

ВВЕДЕНИЕ.

Физика наука о природе.

Физика – это наука о *природе*, которая изучает *материю (вещество и поле)*, общие формы движения материи, а также *фундаментальные взаимодействия* природы, управляющие движением материи.

Определение материи. Материя есть объективная реальность, существующая помимо нашего сознания и данная нам в ощущении.

Материя существует в двух видах: *вещества и поля*.

Вещество – вид материи, состоящей из совокупности атомов, молекул, их соединений и обладающих массой покоя.

Примеры. Вещество: дерево, железо, стекло, вода, воздух и др.

Физическое поле - особая форма материи, посредством которой происходит взаимодействие между частицами вещества.

Поля: гравитационное, электрическое, магнитное, электромагнитное.

Материя находится в вечном движении и *мерой движения материи является энергия*.

Закон сохранения материи. Материя ниоткуда не берётся, никуда не исчезает, а только видоизменяется.

Современная физика *изучает* различные формы движения материи, её взаимные превращения, а также свойства вещества и поля.

Физику называют «фундаментальной наукой», поскольку другие *естественные науки (биология, геология, химия и др.)* описывают только некоторый класс материальных систем, подчиняющихся законам физики. Например: *химия* изучает *атомы*, образованные из них *вещества* и превращение одного вещества в другое. Химические свойства однозначно определяются физическими свойствами атомов и молекул, описываемыми в таких разделах физики как *термодинамика, электромагнетизм и квантовая физика*.

Физика – это в первую очередь, возможность человека как можно более глубоко познать окружающий мир, упорядочить систему мировосприятия и осознать себя неотъемлемой частью.

Пути развития физики.

Наблюдение → гипотеза → эксперимент - опыт → теория или закон.

Наблюдение представляет собой целенаправленный процесс восприятия предметов действительности, в ходе которого человек получает первичную информацию об окружающем мире. Наблюдения проводятся непосредственно и с помощью технических средств. Результаты наблюдений фиксируются в описании.

Научная гипотеза (греч. *hypothesis* – основание, предположение) – предсказанное утверждение, предположение или догадка. Гипотеза высказывается на основе ряда подтверждающих её наблюдение. Гипотезу впоследствии или доказывают, превращая её в установленный факт, или же опровергают с помощью ряда экспериментов или опытов.

Эксперимент или опыт – представляет собой целенаправленное и строго контролируемое воздействие исследователя на интересующийся объект или явления для изучения его различных сторон, связей и отношений. *Эксперимент* позволяет увидеть объект или процесс в чистом виде, исключает воздействие посторонних факторов. Основная задача *эксперимента* заключается в проверке гипотез и выводов теории, имеющих фундаментальное и прикладное значение. Благодаря наблюдениям или поставленным опытам были открыты законы. Теория подводит итог всему сказанному и рисует перспективы для дальнейшего исследования.

Теория – система знаний, обладающая предсказательной силой в отношении какого-либо явления. Теории формулируются, разрабатываются и проверяются в соответствии с научным методом.

Закон - вербальное или математически сформулированное утверждение, которое описывает соотношения, связи между различными научными понятиями.

Физика тесно связана с математикой: математика представляет аппарат, с помощью которого физические законы могут быть точно сформулированы. Физические *теории* почти всегда формулируются в виде математических выражений, причем используются более сложные разделы математики, чем обычно в других науках. И наоборот, развитие многих областей математики стимулировалось потребностями физических теорий.

Понятие о физической картине мира.

Под физической картиной мира понимают целостную систему представлений о мире, его общих свойствах и закономерностях, возникающую в результате обобщения основных естественнонаучных теорий.

Понятие о величине и измерении.

Измерение – это определение количественных значений (характеристик) изучаемых сторон или свойств объекта с помощью специальных технических устройств.

Всё, что можно измерить, называется **величиной**.

Все физические величины с их основными единицами измерения составляют Международную систему единиц СИ, которая состоит из основных и производных величин.

Основные: длина, масса, время, температура, сила тока, сила света, молярная масса.

Производными величинами являются все остальные; например: площадь, скорость, сила, давление и т.д.

Единица измерения производной величины выражается через основные.

Например. Скорость $[v]=\text{м} / \text{с}$ $v=S / t$

$$\text{Сила } [F] = \text{Н} = \text{—} \qquad F = m \cdot g$$

Измерение бывает *прямым и косвенным*.

При *прямом* измерении значения физической величины определяется непосредственным сравнением с её единицей измерения.

При *косвенном* измерении значения величины определяется по формуле.

Раздел 1. «МЕХАНИКА»

Механика – раздел физики, изучающий механическое движение тел и их взаимодействия.

Тема 1.1 Кинематика.

Кинематика – раздел механики, в котором изучаются виды движения тел без учета их массы и действующих на него сил.

Понятие механического движения.

Изменение положения тел в пространстве относительно других тел называется **механическим движением**.

Механическое движение бывает поступательным и вращательным.

При поступательном движении все точки тела движутся одинаково.

При вращательном движении - по окружности.

Любое движение тела относительно, т.е. зависит от выбора системы отсчета.

В систему отсчета входит тело, относительно которого происходит движение, система координат, связанная с этим телом, часы, отсчитывающие время.

Тело, размерами которого можно пренебречь, в рассматриваемых условиях называется материальной точкой.

Кинематические элементы материальной точки : траектория, путь, перемещение, скорость, ускорение.

Траектория - линия, описываемая телом в процессе движения.

Путь - S , расстояние, пройденное телом. $[S] = \text{м}$

Перемещение - вектор, соединяющий начальное и конечное положение тела.

Скорость - v , величина, характеризующая быстроту движения. $[v] = \text{м/с}$

Ускорение - a , величина, характеризующая изменение скорости. $[a] = \text{м/с}^2$

Контрольные вопросы.

1. Что называется механическим движением? Назовите виды движения.
2. Что входит в систему отсчета?
3. Что называется материальной точкой?
4. Что характеризует скорость и ускорение? Какой буквой обозначаются и в каких единицах измеряются?

Поступательное движение.

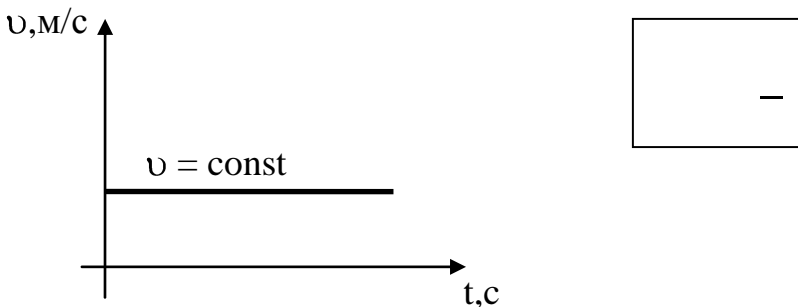
Виды движений в зависимости:

1. от траектории - прямолинейное и криволинейное;

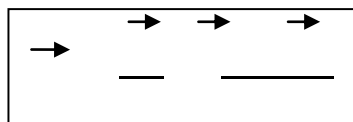
2. от скорости: равномерное, равноускоренное.

а) равномерное - движение, при котором точка за любые равные промежутки времени совершает одинаковые промежутки пути.

$$v = \text{const}, \quad a = 0$$



б) равноускоренное, т.е. тело движется с ускорением a ;

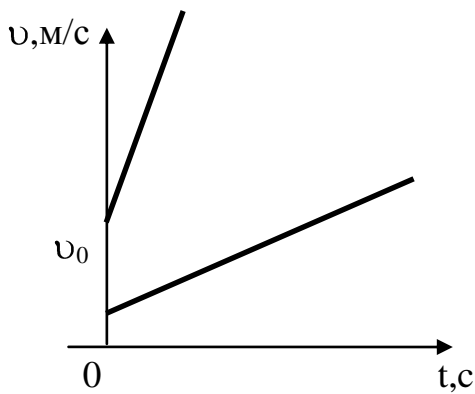


$$\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a} \cdot t$$
 - уравнение скорости;

$$s = v_0 t + \frac{a t^2}{2}$$
 - формула пути

Равноускоренное движение бывает равноускоренным и равнозамедленным.

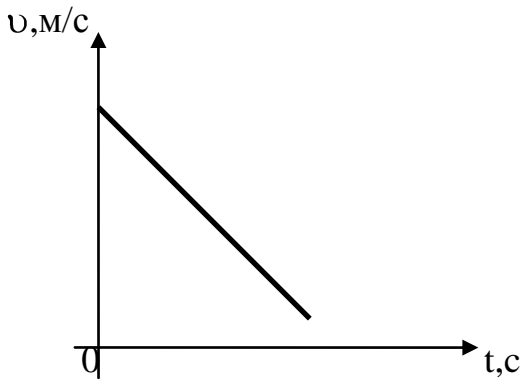
При равноускоренном движении скорость увеличивается, $a > 0$, направление вектора ускорения \vec{a} совпадает с направлением вектора скорости \vec{v} .



$$v = v_0 + at$$

Если график расположен ближе к оси v , то тело движется с большим ускорением, если ближе к оси t , то с меньшим ускорением.

При равнозамедленном движении значение скорости уменьшается, $a < 0$, т.е. вектор ускорения \vec{a} противоположно направлен вектору скорости \vec{v} .



$$v = v_0 - at$$

Частным случаем прямолинейного равноускоренного движения является свободное падение тела. Это движение происходит с одинаковым для всех тел ускорением свободного падения $g = 9,81 \text{ м / с}^2$

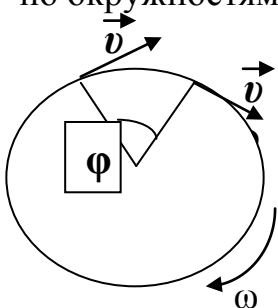
Контрольные вопросы.

1. Назовите виды движения в зависимости от траектории и скорости.
2. Что можно сказать про скорость и ускорение при равномерном, равноускоренном и равнозамедленном движении?
3. Формулы скорости и пути при равномерном и равноускоренном движении.

Вращательное движение

Движение, при котором все точки тела движутся по окружности, называется вращательным.

Криволинейное движение - движение тела, траектория которого представляет собой кривую линию. Любое криволинейное движение можно представить как движение тела по окружностям с различными радиусами.



Движение тела по окружности характеризуется угловой скоростью.

Угловая скорость ω - физическая величина равная отношению угла поворота φ к промежутку времени t .

$$\omega = \varphi / t$$

$$[\omega] = \text{рад/с} \text{ (радиан в секунду)}$$

Угловая скорость показывает, на какой угол поворачивается тело за единицу времени.

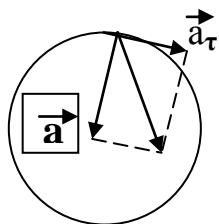
$$\mathbf{v} = \omega \mathbf{R}$$

– формула связи линейной скорости с угловой
 \mathbf{R} – радиус-вектор, м

\mathbf{v} – линейная скорость, м/с

Линейная скорость направлена по касательной в каждой точке к окружности.

При движении тела по окружности скорость постоянно изменяет свое направление, следовательно тело движется с ускорением \mathbf{a} .



Ускорение состоит из двух составляющих: тангенсального и нормального ускорения.

Тангенсальное (касательное) ускорение, \mathbf{a}_τ – Характеризует изменение значения скорости и направлено по касательной к траектории, т.е. направление тангенсального ускорения совпадает с направлением линейной скорости.

Нормальное ускорение \mathbf{a}_n – направлено вдоль нормали к окружности в данной точке т.е по радиусу.(перпендикулярно линейной скорости). Характеризует изменение скорости по направлению.

Полное ускорение:

При движении тела по окружности с постоянной скоростью $\mathbf{v} = \text{const}$, следовательно $\mathbf{a}_\tau = \mathbf{0}$ и тело обладает только нормальным ускорением \mathbf{a}_n , которое направлено по радиусу к центру. Это ускорение называется *центростремительным \mathbf{a}_c* , т.е. $\mathbf{a}_n = \mathbf{a}_c$.

Контрольные вопросы.

1. Какая величина характеризует вращательное движение? Что она характеризует?
2. Как направлены и что характеризует касательное и тангенсальное ускорения?
3. Формула связи линейной скорости с угловой.

Тема 1.2. Динамика.

Динамика – раздел механики, в котором изучаются причины возникновения механического движения.

Взаимодействие тел. Принцип суперпозиции сил.

Законы динамики Ньютона.

Динамические характеристики:

Сила - векторная величина, характеризующая воздействие на тело другого тела или поля.

\mathbf{F} - сила

$$[\mathbf{F}] = \mathbf{H} = \text{—}$$

Равнодействующая сил \mathbf{F}_p - векторная сумма всех сил, действующих на тело.

$$\vec{\mathbf{F}}_p = \vec{\mathbf{F}}_1 + \vec{\mathbf{F}}_2 + \dots + \vec{\mathbf{F}}_n = \sum \vec{\mathbf{F}}_i$$

Масса - скалярная величина, мера инертности тела. $[m] = \text{кг}$.

В основе динамики лежат три закона Ньютона.

1-й закон Ньютона. Существуют такие системы отсчета, относительно которых поступательно движущееся тело сохраняет свою скорость постоянной, если на него не действуют другие тела или действие других тел компенсируют друг друга. $\sum \vec{F}_i = 0$

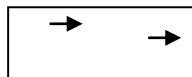
Такие системы отсчета называются инерциальными (ИСО).

Свойство тел сохранять свою скорость постоянной при отсутствии действия других тел называется инерцией.

Инертность – свойство присущее всем телам и заключающееся в том, что тела оказывают сопротивление изменению их скорости (как по модулю, так и по направлению).

2-ой закон Ньютона. Векторная сумма сил, действующих на тело, равна произведению массы тела на его ускорение.

$$\sum \vec{F}_i = m\vec{a}$$



Направление силы и ускорения всегда совпадают.

3-й закон Ньютона. Тела действуют друг на друга с силами, равными по абсолютной величине и противоположными по направлению.

$$\vec{F}_1 = -\vec{F}_2$$

Свойства этих сил:

1. Всегда действуют парами.
2. Одной природы.
3. Силы приложены к разным телам! (\vec{F}_1 – к первому телу, \vec{F}_2 – ко второму телу). Нельзя складывать! Не уравновешивают друг друга!

Механика, в которой рассматриваются тела, движущиеся с небольшими скоростями, называется классической механикой. В классической механике выполняются законы Ньютона.

Механика, в которой рассматриваются тела, движущиеся со скоростями близкими к скорости света, называется релятивистской механикой.

Скорость света в вакууме $c = 300000$ км/с.

В релятивистской механике законы Ньютона не выполняются.

Контрольные вопросы.

1. Дать понятие силы и массы.
2. Какое движение и состояние описывает первый и второй законы Ньютона?
3. Какие ограничения существуют у законов Ньютона?

Виды сил.

1. Силы упругой деформации

Силы упругой деформации возникают при деформации тела под внешним воздействием.

Деформация - изменение размеров и формы тела под действием внешних сил.

Упругая деформация – деформация, которые полностью исчезают после прекращения действия сил.

Пластическая деформация - деформация, которая не исчезает после действия сил.

Виды деформаций.



Примеры сил упругости:

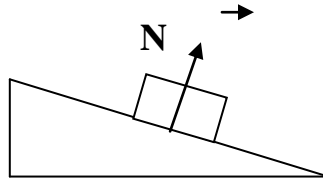
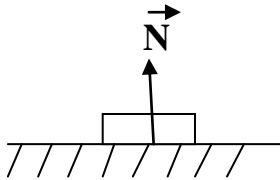
1. Сила упругости пружины и для малых упругих деформаций растяжения и сжатия выполняется закон Гука, направлена в сторону противоположную перемещению частиц тела.

$$\vec{F}_{\text{упр}} = -\kappa_{\text{упр}} \cdot \Delta \vec{x}$$
 - закон Гука,

$\kappa_{\text{упр}}$ - коэффициент упругости (жесткости) пружины, Н/м

Δx - изменение длины пружины, м.

2. Сила реакции опоры – \vec{N} действует со стороны опоры на тело, всегда направлена перпендикулярно к поверхности, на которой находится тело.



3. Сила натяжения – \vec{T} или $\vec{F}_{\text{нат}}$ направлена вдоль нити или троса от тела.

2. Силы тяжести.

Сила тяжести - гравитационная сила, действующая со стороны поля тяготения Земли на тело вблизи ее поверхности.

$$\vec{F}_{\text{тяг}} = m\vec{g}$$

g - ускорение свободного падения, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$, зависит от географической широты, вблизи полюсов $g = 9,83 \text{ м/с}^2$, вблизи экватора $g = 9,78 \text{ м/с}^2$.

Сила тяжести всегда направлена вертикально вниз из центра тяжести тела.

3. Силы трения.

Сила трения возникает при относительном движении двух соприкасающихся тел или попытке вызвать такое движение.

$$F_{\text{тр}} = \mu \cdot N$$

N - сила реакции опоры, Н;

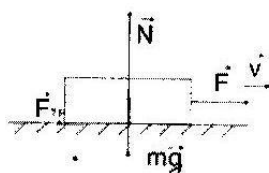
μ - коэффициент трения, постоянный для двух твердых тел.

Сила трения всегда направлена противоположно направлению движения вдоль поверхности.

Причина возникновения силы трения – неровности поверхностей. При относительном движении тел происходит разрушение этих неровностей

Виды сил трения.

1. **Сила трения покоя** возникает, если действие внешних сил не приводит к относительному движению поверхности одного тела относительно поверхности другого. $F = F_{\text{тр}}$, $v = 0$ или если тело движется с $v = \text{const}$, по горизонтальной поверхности.



2. Сила трения скольжения возникает при движении двух твердых тел относительно друг друга. $F > F_{тр}$, $v = 0$

$$\vec{F}_{тр\ скользя} = \mu_{скользя} \cdot \vec{N}$$

$\mu_{скользя}$ – коэффициент трения скольжения трущихся поверхностей.

