размещенных на магнитопроводе из тонких пластин специальной электротехнической стали. Переменный ток, текущий по одной из обмоток (первичной). Создает вокруг нее и в магнитопроводе переменной магнитное поле, пересекающее витки другой (вторичной), возбуждает в ней переменную электродвижущую силу. Если обе обмотки имеют равное количество витков, то в ней наведется такое же напряжение, какое в первичной. Если не равное количество, то трансформатор может быть повышающим (во вторичной обмотке больше витков), понижающим – наоборот. Действие основано на явлении электромагнитной индукции. При прохождении переменного тока по первичной обмотке в сердечнике появляется переменный магнитный поток, который возбуждает ЭДС индукции в каждой обмотке. Сердечник из трансформаторной стали концентрирует магнитное поле, так что магнитный поток практически существует только внутри сердечника и одинаков во всех его сечениях.

$U_1/U_2 = I_2/I_1$ ,  $U_1/U_2 = E_1/E_2 = n_1/n_2 = K$ , где  $K$  – коэффициент трансформации, при  $K > 0$  – понижающий.... При разомкнутой вторичной обмотки трансформатор с малым активным сопротивлением первичной обмотки почти не потребляет энергию из

сети, так как велико индуктивное сопротивление ненагруженной обмотки трансформатора. Если к концам вторичной обмотки присоединить цепь, то сила тока во вторичной обмотке уже не будет равна 0. Появившийся ток создает в сердечнике свой переменный магнитный поток, который по правилу Ленца должен уменьшить изменения магнитного потока в сердечнике. Но уменьшение амплитуды потока должно уменьшить ЭДС. Однако это невозможно, так как модули  $U_1 = e_1$ . Поэтому при замыкании цепи вторичной обмотки автоматически увеличивается сила тока в первичной. Увеличение силы тока в первичной цепи (по закону сохранения энергии) увеличит силу тока во вторичной.

Трансформаторы находят широкое применение в промышленности и быту. Силовые электрические трансформаторы дают возможность передавать переменный ток линиям электропередачи на большие расстояния с малыми потерями энергии. Для этого напряжение переменного тока, вырабатываемого генераторами электростанций, с помощью трансформаторов повышают до нескольких сотен тысяч вольт и посылают по ЛЭП. В месте потребления напряжение понижают трансформаторами. 1-ое Условие равновесия М- момент силы – физич. величина, характеризующая степень вращения тела. Численно = произвед. силы на плечо.

2)  $\vec{M} = \vec{r} \cdot \vec{F}$  – плечо силы – кратчайшее расстояние от точки оси вращения до линии действия силы.

$M_{F_1} = -F_1 \cdot l_1$   $F < 0$ , т.к.  $F$ , вызывает вращение против часовой стрелки. Так же  $F_2 > 0$ ,

т.к. поворот по часовой стрелке.

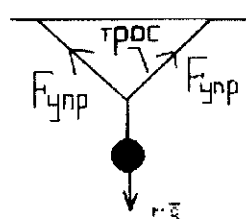
Условие равновесия тел (№2), имеющих ось вращения: суммы моментов сил = 0

$$\sum \vec{M} = 0$$



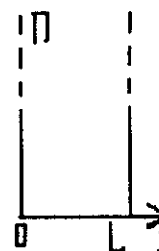
А если тело не имеет оси вращения, то условие равновесия: сума сил, приложенных к телу = 0  $\sum \vec{F} = 0$

$$\vec{F}_{упр} + \vec{F}_{упр} + m\vec{g} = 0$$



Равновесие – это либо состояние покоя, либо равномерное движение.

Принцип минимума потенциальной энергии.



Одномерное движение частицы вдоль оси  $Ox$  может быть ограничено следующим образом. В области  $0 \leq x \leq L$

частица движется свободно. За пределы области  $0L$  она выйти не может. На границах области  $0L$ , в точках  $x=0$  и  $x=L$ , потенциальная энергия  $\Pi$  частицы становится равной бесконечности. Такое движение частицы наз-ся движением в прямоугольной одномерной потенциальной яме.

## Билет № 10

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

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.**

Единица импульса в СИ —  $\text{Н} \cdot \text{с}$ .

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:

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = 0, \text{ отсюда } v_1 = -m_2 v_2 / m_1.$$

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 №10

**2. Электромагнитные волны** – это процесс распространения электромагнитных колебаний в пространстве с конечной скоростью. Представьте себе, что электрический заряд приведен в быстрые колебания вдоль некоторой прямой. Тогда начнет периодически изменяться и электрическое поле вокруг заряда. Причем период изменений будет равен периоду колебаний заряда. Переменное электрическое поле будет порождать периодически меняющееся магнитное поле, а последнее вызовет появление электрического поля уже на большем расстоянии от заряда.

**Условием возникновения** электромагнитных волн является ускоренное движение электрических зарядов. Так, изменение магнитного поля происходит при изменении тока в проводнике, а изменение тока происходит при изменении скорости зарядов, т. е. при движении их с ускорением. Скорость распространения электромагнитных волн в вакууме по расчетам Максвелла должна быть приблизительно равна 300 000 км/с.

Впервые опытным путем получил электромагнитные волны физик Генрих Герц, используя при этом высокочастотный искровой разрядник (вибратор Герца). Герц опытным путем определил также скорость электромагнитных волн. Она совпала с теоретическим определением скорости волн Максвеллом. Простейшие электромагнитные волны — это волны, в которых электрическое и магнитное поля совершают синхронные гармонические колебания.

**Конечно, электромагнитные волны обладают всеми основными свойствами волн.**

Они подчиняются **закону отражения волн**:

*угол падения равен углу отражения.* При переходе из одной среды в другую преломляются и подчиняются **закону преломления волн**: *отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для двух данных сред и равная отношению скорости электромагнитных волн в первой среде к скорости электромагнитных волн во второй среде* и называется **показателем преломления** второй среды относительно первой.

Явление дифракции электромагнитных волн, т. е. отклонение направления их распространения от прямолинейного, наблюдается у края преграды или при прохождении через отверстие. Электромагнитные волны способны к **интерференции**. Интерференция — это способность когерентных волн к наложению, в результате чего волны в одних местах друг друга усиливают, а в других местах — гасят. (Когерентные волны — это волны, одинаковые по частоте и фазе колебания.) Электромагнитные волны обладают **дисперсией**, т. е. когда показатель преломления среды для электромагнитных волн зависит от их частоты. Опыты с пропусканием электромагнитных волн через систему из двух решеток показывают, что эти волны являются поперечными.

## Билет № 11

**1. Элементарной работой силы** на элементарном перемещении материальной точки называется скалярная физическая величина. Значение элементарной работы силы зависит от выбора системы отсчета. Единица работы – Дж. *Потенциальными* называются силы, работа которых зависит от начального и конечного положения движущейся материальной точки или тела и не зависит от формы траектории. При замкнутой траектории работа потенциальной силы всегда равна 0. К потенциальным силам относятся силы тяготения, силы упругости и электрические силы. Быстроту выполнения работы в технике характеризуют мощностью. Она показывает, какая работа совершается телом в единицу времени. Это скорость совершения работы  $N=A/t$ . Измеряется в ваттах (за 1 с выполняется работы в 1 Дж).

*Закон сохранения механической энергии:* механическая энергия системы, в которой действуют потенциальные силы, сохраняется постоянной в процессе движения системы.  $E_1+E_2=E_1'+E_2'$

**2. Интерференцией света** называют пространственное перераспределение светового потока при наложении двух (или нескольких) когерентных световых волн (Когерентные волны — это волны, одинаковые по частоте и фазе колебания.), 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). Световые волны, отраженные двумя поверхностями тонкой пленки, распространяются в одном направлении, но проходят разные пути. При разности хода  $l$ , кратной целому числу длин волн  $l = 2k \lambda/2$ .

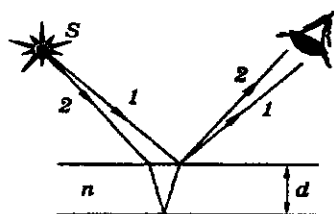


Рис. 34

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.

Интерференцию света удалось наблюдать с помощью установки, предложенной Юнгом. Он был одним из первых, кто понял, что от двух независимых источников света интерференционная картина не получится. Поэтому он пропустил в темную комнату солнечный свет через узкое отверстие, затем с помощью двух других отверстий разделил этот пучок на два. Эти два пучка, накладываясь друг на друга, образовали в центре экрана белую полосу, а по краям – радужные. Таким образом, в опыте Юнга интерференционная картина получилась путем деления фронта волны, исходящей из одного источника, при ее прохождении через два близко расположенных отверстия.



## Билет №12

1. Физическая величина, равная отношению модуля силы, действующей перпендикулярно поверхности к площади этой поверхности, называется **давлением**. Единица давления – **паскаль**, равный давлению, производимому силой в **1 ньютона на площадь в 1 квадратный метр**. Все жидкости и газы передают производимое на них давление во все стороны. В цилиндрическом сосуде сила давления на дно сосуда равна весу столба жидкости. Давление на дно сосуда равно  $p_{\text{жидк}} = \frac{mg}{S} = \frac{\rho Vg}{S} = \rho gh$ , откуда давление на

глубине  $h$  равно  $p = p_{\text{жидк}} + p_{\text{атм}} = \rho gh + p_0$ . На стенки сосуда действует такое же давление. Равенство давлений жидкости на одной и той же высоте приводит к тому, что в сообщающихся сосудах любой формы свободные поверхности покоящейся однородной жидкости находятся на одном уровне (в случае пренебрежимо малости капиллярных сил). В случае неоднородной жидкости высота столба более плотной жидкости будет меньше высоты менее плотной.

Зависимость давления в жидкости и газе от глубины приводит к возникновению выталкивающей силы, действующей на любое тело, погруженное в жидкость или газ. Эту силу называют **архимедовой силой**. Если в жидкость погрузить тело, то давления на боковые стенки сосуда уравниваются друг другом, а равнодействующая давлений снизу и сверху является **архимедовой силой**.

$$\vec{F}_A = \vec{F}_2 + \vec{F}_1 = p_2 S - p_1 S = \rho_0 gh_2 S - \rho_0 gh_1 S = \rho_0 gSh = \rho_0 gV = m_0 g$$

т.е. силы, выталкивающая погруженное в жидкость (газ) тело, равна весу жидкости (газа), вытесненному телом. Архимедова сила направлена противоположно силе тяжести, поэтому при взвешивании тела в жидкости вес тела меньше, чем в вакууме. На тело, находящееся в жидкости, действует сила тяжести и архимедова сила. Если сила тяжести по модулю больше – тело тонет, меньше – всплывает, может находиться в равновесии на любой глубине. Эти отношения сил равны отношениям плотности тела и жидкости (газа).

2. 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.

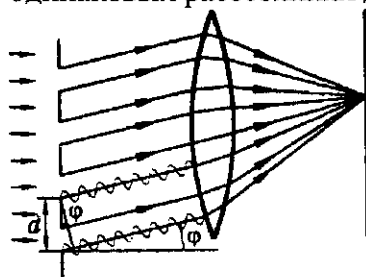


Рис. 35

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**, ( $\varphi$  — 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  $\varphi$ . 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. Для нахождения результата интерференции колебаний от вторичных источников Френель предложил метод разбиения волнового фронта на зоны, называемы зонами Френеля. Обозначим расстояние от точки 0 до ближайшей точки волновой поверхности D через  $r_0$ . Первая зона Френеля ограничивается точками волновой поверхности, расстояние от которых до точки 0 равно  $r_1 = r_0 + \lambda/2$ . Эти точки располагаются на окружности. Вторая зона Френеля находится между краем первой зоны и точками волновой поверхности, расстояние от которых до точки 0 равно  $r_2 = r_1 + \lambda/2 = r_0 + \lambda$ . Все зоны Френеля имеют одинаковую площадь, но если так, то они должны были бы возбуждать в точке наблюдения колебания с одинаковой амплитудой, но это условие не выполняется вследствие того, что у каждой последующей зоны угол  $\alpha$  между лучом, проведенным в точку наблюдения, и нормалью к фронту волны несколько больше, чем у предыдущей зоны, а с увеличением этого угла амплитуда колебаний уменьшается. Разность хода двух соседних зон равна  $\lambda/2$ , следовательно колебания от них приходят в точку наблюдения в противоположных фазах, так что волны от любых двух соседних зон Френеля почти гасят друг друга. Суммарная амплитуда колебаний в точке наблюдения меньше амплитуды колебаний, которые вызвала бы одна первая зона Френеля. Пока радиус отверстия меньше радиуса первой зоны Френеля, увеличение ширины отверстия приводит к увеличению амплитуды колебаний в точке 0 (так как разность хода для колебаний, пришедших от различных точек первой зоны не превышает  $\lambda/2$ ). Максимального значения амплитуда достигает при равенстве радиуса отверстия радиусу первой зоны Френеля. При дальнейшем увеличении радиуса отверстия амплитуда колебаний в точке 0 уменьшается в результате интерференции колебаний, приходящих от первой и второй зон; она становится минимальной при равенстве радиуса отверстия радиусу второй зоны. При дальнейшем увеличении радиуса отверстия амплитуда колебаний принимает максимальные значения, когда в отверстии укладывается нечетное число зон Френеля, и минимальные значения при четном их числе.