3. Сила трения качения возникает при движении тел по окружности.

$$\vec{F}_{тр\ качен.} = \mu_{качен.} \cdot \vec{N}$$

$\mu_{качен.}$ – коэффициент трения качения $\mu_{качен.} \ll \mu_{скользя}$.

$$\vec{F}_{тр\ качен.} = (\mu P) / R$$

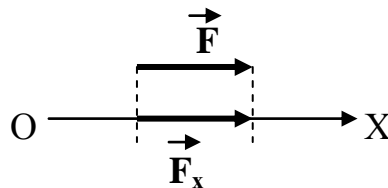
P – вес тела, N ; R – радиус окружности, по которой вращается тело, м.

4. Сила вязкого трения возникает при движении твердого тела в жидкости или газе.

При малых скоростях $\vec{F}_{вязк. тр} = -\mu_1 \cdot \vec{v}$ При увеличении скорости $\vec{F}_{вязк. тр} = -\mu_2 \cdot \vec{v}^2$
 μ_1 и μ_2 - коэффициенты вязкого трения, зависят от свойств среды, формы и размеров движущегося тела.

Нахождение проекции силы.

1. Для нахождения проекции силы, необходимо из начала и конца вектора опустить перпендикуляр на выбранные оси.

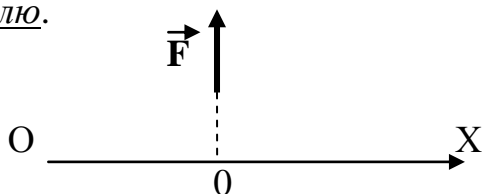


2. Знак проекции.

- а) Если направление проекции совпадает с направлением выбранной оси, то значение проекции будет положительной.
 б) Если направление проекции противоположно выбранной оси, то значение проекции будет отрицательной.

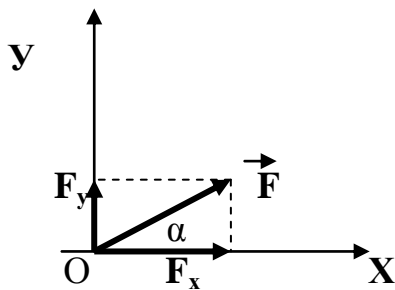
3. Значение проекции.

- а) Если вектор силы параллелен выбранной оси, то значение проекции равно значению силы. (См. рисунок выше).
 б) Если вектор силы перпендикулярен выбранной оси, то значение проекции равно нулю.



для строителей

- в) Вектор силы направлен под углом α к какой-либо оси, то значение проекции равно:
 1) если проекция силы является прилежащим катетом, то значение проекции равно произведению значения силы на косинус данного угла.
 2) если проекция силы является противолежущим катетом, то значение проекции равно произведению значения силы на синус данного угла.

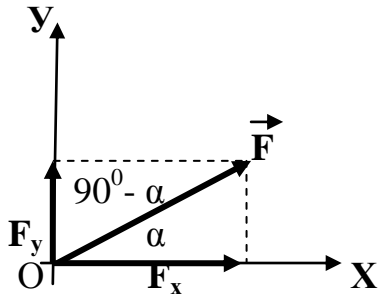


$$F_x = F \cdot \cos \alpha$$

$$F_y = F \cdot \sin \alpha$$

для механиков

в) Если вектор силы направлен под углом α к какой-либо оси, то значение проекции силы равно произведению силы на косинус прилежащего угла.



$$F_x = F \cdot \cos \alpha$$

$$F_y = F \cdot \cos (90^\circ - \alpha)$$

Закон всемирного тяготения.

Закон всемирного тяготения: две материальные точки притягиваются друг к другу с силой прямо пропорциональной произведению их масс и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.

$$F = \frac{\gamma m_1 m_2}{r^2}$$

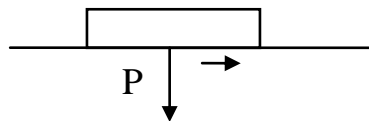
γ - гравитационная постоянная $\gamma = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Н} \cdot \text{м}^2 / \text{кг}^2$

Вес.

Весом тела называется **сила**, с которой тело действует на опору или подвес в результате гравитационного притяжения к Земле.

P – вес тела $[P] = \text{Н (Ньютон)}$.

$$P = mg$$



Если тело покоится на некоторой поверхности, то, согласно третьему закону Ньютона, вес тела P равен реакции опоры, взятой с обратным знаком: $P = -N$

При движении тела с ускорением вертикально вверх вес тела увеличивается:

$$P = m(g + a)$$

При движении тела с ускорением вертикально вниз вес тела уменьшается:

$$P = m(g - a)$$

Невесомость.

Состояние тела, в котором его вес равен нулю, называется **невесомостью**.

В состоянии *невесомости* тело не давит на опору или подвес вследствие притяжения к Земле. Движение происходит под действием только силы тяжести.

Момент силы.

Момент силы – физическая величина, равная произведению силы на плечо силы.

M – момент силы

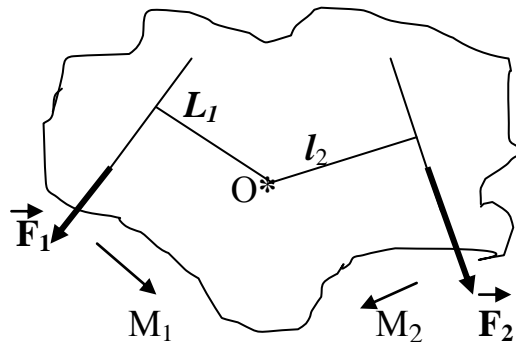
$$\boxed{M = Fl}$$

$$[M] = \text{Н}\cdot\text{м}$$

l – плечо силы, м

Плечо силы l – кратчайшее расстояние от оси вращения до линии действия силы.

Момент силы, вращающий тело по часовой стрелке, считается *положительным*, а момент, вращающий тело *против часовой стрелки* – *отрицательным*.



Тело произвольной формы вращается относительно точки O под действием сил \vec{F}_1 и \vec{F}_2

Момент силы M_1 – отрицателен, т.к. под действием силы \vec{F}_1 тело будет вращаться против часовой стрелки; момент силы M_2 – положителен, т.к. под действием силы \vec{F}_2 тело будет вращаться по часовой стрелке.

Условие равновесия тел.

1. Векторная сумма всех сил, действующих на тело равна нулю. $\sum \vec{F} = 0$

2. Алгебраическая сумма моментов всех сил, действующих на тело, равна нулю.

$$\sum M = 0$$

Если тело имеет закрепленную ось вращения, то следует учитывать только второе условие равновесия.

Контрольные вопросы.

1. Какое движение описывают первый и второй законы Ньютона? Сформулируйте их.
2. Что называется деформацией? Какие существуют виды деформаций?
3. Какие виды сил и сил трения существуют? Когда они возникают?
4. В чем различие веса и силы тяжести?
5. Что такое невесомость? Когда тело находится в невесомости?
6. Когда момент силы положителен? отрицателен?
7. Когда тело находится в равновесии?

Тема 1.3. Законы сохранения в механике.

Законы сохранения импульса и реактивное движение.

Импульсом тела \vec{p} называется произведение массы тела *m* на его скорость *v*

$$\boxed{\vec{p} = m\vec{v}}$$

$$[p] = \text{кг}\cdot\text{м}/\text{с}$$

Если на тело действует сила, то под действием этой силы изменяется импульс.

$$F = ma = m(v - v_0) / (t - t_0) = (mv - mv_0) / \Delta t = (p - p_0) / \Delta t = \Delta p / \Delta t$$

$$\boxed{\vec{F} = \frac{\Delta \vec{p}}{\Delta t}}$$

- второй закон Ньютона в импульсной форме.

Изменение импульса Δp равно произведению этой силы \vec{F} на время *t*, в течении которого действовала эта сила.

$$\Delta \vec{p} = \vec{F} \cdot \Delta t$$

Закон сохранения импульса: Сумма импульсов взаимодействующих тел, составляющих замкнутую (изолированную) систему, есть величина постоянная.

$$\Sigma \vec{p}_i = \text{const}$$

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 + \dots + m_n v_n = m_1 v_1 + m_2 v_2 + \dots + m_n v_n$$

Замкнутая система – система тел, которые взаимодействуют друг с другом и не взаимодействуют с другими телами.

Закон сохранения импульса применяется в *реактивном движении*.

Работа, мощность.

Работа - скалярная величина, равная произведению модуля силы \vec{F} на модуль перемещения \vec{S} и на косинус угла между направлениями векторов силы и перемещения

$$A = |\vec{F}| \cdot |\vec{S}| \cdot \cos \alpha$$

A – работа, [A] = Дж

Работа положительна, если угол α - острый, отрицательна, если угол α - тупой. Работа максимальна, если направление силы и перемещения совпадает, т.е. $\alpha = 0^\circ$. Работа равна нулю $A = 0$, если направление силы перпендикулярно перемещению, $\vec{F} \perp \vec{S}$ т.е. $\alpha = 90^\circ$.

Работа совершается над телом в том случае, если на тело действует сила и под действием этой силы тело перемещается.

Мощность - скалярная величина, характеризующая быстроту совершения работы.

Мощность показывает, какая совершается работа за единицу времени.

N – мощность.

$$N = \dots \quad [N] = \text{Вт (Ватт)} \quad \text{Вт} = \text{Дж/с}$$

Мощность численно равна произведению модуля силы на скорость и на косинус угла между векторами силы и скорости.

$$N = \vec{F} \cdot \vec{v} \cdot \cos \alpha$$

Энергия. Закон сохранения механической энергии.

Энергия – физическая величина, являющаяся количественной мерой движения и взаимодействия всех видов материи. **Изменение энергии равно работе**, которую может совершить тело или система тел при переходе из данного состояния в другое, т.е. работа равна изменению энергии.

E – энергия, [E] = Дж

Кинетическая энергия - энергия, обусловлена движением (скоростью) тела.

$$E_{\text{кин}} = \dots$$

Потенциальная энергия - энергия, обусловленная взаимодействием разных тел или частей одного тела.

Потенциальная энергия тела поднятого над Землей на высоту h равно $E_{\text{пот}} = mgh$

Потенциальная энергия упруго деформированной пружины $E_{\text{пот}} = \dots$

Значение потенциальной энергии зависит от нулевого уровня, обычно выбираемого из соображений удобства решения задачи.

Сумма кинетической и потенциальной энергии называется полной механической энергией.

Закон сохранения механической энергии. Полная механическая энергия замкнутой системы тел остаётся постоянной при любых движениях тел этой системы, если между телами *действуют силы тяготения или силы упругости.*

Если между телами действует сила трения, то полная механическая энергия не сохраняется; т.к. часть её переходит во внутреннюю энергию и тела нагреваются.

Контрольные вопросы.

1. Что называется импульсом?
2. В чем заключается закон сохранения импульса? Где применяется?
3. Когда над телом совершается работа? Какой буквой обозначается работа? В каких единицах измеряется?
4. Может ли работа быть равной нулю, если на движущееся тело действует сила?
5. Что называется мощностью? Какой буквой обозначается? В каких единицах измеряется?
6. Когда тело обладает кинетической энергией? Когда - потенциальной?
7. Сформулируйте закон сохранения механической энергии?
8. При действии каких сил не выполняется закон сохранения механической энергии?

Тема 4.1. Механические колебания и волны.

Механические колебания.

Механические колебания – это движения, которые точно или приблизительно повторяются через определенный интервал времени.

Это покачивание веток деревьев на ветру, вибрация струн музыкальных инструментов, движение поршня в цилиндре двигателя автомобиля, качание маятника в настенных часах, биение сердца, пульсация излучения звезд, приливы и отливы на Земле и т.д. Колебания свойственны практически всем явлениям природы.

Параметры колебательного движения:

1. **A** -амплитуда, м. - максимальное отклонение от положения равновесия.
2. **T** -период, с. - время в течении которого совершается одно полное колебание.
3. **v** -частота, Гц (Герц) - величина, характеризующая быстроту колебательного движения, и показывающая сколько полных колебаний совершается за единицу времени.

$$\boxed{v = \frac{1}{T}} \quad [v] = \text{Гц} = \text{с}^{-1}$$

Необходимые условия для возникновения колебаний.

1. Наличие избыточной энергии.
2. Действие на тело возвращающей силы.
3. Чтобы избыточная энергия сразу не израсходовалась на преодоление сопротивления среды.

При механических колебаниях происходит превращение потенциальной энергии в кинетическую и обратно.

Классификация колебаний:

1. по амплитуде: а) затухающие, происходят с постоянным уменьшением амплитуды
б) незатухающие, происходят с постоянной амплитудой.

2. по силам, действующим на тело:

- а) собственные, происходят под действием возвращающей силы;
- б) свободные, происходят под действием возвращающей силы и сил сопротивления среды;
- в) вынужденные, происходят под периодически действующей внешней силой.

Механический резонанс.

Явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний при совпадении частоты вынужденных колебаний с частотой собственных колебаний называется **механическим резонансом**.

Часто резонанс приносит вред: при определенных частотах звука иногда дребезжит корпус радиоприемника, преждевременно изнашиваются фундаменты под станками, разрушаются машины, станки, самолеты от вибрации.

Резонанс необходимо учитывать при расчете балок, мостов, станков и т. д.

Автоколебания.

Колебательная система, совершающая незатухающие колебания за счет действия источников энергии, не обладающего колебательными свойствами (периодичностью), называется **автоколебательной**.

Примеры: часы, орган, духовые инструменты, сердечно - сосудистая система, паровые машины, двигатели внутреннего сгорания и т. д.

Гармонические колебания.

Колебания, которые подчиняются синусоидальному (косинусоидальному) закону называются **гармоническими**.

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$
 - уравнение гармонического колебания.

x - смещение, м - показывает, где находится тело в данный момент времени.

A - амплитуда, м.

$\omega t + \varphi_0$ - фаза, рад (радиан) - показывает, как дальше будет двигаться тело.

φ_0 - начальная фаза, рад - показывает из какого положения тело начинает двигаться.

t - время колебания, с

ω - циклическая или круговая частота, рад/с - показывает на какой угол поворачивается тело за единицу времени.

$$\omega = 2\pi \nu$$

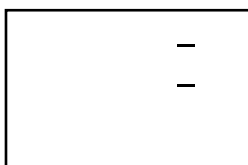
$$\omega = 2\pi \nu$$

Графиком гармонических колебаний является синусоида.

По графику можно определить амплитуду колебания, период, начальную фазу.

Примером гармонического колебания является колебания математического и пружинного маятников.

Математический маятник – материальная точка (тело), подвешенная на невесомой нерастяжимой нити.



-

l – длина математического маятника, м;
 g – ускорение свободного падения, м/с².

Период колебания математического маятника не зависит от массы тела.

Пружинный маятник – тело, подвешенное на пружине.



m – масса тела, кг

k – жесткость пружины, Н/м.

Механические волны.

Распространение колебаний частиц в среде называется механической волной.

Основное свойство волны – перенос энергии без переноса вещества.

Волны, в которых частицы среды колеблются перпендикулярно линии распространения волны, называются поперечными.

Поперечные волны состоят из выпуклостей и впадин, и распространяются в твердых телах и на поверхности воды.

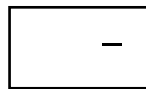
Волны, в которых частицы колеблются вдоль линии распространения волны, называются продольными.

Продольные волны состоят из сгущений и разрежений, и распространяются в твердых телах, жидкостях и газах (звуковые волны).

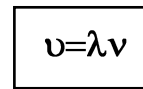
Длиной волны - называется наименьшее расстояние между ближайшими точками, находящимися на одной прямой и колеблющимися в одной и той же фазе или расстояние, которое проходит волна за один период.

λ - длина волны $[\lambda] = \text{м}$

Скорость распространения волны:



или



Скорость волны конечна и меняется при переходе в другую среду.

Звуковые волны.

Звуковые волны — механические колебания, распространяющиеся в твердой, жидкой и газообразной упругой среде и воспринимаемые органами слуха.

В безвоздушном пространстве звуковые волны не распространяются. Человеческое ухо воспринимает колебания, частоты которых лежат в интервале от 16 Гц до 20000 Гц.

Упругие волны, распространяющиеся с частотой меньше 16 Гц, называются инфразвуком.

Упругие волны, распространяющиеся с частотой больше 20000 Гц, называются ультразвуком.

Высокочастотные упругие волны в диапазоне 10^9 — 10^{13} Гц относятся к гиперзвуку.

Любое тело, колеблющееся со звуковой частотой, является источником звука (камертон — 440 Гц, музыкальные инструменты, взрывы, полет пуль, завывание ветра и т.д.).

В каждой среде звук распространяется с определенной скоростью. В твердых телах скорость звука выше, чем в жидкостях, а в жидкостях выше, чем в газах (почему?).

Скорость звука зависит от природы вещества и от его температуры.

Например, скорость звука в воздухе при температуре 0°C — $v = 331 \text{ м/с}$,

а при 20°C — $v = 343 \text{ м/с}$.

При 0°C скорость звука в водороде $v = 1284 \text{ м/с}$, в гелии — $v = 965 \text{ м/с}$, в кислороде —

$v = 316$ м/с. Чем больше масса молекул газа, тем меньше скорость звука в нем. При 20° С в воде — $v = 1450$ м/с, в стали — $v = 5000$ м/с.

Приемники звука служат для восприятия звуковой энергии и преобразования её в другие виды энергии. К приемникам звука относятся, в частности, слуховой аппарат человека и животных, микрофоны (в воздухе), гидрофоны (в воде) и геофоны (в земной коре). Звуковая волна достигает человеческого уха, заставляет барабанную перепонку совершать вынужденные колебания с частотой, соответствующей частоте источника звука. Дрожания барабанной перепонки передаются посредством системы косточек окончанием слухового нерва, раздражают их и тем вызывают у человека определенные слуховые ощущения. Человеческое ухо - очень чувствительный прибор. С возрастом из-за потери эластичности барабанной перепонки верхняя граница воспринимаемых человеком частот постепенно снижается. *Ухудшается слух людей и в результате длительного воздействия громких звуков.* Работа вблизи мощных самолетов, в очень шумных заводских цехах, частое посещение дискотек и чрезмерное увлечение аудиоплеерами негативно влияют на остроту восприятия звуков (особенно высокочастотных) и в некоторых случаях могут привести к потере слуха.