Дифракционная решетка – спектральный прибор, служащий для разложения света в спектр и измерения длины волны. Решетки в зависимости от применения бывают металлическими и стеклянными. Наблюдения проводятся на металлических решетках только в отраженном свете, а на стеклянных – чаще всего в проходящем свете. Главная характеристика решетки – постоянная решетки  $d = a + b$ , где  $b$  – ширина щели,  $a$  – ширина непрозрачного участка. В тех направлениях, для которых разность хода равна четному числу полуволн, наблюдается интерференционный максимум, и наоборот. После падения плоской волны на дифракционную решетку происходит интерференция волн, дифрагировавших на щелях решетки. Различным длинам волн соответствуют разные углы  $d \sin \alpha = k\lambda$ , на которых наблюдается интерференционные максимумы. На этом основано главное свойство решетки – разложение падающего на нее монохроматического света, в спектр.

**1. Механическими колебаниями** называют движения тела, повторяющиеся точно или приблизительно через одинаковые промежутки времени. Основными 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:  $\nu = 1/T$ .

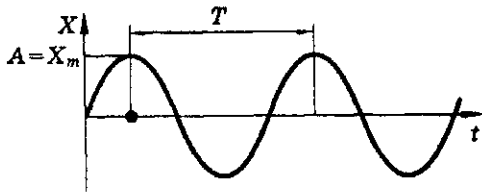


Рис. 8

**Гармоническими** называют колебания, при которых какая-либо физическая величина, описывающая процесс, изменяется со временем по закону косинуса или синуса:  $\xi(t) = A \cdot \cos(\omega t + \alpha)$

**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).

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

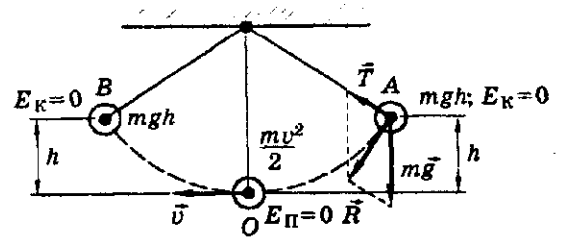


Рис. 9

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 электродрели 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.

**2.** В однородной среде свет распространяется прямолинейно. Об этом свидетельствуют резкие тени, отбрасываемые непрозрачными предметами при освещении их точечными источниками света.

угол падения равен углу отражения. При переходе из одной среды в другую преломляются и подчиняются **закону преломления** волн: отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для двух данных сред и равная отношению скорости электромагнитных волн в первой среде к скорости электромагнитных волн во второй среде и называется **показателем преломления** второй среды относительно первой.

## Билет №14

1. Мир наполнен самыми разнообразными звуками: тиканьем часов и гулом моторов, шелестом листов и завыванием ветра, пением птиц и голосами людей. О том, как рождаются звуки и что они собой представляют, люди начали догадываться очень давно. Достигая уха, звук воздействует на барабанные перепонки и вызывает ощущение звука. На слух человек воспринимает упругие волны, имеющие частоту в пределах от 16 Гц до 20 кГц (1 Гц – одно колебание в секунду). Вот почему упругие волны в любой среде, частоты которых лежат в указанных пределах, называют звуковыми волнами или просто звуком. В воздухе при температуре 0 и нормальном атмосферном давлении звук распространяется со скоростью 330 м/с, а в морской воде – около 1500 м/с, а в некоторых металлах его скорость достигает 700 м/с. Упругие волны с частотой меньше 16 Гц называют инфразвуком, а с частотой превышающей 20 кГц – ультразвуком. Звук может распространяться в виде продольных и поперечных волн. В газообразном состоянии возникают только продольные волны, когда колебательное движение частиц происходит лишь в том направлении, в котором распространяется волна. В твердых телах помимо продольных возникает и поперечные, когда частицы среды колеблются в направлении, перпендикулярном направлению волны. Звуковые волны несут с собой энергию, которую сообщают им источник звука. Величину кинетической энергии, протекающей за одну секунду через квадратный сантиметр поверхности, перпендикулярной направлению распространения волны, вычислил Николай Алексеевич Наумов. Эту величину назвали потоком энергии. Она выражает меру интенсивности, или, как еще говорят, силы звука. Всякий реальный звук – это не просто гармоническое колебание, а своеобразная смесь многих гармонических колебаний с определенным набором частот. Музыкальный звук характеризуется тремя качествами: высотой (определяющейся числом колебаний в секунду – частотой), громкостью (зависящей от интенсивности колебаний) и тембром – окраской звука (зависящей от формы колебаний). Из-за конечной скорости звука появляется эхо. Чтобы его услышать, можно произнести громкий звук перед крупным зданием, отстоящим от вас на 20–30 метров. Распространяющаяся звуковая волна, встретив на своем пути большую преграду – стену здания, отражается от нее. Когда отраженная волна достигает нашего уха, мы слышим отголосок или эхо. Эхо – это звуковая волна, отраженная какой-либо преградой и возвратившаяся в то место, откуда она начала распространяться. Легко понять, что мы слышим эхо через такой промежуток времени. В течении которого звуковая волна проходит путь до преграды и обратно, т.е. проходит двойное расстояние между источником звука и преградой.  $S = V \cdot t / 2$ . Излучая короткие импульсы волн и улавливая их эхо, измеряют время движения волны от преграды и обратно, а потом определяют расстояние до преграды. В этом суть эхолокации. Волна – распространение колебаний в пространстве ... от точки к точке от частицы к частице. Скорость распространения волны – скорость волны, которая равна произведению частоты колебаний в волне на длину волны. Волна, в которой колебания происходят вдоль той же прямой, что и их распространение, называют продольной волной. Волна, распространяющаяся в направлении, перпендикулярном направлению колебаний частиц в волне, называется поперечной. Энергия пропорциональна квадрату амплитуды колебаний. Звуковые колебания, переносимые звуковой волной, могут служить вынуждающей, периодически изменяющейся силой для колебательных систем и вызвать в этих системах явление резонанса (это акустический резонанс). Для звучания – резонаторы.

**2.** Линзой называется прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями. Тонкой, если ее толщина мала по сравнению с радиусами кривизны ее поверхностей, в противном случае – толстой.

Оптическая сила – это величина, обратная фокусному расстоянию

$$D=1/F$$

Измеряется в диоптриях. 1 диоптрий – это оптическая сила такой линзы, фокусное расстояние которой 1 м.

*Лупы*- короткофокусные двояковыпуклые линзы, сделанные из стекла или пластмассы.

$$\gamma = \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi_0} = \frac{D}{f} \quad f\text{-фокусн расстоян лизы, } D\text{-расстоян до предмета}$$

*Микроскоп.* Микроскопом называют оптический прибор, служащий для рассматривания мелких предметов, невидимых невооруженным глазом. Микроскоп состоит из двух *собирающих* линз - короткофокусного *объектива* и длиннофокусного *окуляра*, расстояние между которыми можно изменять при настройке на резкость. Объектив создает действительное, перевернутое, увеличенное промежуточное изображение. Окуляр действует как лупа, создавая мнимое увеличенное

изображение.  $\gamma = \frac{D\Delta}{f_{OB}f_{OK}}$  -угловое увеличение микроскопа,  $\Delta$  - расстоян м\у зад фокусом объектива

и передним фокусом окуляра

*Телескоп:* а)рефлекторы,б)рефракторы

Действие *рефлектора*- отражающего телескопа- основано на использовании зеркального, отражающего объектива.Впервые создал Ньютон. Ньютон стремился устранить хроиатическую aberrацию, свойственную линзам.

В рефракторе - линзовом телескопе используются две системы линз. Оптическую систему телескопа для получения максимального углового увеличения конструируют так. Чтобы задний фокус объектива совпадал с передним фокусом окуляра

Для характеристики объектива телескопа вводят величину  $A$ , обратную предельному углу(ее наз-ют *разрешающей силой*

$\gamma = \frac{f_{OB}}{f_{OK}}$  телескопа)  $A = 1/\varphi = D_{OB}/\lambda$ . Для увеличения разрешающей способности телескопа надо

брать объективы большого диаметра. Другой путь— уменьшение длины волны регистрируемого излучения. *Фотоаппарат* представляет собой закрытую светонепрониц камеру и систему линз, называемую объективом.(состоит из 2-3х линз, навороченные 7-9)Диафрагма—при ее помощи получается четкое изображение предметов, находящихся на разных расстояниях от фотоаппарата. *Диaproектор*- назначение создавать на экране увеличенные изображения прозрачных рисунков или фоток, зафиксированных на кадре диафильма. *Эниaproектор*-получение изображения зафиксированного на бумаге.(тема такая как в цнуре стоит). *Киноaproектор* отличается от диаaproектора лишь тем, что в нем имеется механический прерыватель (обтюратор), который заслоняет объектив в тот момент, когда киноплёнка продергивается на 1 кадр. Т.к. смена кадров происходит 24 раза в 1с. Глаз эти прерывания не замечает.

## Билет №15

1. 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  $0^\circ\text{C}$  принята точка замерзания воды, за  $100^\circ\text{C}$  принята точка кипения воды при нормальном атмосферном давлении).

**2. Дисперсия света.** Явление зависимости показателя преломления вещества от частоты света называется дисперсией света. Установлено, что с возрастанием частоты света показатель преломления вещества увеличивается. Пусть на трёхгранную призму падает узкий параллельный пучок белого света на котором показано сечение призмы плоскостью чертежа и одни из лучей). При прохождении через призму он разлагается на пучки света разного цвета от фиолетового до красного. Цветную полосу на экране называют сплошным спектром. Нагретые тела излучают световые волны со всевозможными частотами, лежащими в интервале частот от  $0,4 \cdot 10^{15}$  до  $0,75 \cdot 10^{15}$  Гц. При разложении этого света и наблюдается сплошной спектр. Возникновение сплошного спектра объясняется дисперсией света. Наибольшее значение показатель преломления имеет для фиолетового света, наименьшее — для красного. Это приводит к тому, что сильнее всего будет преломляться фиолетовый свет и слабее всего — красный. Разложение сложного света при прохождении через призму используется в спектрометрах. Поглощение света. Явление поглощения света объясняет классическая электронная теория. Объяснение состоит в следующем. Электроны атомов и молекул совершают вынужденные колебания под действием электрического поля с частотой, равной частоте света. Если частота световой волны приближается к частоте собственных колебаний, то возникает явление резонанса, обуславливающее поглощение света. Поглощенная энергия может переходить в другие виды, в частности, она может превращаться в энергию хаотического, теплового движения частиц вещества.

## Билет №16

**1. 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).



## Электромагнитные излучения

### *Свет*

Диапазон длин волн видимого света заключен между 4 000 А (фиолетовый цвет) и 7 000 А (красный цвет). Самой важной характеристикой видимого излучения является, разумеется, его видимость для человеческого глаза. Наверное, не случайно именно видимые лучи электромагнитного излучения земная атмосфера пропускает лучше всего. Наверное, не случайно и то, что и Солнце наиболее активно излучает в видимых лучах. Неслучайность, конечно, заключается в том, что наш глаз эволюция сделала таким.

Самыми ощутимыми для глаза являются желто-зеленые лучи. Специальное покрытие на объективах фотоаппаратов и видеокамер, которое Вы наверняка замечали по сиреневому блеску, как раз призвано пропускать внутрь аппаратуры желто-зеленый свет и отражать не столь ощутимые для глаза лучи. Поэтому нам блеск объектива и кажется некоторой смесью красного и фиолетового. Дальше мы увидим, что видимый свет является лишь малой частичкой всего электромагнитного спектра.