Характеристики звука.

1. **Сила звука (или интенсивность) I** — зависит от энергии, ежесекундно переносимой через единицу площади, расположенной перпендикулярно направлению распространения звуковой волны.

$$I = W / (St)$$

$$[I] = \text{Вт/м}^2$$

$$I = 10^{-12} \text{ Вт/м} - \text{порог слышимости}$$

$$I = 1 \text{ Вт/м}^2 - \text{порог болевого ощущения.}$$

2. **Громкость звука** — зависит от его интенсивности. Громкость звука определяется амплитудой: чем больше амплитуда колебаний в звуковой волне, тем больше громкость.

Единицу громкости называют *соном*. Громкостью в *1 сон* обладает приглушенный разговор, обычный разговор — *2 сона*, тиканье часов — *0,1 сона*, стук пишущей машинки — *4 сона*, громкий уличный шум — *8 сон*. В кузнечном цехе громкость достигает *64 сона*, на расстоянии 4 м от работающего двигателя реактивного самолета — *264 сона*. Звуки еще большей громкости начинают вызывать болевые ощущения.

3. **Высота звука** определяется его частотой: чем больше частота колебаний в звуковой волне, тем выше звук. Колебаниям небольшой частоты соответствуют низкие звуки, колебаниям большой частоты — высокие звуки (у шмеля 220 взмахов в секунду — низкий звук (жужжание), у комара — 500-600, высокий (писк)). В мужском голосе колебания с частотой от 100 до 7000 Гц, в женском — от 200 до 9000 Гц.

4. **Тон** — звуковая волна определенной частоты. О высоте звука часто говорят как о высоте тона.

Вопрос. *Что можно сказать о высоте тона мужчины и женщины?*

Основной тон с примесью нескольких колебаний других частот образуют музыкальный звук. Звуки, издаваемые музыкальными инструментами, являются сложными тонами. Например: звуки скрипки и пианино могут включать до 15-20 различных колебаний.

Основной тон — звук с наименьшей частотой. Остальные *обертоны*.

От состава каждого сложного звука зависит его тембр.

5. Тембр звука — определяется его составом (спектром) и зависит от громкости отдельных обертонов. По тембру звука различают ноты, взятые на различных музыкальных инструментах, голоса людей и т. д.

Характер восприятия звука во многом зависит от планировки помещения. В закрытых помещениях слушатель воспринимает, кроме прямого звука, еще и слитный ряд следующих друг за другом повторений, вызванных многократными отражениями звука от находящихся в помещении предметов, стен, потолка и пола.

Раздел 2 **МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА И ТЕРМОДИНАМИКА.**

Тема 2.1. **Основы молекулярно-кинетической теории**

Молекулярная физика - раздел физики, в котором изучаются физические свойства вещества в различных агрегатных состояниях, на основе рассмотрения их молекулярного строения.

Основные положения МКТ.

Большое многообразие веществ в природе было объяснено молекулярно - кинетической теорией, которую создал английский ученый *Дальтон* в начале XX в.

Основные положения МКТ:

1. Все вещества состоят из молекул (атомов) и промежутков между ними;
2. Молекулы (атомы) непрерывно и хаотично движутся;
3. Молекулы (атомы) взаимодействуют друг с другом — притягиваются и отталкиваются.

Молекулой называется наименьшая частица вещества, способная к самостоятельному существованию и сохраняющая химические свойства вещества.

Атом — наименьшая частица химического элемента, способный к самостоятельному существованию и сохраняющий химические свойства элемента.

Движение молекул подтверждают явления: диффузия газов и броуновское движение.

Диффузией называется проникновение одного вещества в другое с выравниванием концентрации.

Броуновским движением называется движение пылинок, обусловленное ударами хаотически движущихся молекул,

Число Авогадро — число молекул в одном моле вещества $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$.

Молярная масса μ — масса одного моля вещества. $[\mu] = \text{кг/моль}$

$$\mu = m_{\text{мол}} N_A;$$

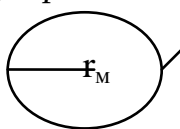
$$m_{\text{мол}} \text{ — масса молекулы, кг}$$

$$\mu = m/\nu$$

$$m \text{ - масса вещества, кг ; } \nu \text{ — число молей.}$$

Силы взаимодействия молекул.

Наименьшее расстояние между молекулами при которых силы молекулярного взаимодействия настолько малы, что их можно не учитывать, называется *радиусом молекулярного действия r_m* . $r_m \approx 1 \text{ нм} = 1 \cdot 10^{-9} \text{ м}$



сфера молекулярного действия

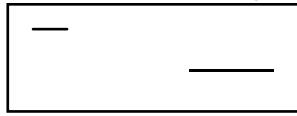
Если расстояние между молекулами $r < r_m$, то молекулы взаимодействуют между собой (молекулы находятся внутри сферы).

Если $r > r_m$, то молекулы не взаимодействуют между собой (молекулы находятся на сфере или вне сферы).

Сила притяжения и сила отталкивания между молекулами действуют одновременно. На расстоянии r_0 $F_{пр} = F_{от}$, при $r > r_0$ преобладают силы притяжения $F_{пр}$; при $r < r_0$ преобладают силы отталкивания $F_{от}$.

Энергия молекул.

Молекулы движутся, следовательно, молекулы обладают кинетической энергией.



$\bar{E}_{пост}$ - средняя кинетическая энергия, поступательного движения молекул, Дж
 m - масса молекулы, кг

$v_{ск}$ - средняя квадратичная скорость молекул, м/с.

Молекулы взаимодействуют между собой, следовательно, они обладают потенциальной энергией. Потенциальная энергия уединенной молекулы равна нулю.

В газе молекулы не обладают потенциальной энергией (Почему?), а обладают в жидкостях и твердых телах.

Характеристика газообразного состояния вещества.

Газ занимает весь представленный ему объем. Расстояния между молекулами в газе большие $r \gg r_m$, поэтому между молекулами силы притяжения отсутствуют, а действуют только силы отталкивания в момент соударения молекул друг об друга.

Молекулы в газе движутся прямолинейно и равномерно. Значение и направление скорости изменяется при соударении молекул друг об друга или о стенки сосуда.

Идеальный газ.

Под *идеальным газом* понимают такой газ, в котором отсутствуют силы молекулярного взаимодействия, а молекулы принимают за материальные точки.

К идеальным газам близки водород H_2 и гелий He_2 . Реальные газы нельзя считать идеальными, если газ находится под высоким давлением или при низкой температуре.

Тепловое движение. Температура как мера средней кинетической энергии частиц.

Явления, связанные с нагреванием или охлаждением, называются *тепловыми*.

Тепловым, или термодинамическим, равновесием называют такое состояние, при котором все макроскопические параметры остаются неизменными сколь угодно долго.

Величины, характеризующие состояние макроскопических тел без учета их молекулярного строения, называются макроскопическими или *термодинамическими параметрами*. К ним относятся *объем - V, давление - P, температура - T*.

Величина, характеризующая степень нагретости тела, называется температурой.

Температура – характеристика теплового равновесия системы.

Температура измеряется термометрами. Существуют шкалы температур: Цельсия, Фаренгейта, Реомюра.

t - температура по шкале Цельсия, $^{\circ}C$. (А. Цельсий – шведский ученый).

Основной шкалой температур является термодинамическая шкала температур или шкала Кельвина (анг. ученый Кельвин).

T - термодинамическая температура, $^{\circ}K$.

В термодинамической шкале за начало отсчета взят абсолютный нуль, а величина градуса та же, что и в шкале Цельсия.

Абсолютным нулем называется температура, при которой прекращается поступательное движение молекул.

Он соответствует $-273,15^{\circ}\text{C}$. При абсолютном нуле $E = 0$

$$T = t + 273 \quad t = T - 273$$

Энергия поступательного движения молекул

-

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж / } ^{\circ}\text{K}$ - постоянная Больцмана.

Задание.

1. Получить формулу зависимости скорости движения молекул от температуры.
2. Перевести температуру $t_1 = 15^{\circ}\text{C}$ и $t_2 = -16^{\circ}\text{C}$ в шкалу Кельвина.
3. Перевести температуру $T_1 = 115^{\circ}\text{K}$ и $T_2 = 416^{\circ}\text{C}$ в шкалу Цельсия.

Вопрос. Как зависит скорость молекул от температуры.

Давление газа.

Давление - это сила действующая на единицу площади.

-

$$[P] = \text{Па (Паскаль)} \quad \text{Па} = \text{Н/м}^2$$

P - давление, Па; F - сила, Н; S - площадь, м^2 .

Давление в газе обусловлено ударами молекул о стенки сосуда. Давление в газе зависит от температуры и числа молекул в единицу объема.

$P = - E_{\text{пост}} \cdot n_0$

 - основное уравнение молекулярно - кинетической теории

$E_{\text{пост}}$ - средняя кинетическая энергия поступательного движения молекул, Дж
 n_0 - число молекул в единице объёма.

Задание. Получить формулу зависимости давления газа от скорости движения молекул v и от числа молекул в единице объема n_0 .

Единицы измерения давления: Па = Н/м², мм. рт. ст.; атм (физическая атмосфера); кгс/см² (килограмм-сила на квадратный сантиметр); ат (техническая атмосфера).
кгс/см² = ат

Атмосферное давление обусловлено весом воздушного столба. Действует на все тела, находящиеся на поверхности Земли.

Нормальное атмосферное давление $P_0 = 1,013 \cdot 10^5 \text{ Па} = 1 \text{ атм} = 760 \text{ мм. рт. ст}$

Атмосферное давление уменьшается с увеличением высоты (каждые 12 м уменьшается примерно на 1 мм рт.ст).

Задание.

Каково атмосферное давление на высоте 2 км от поверхности Земли?

Атмосферное давление измеряется *барометром*. Давление в газе измеряется *манометрами*, в основном металлическими.

$P = n_0 k T$

 - основное уравнение мкт

При абсолютном нуле $P = 0$. Почему?

Контрольные вопросы.

1. Что нужно сделать, чтобы увеличилось давление газа?
2. Как изменится давление в газе, если увеличить температуру газа в 4 раза?
3. Как изменится давление в газе при уменьшении объема газа в 4 раза?

Уравнение состояния газа – уравнение Клапейрона – Менделеева.

Уравнение, устанавливающее связь между давлением P , объёмом V и термодинамической температурой T газов получил французский физик Бенуа Клапейрон, а впервые применил великий русский ученый Д.И. Менделеев, поэтому уравнение называется *уравнением Клапейрона -Менделеева* или *уравнение состояния газа*.

$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$

- уравнение Клапейрона-Менделеева

P – давление газа, Па

μ – молярная масса газа, кг/моль

V – объём газа, м³

T – термодинамическая температура, °К

m – масса газа, кг

R – молярная газовая постоянная

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

Учитывая, что $m/\mu = \nu$ - *число молей*, то уравнение примет вид:

$$PV = \nu RT$$

- уравнение Клапейрона – Менделеева

Объединённый газовый закон.

Связь между собой трех термодинамических параметров называется *объединённым газовым законом*.

Объединённый газовый закон. Для неизменной массы газа произведение давления газа на его объём и делённое на термодинамическую температуру есть величина постоянная.

$$PV/T = \text{const}$$

- *объединённый газовый закон*.

Для решения задач объединённый газовый закон используется в записи:

P_1, V_1, T_1 - начальные параметры;

P_2, V_2, T_2 - конечные параметры.

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

Изопроцессы.

Процессы, которые происходят при неизменной массе газа и один из его параметров остаётся постоянным называются *изопроцессами*.

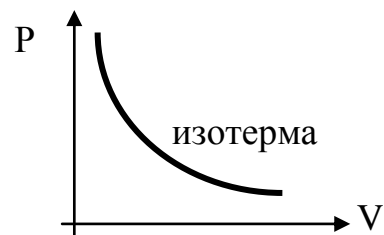
Связь между собой двух параметров называется *газовым законом*.

1.Изотермический процесс $T = \text{const}$

$PV = \text{const}$ - закон Бойля – Мариотта

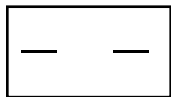
Произведение давления газа на его объём есть величина постоянная.

При изотермическом процессе давление газа обратно пропорционально его объёму.

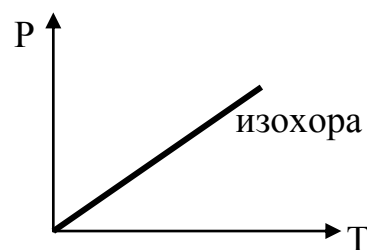


Задание. Постройте график данного процесса в координатах PT , VT .

3. Изохорический процесс $V = \text{const}$

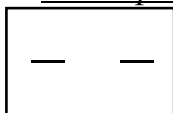


При изохорическом процессе давление газа прямо пропорционально его термодинамической температуре.



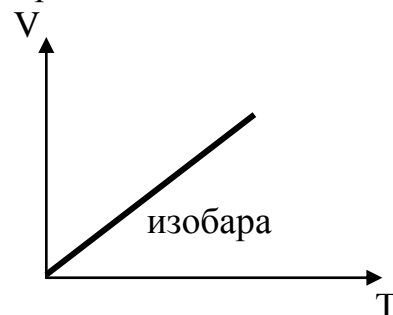
Задание. Постройте график данного процесса в координатах PV , VT .

3. Изобарический процесс $P = \text{const}$



- закон Гей-Люссака (фр.уч.)

При изобарическом процессе объём газа прямо пропорционально его термодинамической температуре.



Задание. Постройте график данного процесса в координатах PT , PV .

Контрольные вопросы.

1. Какие явления подтверждают движение молекул?
2. Какие силы действуют между молекулами в газе?
3. Какими видами энергий обладают молекулы и почему?
4. Как движутся молекулы в газе?
5. Что называется идеальным газом? Когда реальные газы можно считать идеальными?
6. Чем обусловлено давление в газе? От чего оно зависит?
7. Что называется абсолютным нулём? Чему он равен по шкале Цельсия?
8. Назовите постоянный параметр для каждого изопроцесса.
9. Какие параметры изменяются в каждом изопроцессе и какая зависимость между ними?

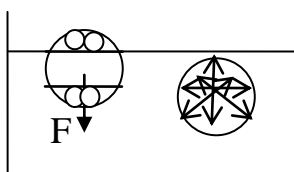
Тема 2.2. Агрегатные состояния вещества и фазовые переходы.

Характеристика жидкого состояния вещества.

Жидкость сохраняет свой объём, но изменяет форму. Расстояние между молекулами меньше радиуса молекулярного действия, поэтому между молекулами, кроме сил отталкивания, действуют силы притяжения достаточные для сохранения объёма, но недостаточные для сохранения формы.

Молекулы в жидкости движутся скачкообразно. Перескакивая из одного положения в другое по всему объёму жидкости, поэтому жидкость обладает свойством текучести. Промежуток времени в течении которого молекула находится в одном положении называется временем «оседлой жизни».

Внутреннее строение жидкости квазикристаллическое, это значит, существует ближний порядок и отсутствует дальний, т.е. в объёме всей жидкости можно выделить малый объём где строение молекул будет правильным.



Поверхностный слой жидкости.

Для всех молекул расположенных внутри жидкости вместе со сферой молекулярного действия равнодействующая всех

сил притяжения окружающих её молекул равна нулю. Все молекулы, которые находятся в поверхностном слое жидкости, толщина которого равна радиусу молекулярного действия, втягиваются во внутрь жидкости. Поэтому *поверхностный слой жидкости оказывает давление на всю жидкость, которое называется молекулярным*. Молекулярное давление очень большое, поэтому жидкость несжимаема, т.к. жидкость сжала сама себя. Например молекулярное давление для воды $P_{\text{воды}} = 11000$ атм, для эфира $P_{\text{эф}} = 8000$ атм.

Молекулярное давление, на тело, помещенное в жидкость, не действует.

Сила поверхностного натяжения.

Силы, с которой молекулы втягиваются во внутрь жидкости, называются силами поверхностного натяжения.

$$F_n = \sigma l$$

F_n – сила поверхностного натяжения, Н

σ - коэффициент поверхностного натяжения жидкости, Н/м,

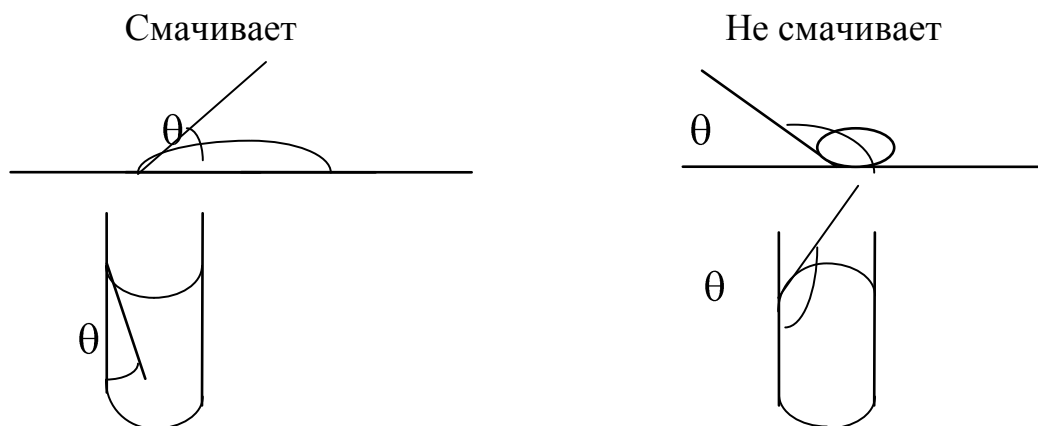
l - длина свободной поверхности жидкости, м.