### *Инфракрасное излучение*

Небезызвестный Вильям Гершель, проводя измерения энергии различных лучей видимого света, случайно обнаружил, что используемые им термометры нагреваются и за границей красного конца спектра. Ученый сделал вывод, что существуют некоторые лучи, продолжающие спектр за красным светом. Эти лучи он назвал инфракрасными. Еще их называют тепловыми, так как инфракрасные лучи излучает любое нагретое тело, даже если оно не светится для глаза. Диапазон инфракрасных волн заключен между 7 000 А и 5 000 000 А. 5 000 000 А – это уже полмиллиметра. Итак, диапазон тепловых лучей гораздо шире, чем видимый спектр.

Земная атмосфера пропускает совсем небольшую часть инфракрасного излучения. Оно поглощается молекулами воздуха, и особенно в этом преуспевает углекислый газ. Этот же газ повинен в том, что тепло не столь охотно покидает нашу планету. Световое излучение нагревает поверхность, та излучает тепло, которому обратно в космос выйти не удастся. Такой эффект называют парниковым. В космосе углекислого газа немного, поэтому тепловые лучи с небольшими потерями проходят сквозь пылевые облака. Именно благодаря инфракрасному излучению в нашей стране была получена первая фотография центра Галактики, который закрыт от Земли газопылевыми облаками.

### *Радиоволны*

Еще большую длину имеют радиоволны, благодаря которым есть радио «Маяк», канал ОРТ и многообразие сотовых телефонов. Все электромагнитное излучение, длина волны которого больше полумиллиметра, относится к радиоволнам. Это – длинноволновый конец электромагнитного спектра.

Радиоволны в значительной степени без проблем проходят сквозь земную атмосферу, и лишь некоторые из радиоволн, которые называют короткими, отражаются от ионизированного слоя земной атмосферы. Благодаря этому отражению возможна связь между радиостанциями, расположенными на противоположных точках планеты.

Радиоволны несильно поглощаются средой, поэтому изучение Вселенной в радиодиапазоне очень информативно для астрономов.

## ***Ультрафиолетовое излучение***

Излучение, длина волны которого короче, чем у видимых лучей фиолетового цвета, называют ультрафиолетовым. Это излучение, по большей части, вредно для живых организмов, однако по той же большей части ультрафиолет не проходит сквозь атмосферу Земли. Виной тому небезызвестный озоновый слой, который активно поглощает небезопасные лучи.

Та часть ультрафиолета, которая примыкает к видимым лучам, доходит до поверхности и вызывает у нас с Вами загар. У чернокожих этот загар генетически врожден, ведь загар – защитная реакция кожи на ультрафиолет.

Ультрафиолет, как Вы, наверное, догадываетесь, щедро и во все стороны «разбрасывается» Солнцем. Но как уже говорилось, Солнце сильнее всего излучает в видимых лучах. Напротив, горячие голубые звезды – мощный источник ультрафиолетового излучения. Именно это излучение нагревает и ионизует излучающие туманности, благодаря чему мы их и видим. Ультрафиолет, тем самым, легко поглощается газовой средой и из далеких областей Галактики и Вселенной почти к нам не доходит, если на пути лучей есть газопылевые преграды.

Ультрафиолетом считают электромагнитные волны с длиной волны от 100 А до 7 000 А.

## ***Рентгеновское излучение***

Физик Рентген открыл еще более коротковолновое излучение. Недолго думая, эти лучи назвали в честь самого Рентгена. Обладая хорошей проникающей способностью, рентгеновское излучение нашло применение в медицине и кристаллографии. Как Вы, наверное, слышали, рентгеновские лучи опять-таки вредны живым организмам. И атмосфера Земли из-за их проникаемости, упомянутой только что, им не помеха. Нас выручает магнитосфера Земли. Она задерживает многие опасные излучения космоса.

В астрономии рентгеновские лучи чаще всего упоминаются в разговорах о черных дырах, нейтронных звездах и пульсарах. При аккреции вещества вблизи магнитных полюсов релятивистской звезды выделяется много энергии, которая и излучается в рентгеновском диапазоне (здесь – подробнее). Мощные вспышки на Солнце также являются источниками рентгеновского излучения.

Длины волн лучей Рентгена заключены между 0,1 А и 100 А.

## ***Гамма-излучение***

Самые короткие волны (меньше 0,1 А) у гамма-лучей. Это самый опасный вид радиоактивности, самое опасное электромагнитное излучение. Энергия фотонов гамма-лучей очень высока, и их излучение происходит при некоторых процессах внутри ядер атомов. Примером такого процесса может быть аннигиляция – взаимоуничтожение частицы и античастицы с превращением их массы в энергию. Регистрируемые, время от времени, таинственные гамма-вспышки на небе пока никак не объяснены астрономами. Ясно, что энергия явления, производящего вспышки, просто грандиозна. По некоторым подсчетам, на секунды, которые длится такая вспышка, она излучает больше энергии, чем вся остальная Вселенная. Гамма-излучение не пропускается к Земле ее магнитосферой.

## Билет №17

### 1. Уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы

Соотношение

$$p = nkT,$$

связывающее давление газа с его температурой и концентрацией молекул, получено в §3.2 для модели идеального газа, молекулы которого взаимодействуют между собой и со стенками сосуда только во время упругих столкновений. Это соотношение может быть записано в другой форме, устанавливающей связь между макроскопическими параметрами газа – объемом  $V$ , давлением  $p$ , температурой  $T$  и количеством вещества  $\nu$ . Для этого нужно использовать равенства

$$\nu = \frac{N}{N_A} = \frac{m}{M} \frac{N_A}{N_A}.$$

Здесь  $N$  – число молекул в сосуде,  $N_A$  – постоянная Авогадро,  $m$  – масса газа в сосуде,  $M$  – молярная масса газа. В итоге получим:

$$pV = \nu N_A kT = \frac{m}{M} N_A kT.$$

Произведение постоянной Авогадро  $N_A$  на **постоянную Больцмана**  $k$  называется **универсальной газовой постоянной** и обозначается буквой  $R$ . Ее численное значение в СИ есть:

$$R = 8,31 \text{ Дж/моль} \cdot \text{К}.$$

Соотношение

$$pV = \nu RT = \frac{m}{M} RT. \quad (*)$$

называется **уравнением состояния идеального газа**.

Для одного моля любого газа это соотношение принимает вид:

$$pV = RT.$$

Если температура газа равна  $T_n = 273,15 \text{ К}$  ( $0^\circ \text{C}$ ), а давление  $p_n = 1 \text{ атм} = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па}$ , то говорят, что газ находится при нормальных условиях. Как следует из уравнения состояния идеального газа, один моль любого газа **при нормальных условиях** занимает один и тот же объем  $V_0$ , равный

$$V_0 = 0,0224 \text{ м}^3/\text{моль} = 22,4 \text{ дм}^3/\text{моль}.$$

Это утверждение называется **законом Авогадро**.

Для смеси невзаимодействующих газов уравнение состояния принимает вид

$$pV = (\nu_1 + \nu_2 + \nu_3 + \dots)RT,$$

где  $\nu_1, \nu_2, \nu_3$  и т. д. – количество вещества каждого из газов в смеси.

Уравнение, устанавливающее связь между давлением, объемом и температурой газа было получено в середине XIX века французским физиком Б. Клапейроном, в форме (\*) оно было впервые записано Д. И. Менделеевым. Поэтому уравнение состояния газа называется **уравнением Клапейрона–Менделеева**.

Следует отметить, что задолго до того, как уравнение состояния идеального газа было теоретически получено на основе молекулярно-кинетической модели, закономерности

поведения газов в различных условиях были хорошо изучены экспериментально. Поэтому уравнение (\*) можно рассматривать как обобщение опытных фактов, которые находят объяснение в молекулярно-кинетической теории.

Газ может участвовать в различных тепловых процессах, при которых могут изменяться все параметры, описывающие его состояние ( $p$ ,  $V$  и  $T$ ). Если процесс протекает достаточно медленно, то в любой момент система близка к своему равновесному состоянию. Такие процессы называются **квазистатическими**. В привычном для нас масштабе времени эти процессы могут протекать и не очень медленно. Например, разрежения и сжатия газа в звуковой волне, происходящие сотни раз в секунду, можно рассматривать как квазистатический процесс. Квазистатические процессы могут быть изображены на **диаграмме состояний** (например, в координатах  $p$ ,  $V$ ) в виде некоторой траектории, каждая точка которой представляет равновесное состояние.

Интерес представляют процессы, в которых один из параметров ( $p$ ,  $V$  или  $T$ ) остается неизменным. Такие процессы называются **изопроцессами**.

### **Изотермический процесс ( $T = \text{const}$ )**

**Изотермическим процессом** называют квазистатический процесс, протекающий при постоянной температуре  $T$ . Из уравнения (\*) состояния идеального газа следует, что при постоянной температуре  $T$  и неизменном количестве вещества  $\nu$  в сосуде произведение давления  $p$  газа на его объем  $V$  должно оставаться постоянным:

$$pV = \text{const.}$$

На плоскости ( $p$ ,  $V$ ) изотермические процессы изображаются при различных значениях температуры  $T$  семейством гипербол  $p \sim 1/V$ , которые называются **изотермами**. Так как коэффициент пропорциональности в этом соотношении увеличивается с ростом температуры, изотермы, соответствующие более высоким значениям температуры, располагаются на графике выше изотерм, соответствующих меньшим значениям температуры (рис. 3.3.1). Уравнение изотермического процесса было получено из эксперимента английским физиком Р. Бойлем (1662 г.) и независимо французским физиком Э. Мариоттом (1676 г.). Поэтому это уравнение называют **законом Бойля–Мариотта**.

### **Изохорный процесс ( $V = \text{const}$ )**

**Изохорный процесс** – это процесс квазистатического нагревания или охлаждения газа при постоянном объеме  $V$  и при условии, что количество вещества  $\nu$  в сосуде остается неизменным.

Как следует из уравнения (\*) состояния идеального газа, при этих условиях давление газа  $p$  изменяется прямо пропорционально его абсолютной температуре:  $p \sim T$  или

$$\frac{p}{T} = \text{const.}$$

На плоскости ( $p$ ,  $T$ ) изохорные процессы для заданного количества вещества  $\nu$  при различных значениях объема  $V$  изображаются семейством прямых линий, которые называются **изохорами**. Большим значениям объема соответствуют изохоры с меньшим наклоном по отношению к оси температур (рис. 3.3.2).

Экспериментально зависимость давления газа от температуры исследовал французский физик Ж. Шарль (1787 г.). Поэтому уравнение изохорного процесса называется **законом**

**Шарля.**

Уравнение изохорного процесса может быть записано в виде:

$$p = \frac{p_0}{T_0} T = p_0 \alpha T,$$

где  $p_0$  – давление газа при  $T = T_0 = 273,15$  К (то есть при температуре  $0^\circ\text{C}$ ). Коэффициент  $\alpha$ , равный  $1/273,15\text{ K}^{-1}$ , называют **температурным коэффициентом давления**.

### **Изобарный процесс ( $p = \text{const}$ )**

**Изобарным процессом** называют квазистатический процесс, протекающий при неизменном давлении  $p$ .

Уравнение изобарного процесса для некоторого неизменного количества вещества  $\nu$  имеет вид:

$$\frac{V}{T} = \text{const} \text{ или } V = V_0 \alpha T,$$

где  $V_0$  – объем газа при температуре  $0^\circ\text{C}$ . Коэффициент  $\alpha$  равен  $1/273,15\text{ K}^{-1}$ . Его называют **температурным коэффициентом объемного расширения газов**.

На плоскости  $(V, T)$  изобарные процессы при разных значениях давления  $p$  изображаются семейством прямых линий (рис. 3.3.3), которые называются **изобарами**.

Зависимость объема газа от температуры при неизменном давлении была экспериментально исследована французским физиком Ж. Гей-Люссаком (1862 г.).

Поэтому уравнение изобарного процесса называют **законом Гей-Люссака**.

Экспериментально установленные законы Бойля–Мариотта, Шарля и Гей-Люссака находят объяснение в молекулярно-кинетической теории газов. Они являются следствием уравнения состояния идеального газа.

## Гипотеза Планка о квантах. Фотоэффект.

2. Только в идеальных условиях полная работа равна работе полезной. Отношение полезной работы к полной называется КПД. КПД любого механизма всегда меньше 100%. При распространении света проявляются его волновые свойства, а при взаимодействии с веществом обнаруживается его прерывистая структура, проявляемая, например, при фотоэффекте. Фотоэффектом называется вырывание электрона вещества под действием света. Различают два вида: внешний заключается в испускании электронов с поверхности вещества, внутренний связан с перераспределением электронов атомов по их состоянию в твердом теле, при поглощении им электромагнитного излучения. Установлен закон: максимальная скорость вылетающих электронов зависит от частоты колебаний электромагнитной волны и растет с увеличением частоты.  $h\nu = A_{\text{вых}} + mV^2/2$ , где  $h$  постоянная Планка.