Силы поверхностного натяжения стремятся сократить площадь свободной поверхности. Жидкость в свободном состоянии принимает форму шара, потому что имеет наименьшую площадь.

Смачивание.

Жидкость смачивает твердое тело, если силы притяжения между молекулами жидкости и твердого тела больше чем силы притяжения между молекулами жидкости. *Вода смачивает стекло, ртуть смачивает цинк и медь.* Смачивающая жидкость растекается по поверхности твердого тела.

Жидкость не смачивает твердое тело, если силы притяжения между молекулами жидкости больше чем силы притяжения между молекулами жидкости и твердого тела. *Вода не смачивает парафин, воск, пластмасс; ртуть не смачивает стекло.* Не смачивающая жидкость не растекается по поверхности твердого тела, а образует капли. Смачивание характеризуется краевым углом θ (тетта).



Для смачивающей жидкости краевой угол - острый, для не смачивающей – тупой. Искривленная поверхность жидкости в узких цилиндрических трубках называется *мениском*.

Капиллярные явления.

Узкие трубки, диаметр которых соизмерим с диаметром волоса, называются капиллярами.

Поверхность жидкости в капиллярах имеет форму мениска (часть поверхности сферы): вогнутого в случае смачивающих жидкостей и выпуклого - в случае не смачивающей жидкости.

Явления, обусловленные втягиванием смачивающих жидкостей в капилляры или выталкиванием не смачивающих жидкостей из капилляров, называются капиллярными явлениями.

Жидкость поднимается (или опускается) до тех пор, пока гидравлическое давление $P = \rho gh$ столба жидкости высотой h компенсирует добавочное (лапласовское) давление $P_{\text{л}} = 2\sigma/r$. (Лаплас установил зависимость этого давления от формы мениска).

$$2\sigma = \rho gh$$

Высота подъема жидкости h :

$$h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$$

σ - коэффициент поверхностного натяжения жидкости, Н/м

r - радиус кривизны поверхности (мениска), м

ρ - плотность жидкости, кг/м³

g - ускорение свободного падения, м/с²

Плотность вещества.

Величина ρ , характеризующая зависимость массы вещества от его рода называется плотностью вещества.

ρ - плотность вещества.

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$[\rho] = \text{кг/м}^3$$

m - масса тела, кг; V - объём тела, м³

Плотность вещества показывает: какую массу имеет тело объёмом 1 м³.

Прибор, измеряющий плотность жидкости, называется ареометром.

Закон Паскаля.

Гидравлика (от греч. *hydor* – вода и *statos* — стоящий) — один из подразделов физики, изучающий равновесие жидкости, а также равновесие твердых тел, частично или полностью погруженных в жидкость.

Закон Паскаля (основной закон гидростатики). Давление на поверхность жидкости, произведенное внешними силами передается жидкостью одинаково по всем направлениям.

Передача давления жидкости (и газа) во всех направлениях одновременно объясняется достаточно высокой подвижностью частиц, из которых они состоят.

Жидкости передают по всем направлениям не только внешнее давление, но и то давление, которое существует внутри жидкости благодаря весу собственных частей.

Давление, оказываемое покоящейся жидкостью, называется гидростатическим.

Гидростатическое давление обусловлено весом жидкости.

Гидростатическое давление жидкости на дно и стенки сосуда не зависит от формы сосуда, а зависит от глубины и плотности жидкости

$$P = \rho gh$$

P - давление жидкости, Па; ρ — плотность жидкости, кг/м³
 g — ускорение свободного падения, м/с²
 h — высота гидростатического столба жидкости, м.

Закон Архимеда.

Под **архимедовой силой** (силой Архимеда) F_A понимают выталкивающую силу, которая действует на тело погруженное жидкость.

Закон Архимеда (закон статики жидкости). На всякое тело, погруженное в жидкость, действует со стороны этой жидкости выталкивающая сила, равная весу вытесненной телом жидкости и направленная по вертикали вверх.

$$F_A = \rho_{ж} V_{ж} g$$

F_A - архимедова сила, Н; $\rho_{ж}$ — плотность жидкости, кг/м³
 $V_{ж}$ — объем вытесненной жидкости, м³; g — ускорение свободного падения, м/с².

Понятие о вязкости среды.

При движении тела в жидкости или газе возникают силы, которые противодействуют движению тела, эти силы называются *силами сопротивления среды*.

Силы сопротивления зависят от формы и скорости движущегося тела. При увеличении скорости тела, силы сопротивления среды быстро возрастают, т.к. приводят в движение слои жидкости относительно друг друга.

При движении слоев жидкости относительно друг друга возникают тормозящие это движение силы, которые называются *силами внутреннего трения или силами вязкости*. *Вязкость это свойство среды, характеризующее действие в ней сил внутреннего трения при движении частей среды относительно друг друга*. Силы внутреннего трения стремятся выровнять скорости движения слоев жидкости относительно друг друга.

Ламинарное и турбулентное движение жидкости.

Закон Бернулли.

Течение жидкости, при котором её соприкасающиеся слои движутся без перемешивания, называется *ламинарным (струйным, установившемся)*. Скорость течения в каждой не изменяется со временем. При малых скоростях движение ламинарное.



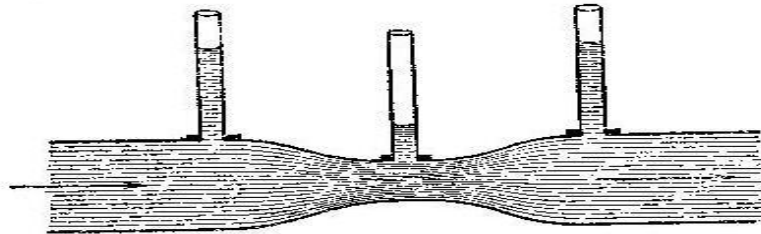
Течение, при котором перемешиваются слои жидкости с образованием вихрей, называется **турбулентным**. При больших скоростях движение турбулентное.



При течении по трубе слои жидкости скользят один по другому, перемещаясь с разными скоростями. Наибольшая скорость течения жидкости в центре трубы, т.е. вдоль оси трубы. Скорость убывает по направлению от центра трубы к её стенкам и у стенок скорость равна нулю. При ламинарном течении трения между трубой и жидкостью нет.

Скорость жидкости в трубах с разным сечением разная. С большим сечением скорость меньше, с меньшим сечением – больше.

Закон Бернулли. Давление жидкости, текущей по трубе, больше там, где скорость движения жидкости меньше, и обратно давление меньше там, где скорость движения жидкости больше.



В узких частях трубы статистическое давление текущей жидкости меньше, чем в широких.

Статистическое давление в жидкости измеряют с помощью манометрических трубок. Это вертикальные открытые сверху трубки, которые присоединяются к маленьким отверстиям, просверленным в трубе.

Изменение агрегатных состояний вещества.

Вещество находится в различных состояниях или **фазах**.

Переход вещества из одного состояния в другое называется **фазовым переходом**.

Парообразование и конденсация.

Переход вещества из жидкой фазы в газообразную называется **парообразованием**. Парообразование происходит в виде испарения и кипения и сопровождается увеличением внутренней энергии.

Переход вещества из газообразной фазы в жидкую называется **конденсацией**. Конденсация происходит при охлаждении пара и сопровождается уменьшением внутренней энергии.

Испарение.

Парообразование, которое происходит со свободной поверхности жидкости, граничащей с газообразной средой или вакуумом, называется **испарением**. При испарении молекулы, обладающие большой энергией, и находящиеся в поверхностном слое жидкости, преодолевают силы поверхностного притяжения, вырываются из

жидкости, т.е., при испарении жидкость покидают молекулы, обладающие большей энергией, и жидкость охлаждается.

Испарение сопровождается охлаждением.

Скорость испарения жидкости зависит от:

1. рода жидкости,
2. температуры жидкости,
3. площади свободной поверхности,
4. плотности пара, находящегося над жидкостью.

Насыщенные и ненасыщенные пары.

Пары, находящиеся над жидкостью, у которых испарение преобладает над конденсацией, называется ненасыщенными. Они находятся в открытых сосудах и пар без жидкости. Для них выполняются все газовые законы.

Пар, который находится в динамическом равновесии со своей жидкостью (сколько молекул испаряется, ровно столько же возвращается в жидкость), называется насыщенным. Он находится в закрытых сосудах. Газовые законы не выполняются.

Кипение.

Парообразование, которое происходит в объеме всей жидкости при постоянной температуре, называется кипением.

Жидкость кипит тогда и только тогда, когда давление внутри пузырька насыщенных паров становится равным атмосферному давлению $P_{атм}$.

Температура при которой кипит жидкость называется температурой кипения или точкой кипения $t_{кип}$.

$t_{кип}$ зависит от внешнего давления: чем выше давление, тем $t_{кип}$ больше и наоборот.

$$Q_n = r m$$

Q_n - теплота, затрачена на парообразование, Дж

r - удельная теплота парообразования, Дж/кг (из табл.)

m - масса жидкости, превращается в пар, кг.

Задача. Сколько тепла необходимо затратить, чтобы испарить 2 кг воды?

Влажность воздуха.

Величина, характеризующая содержание водяных паров в атмосфере, называется влажностью воздуха.

Влажность бывает абсолютная и относительная.

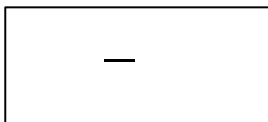
Абсолютной влажностью воздуха ρ_a , называется плотность водяных паров, находящихся в атмосфере.

ρ_a – абсолютная влажность

$$[\rho_a] = \text{кг} / \text{м}^3$$

Более точную характеристику влажности воздуха дает относительная влажность воздуха.

В – относительная влажность воздуха, %



ρ_n - плотность насыщения паров при данной температуре, $\text{кг} / \text{м}^3$ (табличные значения)

Относительная влажность воздуха зависит от температуры, чем выше температура, тем меньше относительная влажность и наоборот.

Температура при которой воздух становится насыщенным водяными парами, в процессе своего охлаждения называется **точкой росы** – t_p .

Для t_p $\rho_a = \rho_n$ и $B = 100\%$. Поэтому по t_p можно определить абсолютную влажность ρ_a (по табл.) и наоборот. Если t воздуха понижается ниже t_p , то лишние водяные пары в воздухе конденсируются и появляется туман или выпадает роса.

Приборы измеряющие влажность воздуха:

1. конденсационный гигрометр - определяет точку росы
2. волосяной гигрометр – по шкале определяют относительную влажность воздуха
3. психрометр – определяет относительную влажность воздуха по психрометрической таблице.

Задание. Чему равна относительная влажность воздуха, если показания сухого и влажного термометров соответственно равны 21°C и 15°C ?

Контрольные вопросы.

1. Что называется влажностью воздуха? Какие величины характеризуют влажность воздуха?
2. От чего зависит относительная влажность воздуха? Как её найти?
3. Что называется точкой росы? Как её можно найти?
4. Какие приборы измеряют относительную влажность воздуха?

Характеристика твердого состояния вещества.

Твердые тела сохраняют свой объём и свою форму. Расстояние между молекулами меньше, чем расстояние между молекулами в жидкости, поэтому между молекулами действуют силы притяжения достаточные для сохранения объёма и формы.

Молекулы в твердых телах располагаются относительно друг друга в правильном порядке, т.е. внутреннее строение кристаллическое - кристаллическая решетка.

Наиболее устойчивое положение молекул называется узлом кристаллической решетки. Молекулы колеблются относительно узла кристаллической решетки.

Среди многообразия твердых тел выделяются кристаллы. Твердые тела имеющие гладкие поверхности, расположенные под определенным углом друг к другу. Кристаллы отличаются друг от друга размерами, формой и цвет.

Анизотропия кристаллов.

Зависимость каких-либо свойств кристаллов от направления называется анизотропией. Например: у кварца анизотропия проявляется в теплопроводности, прочности, упругости; у графита и слюды - в механической прочности.

Поликристаллы изотропны, т.е. свойства кристаллов проявляются по всем направлениям одинаково.

Дефекты кристаллической решетки.

Нарушение идеального порядка в кристаллической решетке называется дефектом кристаллической решетки.

1. Тепловое движение молекул.
2. Отсутствие частицы в узле кристаллической решетки.
3. Присутствие чужеродной частицы.
4. Смещение частицы в промежутке между узлами кристаллической решетки.

Нарушение в строении кристаллической решетки называется дислокацией. Дефекты кристаллической решетки влияют на свойства твердых тел: упругость, пластичность, твердость и т.д.

Механические свойства твердых тел.

Упругость. Тело является упругим, если после снятия внешних нагрузок оно принимает первоначальные формы и размеры. Например: сталь, резина.

Пластичность. Тело является пластичным, если после снятия внешних нагрузок оно остаётся деформированным. Например: медь, алюминий, воск, пластилин.

Для расчета различных конструкций необходимо знать прочность материала.

Прочностью материала называется его способность выдерживать нагрузку без разрушения.

Тело, которое разрушается под действием внешних сил не деформируясь, называется **хрупким**.

Хрупкие тела чувствительны к ударным нагрузкам. Например: стекло, кирпич.

Тело является **твердым**, если оно оставляет след на другом теле.

Твердость тела определяют по глубине вдавливания алмазной пирамидки или стального шарика.

Плавление и кристаллизация.

Переход вещества из твердой фазы в жидкую называется **плавлением**.

Плавление происходит при постоянной температуре – температуре плавления $t_{пл}$.

При плавлении количество теплоты $Q_{пл}$, подведенное к телу идет на разрушение кристаллической решетки и внутренняя энергия увеличивается

$$Q_{пл} = \lambda \cdot m$$

λ - удельная теплота плавления, Дж/кг, (значения берутся в таблице).

При плавлении расстояние между молекулами увеличивается, следовательно увеличивается объём, а плотность уменьшается.

Переход вещества из жидкой фазы в твердую называется **кристаллизацией или отвердеванием**.

Кристаллизация происходит при температуре плавления, т.е. $t_{кр} = t_{пл}$ и выделяется столько же при плавлении, т.е. $Q_{кр} = Q_{пл}$ тепла сколько затрачивается

При кристаллизации образуется кристаллическая решётка; расстояние между молекулами уменьшается, следовательно уменьшается объём, а плотность увеличивается. Твердые тела в основном плавают в своей жидкости.

Исключение. Для таких тел, как лед (вода), чугун, висмут, галлий при кристаллизации объём увеличивается, а плотность уменьшается за счёт ажурного строения

кристаллической решётки и пустот находящихся в них. Такие вещества плавают в своей жидкости.

Задача. Сколько тепла нужно затратить, чтобы расплавить 1 кг льда и 1 кг железа?

Сублимация и десублимация.

Переход вещества из твёрдой фазы в газообразную называется **сублимацией (испарение твёрдых тел)**. Сопровождается увеличением внутренней энергии.

Например: сухой лёд, нафталин, твердые духи и т.д.

Переход вещества из газообразной фазы в твёрдую называется **десублимацией**.

При сублимации выделяется тепло и внутренняя энергия уменьшается.

Например: образуется иней, замерзают стёкла в окнах.

Аморфные вещества.

Аморфные тела – твердые тела, не имеющие кристаллического. У них отсутствует дальний порядок, а присутствует ближний, как у жидкостей.

Аморфные тела проявляют упругие свойства подобно твердым телам, при ударах раскалываются на куски.

Аморфные тела обладают свойством текучести, они очень густые и вязкие жидкости, они не имеют температуры плавления.

При повышении температуры аморфные тела постепенно размягчаются и переходят в жидкое состояние. Аморфных тела изотропны, т.е. все свойства проявляются одинаково по всем направлениям.

Аморфными веществами являются - стекло, естественные и искусственные смолы, канифоль, многие пластмассы, сургуч, пластическая сера, янтарь, различные полимеры – органические аморфные тела (целлюлоза, каучук, кожа, плексиглас, полиэтилен) и др.

Жидкие кристаллы.

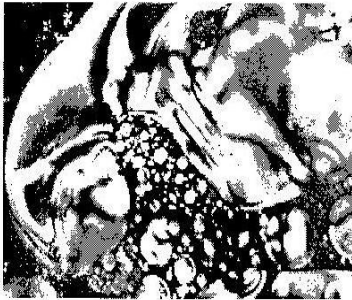
Жидкие кристаллы (сокращенно ЖК) – это фазовое состояние, в которое переходят некоторые вещества при определенных условиях (температура, давление, концентрация в растворе). Жидкие кристаллы обладают одновременно свойствами как жидкостей (текучесть), так и кристаллов (анизотропия). По структуре ЖК представляют собой вязкие жидкости, состоящие из молекул вытянутой или дискообразной формы, определенным образом упорядоченных во всем объеме этой жидкости. Образование жидких кристаллов происходит в узком интервале температур. При охлаждении жидкие кристаллы превращаются в твердые.

В 1963 г. Американец Дж. Фергюсон использовал важнейшее свойство жидких кристаллов – изменять цвет под воздействием температуры – для обнаружения невидимых простым глазом тепловых полей.

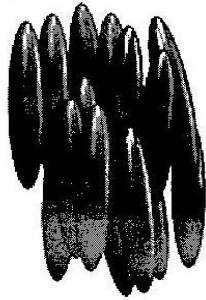
Наиболее характерным свойством ЖК является их способность изменять ориентацию молекул под воздействием электрических полей, что открывает широкие возможности для применения их в промышленности.

В 1968 г. Американские ученые создали принципиально новые индикаторы для систем отображения информации. Принцип их действия основан на том, что молекулы жидких кристаллов, поворачиваясь в электрическом поле, по-разному отражают и пропускают

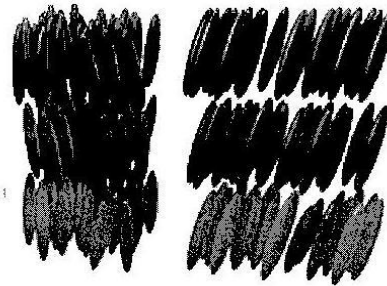
свет. Под воздействием напряжения, которое подавали на проводники, впаянные в экран, на нём возникало изображение, состоящее из микроскопических точек. И только в 1973 г. Английские химики под руководством Джорджа Грея получили жидкие кристаллы из относительно дешевого и доступного сырья, эти вещества получили широкое распространение в разнообразных устройствах.