При испускании свет ведет себя подобно потоку частиц с энергией  $E = h\nu$ , зависящей от частоты испускания. Сама световая частица получила название фотон, или световой квант. Энергия фотона часто выражается через циклическую частоту  $\omega = 2\pi\nu$   $h = h/2\pi = 1.05 \cdot 10^{-34}$  Дж\*с Тогда  $E = h\nu = h\omega$   $E = mc^2$  Тогда  $m = h\nu/c^2$  Фотон не имеет массы. Таким образом  $p = mc = h\nu/c = h/\lambda$ .

На основе внешнего фотоэффекта работают фотоэлементы (турникет в метро) Фотодиоды для измерения распределение температуры слабо нагретых тел. Солнечные батареи в космических аппаратах.

Все макроскопические процессы в природе протекают только в одном направлении. В обратном направлении они самопроизвольно протекать не могут. Необратимыми процессами называются такие процессы, которые могут самопроизвольно протекать только в одном направлении; в обратном направлении они могут протекать только как одно из звеньев более сложного процесса. Второй закон термодинамики указывает направление возможных энергетических превращений и тем самым выражает необратимость процессов в природе. Второй закон ТД: невозможно перевести теплоту от более холодной системы к более горячей при отсутствии других одновременных изменений в обеих системах или в окружающих телах (теплота сама собой переходит всегда от горячих тел к более холодным). В холодильниках охлаждение достигается за счет совершения работы. Важность этого закона состоит в том, что из него можно вывести заключение о необратимости не только процесса теплопередачи, но и других процессов в природе.

Гипотеза Планка. Планк высказал гипотезу о том, что абсолютно черное тело испускает и поглощает свет определенными порциями – квантами (quantum – количество). Значение минимальной порции энергии – кванта – по теории Планка прямо пропорционально частоте света.

Энергия кванта равна:  $\epsilon \gamma = h\nu$ . Планк получил формулу спектральной светимости:  $r_\nu = (2\pi^2/c^2) * (h\nu/eh\nu/(kT) - 1)$ .

## Билет №18

**1. 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. Большей 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 ( $\rho$ ). 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.  $= \rho/\rho_0 \cdot 100\%$ , 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**.

При кипении по всему объему жидкости образуются быстро растущие пузырьки пара, которые

всплывают на поверхность. Температура кипения жидкости остается постоянной. Это происходит потому, что вся подводимая к жидкости энергия расходуется на превращение ее в пар. В жидкости всегда присутствуют растворенные газы, которые выделяются на дне и стенках сосуда, а так же на взвешенных в жидкости пылинках. Пары жидкости, которые находятся внутри пузырьков, являются ненасыщенными. С увеличением температуры давление насыщенных паров возрастает и пузырьки увеличиваются в размерах. Под действием выталкивающей силы они всплывают. Если верхние слои жидкости имеют более низкую температуру, то в этих слоях происходит конденсация пара в пузырьках. Давление стремительно падает и пузырьки захлопываются. Захлопывание происходит настолько быстро, что стенки пузырька, сталкиваясь, производят нечто вроде взрыва. Когда жидкость достаточно прогреется, пузырьки перестанут захлопываться и всплывут на поверхность. Жидкость закипит. Зависимость давления насыщенного пара от температуры объясняет, почему температура кипения жидкости зависит от давления на ее поверхность. Кипение начинается при температуре, при которой давление насыщенного пара в пузырьках сравнивается с давлением в жидкости. Чем больше внешнее давление, тем выше температура кипения. У каждой жидкости своя температура кипения, которая зависит от давления насыщенного пара. Чем выше давление насыщенного пара, тем ниже температура кипения. Критическая температура – это температура, при которой исчезают различия в физических свойствах между жидкостью и ее насыщенным паром. При критической температуре плотность и давление насыщенного пара становятся максимальными, а плотность жидкости, находящейся в равновесии с паром, – минимальной. Особое значение критической температуры состоит в том, что при температуре выше критической ни при каких давлениях газа нельзя обратить в жидкость. Газ, имеющий температуру ниже критической, представляет собой ненасыщенный пар.



**2.** 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  $\alpha$ -частиц при прохождении через тонкие слои вещества. В этих опытах узкий пучок  $\alpha$ -частиц, испускаемых радиоактивным веществом, направлялся на тонкую золотую фольгу. За фольгой помещался экран, способный светиться под ударами быстрых частиц. Было обнаружено, что большинство  $\alpha$ -частиц отклоняется от прямолинейного распространения после прохождения фольги, т. е. рассеивается, а некоторые  $\alpha$ -частицы вообще отбрасываются назад. Рассеяние  $\alpha$ -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. При прохождении около ядра  $\alpha$ -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. 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. 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. *Принцип соответствия:* применение новой, более общей физической теории к предметной области, где справедлива менее общая физическая теория, должно дать те же результаты, что и при использовании расчетных соотношений последней.

Оптический квантовый генератор — **лазер**. Система атомов с инверсной населенностью энергетических уровней способна не только усиливать, но и генерировать электромагнитное излучение. Для работы в режиме генератора нужна положительная обратная связь, при которой часть сигнала с выхода подается на вход. Для этого активная среда, в которой создается инверсная населенность уровней, располагается в резонаторе, состоящем из двух параллельных зеркал. Процесс перевода атомов из основного в возбужденное состояние называют накачкой, используемую для этого лампу — лампой накачки. *Лазеры используются для обработки материалов в хирургии, новый метод получения голографии, в связи, участие в термоядерном синтезе, лазерная локация.*

## Билет №19

1. 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 (теплого) движения микрочастиц системы (молекул, атомов, электронов, ядер и т. д.) и энергия взаимодействия этих частиц. Внутренняя энергия одноатомного идеального газа определяется по формуле  $U = 3/2 \cdot m/M \cdot RT$ .

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. *Изменение внутренней энергии замкнутой системы равно сумме количества теплоты, переданной системе, и работы, совершенной над системой.*  $\Delta U = Q + A$ , где  $\Delta U$  — 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.

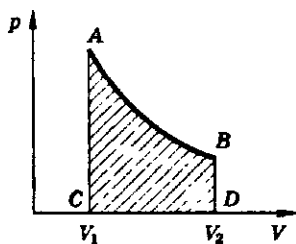


Рис. 13

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**.

**Адиабатный процесс. Показатель адиабаты.**

Адиабатным называется процесс, происходящий при условии отсутствия теплообмена. Близким к адиабатному может считаться процесс быстрого расширения или сжатия газа. При этом процессе работа совершается за счет изменения внутренней энергии, т.е.  $-A = \Delta U$ , поэтому при адиабатном процессе температура понижается. Поскольку при адиабатном сжатии газа температура газа повышается, то давление газа с уменьшением объема растет быстрее, чем при изотермическом процессе.

Процессы теплопередачи самопроизвольно осуществляются только в одном направлении. Всегда передача тепла происходит к более холодному телу. Второй закон термодинамики гласит, что неосуществим термодинамический процесс, в результате которого происходила бы передача тепла от одного тела к другому, более горячему, без каких-либо других изменений. Этот закон исключает создание вечного двигателя второго рода.

**Показатель адиабаты.** Уравнение состояния имеет вид  $PV^\gamma = \text{const.}$ ,

где  $\gamma = C_p / C_v$  – показатель адиабаты.

**Теплоемкость газа** зависит от условий, при которых тепло ...

Если газ нагреть при постоянном давлении  $P$ , то его теплоемкость обозначается  $C_V$ .

Если - при постоянном  $V$ , то обозначается  $C_p$ .

## 2. Ядерная модель атома. Опыты Резерфорда по рассеянию $\alpha$ – частиц.

**Состав атомного ядра.** Эксперименты Резерфорда показали, что атомы имеют очень малое ядро, вокруг которого вращаются электроны. По сравнению с размерами ядра, размеры атомов огромны и, поскольку практически вся масса атома заключена в его ядре, большая часть объёма атома фактически является пустым пространством. Атомное ядро состоит из нейтронов и протонов. Элементарные частицы, образующие ядра (нейтроны и протоны) — называются нуклонами. Протон (ядро атома водорода) обладает положительным зарядом  $+e$ , равным заряду электрона и имеет массу в 1836 раз больше массы электрона. Нейтрон — электрически нейтральная частица с массой примерно равной 1839 масс электрона.

Количество протонов  $Z$  в ядре нейтрального атома равно числу электронов в его электронной оболочке и определяет его заряд, равный  $+Ze$ . Число  $Z$  называется зарядовым числом и определяет порядковый номер химического элемента периодической системы Менделеева.  $N$  — число нейтронов в ядре,  $A$  — массовое число, равное суммарному количеству протонов  $Z$  и нейтронов  $N$  в ядре. Ядро атома обозначается тем же символом, что и химический элемент, снабжаясь двумя индексами (например,  ${}^{12}_6C$ ), из которых верхний обозначает массовое, а нижний зарядовое число.

**Изотопами** называются ядра с одним и тем же зарядовым числом и различными массовыми числами. Большинство химических элементов имеет несколько изотопов. Они обладают одинаковыми химическими свойствами и занимают одно место в таблице Менделеева. Например, водород имеет три изотопа: протий ( ${}_1^1H$ ), дейтерий ( ${}_1^2H$ ) и тритий ( ${}_1^3H$ ). У кислорода встречаются изотопы с массовыми числами  $A = 16, 17, 18$ . В подавляющем большинстве случаев изотопы одного и того же химического элемента обладают почти одинаковыми физическими свойствами (исключение составляют, например, изотопы водорода)

Приблизённо размеры ядра были определены в опытах Резерфорда по рассеянию  $\alpha$ -частиц. Наиболее точные результаты получаются при изучении рассеяния быстрых электронов на ядрах. Оказалось, что ядра имеют примерно сферическую форму и её радиус зависит от массового числа  $A$  по формуле  $R \approx 1,2 \cdot 10^{-15} \cdot A^{1/3}$ , м.

**Эквипотенциальные поверхности.** Поверхность, во всех точках которой потенциал эл. поля имеет одинаковое значение, наз-ся *эквипотенциальной поверхностью*. Между двумя любыми точками на эквипот. поверхности разность потенциалов  $=0$ , поэтому работа сил электрического поля при любом перемещ. заряда по эквипот пов-ти  $=0$ . Эквипот пов-ти однородного электрического поля представляют собой плоскости, перпендикулярные линиям напряжённости.

2) Факт существования устойчивых атомных ядер свидетельствует о действии внутри атомных ядер могучих сил притяжения — *ядерные силы*. Ядерные силы не зависят от наличия или отсутствия электрич. заряда у частиц.

Сумма энергий свободных протонов и нейтронов больше энергии составленного из них ядра  $m_p < Zm_p + Nm_n$ . Минимальная энергия  $E_{св}$ , которую нужно затратить для разделения атомного ядра на состав его нуклоны, наз-ся *энергией связи ядра*.  $E_{св} = (Zm_p + Nm_n - M) \cdot 931,5$

Отношение энергии связи ядра  $E_{св}$  к массовому числу  $A$  наз-ся *удельной энергией связи* нуклонов в ядре. Удельная энергия связи нуклонов в ядре в сотни тысяч раз превосходит энергию связи электронов в атомах. *Связь между напряжённостью и разностью потенциалов.*  $E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta n}$

В однородном поле  $\Delta n$  может быть любым. Если  $\Delta n = d$ , то  $E = -\frac{\varphi_1 - \varphi_2}{d} = \frac{\varphi_2 - \varphi_1}{d}$

## Билет № 20

1. Принцип действия тепловых двигателей. КПД теплового двигателя. Роль тепловых машин. Тепловым двигателями называют машины, в которых внутренняя энергия топлива превращается в механическую энергию. Сегодня один из самых распространенных тепловых двигателей является ДВС. Принцип действия заключается в том, что энергия топлива переходит во внутреннюю энергию пара, а пар, расширяясь, совершает работу. Так внутренняя энергия пара превращается в кинетическую энергию поршня.

2. Радиоактивность представляет собой самопроизвольный процесс, происходящий в атомах радиоактивных элементов. Это явление определяется как самопроизвольное превращение неустойчивого изотопа одного химического элемента в изотоп другого; при этом происходит испускание электронов, протонов, нейтронов или ядер гелия. Виды: гамма-лучи – это очень короткие электромагнитные волны. Их длина от  $10^{-10}$  до  $10^{-13}$  м. Скорость их распространения около скорости света. Бета – лучи. Природа бета лучей была установлена раньше всех – в 1899 году. По их отклонению в электрическом и магнитных полях был измерен удельный заряд. Оказалось, что он такой же как у электрона. Значит бета лучи – это электроны, движущиеся с огромными скоростями, очень близкими к скорости света. Альфа – частицы. Знак заряда у них положительный. Это ядро атомов гелия. Значит ее заряд  $2e$ , а масса  $4$  а.е.м. Вылетающие из радиоактивных ядер альфа частицы имеют большие скорости, достигающие десятых долей скорости света, значит обладают большой энергией. Их свойства – это проникающая и ионизирующая.

Излучение вызывает ионизацию атомов и молекул и это приводит к изменению их химической активности. Для характеристики воздействия излучения вводится понятие поглощенная доза излучения.  $D=E/m$ . (грей). Самой первой единицей дозы излучения был рентген, он определяется по ионизации, производимой излучением. 1 рентген определяется как дозу рентгеновского или гамма – излучения при которой 1 кг воздуха поглощает энергию  $0,878 \cdot 10^{-2}$ .  $1P=0,01$  Гр.

$$N = N_0 \cdot 2^{-\frac{t}{T_{1/2}}}$$
 -закон радиоактивного распада.  $N_0$ - начальное кол-во радиоактивных ядер,  $t$ - некоторый произвольный момент времени,  $N$ -число ядер не испытавших рас

пад,  $T_{1/2}$ -постоянная величина, зависящая от свойств радиоактивного изотопа- наз-ся периодом полураспада. Активностью образца  $A$  наз-ся число распадов атомных ядер, происходящих за 1с

$$A = \frac{\Delta N}{\Delta t}$$
 . СИ - беккерель = активности радионуклида, в котором за 1с происходит один акт распада.

## Билет №21

1. Законы взаимодействия атомов и молекул удастся 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  $q$ . 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. Заряд тела всегда представляется числом, кратным величине элементарного заряда:  $q = e(N_p - N_e)$  где  $N_p$  — количество электронов,  $N_e$  — количество протонов. 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.*

$F = k \cdot q_1 q_2 / r^2$ , где  $q_1$  и  $q_2$  — модули зарядов,  $r$  — расстояние между ними,  $k$  — коэффициент пропорциональности, зависящий от выбора системы единиц, в СИ  $k = 9 \cdot 10^9$  Н · м<sup>2</sup>/Кл<sup>2</sup>. Величина, показывающая во сколько раз сила взаимодействия зарядов в вакууме больше, чем в среде, называется **диэлектрической проницаемостью среды  $\epsilon$** . Для среды с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$  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  $\epsilon_0$ . Электрическая постоянная связана с коэффициентом  $k$  следующим образом  $k = 1/4\pi \epsilon_0$  и численно равна  $\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$  Кл/Н · м<sup>2</sup>.

С использованием электрической постоянной закон Кулона имеет вид:  $F = (1/4\pi \epsilon_0) \cdot (q_1 q_2 / r^2)$  Взаимодействие неподвижных электрических зарядов называют **электростатическим**, или **кулоновским, взаимодействием**. Кулоновские силы можно изобразить графически (рис. 14, 15).



Рис. 15

Рис. 14

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

2. Реакция происходит под действием медленных нейтронов. У нее две важных особенности:

1. При делении каждого ядра выделяется значительная энергия.
2. Каждый акт деления сопровождается вылетом 2- 3 вторичных нейтронов, те сделать реакцию цепной – самоподдерживающейся.

Управляемые цепные ядерные реакции осуществляются в ядерных реакторах. В них используются не чистые изотопы, а их смеси, например природный уран, обогащенный изотопами урана 235. С помощью специальных поглотителей нейтронов число делений в единицу объема в единицу времени поддерживается на заданном уровне. Для реакции пригодны только ядра изотопов урана с массовым числом 235. Ядра делятся под действием как быстрых, так и медленных нейтронов. Для ее осуществления необходимо, чтобы среднее число высвободившихся в данной массе нейтронов не уменьшалось с течением времени. Важное значение имеет не вызывающий деления захват нейтронов ядрами изотопа 238. После захвата образуется радиоактивный изотоп  $^{239}_{92}\text{U}$  с периодом полураспада 23 минуты. Распад происходит с испусканием электрона и образованием первого зауранового элемента – нептуния:  $^{239}_{92}\text{U} \rightarrow ^{239}_{93}\text{Np} + 0/-1\text{e}$  Нептуний в свою очередь бета – радиоактивен с периодом полураспада около двух дней. Образуется плутоний.  $^{239}_{93}\text{Np} \rightarrow ^{239}_{94}\text{Pu} + 0/-1\text{e}$ . Плутоний относительно стабилен, так как его период полураспада около 24000 лет. Подобно тому, как в пространстве, окружающем неподвижные электрические заряды, возникает электрическое поле, в пространстве, окружающем проводники с током, возникает магнитное поле. Магнитное поле представляет собой особый вид материи, посредством которого осуществляется взаимодействие между движущимися электрическими заряженными частицами. Основные свойства магнитного поля: магнитное поле порождается электрическим полем. Магнитное поле обнаруживается по действию на ток. Магнитное поле материально, оно действует на тела, а следовательно, обладает энергией. Экспериментальным доказательством реальности магнитного поля является факт существования электромагнитных волн. Сила, с которой магнитное поле действует на проводник с током, называется силой Ампера. Для характеристики способности магнитного поля оказывать силовое воздействие на проводник с током вводится векторная величина – магнитная индукция вектор  $\mathbf{B}$  [Тл].  $F = BIL \sin(\alpha)$ . Силу, действующую на движущуюся заряженную частицу со стороны магнитного поля, называют – силой Лоренца.  $F = B \cdot q \cdot V \cdot \sin(\alpha)$ . Условия существования электрического тока. Для того чтобы ток не прекращался, необходимо, чтобы на заряды, кроме электростатических сил, должны действовать сторонние силы, направленные противоположно электростатическим силам. (Химические реакции – в аккумуляторе, гальванич элементе, свет – в фотоэлементе)

2) Ядерные реакции бывают двух типов: происходит выделение энергии, требуется затратить энергию. Используя закон взаимосвязи массы и энергии, можно по разности масс частиц, вступающих в реакцию, и масс частиц, являющихся продуктами ядерной реакции, найти изменение энергии системы частиц ( $E_0 = mc^2$ ). Если сумма масс исходного ядра и частиц, вступивших в ядерную реакцию, больше суммы масс ядра-продукта и испускаемых частиц, т.е разность масс положительна, то энергия выделяется. Отрицательный знак разности масс свидетельствует о поглощении энергии.

**Ценные ядерные реакции.** Частицами, способными к осуществлению цепных реакций, оказались нейтроны. Если создать условия, при которых вторичные нейтроны не вылетают из массы урана, а вызывает другие акты деления, то число разделившихся ядер растет по закону геометрической прогрессии. В результате можно реализовать *цепную ядерную реакцию*. Минимальная масса урана, достаточная для осуществления цепной реакции, наз –ся *критической массой*. Если заставить ядра дейтерия и трития слиться при колоссальных температурах и давлениях, то в результате образуются ядро гелия и нейтрон. При этом их суммарная масса будет меньше, чем суммарная масса исходных ядер. Потеря массы преобразуется в энергию – это и есть ядерный синтез. Ядерный синтез, происходящий в Солнце: 4 ядра водорода при температуре 15 миллионов градусов и давлении 200 миллиардов атмосфер сливаются в ядро гелия с потерей массы и выделением огромной энергии. Проблемы ядерного синтеза: высокая температура и давление, а преимущества в том, что этот источник энергии почти неисчерпаем. Если решится проблема управляемого ядерного синтеза, то будет решена энергетическая проблема (переработка 1кг дейтерия дала бы 24 миллиона кВт/ч энергии = 3 миллионам тонн угля). Проблемы ядерной энергетики: проблема захоронения и переработки ядерных отходов, аварии на АЭС, но АЭС не представляют опасности ядерного взрыва и почти не загрязняют окружающую среду, т.к. они намного экологичней ЭС, работающих на угле и других видах топлива.



## Билет №22

1. Главное свойство электрического поля — действие его на электрические заряды с некоторой силой.

Электрическое поле неподвижных зарядов называют электростатическим. Оно не меняется со временем. Электростатическое поле создается только электрическими зарядами.

**Напряженность электрического поля.** Электрическое поле обнаруживается по силам, действующим на заряд.

Если поочередно помещать в одну и ту же точку поля небольшие заряженные тела и измерять силы, то обнаружится, что сила, действующая на заряд со стороны поля, прямо пропорциональна этому заряду. Действительно, пусть поле создается точечным зарядом  $q_1$ . Согласно закону Кулона на заряд  $q_2$  действует сила, пропорциональная заряду  $q_2$ . Поэтому *отношение силы, действующей на помещаемый в данную точку поля заряд, к этому заряду для каждой точки поля не зависит от заряда и может рассматриваться как характеристика поля.* Эту характеристику называют *напряженностью электрического поля*. Подобно силе, напряженность поля—векторная величина; ее обозначают буквой  $E$ . Если помещенный в поле заряд обозначить через  $q$

вместо  $q_2$  то напряженность будет равна:

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q}$$

**Напряженность поля равна отношению силы, с которой поле действует на точечный заряд, к этому заряду.**

Отсюда сила, действующая на заряд  $q$  со стороны электрического поля, равна:  
$$\vec{F} = q\vec{E}$$

Напряженность поля в единицах СИ можно выразить, в ньютонах на кулон (Н/Кл).

## СОЛНЕЧНАЯ СИСТЕМА

2. Солнце и обращающиеся вокруг него небесные тела – 9 планет, более 63 спутников, четыре системы колец у планет-гигантов, десятки тысяч астероидов, несметное количество метеороидов размером от валунов до пылинок, а также миллионы комет. В пространстве между ними движутся частицы солнечного ветра – электроны и протоны. Исследована еще не вся Солнечная система: например, большинство планет и их спутников лишь бегло осмотрены с пролетных траекторий, сфотографировано только одно полушарие Меркурия, а к Плутону пока не было экспедиций. Но все же с помощью телескопов и космических зондов собрано уже много важных данных.

Почти вся масса Солнечной системы (99,87%) сосредоточена в Солнце. Размером Солнце также значительно превосходит любую планету ее системы: даже Юпитер, который в 11 раз больше Земли, имеет радиус в 10 раз меньше солнечного. Солнце – обычная звезда, которая светит самостоятельно за счет высокой температуры поверхности. Планеты же светят отраженным солнечным светом (альbedo), поскольку сами довольно холодны. Они расположены в следующем порядке от Солнца: Меркурий, Венера, Земля, Марс, Юпитер, Сатурн, Уран, Нептун и Плутон. Расстояния в Солнечной системе принято измерять в единицах среднего расстояния Земли от Солнца, называемого астрономической единицей (1 а.е. = 149,6 млн. км). Например, среднее расстояние Плутона от Солнца 39 а.е., но иногда он удаляется на 49 а.е. Известны кометы, улетающие на 50 000 а.е. Расстояние от Земли до ближайшей звезды  $\alpha$  Кентавра 272 000 а.е., или 4,3 световых года (т. е. свет, движущийся со скоростью 299 793 км/с, проходит это расстояние за 4,3 года). Для сравнения, от Солнца до Земли свет доходит за 8 мин, а до Плутона – за 6 ч.

## Билет №23

1. Пусть в электрическом однородном поле с напряженностью вектор  $E$  происходит перемещение заряда по линии напряженности на расстояние  $d = d_1 - d_2$ , тогда работа равна  $A = F(d_1 - d_2) = qE(d_1 - d_2)$ . Из механики известно, что при перемещении между двумя точками в гравитационном поле работа силы тяжести не зависит от траектории движения тела. Силы гравитационного и электростатического взаимодействий имеют одинаковую зависимость от расстояния. Векторы силы направлены по прямой, соединяющей точечные тела. Отсюда следует, что и при перемещении заряда в электрическом поле из одной точки в другую работа сил электрического поля не зависит от траектории движения. Работы сил электростатического поля по замкнутой траектории равна нулю. Поле, работа сил которого по замкнутой траектории равна нулю, называется потенциальным. И гравитационное поле, и поле электростатическое являются потенциальными полями.