Шлирен-текстура в нематических жидких кристаллах



Схематическое изображение нематического жидкого кристалла.



Схематическое изображение жидкого кристалла в смектической фазе

Тепловое расширение тел.

При нагревании все тела расширяются за счет увеличения расстояния между молекулами, и сжимаются при охлаждении за счет уменьшения расстояния между молекулами.

Изменения размеров тел зависит от начальных размеров тела, от рода вещества и от температуры на которую нагревают или охлаждают тело.

Расширение бывает линейным, плоскостным и объёмным.

Линейное расширение	Плоскостное расширение	Объёмное расширение
$\Delta l = l_0 \alpha \cdot \Delta t$	$\Delta S = S_0 2\alpha \cdot \Delta t$	$\Delta V = V_0 \beta \cdot \Delta t$
$l_t - l_0 = l_0 \alpha \cdot \Delta t$	$S_t - S_0 = S_0 2\alpha \cdot \Delta t$	$V_t - V_0 = V_0 \beta \cdot \Delta t$
$l_t = l_0(1 + \alpha \cdot \Delta t)$	$S_t = S_0(1 + 2\alpha \cdot \Delta t)$	$V_t = V_0(1 + \beta \cdot \Delta t)$

l_0, S_0, V_0 – начальные длина тела, площадь и объём

l_t, S_t, V_t - длина, площадь и объём тела при температуре $t^{\circ}\text{C}$.

α – коэффициент линейного расширения твердых тел, град⁻¹ (значения табличные)

β – коэффициент объёмного расширения, град⁻¹ (для жидких тел в таблице).

Для твёрдых тел $\beta = 3\alpha$

Теплое расширение учитывается:

1. При сооружении мостов на дорогах. Одну сторону моста укрепляют с дорогой жёстко, а другую устанавливают на валики.
2. При жестком скреплении различных твердых тел или при близком соприкосновении. Если коэффициенты линейного расширения у тел одинаковые, то тела изменяют свои размеры одинаково, например железобетон. Если коэффициенты разные, то жестко скрепленные пластины изгибаются.
3. прокладке паропровода, укладке рельс, натяжении проводов и т.д.

Контрольные вопросы.

1. Что называется фазовым переходом? Перечислите фазовые переходы.
2. Что называется парообразованием? конденсацией?
3. Что называется испарением и кипением? От чего зависит испарение?
4. От чего и как зависит температура кипения?
5. Какие пары называются насыщенными и ненасыщенными парами?

6. Как движутся молекулы в жидкости? Какие силы действуют между ними?
7. Какую роль играет поверхностный слой жидкости и силы поверхностного натяжения?
8. Какая жидкость смачивает твердое тело, а какая нет? Приведите примеры. Что характеризует смачивание?
9. Какие явления называются капиллярными? Что такое капилляры?
10. В чём заключается закон Паскаля?
11. Какое давление называется гидростатическим? Чему оно равно?
12. На что действует Архимедова сила? Чему она равна?
13. Какое течение является ламинарным? турбулентным?
14. В чем заключается закон Бернулли?
15. Какие вещества являются аморфными? Приведите примеры.
16. Как движутся молекулы в твердом теле? Какие силы действуют между ними?
17. Какое внутреннее строение у твердых тел?
18. Что называется анизотропией кристаллов? Приведите примеры.
19. Что называется дефектом кристаллической решётки? Перечислите.
20. Какие вещества называются упругими, пластичными?
21. Что называется плавлением, кристаллизацией?
22. Как изменяется объём и плотность при плавлении и кристаллизации? Какие есть исключения?
23. Что называется сублимацией и десублимацией? Приведите примеры.
24. Что происходит при нагревании и охлаждении?
25. От чего зависит изменение размеров тел при нагревании и охлаждении?

Тема 2.3. Основы термодинамики.

Термодинамика – наука о наиболее общих тепловых свойствах макроскопических тел.

Внутренняя энергия тела и способы её изменения.

Внутренней энергией тела называется сумма кинетической и потенциальной энергий всех частиц тела.

U - внутренняя энергия, [U] = Дж

Внутреннюю энергию можно найти только у газов, т.к. молекулы обладают только кинетической энергией.

$$U = \frac{i}{2} \cdot n \cdot R \cdot T$$

i – степень свободы.

i = 3 – для одноатомного газа,

i = 5 – для двухатомного газа,

i = 6 – для трехатомного и более газа.

Внутреннюю энергию у твердых тел и жидкостей найти нельзя, можно найти её изменение.

ΔU - изменение внутренней энергии.

Количество теплоты Q – энергия, переданная или отданное системе.

$$[Q] = \text{Дж}$$

Совокупность физических тел, изолированных от воздействия с другими телами называют *изолированной термодинамической системой*. Если на совокупность тел действуют тела из вне, то система *неизолированная*.

Любое изменение, происходящее в термодинамической системе, называется *термодинамическим процессом*.

Процесс передачи энергии от одного тела к другому без совершения механической работы называется *теплообменом*.

Уравнение теплового баланса.

$$Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n = Q'_1 + Q'_2 + \dots + Q'_n$$

Q_1, Q_2, Q_n - количество теплоты, полученное телом.
 Q'_1, Q'_2, Q'_n - количество теплоты, отданное телом.

Внутреннюю энергию U можно изменить путем теплопередачи Q (нагревание и охлаждение, плавление и кристаллизация, парообразование и конденсация, сгорание веществ) и совершения механической работы A .

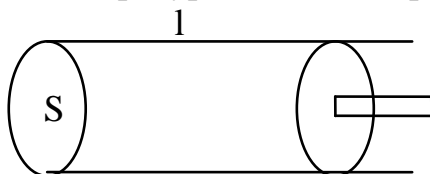
Механическая работа (пиление, сверление –преодоление трения; деформация – сгибы; дробление тел)		$\Delta U = A = FS \cos\alpha$
Тепло-передача	Нагревание и охлаждение тел	$\Delta U = Q_{\text{н}} = Q_{\text{ох}} = cm\Delta t$
	Плавление и отвердевание веществ	$\Delta U = Q_{\text{пл}} = Q_{\text{отв}} = \lambda m$
	Парообразование и конденсация	$\Delta U = Q_{\text{п}} = Q_{\text{к}} = r m$
	Сгорание веществ	$\Delta U = Q_{\text{выд}} = q m$

c – удельная теплоемкость вещества, Дж / (кг·град) (табличные значения)
 Δt – изменение температуры тела, °C

Задача. Чему равна внутренняя энергия 0,132 г углекислого газа?

Работа газа при изобарном изменении его объёма.

Рассмотрим газ, находящийся в сосуде под подвижным поршнем. Нагреем газ от температуры t_1 до t_2 при постоянном давлении $P = \text{const}$. Газ давит на поршень



и поршень перемещается, следовательно газ совершает работу. $A = Fl$
 Учитывая, что $F = PS$, тогда $A = PSl$
 Обозначим $\Delta V = Sl$

Работа газа $\boxed{A = P \cdot \Delta V}$ или $\boxed{A = P (V_2 - V_1)}$

Газ совершает работа, когда есть изменение объёма газа

Газ совершает работу при изобарическом и изотермическом процессах. При изохорическом процессе газ работу не совершает, т.к. $V = \text{const} \Rightarrow \Delta V = 0 \Rightarrow A = P \cdot 0 = 0$.

Задача. Найти работу совершенную газом, находящимся при нормальном давлении, при изменении объёма на 2 м^3 .

Первое начало термодинамики.

Теплота и работа являются не видом энергии, а формой её передачи, они существуют лишь в процесс передачи энергии.

Первое начало термодинамики - это закон сохранения и превращения энергии. При разнообразных процессах, протекающих в природе, энергия не возникает из ничего и не уничтожается, но превращается лишь из одних видов в другие.

Первое начало термодинамики. Количество теплоты, сообщенное телу, идет на увеличение его внутренней энергии и на совершение механической работы над внешними телами.

$$Q = \Delta U + A$$

Работа считается *положительной* ($+A$), если работу совершает тело над внешними телами. Работа считается *отрицательной* ($-A$), если внешние силы совершают работу над телом.

Исторически в формулировке первого начала термодинамики важную роль сыграли неудачные попытки построить машину, которая производила бы работу, не потребляя эквивалентного количества энергии; такую машину называли *вечным двигателем первого рода*. Невозможно построить вечный двигатель первого рода - первое начало термодинамики.

Необратимым процессом называется процесс, который может самопроизвольно протекать только в одном определенном направлении.

Необратимыми процессами являются все тепловые процессы, поскольку энергия может передаваться только от более горячего тела к холодному.

Применение первого начала термодинамики к изопроцессам.

1. *Изотермический процесс.* $T = \text{const} \Rightarrow \Delta U = 0$

$Q = A$ Количество теплоты подведенное к газу при изотермическом процессе полностью идёт на совершение механической работы.

2. *Изобарический процесс.* $P = \text{const}$.

$Q = \Delta U + A$ Количество теплоты, подведенное к газу при изобарическом процессе идет на увеличение внутренней энергии и на совершение механической работы.

3. *Изохорический процесс.* $V = \text{const} \Rightarrow A = 0$

$Q = \Delta U$ Количество теплоты, подведенное к газу полностью идет на увеличение внутренней энергии.

Задание.

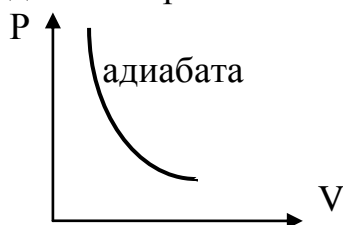
1. Как изменится внутренняя энергия газа, если газу сообщили 200 Дж теплоты и газ совершил работу 400 Дж?
2. Как изменится внутренняя энергия газа, если газу сообщили 300 Дж теплоты и над газом совершили работу 200 Дж?

Адиабатный процесс.

Процесс, который происходит без обмена теплом с окружающей средой, называется *адиабатным процессом*. $Q = 0 \Rightarrow \Delta U + A = 0 \Rightarrow A = -\Delta U$

При адиабатном процессе газ совершает работу за счет своей внутренней энергии. Если газ совершает работу, то внутренняя энергия газа уменьшается и газ охлаждается. Если над газом совершается работа, то внутренняя энергия увеличивается и газ нагревается.

При адиабатном процессе давление растет быстрее, чем при изотермическом, т.к. давление растет за счет уменьшения объёма и увеличения температуры.

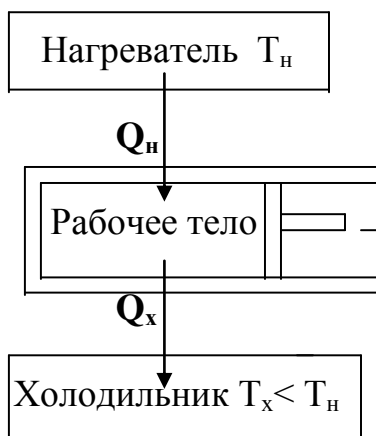


Адиабатный процесс должен протекать быстро, чтобы не было обмена теплом с окружающей средой. Адиабатный процесс применяется в двигателях дизеля. При быстром и резком сжатии газ нагревается и воспламеняются пары топлива.

Тепловые двигатели.

Двигатели в которых внутренняя энергия превращается в механическую называются тепловым двигателем.

Тепловой двигатель состоит из рабочего тела (газа), нагревателя и холодильника.



Тепловой двигатель работает по циклу Карно, который состоит из изотермического и адиабатного расширения и сжатия.

При расширении рабочее тело получает некоторое количество теплоты Q_n от нагревателя при сгорании топлива и поддерживается постоянная высокая температура.

При сжатии газ передает некоторое количество теплоты Q_x холодильнику – телу, температура которого T_2 постоянна и всегда ниже температуры нагревателя.

Холодильником может служить и окружающая среда.

Работа, совершаемая тепловым двигателем $A = Q_n - Q_x$

Коэффициент полезного действия $\eta = \frac{A}{Q_n} \cdot 100\%$

$$Q_n = Q_{\text{выд}} = q \cdot m$$

$Q_{\text{выд}}$ – количество теплоты, выделяющееся при сжигании топлива, Дж

q – удельная теплота сгорания топлива, Дж/кг

m – масса топлива, кг.

Коэффициент полезного действия, выраженный через количество теплоты:

$$\eta = \frac{Q_n - Q_x}{Q_n} \cdot 100\%$$

Q_n – теплота, полученная от нагревателя, Дж

Q_x - теплота, отданная холодильнику, Дж

Коэффициент полезного действия: выраженный через термодинамическую температуру:

$$\eta = \frac{T_n - T_x}{T_n} \cdot 100\%$$

T_n – термодинамическая температура нагревателя, $^{\circ}\text{K}$

T_x - термодинамическая температура холодильника, $^{\circ}\text{K}$.

Второй закон термодинамики устанавливает необратимость реальных термодинамических процессов.

Теплота не может сама собой переходить от тела с более низкой температурой к телу с более высокой температурой. (нем. уч. Р. Клаузиус).

Невозможно преобразовать в работу всё тепло, взятое от тела не производя никаких других изменений состояния системы. (анг. уч. У. Томсон).

Второе начало термодинамики утверждает невозможность построения вечного двигателя второго рода, т.е. двигателя работающего за счет охлаждения какого-либо одного тела. *Не существует теплового двигателя, у которого КПД = 100% или 1.*

Задачи.

1. Найти КПД теплового двигателя, если газ получает от нагревателя 200 Дж теплоты и отдает холодильнику 135 Дж.
2. Чему равен КПД теплового двигателя, если температура нагревателя 800°C , а температура холодильника 25°C ?

Контрольные вопросы.

1. Что называется внутренней энергией тела, количеством теплоты, какими буквами обозначаются, в каких единицах измеряется?
2. Какими способами можно изменить внутреннюю энергию тела?
3. Когда газ совершает работу и как её можно найти (формула)?
4. В чем заключается первое начало термодинамики?
5. На что идет тепло, подведенное к телу, при изобарическом, изохорическом и изотермическом процессах?
6. Что называется адиабатным процессом?
7. За счет чего газ совершает работу при адиабатном процессе?
8. Как будет изменяться внутренняя энергия газа, если газ совершает работу и если над газом совершают работу внешние силы?
9. Где применяется адиабатный процесс и как он должен протекать.
10. Что называется тепловым двигателем и какого его устройство?

Раздел 3. ЭЛЕКТРОДИНАМИКА.

Тема 3.1. Электрическое поле

Строение атома.

Английский ученый Резерфорд создал планетарную модель атома. Атом состоит из массивного положительно заряженного ядра и вращающихся вокруг него отрицательно заряженных электронов.

Атом в целом нейтральный, т.к. число электронов равно числу протонов и равно порядковому номеру элемента в таблице Д.И. Менделеева.

Ядро состоит из положительно заряженных протонов и нейтронов. Протон это ядро атома водорода.

Атом, в котором избыток электронов, является отрицательным ионом.

Атом, в котором недостаток электронов, является положительным ионом.

Задание.

Сколько электронов и протонов в атоме кислорода, серебра, рубидия?

Контрольные вопросы.

1. Из чего состоит атом? Ядро атома?
2. Сколько электронов и протонов в атоме?
3. Какая частица является положительным (отрицательным) ионом?

Электризация тел.

Наэлектризовать тело это значит сообщить телу заряд. Наэлектризовать можно трением и соприкосновением.

Избыток зарядов одного знака на каком-либо теле называется величиной заряда.

q - величина заряда.

[q] = Кл (Кулон)

$$q = n \cdot e$$

n - число электронов или протонов;

e - заряд электрона или протона.

$e_- = -1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл - заряд электрона.

$e_+ = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл - заряд протона.

Закон сохранения заряда. Заряд ниоткуда не берётся, никуда не исчезает, а только перераспределяется между телами (или алгебраическая сумма зарядов взаимодействующих тел остаётся постоянной).

Задание.

Определите заряд тела, если на этом теле имеется 15 избыточных электронов.

Контрольные вопросы.

1. Как называется процесс, приводящий к появлению на телах электрических зарядов?
2. Изменяется ли масса тела при электризации?
3. Как изменится масса тела, если тело получило при электризации несколько электронов, потеряло несколько электронов?
4. Тело имело заряд $-3e$. Как изменится заряд, если тело приобрело еще 5 электронов? потеряло 5 электронов?

Взаимодействие зарядов. Закон Кулона.

Заряды взаимодействуют между собой, разноименные заряды притягиваются, а одноименные отталкиваются.

Закон Кулона. Сила взаимодействия зарядов **F** прямо пропорциональна величине каждого заряда **q₁**, **q₂** и обратно пропорциональна квадрату расстояния **r** между ними.

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

k - коэффициент пропорциональности, который зависит от выбора системы отсчёта.

В системе СИ:

$$\epsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12}$$

_____ - электрическая постоянная

$$k = 9 \cdot 10^9$$

$$k = \frac{1}{4\pi\epsilon_0}$$

ε - относительная диэлектрическая проницаемость среды, которая показывает: во сколько раз среда ослабляет силу взаимодействия зарядов.

Для вакуума $\epsilon = 1$.

Для любой другой среды $\epsilon > 1$.

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

- закон Кулона

Задача.

Вычислите силу взаимодействия зарядов $q_1 = 5 \cdot 10^{-8}$ Кл и $q_2 = 3 \cdot 10^{-8}$ Кл, расположенных в вакууме на расстоянии 0,25 м.

Контрольные вопросы.

1. В какой среде сила взаимодействия зарядов максимальная?
2. Как изменится сила взаимодействия зарядов, если увеличить величину одного заряда в 4 раза?
3. Как изменится сила взаимодействия зарядов, если увеличить величину одного заряда в 2 раза, а другого в 3 раза?