При перемещении электрического заряда в электростатическом поле работа сил равна произведению заряда на разность потенциалов начальной и конечной точек траектории движения заряда. Так как работа сил электростатического поля при перемещении заряда из одной точки пространства в другую не зависит от траектории движения заряда между этими точками, то разность потенциалов является величиной, не зависящей от траектории движения заряда. Следовательно, разность потенциалов может служить энергетической характеристикой электростатического поля. Единица разности потенциалов называется вольт. Если потенциал электростатического поля на бесконечно большом расстоянии от точечного электрического заряда в вакууме принимается равным нулю, то на расстоянии  $r$  от заряда он определяется по формуле  $\phi = k/q/r$ . Отношение работы  $A$ , совершаемой любым электрическим полем при перемещении заряда из одной точки поля в другую, к значению этого заряда называется напряжением между этими точками  $U = A/q$ . Отсюда работа сил электрического поля при перемещении заряда равна произведению напряжения  $U$  между точками на заряд  $q$   $A = q \cdot U$ . В электростатическом поле напряжение между двумя любыми точками равно разности потенциалов этих точек.  $U_{12} = \phi_1 - \phi_2$ . Напряжение характеризует электрическое поле, которое создает ток. Напряжение показывает, какую работу совершит электрическое поле при перемещении между точками поля заряда.  $N = A/t$   $A = N \cdot t$   $U = N \cdot t/q = N/I$ . Связь напряжения с напряженностью поля. При перемещении положительного заряда по линии напряженности однородного поля на  $1$  Кл расстояние  $d$  кулоновская сила совершает работу  $A = F \cdot d = qEd$   $A = U \cdot q$   $qEd = Uq$   $U = Ed$   $E = U/d$ . Потенциал. Потенциал поля точечного заряда.

Работа при перемещении заряда в однородном электростатическом поле. Однородное поле создают, например, большие металлические пластины, имеющие заряды противоположного знака. Это поле действует на заряд с постоянной силой  $F = qE$ .

Пусть пластины расположены вертикально левая пластина  $B$  заряжена отрицательно, а правая  $D$  — положительно. Вычислим работу, совершаемую полем при перемещении положительного заряда  $q$  из точки 1, находящейся на расстоянии  $d_1$  от пластины  $B$ , в точку 2, расположенную на расстоянии  $d_2 < d_1$  от той же пластины.

Точки 1 и 2 лежат на одной силовой линии. На участке пути  $\Delta d = d_1 - d_2$  электрическое поле совершит положительную работу:  $A = qE(d_1 - d_2)$ . Эта работа не зависит от формы траектории. Потенциалом электростатического поля называют отношение потенциальной энергии заряда в поле к этому заряду.

Согласно данному определению потенциал равен:

Разность потенциалов. Подобно потенциальной энергии, значение потенциала в данной точке зависит от выбора нулевого уровня для отсчета потенциала. Практическое значение

имеет не сам потенциал в точке, а изменение потенциала, которое не зависит от выбора нулевого уровня отсчета потенциала. Так как потенциальная энергия

$W_p = q\phi$  то работа равна:  $A = -(W_p - W_p) = -q(\phi_2 - \phi_1) = qU$

$$\phi = \frac{W_p}{q}$$

Разность потенциалов равен:  $U = \phi_1 - \phi_2 = \frac{A}{q}$   
Разность потенциалов (напряжение) между двумя точками равна отношению работы поля при перемещении заряда из начальной точки в конечную к этому заряду. Разность потенциалов между двумя точками равна единице, если при перемещении заряда в  $1$  Кл из одной точки в другую электрическое поле совершает работу в  $1$  Дж. Эту единицу называют вольт (В).

**2.** Наиболее очевидным свойством звезд является то, что они светятся, точнее, являются самосветящимися телами. За счет чего покрываются их энергетические потери? Этот вопрос возник, как только был сформулирован закон сохранения энергии, однако найти исчерпывающий ответ на него сумели лишь век спустя.

Обычно думают, что главная трудность проблемы - в огромной мощности выделения энергии на Солнце и звездах. В действительности дело вовсе не в этом. Удельный темп энерговыделения на Солнце и в звездах более чем скромный. Так, в расчете на один грамм своего вещества Солнце каждую секунду выделяет всего по 2 эрга. По бытовым земным меркам это совершенно ничтожный темп энерговыделения - как в куче гниющих осенних листьев. В человеческом теле темп выделения энергии на четыре порядка (!) выше, чем в Солнце. Однако чтобы поддерживать такой уровень производства энергии, нам нужно трижды в день есть. А Солнце (и звезды) светят миллиарды лет, не питаясь.

Итак, истинная проблема состоит в том, что звезды светят очень и очень долго. За это время они успевают высветить действительно огромные количества энергии. Откуда же она черпается?

Как уже говорилось, вопрос был поставлен в 40-е годы XIX века, с открытием закона сохранения энергии. Сразу же стало ясно, что источником энергии в принципе может быть гравитация. Так, Роберт Мейер, один из отцов закона сохранения энергии, полагал, что Солнце светится за счет кинетической энергии выпадающего на него метеорного вещества. Любопытно, что в течение многих десятилетий гипотеза Мейера считалась чуть ли не смехотворной и упоминалась лишь как исторический курьез. Однако теперь мы знаем, что модернизированный вариант механизма Мейера - аккреция - играет в мире звезд важную роль.

Другой пионер принципа сохранения энергии Герман Гельмгольц предположил, что свечение Солнца может поддерживаться его медленным вековым сжатием, что приводит, разумеется, к выделению гравитационной энергии. Вскоре вслед за Гельмгольцем Дж. Томсон (более известный нам как лорд Кельвин; титул лорда он получил за научные заслуги) уточнил его оценку времени такого сжатия, учтя неоднородность в распределении солнечного вещества вдоль радиуса. За счет такого, как мы теперь говорим, кельвиновского сжатия Солнце могло бы, заметно не меняясь, светить лишь десятки миллионов лет. Любопытно, что сам Кельвин, а вслед за ним и многие другие, рассматривали это как серьезный аргумент против правильности дарвиновских представлений о биологической эволюции, требовавшей по крайней мере на порядок больших времен. В конце XIX века вера в закон сохранения энергии была незыблема - а никакого другого источника энергии звезд, кроме самогравитации, видно не было. Правда, оценки возраста Земли, получавшиеся средствами геологии, давали по крайней мере сотни миллионов лет, что указывало на необходимость поиска какого-то дополнительного источника солнечной энергии.

Ситуация резко обострилась, можно сказать стала катастрофической, вскоре после открытия радиоактивности. Первые же надежные определения возраста Земли показали, что он не менее 1.5 миллиарда лет (современная оценка - 4.6 миллиарда). Отыскание источника энергии Солнца и звезд стало одной из жгучих проблем естествознания.

К середине 20-х годов выяснилось, что таким источником в принципе могли бы служить ядерные реакции, ведущие к превращению водорода в гелий. Масса четырех протонов слегка превосходит массу ядра атома гелия - альфа-частицы, так что при таком процессе превращалось бы энергией около 0.7% массы покоя. Но по соотношению Эйнштейна  $E = mc^2$  при превращении в энергию даже очень малой массы  $m$  выделяется колоссальная энергия, так как множитель пропорциональности - квадрат скорости света  $c^2$  - очень велик (в системе СГС - порядка  $10^{21}$ ). Горячим проповедником идеи термоядерного горения водорода в 20-е годы был фактический создатель теории внутреннего строения звезд А.Эддингтон. Однако сначала эта идея встретила серьезные возражения Резерфорда и его коллег. Температура в центре Солнца, рассчитанная самим же Эддингтоном (20 млн кельвинов) и оказавшаяся, как мы теперь твердо знаем, близкой к действительной (15.5 млн кельвинов), явно недостаточна для того, чтобы за счет кинетической энергии своего теплового движения протоны могли преодолеть электростатическое кулоновское отталкивание и сблизиться настолько, чтобы вступили в игру ядерные силы. Расхождение было очень серьезным - на три порядка по температуре. "Пойдите поищите местечко погорячее" - вот что постоянно слышал Эддингтон от своих коллег-физиков...

Решение проблемы пришло с развитием квантовой механики. Согласно принципу неопределенности Гейзенберга, говорить о точном местоположении частицы не имеет смысла - она как бы размазана по некоторой области пространства и с разной вероятностью может быть обнаружена в разных местах. Это, в частности, делает возможным присутствие частицы и в тех областях пространства, где классические законы

сохранения энергии и импульса это строго запрещают. В итоге непреодолимый для классической частицы кулоновский потенциальный барьер становится как бы "полупрозрачным" (так называемый туннельный эффект). Первыми на роль этого эффекта для решения загадки источников звездной энергии в 1929 г. указали Р.Аткинсон и Ф.Хаутерманс. Созданная в это же примерно время Г.А.Гамовым теория альфа-распада дала математический аппарат, положенный в конце тридцатых годов в основу количественной теории термоядерных реакций в недрах звезд. В 1937-1939 годах появляется, наконец, долгожданное окончательное решение давней загадки источника звездной энергии (Г.Бете и - независимо - К.Вейцзекер).

Слить четыре протона в альфа-частицу за один акт практически невозможно: вероятность четверного столкновения пренебрежимо мала, поэтому процесс идет в несколько шагов. Детальный анализ всех возможных при температурах порядка 20 млн кельвинов ядерных реакций в газе космического химического состава привел к открытию двух возможных способов построить альфа-частицу из протонов.

### 1. Проводники и диэлектрики в электрическом поле (Билет №24).

**Проводники** — тела, в которых существуют свободные заряды, не связанные с атомами. Под воздействием эл. поля заряды могут двигаться, порождая электроток. Если проводник внести в электрическое поле, то положительно заряды движутся по направлению вектора напряженности, а отрицательно заряженные в противоположном направлении. В результате на поверхности тела появляются индуктивные заряды.

Напряженность поля внутри проводника  $= 0$ . Проводник как бы разрывает силовые линии напряженности электрического поля. **Диэлектрики** — вещества, в которых положительные и отрицательные заряды связаны между собой и нет свободных зарядов. В электрическом поле диэлектрик поляризуется.

Внутри диэлектрика существует электрическое поле, но оно меньше электрического поля вакуума  $E$  в  $\epsilon$  раз. Диэлектрическая проницаемость среды  $\epsilon$  равна отношению напряженности электрического поля в вакууме к направлению электрического поля в диэлектрике  $\epsilon = E_0/E$

## СОСТАВ И СТРУКТУРА ГАЛАКТИКИ

**2. Млечный Путь и структура Галактики.** Уже к началу нашего века было известно, что те звезды, которые наблюдаются невооруженным глазом или в телескоп, образуют в пространстве сплюснутый *звездный диск* громадного размера. Мы находимся внутри этого диска и поэтому вблизи его плоскости видим очень много далеких звезд. Совокупность этих звезд сливается для нас в светящуюся полосу *Млечного Пути*. Раньше думали, что Солнце расположено вблизи центра звездной системы — Галактики, потому что яркость Млечного Пути примерно одинакова во всех направлениях, хотя в нем и существуют отдельные более яркие участки. Сейчас мы знаем, что свет самой яркой центральной области Галактики сильно ослабляется из-за поглощения межзвездной пылью. Лишь наблюдения в инфракрасных лучах, которые испытывают меньшее поглощение, позволили «увидеть» наиболее плотную центральную область нашей Галактики. Она расположена в созвездии Стрельца.

Эта центральная, наиболее компактная область Галактики называется ее *звездным ядром*. Солнце расположено очень далеко от ядра Галактики — на расстоянии 25—30 тыс. световых лет (8—10 кпк) — вблизи плоскости симметрии звездного диска, толщина которого составляет несколько тысяч световых лет. Ядро находится в центре *звездного диска* Галактики.

Часть звезд нашей Галактики не входит в состав диска, а образует сферическую составляющую (рис. 1). Эти звезды концентрируются не к плоскости диска, к ядру Галактики. Диск и сферическая составляющая — основные элементы структуры нашей Галактики.

Полное число звезд в Галактике можно оценить только ориентировочно. Оно составляет несколько сотен миллиардов. Лишь незначительная доля всех этих звезд доступна наблюдениям даже при помощи крупнейших телескопов.

**Галактика** — это огромный звездный остров, диаметр которого превышает 100000 св. лет, объединяющий многие миллиарды самых различных звезд. Помимо звезд, в Галактике содержится много тел небольшой массы (например, планет) и очень неоднородная по плотности межзвездная среда (разреженный газ, пыль, космические лучи). Несмотря на большую массу, Галактика — очень разреженная система: расстояния между соседними звездами, как правило, измеряются световыми годами.

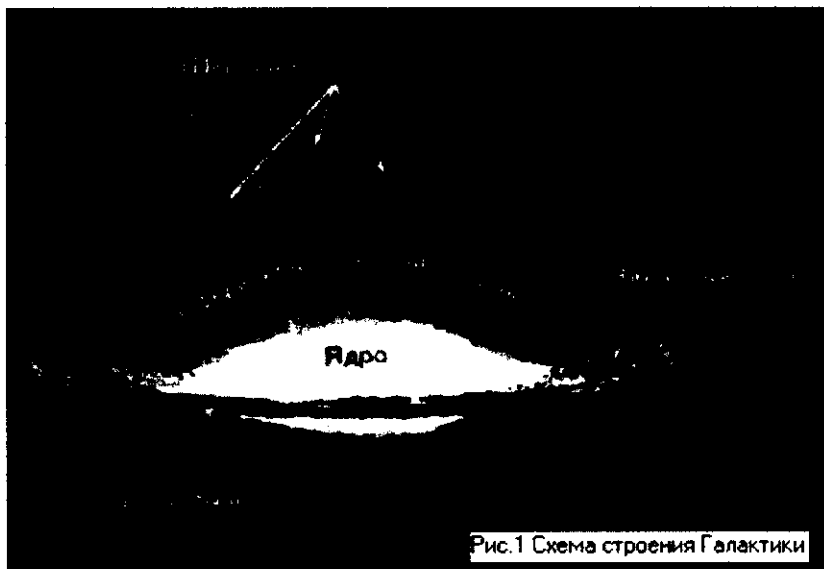


Рис. 1 Схема строения Галактики

## Билет №25

1. Напряжение между двумя проводниками пропорционально электрическим зарядам, которые находятся на проводниках. Если заряды удвоить, то напряженность электрического поля станет в 2 раза больше, следовательно, в 2 раза увеличится и работа, совершаемая полем при перемещении заряда, т. е. в 2 раза увеличится напряжение. Поэтому отношение заряда одного из проводников к разности потенциалов между этим проводником и соседним не зависит от заряда. Оно определяется геометрическими размерами проводников, их формой и взаимным расположением, а также электрическими свойствами окружающей среды (диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ ). Это позволяет ввести понятие емкости двух проводников.

Емкостью двух проводников называют отношение заряда одного из проводников к разности потенциалов между этим проводником и соседним:

$$C = \frac{q}{U}$$

Иногда говорят об емкости одного проводника. Это имеет смысл, если проводник является уединенным, т. е. расположен на большом по сравнению с его размерами расстоянии от других проводников. Так говорят, например, о емкости проводящего шара. При этом подразумевается, что роль другого проводника играют удаленные предметы, расположенные вокруг шара.

Емкость двух проводников равна единице, если при сообщении им зарядов  $\pm 1$  Кл между ними возникает разность потенциалов 1 В. Эту единицу называют фарад (Ф);

1 Ф = 1 Кл/В.

Конденсатор. Большой емкостью обладают системы из двух проводников, называемые конденсаторами. Конденсатор представляет собой два проводника, разделенные слоем диэлектрика, толщина которого мала по сравнению с размерами проводников. Проводники в этом случае называются обкладками конденсатора.

2. Емкость плоского конденсатора. Рассмотрим плоский конденсатор, заполненный однородным изотропным диэлектриком с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon$ , у которого площадь каждой обкладки  $S$  и расстояние между ними  $d$ . Емкость такого конденсатора находится по формуле:

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

где  $\epsilon$  – диэлектрическая проницаемость среды,  $S$  – площадь обкладок,  $d$  – расстояние между обкладками. Из этого следует, что для изготовления конденсаторов большой ёмкости надо увеличить площадь обкладок и уменьшать расстояние между ними.

Энергия  $W$  заряженного конденсатора:  $W = \frac{q^2}{2C}$  или  $W = \frac{1}{2} C (\varphi_1 - \varphi_2)^2$

Конденсаторы применяются для накопления электроэнергии и использования её при быстром разряде (фотовспышка), для разделения цепей постоянного и переменного токов, в выпрямителях, колебательных контурах и других радио-электронных устройствах. В зависимости от типа диэлектрика конденсаторы бывают воздушные, бумажные, слюдяные. Применение конденсаторов. Энергия конденсатора обычно не очень велика — не более сотен джоулей. К тому же она не сохраняется долго из-за неизбежной утечки заряда. Поэтому заряженные конденсаторы не могут заменить, например, аккумуляторы в качестве источников электрической энергии.

## Билет №25

### 2. Современные взгляды на строение и эволюцию Вселенной

Мир, Земля, Космос, Вселенная... Тысячелетиями пытлиное человечество обращало свои взгляды на окружающий мир, стремилось постигнуть его, вырваться за пределы микромира в макромир. Величественная картина небесного купола, усеянного мириадами звезд, с незапамятных звезд волновала ум и воображение ученых, поэтов, каждого живущего на Земле и зачарованного любующегося торжественной и чудной картиной, по выражению Лермонтова. Что есть Земля, Луна, Солнце, звезды? Где начало и где конец Вселенной, как долго она существует, из чего состоит и где границы ее познания? В своем реферате я изложила всё то, что известно на сегодняшний день науке о строении и эволюции Вселенной. Изучение Вселенной, даже только известной нам её части является грандиозной задачей. Чтобы получить те сведения, которыми располагают современные ученые, понадобились труды множества поколений. Вселенная бесконечна во времени и пространстве. Каждая частичка вселенной имеет свое начало и конец, как во времени, так и в пространстве, но вся Вселенная бесконечна и вечна так, как она является вечно самодвижущейся материей. Вселенная – это всё существующее. От мельчайших пылинок и атомов до огромных скоплений в-ва звездных миров и звездных систем. Поэтому не будет ошибкой сказать, что любая наука так или иначе изучает Вселенную, точнее, тем или иначе её стороны. Химия изучает мир молекул, физика – мир атомов и элементарных частиц, биология – явления живой природы. Но существует научная дисциплина, объектом исследования которой служит сама вселенная или "Вселенная как целое". Это особая отрасль астрономии так называемая космология. Космология – учение о Вселенной в целом, включающая в себя теорию всей охваченной астрономическими наблюдениями области, как части Вселенной, кстати не следует смешивать понятия Вселенной в целом и "наблюдаемой" (видимой) Вселенной. Во втором случае речь идет лишь о той ограниченной области пространства, которая доступна современным методам научных исследований. С развитием кибернетики в различных областях научных исследованиях приобрели большую популярность методики моделирования. Сущность этого метода состоит в том, что вместо того или иного реального объекта изучается его модель, более или менее точно повторяющая оригинал или его наиболее важные и существенные особенности. Модель не обязательно вещественная копия объекта. Построение приближенных моделей различных явлений помогает нам всё глубже познавать окружающий мир. Так, например, на протяжении длительного времени астрономы занимались изучением однородной и изотропной (воображаемой) Вселенной, в которой все физические явления протекают одинаковым образом и все законы остаются неизменными для любых областей и в любых направлениях. Изучались так же модели, в которых к этим двум условиям добавлялось третье, – неизменность картины мира. Это означает, что в какую бы эпоху мы не созерцали мир, он всегда должен выглядеть в общих чертах одинаково. Эти во многом условные и схематические модели помогли осветить некоторые важные стороны окружающего нас мира. Но! Как бы сложна ни была та или иная теоретическая модель, какие бы многообразные факты она ни учитывала, любая модель – это еще не само явление, а только более или менее точная его копия, так сказать образ реального мира. Поэтому все результаты полученные с помощью моделей Вселенной, необходимо обязательно проверить путем сравнения с реальностью. Нельзя отождествлять само явление с моделью. Нельзя без тщательной проверки, приписывать природе те свойства, которыми обладает модель. Ни одна из моделей не может претендовать на роль точного "слепок" Вселенной. Это говорит о необходимости углубленной разработки моделей неоднородной и неизотропной Вселенной. Звезды во Вселенной объединены в гигантские Звездные системы, называемые галактиками. Звездная система. В составе которой, как рядовая звезда находится наше Солнце, называется Галактикой. Число звезд в галактике порядка  $10^{12}$  (триллиона).

# Экзаменационные билеты по физике

для итоговой аттестации выпускников XI класса  
в 2006-2007 учебном году

## ПРОФИЛЬНЫЙ УРОВЕНЬ

Билет №1.

1. Механическое движение и его относительность; уравнения прямолинейного равноускоренного движения.
2. Электрический ток. Последовательное и параллельное соединения проводников. Электродвижущая сила (ЭДС). Закон Ома для полной электрической цепи.
3. Задача на применение законов сохранения импульса и энергии.

Билет №2.

1. Движение по окружности с постоянной по модулю скоростью; период и частота; центростремительное ускорение.
2. Электрический ток в газах: самостоятельный разряд в газах; самостоятельный электрический разряд; виды самостоятельного разряда; плазма.
3. Экспериментальное задание: «Измерение длины световой волны на основе наблюдения дифракционного спектра».

Билет №3.

1. Первый закон Ньютона: инерциальная система отсчета.
2. Электрический ток в растворах и расплавах электролитов: закон Фарадея; определение заряда одновалентного иона; технические применения электролиза.
3. Экспериментальное задание: «Оценка (расчет) массы воздуха в колбе известного объема».

Билет №4.

1. Второй закон Ньютона: понятие о массе и силе, принцип суперпозиции сил; формулировка второго закона Ньютона.
2. Электрический ток в полупроводниках: зависимость сопротивления полупроводников от внешних условий; собственная проводимость полупроводников; донорные и акцепторные примеси;  $p$ - $n$ -переход; полупроводниковые диоды.
3. Задача на применение газовых законов.

Билет №5.

1. Третий закон Ньютона: формулировка третьего закона Ньютона; характеристика сил действия и противодействия: модуль, направление, точка приложения, природа.
2. Магнитное поле: понятие о магнитном поле; магнитная индукция; линии магнитной индукции; магнитный поток; движение заряженных частиц в однородном магнитном поле.
3. Экспериментальное задание: «Измерение (расчет) абсолютной и относительной влажности».

Билет №6.

1. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести; вес и невесомость.
2. Закон электромагнитной индукции Фарадея; правило Ленца; явление самоиндукции; индуктивность; энергия магнитного поля.
3. Задача на применение первого закона термодинамики.

Билет №7.

1. Силы упругости: природа сил упругости; виды упругих деформаций; закон Гука.
2. Колебательный контур. Свободные электромагнитные колебания: затухание свободных колебаний; вывод формулы периода электромагнитных колебаний.
3. Экспериментальное задание: «Измерение фокусного расстояния и оптической силы линзы».

Билет №8.

1. Силы трения: природа сил трения; коэффициент трения скольжения; закон сухого трения; трение покоя; учет и использование трения в быту и технике.
2. Вынужденные электромагнитные колебания. Переменный ток: генератор переменного тока; мощность переменного тока; действующие значения силы переменного тока и напряжения.
3. Задача на использование закона фотоэффекта.

Билет №9.

1. Равновесие твердых тел: момент силы; условия равновесия твердого тела; устойчивость тел; виды равновесия; принцип минимума потенциальной энергии.
2. Трансформатор: принцип трансформации переменного тока; устройство трансформатора; холостой ход; режим нагрузки; передача электрической энергии.
3. Задача на использование формулы линзы.

Билет №10.

1. Импульс тела. Закон сохранения импульса: импульс тела и импульс силы; выражение второго закона Ньютона с помощью понятий изменения импульса тела и импульса силы; закон сохранения импульса тела; реактивное движение.
2. Электромагнитное поле. Открытие электромагнитных волн: гипотеза Максвелла; опыты Герца.
3. Задача на применение закона радиоактивного распада.

Билет №11.

1. Механическая работа. Мощность. Энергия: кинетическая энергия; потенциальная энергия тела в однородном поле тяготения и энергия упруго деформированного тела; закон сохранения энергии; закон сохранения энергии в механических процессах; границы применимости закона сохранения энергии; работа как мера изменения механической энергии тела.
2. Свет как электромагнитная волна. Скорость света. Интерференция света: опыт Юнга; цвета тонких пленок.
3. Задача на применение закона Кулона.

Билет №12.