4. Как изменится сила взаимодействия зарядов, если увеличить расстояние между зарядами в 4 раза?
5. Как среда влияет на силу взаимодействия зарядов?
6. Как изменится сила взаимодействия зарядов, если заряды перенести из вакуума в среду с диэлектрической проницаемостью равной $\epsilon = 81$?

Электрическое поле. Напряженность электрического поля.

Электрическое поле – это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие электрических зарядов.

Электрическое поле создается неподвижным зарядом.

Электрическое поле действует на неподвижный заряд.

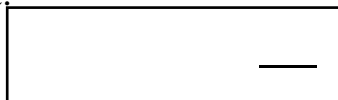
Поле, созданное неподвижными зарядами, называется электростатическим.

Электрическое поле силовое, т.к. оно действует на заряд $q_{пр}$ (пробный заряд), помещенный в поле. Силы, действующие на заряд со стороны электрического поля, называются кулоновскими силами.

$$\vec{F} = \vec{E} \cdot q_{пр} \quad [E] = \text{Н / Кл}$$

E - напряженность электрического поля.

Напряженность поля точечного заряда:



q - величина заряда, создающего поле, Кл r - расстояние от заряда до точки поля, м.

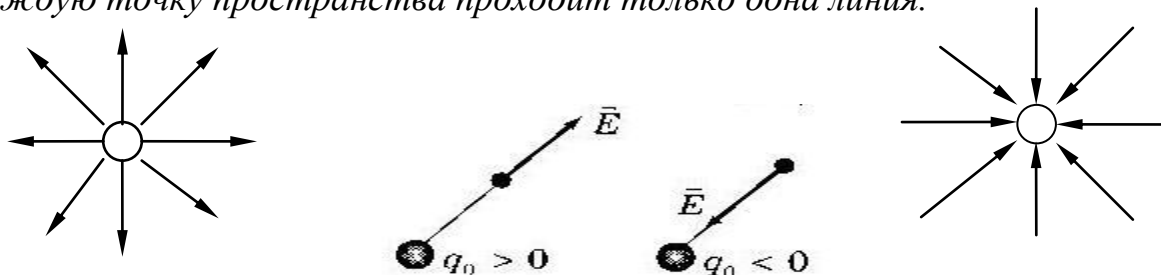
ϵ - относительная диэлектрическая проницаемость среды, которая *показывает: во сколько раз среда ослабляет силу электрического поля.*

Напряженность – сила, действующая на единичный положительный заряд, помещенный в данное электрическое поле.

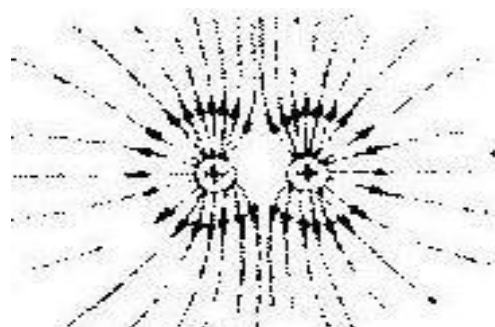
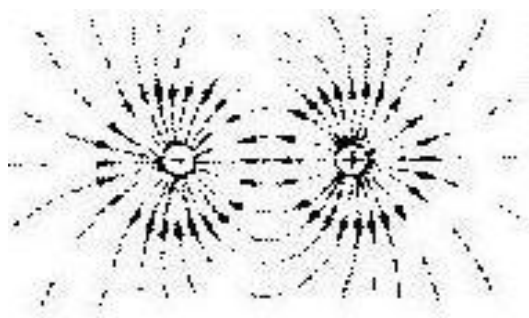
Напряженность является силовой характеристикой электрического поля.

Электрическое поле изображается линиями напряженности.

Линии напряженности имеют начало на положительном заряде и оканчиваются на отрицательном, между зарядами не прерываются и между собой не пересекаются, т.е. через каждую точку пространства проходит только одна линия.

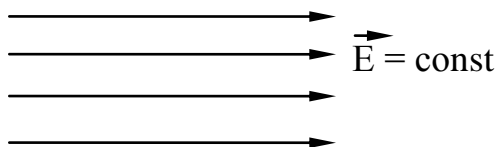


Задание. Поставьте знак заряда в кружочке, учитывая направление линий.



По густоте линий напряженности определяют силу электрического поля.

Поле, в каждой точке которого напряженность имеет одно и тоже значение направление, называется *однородным*.



Заряд шара распределен равномерно по его поверхности. Внутри проводящего шара напряженность поля равна нулю.

Контрольные вопросы.

1. Чем создается и на что действует электрическое поле?
2. Как изображается электрическое поле? Охарактеризовать линии.
3. Что является силовой характеристикой электрического поля?
4. Как изменится напряженность при увеличении электрического заряда?
5. Как изменится напряженность при увеличении расстояния от точки до заряда?

Потенциал электрического поля. Разность потенциалов. Напряжение.

Потенциал, ϕ - энергетическая характеристика электрического поля.

Потенциалом электростатического поля называется отношение потенциальной энергии заряда W в поле к величине этого заряда q .

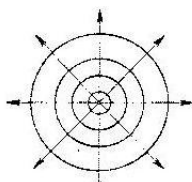
$$\phi = W/q$$

$$[\phi] = \text{В (Вольт)} \quad \text{В} = \text{Дж/Кл}$$

Потенциал поля точечного заряда



Эквипотенциальной поверхностью, или *поверхностью равного потенциала*, называется поверхность, для любых точек которой разность потенциалов равна нулю. Это значит, что работа по перемещению заряда по такой траектории равна нулю, следовательно, линии напряженности электрического поля перпендикулярны эквипотенциальным поверхностям.

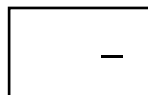


Эквипотенциальные поверхности.

Разность потенциалов между двумя точками $\phi_1 - \phi_2$ называется напряжением обозначается $U_{1,2}$, т.е. в $\phi_1 - \phi_2 = U_{1,2}$

U - напряжение. $[U] = \text{В (Вольт)}$

Связь между напряженностью и напряжением (потенциалом).



$$[E] = \text{В/м}$$

U – разность потенциалов между точками, **В**;

d – расстояние между этими точками, **м**.

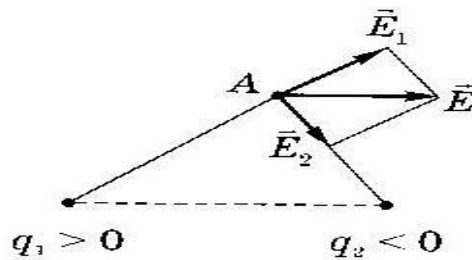
Контрольные вопросы.

1. Какая величина является энергетической характеристикой электрического поля? Как обозначается? В каких единицах измеряется?
2. Что называется напряжением? Как обозначается? В каких единицах измеряется?
3. Как называются поверхности равного потенциала?
4. Как направлен вектор напряженности электростатического поля относительно эквипотенциальной поверхности?

Принцип суперпозиции.

Напряженность в точке пол, созданного несколькими зарядами равна геометрической сумме напряжённостей электрических полей, созданного каждым из зарядов.

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \dots + \vec{E}_n \text{ - принцип суперпозиции полей.}$$



Потенциал в точке поля, созданного несколькими зарядами равен алгебраической сумме потенциалов электрических полей, созданного каждым из зарядов.

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \dots + \varphi_n \text{ - принцип суперпозиции полей.}$$

Задание.

Построить вектор напряженности в точке поля, созданного двумя одноименными (положительными и отрицательными) и равными по величине зарядами.

$$1) \quad +q_1^* \qquad \qquad \qquad * +q_2 \qquad \qquad \qquad 2) \qquad \qquad \qquad *C$$

*C

- q1*

* -q2

Работа сил электрического поля.

Потенциальная энергия заряда в точке.

Работа сил электрического поля **A** по перемещению заряда из точки 1 в точку 2 равна произведению напряжения между этими точками **U_{1,2}** на величину заряда **q_{пр}**.

$$A = U_{1,2} q_{пр}$$

Электрическое поле является потенциальным, то есть работа кулоновских сил по перемещению заряда из одной точки поля в другую не зависит от формы пути, а зависит от начального и конечного положения заряда.

Работа кулоновских сил при перемещении заряда по замкнутой траектории равна нулю **A = 0**.

Работа является мерой изменения потенциальной энергии заряда, т.е. **A = П₁ - П₂**. Если работу совершают силы электрического поля, то потенциальная энергия уменьшается. Если работу совершают внешние силы против сил электрического поля, то потенциальная энергия заряда увеличивается.

Переместим заряд из точки поля в бесконечность, тогда $A = \Pi_1 - \Pi_\infty$; т.к. $\Pi_\infty = 0$, то

$$\Pi_1 = A$$

Потенциальная энергия заряда в точке численно равна работе сил электрического поля по перемещению заряда из этой точки в бесконечность.

Контрольные вопросы.

1. Чему равна работа сил электрического поля по замкнутому пути?
2. От чего зависит работа кулоновских сил?
3. От чего не зависит работа кулоновских сил?
4. Мерой чего является работа?
5. Как изменяется потенциальная энергия заряда, если работу по перемещению заряда совершают силы электрического поля? внешние силы против сил электрического поля?

Проводник в электрическом поле.

Вещества, которые проводят электрический ток, называются проводниками, т.к. в них имеются свободно заряженные частицы.

В металлах электрический ток проводят электроны.

При помещении проводника в электрическое поле заряды смещаются к концам проводника, внутри проводника возникает электрическое поле, которое компенсирует внешнее поле и внутри проводника поле отсутствует.

На этом основана электростатическая защита, т.е. приборы, работающие в электрических полях, помещают в металлический корпус. На корпусе накапливаются заряды, а внутри корпуса поле отсутствует, и прибор работает без действия на него электрического поля.

Контрольные вопросы.

1. Какие вещества называются проводниками?
2. Почему проводники проводят электрический ток?
3. Какие заряды проводят ток в металлах?
4. Существует ли электрическое поле внутри проводника?

Диэлектрик в электрическом поле.

Вещества, которые не проводят электрический ток, называются диэлектриками, т.к. в них отсутствуют заряженные частицы.

При помещении диэлектрика в электрическое поле, атомы превращаются в диполи, которые создают электрическое поле и ослабляется внешнее.

Атом, у которого центры положительного и отрицательного заряды расположены на расстоянии, называется диполем.

Если внешнее электрическое поле очень сильное, то диполи сильно вытягиваются и последние валентные электроны отрываются от атомов и переходят в свободное состояние. Диэлектрик начинает проводить электрический ток. Говорят, что диэлектрик пробит.

Контрольные вопросы.

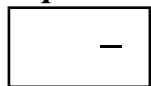
1. Какие вещества называются диэлектриками?
2. Почему диэлектрики не проводят электрический ток?
3. Оказывает ли диэлектрик на внешнее электрическое поле какое-либо влияние?

Электроёмкость. Конденсаторы.

Прибор, который служит для накопления электрических зарядов и электрической энергии, называется конденсатором.

Конденсатор состоит из двух проводников (обкладки) и диэлектрика между ними.

Конденсатор характеризуется **электроёмкостью С**. $[C] = \Phi$ (Фарада).



q - заряд конденсатора (заряд одной пластины), Кл;

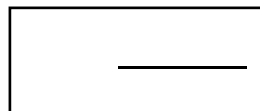
U – напряжение между пластинами конденсатора, В.

При зарядке конденсатора его обкладкам сообщают равные по модулю разноименные заряды.

Под зарядом конденсатора понимают модуль заряда одной из обкладок.

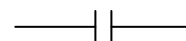
Конденсаторы бывают плоские – бумажные, электролитические – цилиндрические.

Ёмкость плоского конденсатора:



S – площадь пластины конденсатора, м², **d** – расстояние между пластинами, м.

Обозначение конденсатора в электрической цепи:



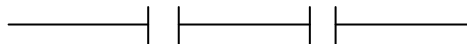
Конденсаторы постоянной ёмкости (бумажные и электролитические)

Конденсаторы переменной ёмкости

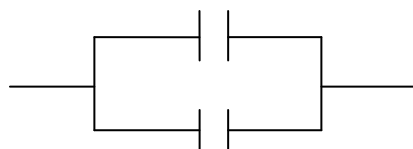


Последовательное соединение конденсаторов

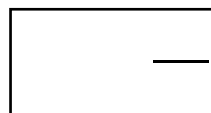
$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \dots + \frac{1}{C_n}$$



Параллельное соединение $C = C_1 + C_2 + \dots + C_n$



Энергия **W** электрического поля в конденсаторе



C – ёмкость конденсатора, Ф; **U** – напряжение между пластинами конденсатора, В.

Контрольные вопросы.

1. Дать определение конденсатору. Каково устройство конденсатора?
2. Какой величиной характеризуется конденсатор?
3. Какой буквой обозначается ёмкость? В каких единицах измеряется?
4. Как обозначается конденсатор постоянной и переменной ёмкости в цепи?
5. Как нужно соединить конденсаторы в батарею, чтобы уменьшить (увеличить) ёмкость?

Задача. Два конденсатора, электрические ёмкости которых 2 и 6 мкФ, соединены в батарею. Определить ёмкость батареи при последовательном и при параллельном соединении.

Тема 3.2. Постоянный ток.

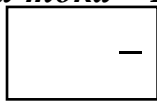
Направленное, упорядоченное движение заряженных частиц, под действием сил электрического поля называется электрическим током.

За направление тока условно принимают движение положительно заряженных частиц.

Условия существования электрического тока:

- наличие свободных носителей заряда;
- наличие электрического поля, т.е. наличие разности потенциалов в двух точках, $U \neq 0$

Электрический ток характеризует **сила тока - I** (и) . $[I] = A$ (Ампер).



q - количество электричества, Кл ; t - время, с

Проводниками электрического тока являются все металлы. *В металлах электрический ток проводят электроны.* При образовании кристаллической решетки валентные электроны каждого атома могут свободно перемещаться в пределах данного кристаллического тела.

Каждый проводник обладает **сопротивлением R** $[R] = \text{Ом}$

Величина **R**, характеризующая противодействие движению электронов, со стороны положительно заряженных ионов, называется **сопротивлением R**.



ρ - удельное сопротивление проводника, Ом·м (табличное значение);
показывает зависимость сопротивления от рода проводника.

l – длина проводника, м S – площадь поперечного сечения, м².

Задание.

По таблице «Удельные сопротивления» назовите 4 проводника, обладающими наименьшими удельными сопротивлениями; наибольшими удельными сопротивлениями.

Участок цепи, в котором заряды теряют энергию, является **потребителем** и называется **внешним участком цепи**.

Произведение силы тока на сопротивление $I \cdot R = U$ называется **падением напряжения**, которое численно равно энергии, которую теряет заряд, проходя по проводнику.

Зависимость сопротивления от температуры.

Сверхпроводимость.

Сопротивление проводника зависит от температуры.

С увеличением температуры проводника его сопротивление увеличивается.

$$\boxed{R_t = R_0 (1 + \alpha t)}$$

R_t - сопротивление проводника при температуре $t^{\circ}\text{C}$, Ом
 R_0 - сопротивление проводника при $t = 0$, Ом

t - температура на которую нагрели или охладили проводник, град.

α - температурный коэффициент сопротивления, град⁻¹ (табличные значения).

С уменьшением температуры сопротивление уменьшается.

У некоторых веществ (сплавы ниобий - титан, ниобий - олово и др.) при температурах близких к абсолютному нулю сопротивление падает до нуля, т.е. наступает **сверхпроводимость**. Если из этого вещества сделать замкнутую цепь, то ток будет циркулировать бесконечно долго, т.к. энергия не будет тратиться на нагревание проводника.

Контрольные вопросы.

1. Какие условия необходимы для существования тока?
2. Какая величина характеризует электрический ток?
3. Какие заряды проводят ток в металлах? Как они образовались?
4. Какая величина характеризует проводник?
5. От чего зависит сопротивление проводника?
6. Чем объясняется потеря энергии при прохождении тока?
7. В каком участке цепи происходит потеря электроэнергии? Как он называется?

Закон Ома для участка цепи.

Сила тока на участке цепи, прямо пропорциональна напряжению на концах этого участка и обратно пропорциональна его сопротивлению.



I - сила тока, **A**

U - напряжение, **B**

R - сопротивление, **Om**

Напряжение U на участке — величина равная работе по перемещению единичного положительного заряда по участку цепи.

$$U = A / q$$

$$[U] = B \text{ (Вольт)}$$

Контрольные вопросы.

1. От чего зависит сила тока на участке цепи?
2. Как изменится сила тока при увеличении сопротивления в 2 раза?
3. Как изменится сила тока при увеличении напряжения в 2 раза?

Закон Ома для полной (замкнутой) цепи.

Участок цепи, в котором заряд приобретает энергию, является источником электрической энергии и называется внутренним участком цепи.

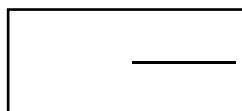
К источникам электрической энергии относятся: генераторы, аккумуляторы, сухие элементы (батарейки) и др.

Источники электрической энергии характеризует ЭДС - электродвижущая сила \mathcal{E}

$$[\mathcal{E}] = B \text{ (Вольт)}$$

Физический смысл ЭДС: ЭДС численно равна энергии, которую получает заряд в источнике электрической энергии.

Закон Ома для полной цепи. Сила тока в цепи прямо пропорциональна ЭДС и обратно пропорциональна полному сопротивлению цепи.



I - сила тока в цепи, **A**; \mathcal{E} - электродвижущая сила, **B**

R - внешнее сопротивление (всё, что подключено к источнику тока), **Om**

r - внутреннее сопротивление (сопротивление источника тока), **Om**.

При увеличении напряжения во внешней цепи, сила тока будет уменьшаться и при уменьшении напряжения сила тока будет увеличиваться.

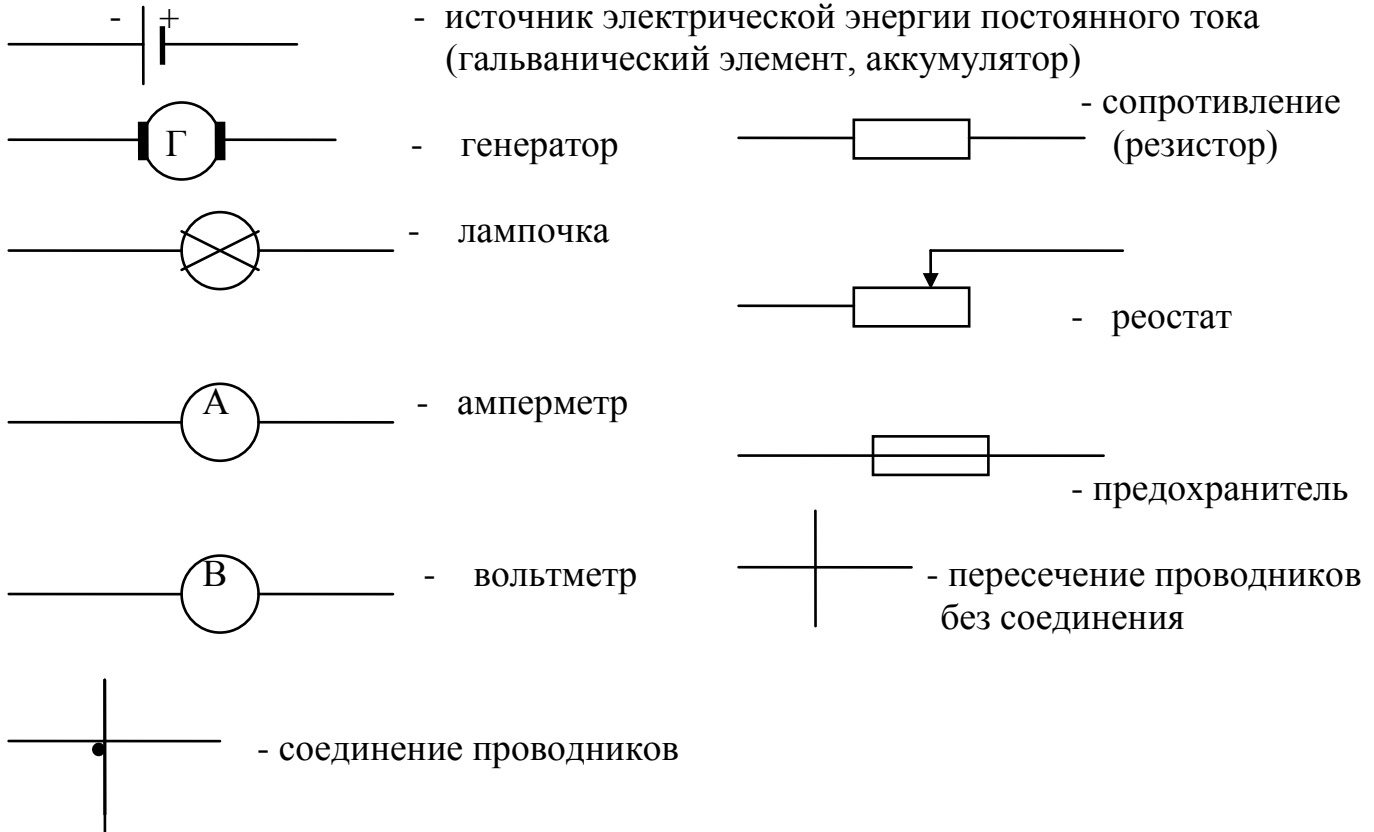
Вольтметр, подключённый к источнику электрической энергии, показывает:

при замкнутой цепи падение напряжения во внешней цепи, при разомкнутой цепи - значение ЭДС.

Контрольные вопросы.

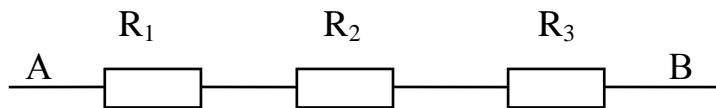
1. Какой величиной характеризуется источник тока?
2. Как измерить ЭДС источника тока?
3. Что показывает вольтметр, подключенный к источнику тока, при замкнутом ключе?
При разомкнутом ключе?
4. Как изменится напряжение на внешнем участке цепи при увеличении силы тока в цепи?

Обозначения приборов в цепи.



Соединение потребителей.

1. Последовательное соединение.



При последовательном соединении сила тока во всех потребителях одинаковая:

$$I_{AB} = I_1 = I_2 = I_3$$

При последовательном соединении напряжение на внешнем участке цепи равно сумме напряжений на каждом потребителе:

$$U_{AB} = U_1 + U_2 + U_3$$

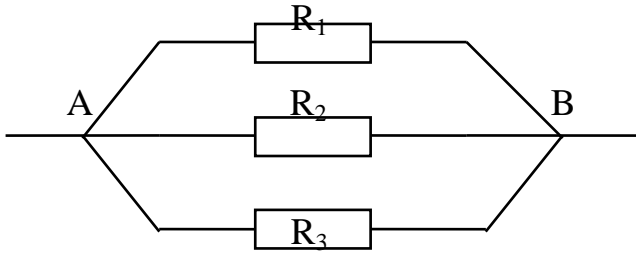
При последовательном соединении сопротивление участка цепи АВ равно сумме сопротивлений каждого потребителя:

$$R_{AB} = R_1 + R_2 + R_3$$

Если все потребители одинаковые, т.е. $R_1 = R_2 = R_3 = \dots = R_n = R$, то $R_{AB} = nR$, где n - число потребителей.

Последовательное соединение используют для увеличения сопротивления цепи.

2. Параллельное соединение.



Точка, в которой сходится больше двух проводников, называется узлом (точки А и В). Все вместе параллельно соединённые проводники составляют *разветвление*, а каждый из них называется *ветвью*.

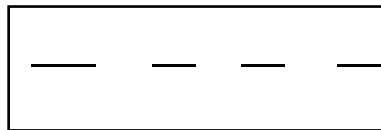
При параллельном соединении *напряжение на каждой ветви одинаковое*:

$$U_{AB} = U_1 = U_2 = U_3$$

При параллельном соединении *сила тока до разветвления равна сумме сил токов в каждом потребителе*:

$$I_{\text{ц}} = I_1 + I_2 + I_3$$

При параллельном соединении *обратная величина сопротивления участка цепи равна сумме обратных величин каждого сопротивления*:

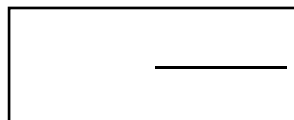


Если все потребители одинаковые, т.е. $R_1 = R_2 = \dots = R_n = R$, то



n - число потребителей.

Для двух параллельно соединенных проводников (для дисциплины электротехника)



Параллельное соединение используют для уменьшения сопротивления в цепи.

Для измерения силы тока на участке цепи, амперметр включают последовательно с нагрузкой.

Для измерения напряжения на участке цепи, вольтметр подключают параллельно к данному участку цепи.

Контрольные вопросы.

1. Что можно сказать о силе тока при последовательном (параллельном) соединении резисторов?
2. Что можно сказать о напряжении при последовательном (параллельном) соединении резисторов?
3. Как изменится сопротивление проводника, если его разрезать на несколько равных частей и соединить их параллельно?
4. Что произойдет, если сгорит один резистор в цепи при последовательном, параллельном соединении?
5. Как изменится сила тока в цепи при подключении в цепь резистора последовательно? параллельно?

Работа. Мощность. Тепловое действие тока.

Под **работой тока** понимают работу, совершаемую действующими на заряд силами поля при перемещении электрического заряда в цепи.

$$A = UI t$$

Мощность электрического тока показывает, какую работу совершает ток за единицу времени и определяется по формуле:

$$P = UI \quad P = I^2 R; \quad P = U^2 / R$$

Прохождение тока по проводнику, сопровождается выделением энергии Q

$$Q = I^2 R t \text{ - Джоуля – Ленца}$$

Из закона Джоуля – Ленца следует:

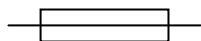
- 1) при последовательном соединении проводников максимальное количество тепла будет выделяться в проводнике с наибольшим сопротивлением, т.к. сила тока везде одинакова.
- 2) При параллельном соединении все проводники находятся под одинаковым напряжением с разными токами. Используя закон Ома $I = U / R$, закон Джоуля – Ленца примет вид $Q = U^2 t / R$, следовательно, тепла выделится в проводнике с наименьшим сопротивлением.

На тепловом действии тока основана работа плавких предохранителей.

закон Джоуля

Замыкание полюсов генератора проводником с очень малым сопротивлением

называется коротким замыканием. $I_{к.з.} = \epsilon / r$



- обозначение плавкого предохранителя.

Задача. Рассчитать наибольшую допустимую мощность потребителей электроэнергии, которые могут одновременно работать в квартире, учитывая, что сила тока в проводнике не должна превышать 10 А, при напряжении 220 В.

$$P =$$

Одновременное включение в сеть приборов с бóльшей суммарной мощностью приведет к увеличению силы тока, и поэтому недопустимо. Почему?

Потребляемую энергию в быту измеряют электрическим счетчиком. Эту энергию измеряют в киловатт·часах (кВт·ч)

1 кВт·ч – это работа, совершаемая электрическим током мощностью 1 кВт в течении 1 ч.

Контрольные вопросы.

1. Какие проводники используют в подводящих проводах?
2. Какие проводники используют в тепловых электрических приборах?
3. При каком соединении проводников выделится больше (меньше) тепла в проводнике с наибольшим сопротивлением?
4. В каких единицах измеряется работа тока, мощность тока, количество теплоты? $[A] =$ $[P] =$ $[Q] =$

Электрический ток в электролитах.

Жидкий проводник называется электролитом.

Электролитами являются растворы солей, кислот и щелочей.

Электрический ток в электролитах проводят положительные и отрицательные ионы, которые образуются в результате электролитической диссоциации.

Прохождение электрического тока через электролит, сопровождающееся химическими превращениями вещества и выделением его на электродах, называется электролизом.

Закон Фарадея. Масса вещества **m**, выделившегося на электродах, прямо пропорциональна количеству электричества **q**, пройденного через электролит.

$$m = kq$$

k - электрохимический эквивалент - показывает зависимость массы, выделившегося вещества от его рода (табличные значения).

Катод – *отрицательно заряженный электрод.*

Анод – *положительно заряженный электрод.*

Применение электролиза.

1. Гальваностегия (никелирование, серебрение)
2. Гальванопластика (изготовление копий) 1838 г. Б.С. Якоби.
3. Очистка металлов, полученных при выплавке из руды от примесей.
4. Промышленный способ получения кислорода и водорода.
5. Электрополировка поверхностей.

Электрический ток в газах.

Газы являются диэлектриками. Для того, чтобы газ проводил электрический ток, его необходимо ионизировать, т.е. образовать заряженные частицы из нейтральных атомов.

В газах электрический ток проводят положительные и отрицательные ионы и электроны.

Процесс протекания электрического тока через газ называется *газовым разрядом*.

Разряд в газе, который происходит под действием внешнего ионизатора (высокая температура, ультрафиолетовые, рентгеновские, γ -лучи), называется несамостоятельным разрядом.

Разряд в газе, который происходит без действия внешнего ионизатора, называется самостоятельным разрядом.

Виды самостоятельного разряда:

1. Первичная ударная ионизация - газ ионизирует сам себя. При высоком напряжении заряженные частицы движутся с большой скоростью и встречаясь с нейтральным атомом отрывает от него электрон.
2. Термоэлектронная эмиссия - с горячего катода (металла) вылетают электроны.
3. Вторичная ударная ионизация - при высоком напряжении положительные ионы, двигаясь с большой скоростью, ударяясь о катод выбивают из него электроны.

Прохождение электрического тока в газе при нормальном атмосферном давлении сопровождается ярким свечением.

Виды разрядов в газе при атмосферном давлении:

1. Дуговой разряд или электрическая дуга – разряд в газе, происходящем при раскаленном катоде или при высоком напряжении между электродами (прожектор, проекционная лампа, электросварка).
2. Искровой разряд – прерывистый разряд в газе, происходящий при высоком напряжении (молния).

3. *Коронный разряд* наблюдается в сильно неоднородных полях при сравнительно больших давлениях (у заряженного острия, около проводов при большом напряжении).

4. *Тлеющий разряд* – разряд в разреженных газах, сопровождающийся слабым свечением. Тлеющий разряд используют в рекламных трубках и в лампах дневного света.

Газ в котором значительная часть атомов ионизирована называют *плазмой*.

При температуре порядка 20000 - 30000 °K любое вещество представляет собой полностью ионизированную плазму.

Электрический ток в вакууме.

Вакуум является диэлектриком. *Электрический ток в вакууме проводят электроны, вылетевшие в результате термоэлектронной эмиссии.*

Вакуумная лампа с двумя электродами называется диодом.

Диод обладает односторонней проводимостью, т.е. проводит ток в одном направлении, и является выпрямителем переменного тока.

Электрический ток в полупроводниках.

Чистые полупроводники.

Полупроводниками называются вещества, которые при низкой температуре не проводят электрический ток, а при нормальной и выше и при освещении проводят называются полупроводниками.

Атомы, потерявшие электрон становится атомом с вакантным местом и играет роль положительно заряженной частицы и называется *дыркой*.

Электрический ток в полупроводниках проводят электроны и дырки.

В чистых полупроводниках число электронов равно числу дырок. Проводимость в чистых полупроводниках называют *собственной*.

Примесные проводники.

1. Донорная примесь. К полупроводникам добавляют элемент 5-ой группы.

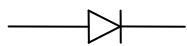
Полупроводники, обладающие электронной проводимостью, называются полупроводниками *n-типа*.

2. Акцепторная примесь. К полупроводникам добавляют элемент 3-ей группы.

Полупроводники, обладающие дырочной проводимостью, называются полупроводниками *p-типа*.

Полупроводник с p-n-переходом – называется полупроводниковым диодом.

Полупроводниковый диод обладает односторонней



проводимостью, т.е. проводит ток в одном направлении и является выпрямителем переменного тока.

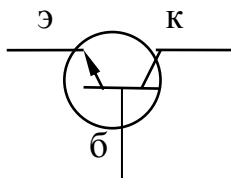
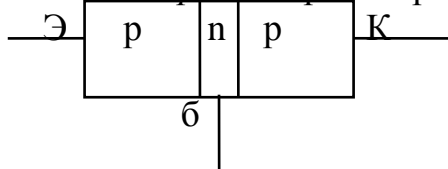
Недостаток полупроводникового диода. При высокой температуре проводит ток в обоих направлениях.

Полупроводниковый триод–транзистор – полупроводник с двумя p-n-переходами

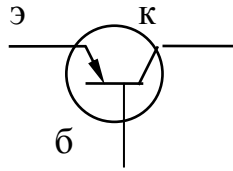
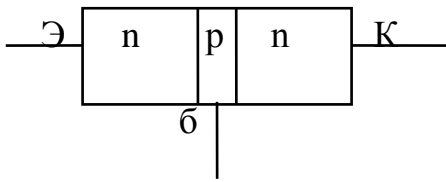
Транзистор имеет три вывода: эмиттер, база, коллектор.

Эмиттер - снабжает базу зарядами. *База* - пропускает заряды.

Коллектор - собирает заряды.



Основными носителями зарядов являются *дырки*.



Основными носителями зарядов являются электроны.

Транзистор служит для увеличения напряжения и силы тока на подключенной нагрузке.

Контрольные вопросы.

1. Какие заряды проводят ток в электролитах, газах, вакууме, полупроводниках.
2. Как они образовались заряды?
3. Где используется электрический ток в электролитах, газах, вакууме и полупроводниках?

Тема 3.3. Электромагнетизм.

Магнитное поле, его характеристики.

Поле, посредством которого осуществляется взаимодействие токов, расположенных на расстоянии, называется магнитным полем.

Проводники *притягиваются*, если ток течет в *одном направлении*; *отталкиваются* – если в *противоположном направлении*.

Магнитное поле создается движущимся зарядом, электрическим током, переменным электрическим полем.

Магнитное поле действует на проводник с током и движущийся заряд.

Характеристики магнитного поля.

Напряженность магнитного поля. \vec{H} , - характеризует магнитное поле без учета среды.
[H] = А/м

Магнитная индукция \vec{B} , - характеризует магнитное поле с учетом среды.

$$\boxed{B = \mu_0 \mu H} \quad [B] = \text{Тл (Тесла)}$$

μ_0 - магнитная постоянная.

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ Н/А}^2$$

μ - магнитная проницаемость среды, показывает, как среда изменяет магнитное поле.

Для вакуума $\mu = 1$.

Если $\mu > 1$, то среда усиливает магнитное поле, эти вещества называют *парамагнетиками* (алюминий, воздух, азот, олово и др.).

$\mu \gg 1$, то среда очень сильно усиливает магнитное поле – это *ферромагнетики* (железо, сталь, чугун). Из них изготавливают постоянные магниты, сердечники.

если $\mu < 1$, то среда ослабляет – *диамагнетики* (вода, водород, золото, каменная соль, стекло и т.д.).

Вещества, которые намагничиваются под действием магнитного поля, называются *магнетиками*.

Физический смысл магнитной индукции. Магнитная индукция численно равна количеству линий магнитной индукции, пронизывающих единицу площади.

Графическое изображение магнитного поля.