1. Закон Паскаля; закон Архимеда; условия плавания тел.
2. Дифракция света: явление дифракции света; явления, наблюдаемые при пропускании света через отверстия малых размеров; дифракция на малом отверстии и от круглого экрана. Дифракционная решетка.
3. Задача на применение закона Ома для полной цепи.

Билет №13.

1. Механические колебания: основные характеристики гармонических колебаний: частота, период, амплитуда, уравнение гармонических колебаний; свободные и вынужденные колебания; резонанс; превращение энергии при колебательном движении.
2. Законы отражения и преломления света; полное внутреннее отражение.



3. Экспериментальное задание: «Измерение (расчет) сопротивления известного резистора на основе прямых измерений силы тока и напряжения с определением относительной погрешности измерения».

Билет №14.

1. Механические волны: распространение колебаний в упругих средах; поперечные или продольные волны; длина волны; связь длины волны со скоростью ее распространения и периодом (частотой); свойство волн; звуковые волны.
2. Линзы, формула тонкой линзы, оптические приборы.
3. Задача на расчет работы и мощности тока, КПД источника тока.

Билет №15.

1. Атомистическая гипотеза строения вещества и ее экспериментальные доказательства. Модель идеального газа. Связь между давлением идеального газа и средней кинетической энергией теплового движения его молекул.
2. Дисперсия и поглощение света; спектроскоп и спектрограф. Спектры.
3. Задача на движение заряженной частицы в магнитном поле.

Билет №16.

1. Температура как мера средней кинетической энергии движения частиц. Абсолютная температура.
2. Различные виды электромагнитных излучений, их свойства и практические применения.
3. Экспериментальное задание: «Измерение ЭДС и внутреннего сопротивления источника тока».

Билет №17.

1. Уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы.
2. Гипотеза Планка о квантах; фотоэффект; опыты А.Г. Столетова; уравнение Эйнштейна для фотоэффекта, фотон.
3. Экспериментальное задание: «Измерение коэффициента трения скольжения на основе построения графика зависимости силы трения от силы давления».

Билет №18.

1. Насыщенные и ненасыщенные пары; зависимость давления насыщенного пара от температуры; кипение. Влажность воздуха; точка росы, гигрометр, психрометр.
2. Опыт Резерфорда; ядерная модель атома; квантовые постулаты Бора; лазеры.
3. Задача по теме «Кинематика».

Билет №19.

1. Внутренняя энергия и способы ее изменения. Первый закон термодинамики. Применение первого закона термодинамики к изотермическому, изохорному, изобарному и адиабатному процессам.
2. Модели строения атомного ядра; ядерные силы; нуклонная модель ядра; энергия связи ядра.
3. Задача на движение тел с учетом силы трения.

Билет №20.

1. Тепловые машины: основные части и принципы действия тепловых машин; коэффициент полезного действия тепловой машины и пути его повышения; проблемы энергетики и охраны окружающей среды.
2. Радиоактивность; радиоактивные излучения; закон радиоактивного распада.

3. Задача на движение заряженной частицы в электростатическом поле.

Билет №21.

1. Элементарный электрический заряд; два вида электрических зарядов; закон сохранения электрического заряда; закон Кулона.
2. Ядерные реакции: законы сохранения при ядерных реакциях; цепные ядерные реакции; ядерная энергетика; термоядерные реакции.
3. Экспериментальное задание: «Измерение (расчет) показателя преломления вещества на основе прямых измерений углов падения и преломления».

Билет №22.

1. Электрическое поле: напряженность электрического поля; линии напряженности электрического поля; принцип суперпозиции электрических полей.
2. Соленная система.
3. Задача на расчет параметров колебательного контура.

Билет №23.

1. Работа сил электрического поля. Потенциальность электрического поля. Потенциал и разность потенциалов; эквипотенциальные поверхности. Связь между напряженностью и разностью потенциалов.
2. Звезды и источники их энергии. Современные представления о происхождении и эволюции Солнца и звезд.
3. Экспериментальное задание: «Измерение ускорения свободного падения с использованием законов колебания математического маятника. Сравнение полученного результата с достоверным значением ускорения свободного падения».

Билет №24.

1. Проводники в электрическом поле: электрическое поле внутри проводящего тела; электрическое поле заряженного проводящего шара; диэлектрики в электрическом поле; поляризация диэлектриков.
2. Наша Галактика. Другие галактики.
3. Задача на применение законов Ньютона к системе связанных тел.

Билет №25.

1. Электрическая емкость: емкость конденсатора; энергия электрического поля.
2. «Красное смещение» в спектрах галактик. Современные взгляды на строение и эволюцию Вселенной.
3. Экспериментальное задание: «Измерение потенциальной энергии деформированной пружины на основе построения графика зависимости модуля силы упругости от удлинения пружины».

## **Билеты по самому логичному и простому предмету**

### **Билет №1**

1. Механическое движение. Относительность механического движения.(01) Закон сложения скоростей в классической механике. Кинематика прямолинейного движения материальной точки.
2. Магнитное поле в веществе(15). Магнитная проницаемость. Природа ферромагнетизма. Температура Кюри.

### **Билет №2**

1. Равноускоренное прямолинейное движение. Аналитическое и графическое описание равноускоренного прямолинейного движения. (01)
2. Явление электромагнитной индукции. Закон электромагнитной индукции. Правило Ленца. Самоиндукция. ЭДС самоиндукции. Энергия магнитного поля катушки с током.

### **Билет № 3**

1. Движение материальной точки по окружности. Центробежное ускорение. Угловая скорость. Связь линейной и угловой скоростей.
2. Электрический ток в металлах. Природа электрического тока в металлах. Закон Ома для участка цепи. Зависимость сопротивления металлов от температуры. Сверхпроводимость.

### **Билет № 4**

1. Первый закон Ньютона. Инерциальные системы отсчета. Принцип относительности в классической механике и в специальной теории относительности.
2. Электрический ток в растворах и расплавах электролитов. Законы электролиза. Определение заряда электрона

### **Билет № 5**

1. Второй закон Ньютона и границы его применимости.
2. Магнитное взаимодействие токов. Магнитное поле и его характеристики. Сила Ампера. Сила Лоренца. Движение заряженных частиц в однородном магнитном поле.

### **Билет № 6**

1. Третий закон Ньютона. Свойства сил действия и противодействия. Границы применимости третьего закона Ньютона
2. Электрический ток в вакууме. Электровакuumные приборы и их применения.

### **Билет №7**

1. Импульс. Закон сохранения импульса. Реактивное движение.
2. Электрический ток в проводниках. Собственная и примесная проводимость полупроводников, р-н переход. Полупроводниковый диод. Транзистор.

**Билет №8**

- 1. Закон всемирного тяготения. Гравитационная постоянная и ее измерения. Сила тяжести. Вес тела. Невесомость. Движение тел под действием силы тяжести.(04)**
- 2. Свободные электрические колебания. Колебательный контур. Превращение энергии в колебательном контуре. Затухание колебаний. Формула Томсона.**

**Билет №9**

- 1. Сила упругости. Виды упругих деформаций. Закон Гука. Модуль Юнга. Диаграмма растяжения.(10)**
- 2. Автоколебания. Автоколебательная система. Генератор незатухающих электромагнитных колебаний.**

**Билет № 10**

- 1. Сила трения. Коэффициент трения скольжения. Учет и использования трения в быту и технике. Трения в жидкостях и газах.**
- 2. Переменный ток как вынужденные электромагнитные колебания. Действующие значения силы переменного тока и напряжения. Активное и реактивное сопротивление. Закон Ома для электрической цепи переменного тока**

**Билет № 11**

- 1. Равновесие твердого тела. Момент силы. Условия равновесия твердого тела. Виды равновесия. Принцип минимума потенциальной энергии.**
- 2. Трансформатор. Устройства и принцип действия трансформатора. Передача электроэнергии.**

**Билет № 12**

- 1. Механическая работа и мощность. Энергия: Закон сохранения энергии в механических процессах.**
- 2. Электромагнитные волна и их свойства. Скорость распространения электромагнитных волн. Опыты Герца**

**Билет №13**

- 1. Гидро и аэростатика. Общие свойства жидких и газообразных тел. Закон Паскаля. Сила Архимеда. Условия плавания тел.**
- 2. Принцип радиосвязи. Изобретение радио. Радиолокация. Телевидение. Развитие средств связи.**

**Билет № 14**

1. Гидро и аэродинамика. Уравнение Бернулли. Движение тел в жидкостях и газах.
2. Электромагнитная природа света(21). Методы измерения скорости света. Шкала электромагнитных волн. Уравнение волны.

**Билет № 15**

1. Механические колебания. Уравнение гармонических колебаний. Свободные и вынужденные колебания. Период колебаний груза на пружине и математического маятника. Превращение энергии при колебательном движении.
2. Интерференция света. Опыт Юнга. Когерентные волны. Цвета тонких пленок и применение интерференции.

**Билет № 16**

1. Механические волны и их свойства. Распространение колебаний в упругих средах. Длина волны. Звуковые волны и их свойства. Эхо. Акустический резонанс.
2. Явление дифракции света. Зоны Френеля. Дифракционная решетка как спектральный прибор.

**Билет № 17**

1. Основные положения молекулярно-кинетической теории и их опытные обоснования. Размеры и масса молекул.(06)
2. Дисперсия и поглощение света

**Билет № 18**

1. Идеальный газ. Вывод основного положения молекулярно-кинетической теории идеального газа. Температура как мера средней кинетической энергии молекул.(07)
2. Поляризация света. Естественный свет. Поляризатор. *B16 B7*

**Билет № 19**

1. Насыщенный и ненасыщенный пар.(09) Зависимость давления насыщенного пара от температуры. Кипение. Критическая температура. Относительная влажность воздуха и ее измерение.
2. Закон прямолинейного распространения света. Законы преломления и отражения света. Полное отражение. Линзы. Формула тонкой линзы.

*514*

**Билет № 20**

1. Свойства поверхности жидкостей. Поверхностное натяжение. Смачивание и не смачивание. Капиллярные явления.

**2. Элементы фотометрии: энергетические и фотометрические величины. Законы освещенности.**

**Билет № 21**

- 1. Кристаллические тела и их свойства. Монокристаллы и поликристаллы. Аморфные тела.**
- 2. Оптические приборы: лупа, микроскоп, телескоп. Разрешающая способность телескопа. Фотоаппарат. Диа-, эпи-, и кинопроекты.**

5/9

**Билет №22**

- 1. Внутренняя энергия и способы ее изменения. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия идеального газа. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам и адиабатному процессу.**
- 2. Элементы специальной теории относительности. Постулаты СТО. Конечность и предельность скорости света. Релятивистский закон преобразование скоростей. Релятивистская динамика.**

**Билет № 23**

- 1. Тепловые машины, их устройство и принцип действия. Необратимость тепловых процессов. Второй закон термодинамики и его статический смысл. Тепловые машины и проблемы экологии.**
- 2. Квантовая гипотеза Планка. Фотоэффект. Законы фотоэффекта. Квантовая теория фотоэффекта. Фотоэлементы и их применение.**

**Билет № 24**

- 1. Электрическое взаимодействие и электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.**
- 2. Строение атома. Опыты Резерфорда. Квантовые постулаты Бора. Опыты Франка и Герца. Принцип соответствия.**

**Билет № 25**

- 1. Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Линии напряженности.**
- 2. Спонтанное и индуцированное излучение. Лазеры и их применение.**

**Билет № 26**

- 1. Работа сил электрического поля. Потенциал и разность потенциалов. Эквипотенциальные поверхности. Связь между напряженностью и разностью потенциалов.**
- 2. Атомное ядро. Строение атомного ядра. Ядерные силы. Энергия связи ядра. Удельная энергия связи и прочность ядер**

**Билет №27**

1. Проводники и диэлектрики в электрическом поле.
2. Радиоактивность. Свойства радиоактивных излучений. Закон радиоактивного распада.

**Билет № 28**

1. Емкость. Емкость конденсатора. Энергия заряженного конденсатора.
2. Свойства ионизирующих излучений. Взаимодействие ионизирующих излучений с веществом. Методы регистрации ионизирующих излучений.

**Билет № 29**

1. Электрический ток и условия его существования. ЭДС источника тока. Закон Ома для однородного и неоднородного участка электрической цепи. Закон Ома для полной цепи. Короткое замыкание.
2. Ядерные реакции. Выделение и поглощение энергии в ядерных реакциях. Цепные ядерные реакции. Термоядерные реакции. Проблемы ядерной энергетики.