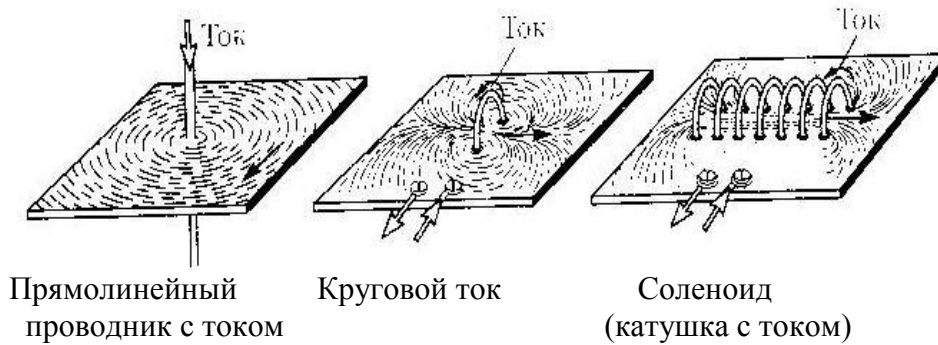
Магнитное поле изображается линиями магнитной индукции.

Магнитное поле *вихревое*, т.к. линии магнитной индукции *замкнутые*.

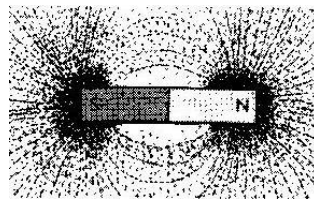
Линии магнитной индукции зависят от направления тока, силы тока и формы проводника

Линии магнитной индукции имеют направление, которое определяют с помощью правила правого винта (буравчика).

Правило правого винта. Если поступательное движение винта направить по направлению тока, то направление вращения головки покажет направление линий магнитной индукции.



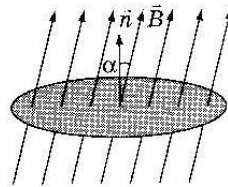
У постоянного магнита линии магнитной индукции из северного полюса выходят, а в южный полюс входят.



Магнитный поток

Под магнитным потоком понимают поток Φ вектора магнитной индукции \mathbf{B} через какую-либо поверхность S

Физический смысл магнитного потока - количество линий магнитной индукции пронизывающих площадь S , ограниченную контуром с током



Магнитный поток Φ , пронизывающий контур, равен произведению модуля магнитной индукции \mathbf{B} на площадь S , ограниченную этим контуром, и на косинус угла α между нормалью к плоскости контура \mathbf{n} и вектора \mathbf{B} (см. рисунок) $\Phi = \mathbf{B} \cdot S \cdot \cos \alpha$

$$[\Phi] = \text{Вб (Вебер)}$$

$$\text{Вб} = \text{Тл} \cdot \text{м}^2$$

Если вектор магнитной индукции перпендикулярен плоскости контура, то $\Phi = \mathbf{B} \cdot S_{\perp}$

Контрольные вопросы.

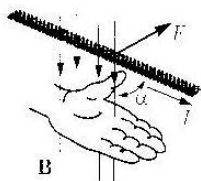
1. Чем создается и на что действует магнитное поле?
2. Какими величинами характеризуется магнитное поле?
3. Как изображается магнитное поле?
4. С помощью какого правила определяют направление линий магнитной индукции?
5. Как направлены линии магнитной индукции у постоянного магнита?
6. Как взаимодействуют между собой проводники с током?
7. Как среда изменяет магнитное поле? Что называется магнетиками?
8. В каких единицах измеряется магнитная индукция и магнитный поток?

Сила Ампера.

Магнитное поле действует на проводник с током с силой, которая называется силой Ампера. F_A . $F_A = BI\ell \sin\alpha$ - закон Ампера

Сила Ампера максимальна при $\alpha = 90^\circ$, $F_{A \text{ макс.}} = BI\ell$, при $B \perp I$ $\alpha = 90^\circ$ $\sin 90^\circ = 1$,
 $F_A = 0$ при $\alpha = 0^\circ$, т.к. $\sin 0^\circ = 0$

Направление силы Ампера определяют с помощью правила левой руки.



Правило левой руки. Если левую руку расположить вдоль проводника так, чтобы четыре вытянутых пальца указывали направление тока, а линии магнитной индукции входили в ладонь, то большой палец, отогнутый на 90° , покажет направление силы Ампера.

Следствием действия силы Ампера является вращение рамки с током в постоянном магнитном поле.

Это используется в электроизмерительных приборах (гальванометрах, амперметрах), в электродвигателях (в которых электрическая энергия превращается в механическую).

Сила Лоренца.

Сила, с которой действует магнитное поле на движущийся заряд, называется силой Лоренца (в честь нидерландского ученого).

$$F_L = Bqv \sin\alpha$$

Направление силы Лоренца определяют с помощью правила левой руки (четыре пальца указывают направление положительного заряда). Если заряд отрицательный, то сила Лоренца направлена в противоположную сторону.

Если заряд движется вдоль линий магнитной индукции, то сила Лоренца не действует.

Сила Лоренца всегда перпендикулярна скорости, поэтому она не совершает работы, не может изменить скорость, а может изменить направление движения заряда.

Если заряженная частица, влетает в магнитное поле перпендикулярно линиям магнитной индукции, то заряд будет двигаться по окружности радиусом **R**.

Действие магнитного поля на движущийся заряд применяется в масс-спектрографах, позволяющих разделить заряженные частицы по их удельным зарядам, т.е. по отношению заряда частицы к их массе, и по полученным результатам точно определять массы частиц.

Контрольные вопросы.

1. Что определяют с помощью правила левой руки?
2. На что действует сила Ампера и сила Лоренца?
3. Какое применение имеет сила Ампера и сила Лоренца?

Электромагнитная индукция.

Возникновение тока в замкнутом контуре, обусловленное изменением магнитного поля называется электромагнитной индукцией.

Ток, возникающий в контуре, называется индукционным.

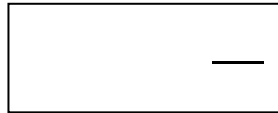
Направление индукционного тока в замкнутом контуре определяют с помощью правила Ленца.

Правило Ленца. Индукционный ток имеет такое направление, что созданное им магнитное поле препятствует изменению магнитного потока

При усилении магнитного потока магнитное поле индукционного тока его ослабляет и наоборот.

Электрический ток появляется в том случае, если на свободные заряды в проводнике действуют сторонние силы. При изменении магнитного потока через площадь, ограниченную контуром в нем появляются сторонние силы, действие которых характеризуется Э.Д.С., называемой Э.Д.С. индукции.

Закон электромагнитной индукции. ЭДС индукции, возникающей в каком-либо контуре прямо пропорционально скорости изменения магнитного потока.



$\mathcal{E}_{\text{инд}}$ - ЭДС индукции, В

$\Delta\Phi$ - изменение магнитного потока, Вб

Δt - промежуток времени в течении которого изменился магнитный поток, с.

Знак минус демонстрирует выполнения правила Ленца.

ЭДС индукции и индукционный ток возникает в проводнике, движущемся в магнитном поле, пересекая линии магнитной индукции.

$$\mathcal{E}_{\text{инд}} = Bv\ell \sin\alpha$$

$\mathcal{E}_{\text{инд}}$ - ЭДС индукции, В

ℓ - длина проводника, м

B - магнитная индукция, Тл

α - угол между направлением магнитной индукции и скоростью.

v - скорость движения проводника, м/с

Направление индукционного тока в движущемся проводнике определяют с помощью правила правой руки.

Правило правой руки. Правую руку расположить вдоль проводника так, чтобы линии магнитной индукции входили в ладонь, большой палец отогнутый на 90° показывает направление движения проводника, то четыре вытянутых пальца покажут направление индукционного тока.

Контрольные вопросы.

1. Что называется электромагнитной индукцией?
2. Когда возникает индукционный ток?
3. От чего зависит ЭДС индукции и сила индукционного тока?
4. С помощью какого правила определяют направление индукционного тока в замкнутом контуре? В движущемся проводнике?
5. Как изменяет магнитное поле индукционного тока внешний магнитный поток при его ослаблении?
6. Как должен двигаться проводник в магнитном поле, чтобы в нём возник индукционный ток?
7. Что определяют с помощью правила правой руки?

Вихревое электрическое поле.

Переменное магнитное поле создает вихревое электрическое поле, которое возбуждает в замкнутом проводнике индукционный ток. Линии напряженности электрического поля замкнутые, поэтому электрическое поле – вихревое. Линии напряженности всегда перпендикулярны линиям магнитной индукции, т.е. $\vec{E} \perp \vec{B}$. Чем быстрее меняется индукция магнитного поля, тем больше напряженность электрического поля. Направление линий напряженности электрического поля совпадает с направлением индукционного тока.

Вихревые токи.

Индукционные токи, которые возникают в сплошных металлических телах, находящихся в переменном магнитном поле, и замыкаются внутри этих тел, называются вихревыми токами или токи Фуко.

Вихревые токи используют: в измерительных приборах для успокоения колебаний стрелки, в индукционных печах для закалки деталей, плавки металлов, изготовления сплавов. Для ослабления вредного действия вихревых токов в теле: тела, которые находятся в переменном магнитном поле, делают из отдельных изолированных листов.

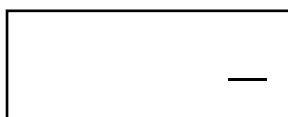
Контрольные вопросы

1. Чем создаётся вихревое электрическое поле?
2. Чем отличается электростатическое электрическое поле от вихревого эл.п.?
3. Что называется вихревыми токами? Где их используют?
4. Что делают с веществами, чтобы в них не возникали вихревые токи?

Индуктивность. Явление самоиндукции.

Возникновение тока в замкнутом контуре, обусловленное изменением силы тока в нем же самом, называется самоиндукцией.

Явление самоиндукции имеет место при переменном токе и при замыкании и размыкании цепи постоянного тока.



$\mathcal{E}_{\text{с.инд.}}$ - ЭДС самоиндукции, В $\Delta I / \Delta t$ - скорость изменения силы тока, А/с

L - индуктивность, величина характеризует катушку с током

[L] = Гн (Генри).

Знак минус показывает выполнение правила Ленца, т.е. при усилении тока в цепи индукционный ток будет его ослаблять, т.к. противоположно направлен.

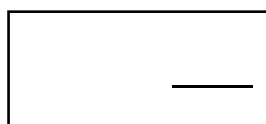
Из закона электромагнитной индукции следует:

$$\Delta\Phi = L \cdot \Delta I$$

или

$$\Phi = L \cdot I$$

Энергия магнитного поля катушки W_M :



Контрольные вопросы

1. Что называется явлением самоиндукции?
2. Когда наблюдается явление самоиндукции ?
3. От чего зависит ЭДС самоиндукции?
4. Что характеризует индуктивность? Какой буквой обозначается? В каких единицах измеряется?

Тема 3.4. Электромагнитные колебания и волны.

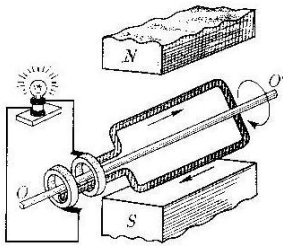
Переменный ток. Электрогенераторы.

Ток, который периодически меняет своё значение и направление называется переменным.

Переменный ток получают в индукционных генераторах, с помощью вращения рамки в однородном магнитном поле.

Генераторы электрического тока (электрогенератор) - это устройство для преобразования различных видов энергии – механической, химической, тепловой и др. - в электрическую.

Работа электрогенератора основана на явлении электромагнитной индукции.



При вращении рамки в магнитном поле в ней возникает переменная ЭДС индукции и в замкнутой цепи потечет переменный ток.

Рамка соединяется с внешней цепью с помощью колец, укрепленные на одной оси с рамкой, и неподвижных скользящих контактов-щеток. Во всех промышленных генераторах переменного тока витки, в которых индуцируется переменный ток, устанавливают неподвижно, а вращается магнитная система. Неподвижная часть генератора называется статором, а подвижная – ротором. За один оборот рамки полярность щеток меняется дважды, т.е. ток меняет свое направление дважды за один полный оборот рамки. Частота переменного тока в сети равна 50 Гц, следовательно за 1 секунду ток меняет свое направление 100 раз.

Изменение силы тока, напряжения и ЭДС происходит по синусоидальному закону (при таком изменении происходит наименьшая потеря электроэнергии).

$$i = I_m \sin \omega t$$

$$u = U_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

$$e = E_m \sin(\omega t + \psi_0)$$

i, u, e - мгновенные значения силы тока, напряжения, ЭДС

I_m, U_m, E_m - максимальные (амплитудные) значения силы тока, напряжения, ЭДС.

Приборы, показывающие силу тока, напряжения, ЭДС измеряют действующие или эффективные значения.

I, U, E - эффективные или действующие значения силы тока, напряжения, ЭДС

$$I = I_m / \sqrt{2} ; \quad U = U_m / \sqrt{2} ; \quad E = E_m / \sqrt{2} .$$

Действующее значение силы переменного тока равно силе постоянного тока, выделяющего в проводнике то же количество теплоты, что и переменный ток за то же время.

Сопротивления в цепи переменного тока.

Цепь переменного тока обладает активным R и реактивным сопротивлением X .

1. Активное сопротивление $R, \text{ Ом}$ обусловлено тепловым действием тока.

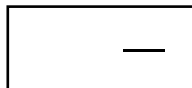
В цепь включены тепловые приборы.

2. Реактивные сопротивления $X, \text{ Ом}$:

а) X_L - индуктивное сопротивление, сопротивление обусловленное явлением самоиндукции. В цепь включена катушка. Сила тока меняет своё значение и направление позже напряжения, т.е. сила тока отстаёт по фазе от напряжения.

$$X_L = \omega \cdot L$$

б) X_C - ёмкостное сопротивление, сопротивление обусловленное электроёмкостью. В цепь включен конденсатор. Напряжение отстаёт по фазе от силы тока, т.е. напряжение меняет своё значение и направление позже силы тока.



Если в цепь последовательно соединены конденсатор и катушка, то реактивное сопротивление цепи X :

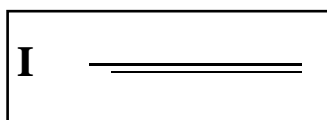
1. $X = 0$, если $X_C = X_L$
2. принимает индуктивный характер, если $X_C < X_L$
3. принимает ёмкостный характер, если $X_C > X_L$

Закон Ома для участка цепи переменного тока.

Сила тока на участке цепи I прямо пропорциональна напряжению U на концах этого участка и обратно пропорциональна полному сопротивлению Z этого участка.

I —

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}$$



- закон Ома для участка цепи переменного тока

Контрольные вопросы

1. Как получить переменный ток?
2. Что является статором и ротором в генераторе?
3. Сколько раз ток меняет направление при полном обороте рамки?
4. Какими видами сопротивлений обладает цепь переменного тока?
5. Каким сопротивлением обладает цепь, содержащая катушку? конденсатор?
6. От чего зависит индуктивное и ёмкостное сопротивление?
7. Чему равно реактивное сопротивление цепи, если индуктивное сопротивление равно ёмкостному?
8. От чего зависит сила переменного тока на участке цепи?

Трансформатор.

Прибор, который служит для преобразования напряжения и силы переменного тока называется трансформатором.

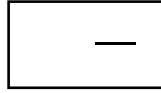
Трансформатор состоит из двух обмоток - катушек с разным числом витков (с небольшим количеством витков толстой проволоки и большим количеством витков тонкой проволоки) и сердечника. Сердечник выполнен из отдельных изолированных листов, чтобы не возникали вихревые токи.

Катушка, подключённая к источнику тока, называется первичной; катушка, подключённая к потребителю, называется вторичной.

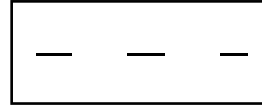
Работа трансформатора основана на явлении электромагнитной индукции.

Если к вторичной катушке не подключена нагрузка, то работу трансформатора называют *холостым ходом*.

Трансформатор характеризуется коэффициентом трансформации k равный отношению числа витков в катушке.



Если $k > 1$, то трансформатор **повышающий**, т.е. напряжение увеличивается, а сила тока уменьшается. Если $k < 1$, то трансформатор **понижающий**, т.е. напряжение уменьшается, а сила тока увеличивается.



Во время работы трансформаторы нагреваются, поэтому их необходимо охлаждать. Маломощные трансформаторы охлаждают воздухом, мощные – минеральным трансформаторным маслом. Для этой цели сердечник с обмотками погружают в масло, а снаружи корпуса делают масляные радиаторы, через которые пропускают либо холодный воздух, либо воду.

Трансформатор используется в радиотехнике и при передаче электроэнергии на расстояние. У электростанций стоят повышающие трансформаторы (почему?), а у потребителя понижающие.

Получение и передача электроэнергии.

Производство электроэнергии осуществляется на трёх типах электростанций: тепловые (ТЭС и ТЭЦ), гидро- (ГЭС) и атомные (АЭС).

Источником энергии:

на ТЭС и ТЭЦ (теплоэлектроцентраль) служат уголь, газ, торф, мазут, и т.д.;

на ГЭС – потенциальная энергия воды, поднятая плотиной;

на АЭС – ядерное топливо, которое размещено в тепловыделяющих элементах (ТВЭЛ) ядерного реактора.

Первое место по выработке электроэнергии занимают тепловые электростанции. Кпд ТЭС – 40%, ТЭЦ – 70%. На втором месте по производству электроэнергии ГЭС, их кпд – 80 – 90%. Атомные электростанции играют важную роль в тех районах, где нет гидроресурсов, мало топлива, а также при освоении новых территорий. В нашей стране разработаны передвижные ядерные энергоустановки.

Электрический ток от электростанций до потребителя передается по ЛЭП (линия электропередач). Ток низкого напряжения, вырабатываемый электрогенератором, подается на трансформатор, который преобразует ток низкого в ток высокого напряжения. В месте потребления электроэнергии трансформаторы преобразуют ток высокого напряжения в ток низкого напряжения, и поступает к потребителю.

Контрольные вопросы

1. Что называется трансформатором? Каково его устройство?
2. Какой величиной характеризуется трансформатор?
3. Как изменяет трансформатор напряжение и силу тока, если во вторичной катушке больше число витков (меньше)?
4. Как проводится охлаждение трансформатора?
5. Где используется трансформатор?
6. Как вырабатывается электроэнергия?

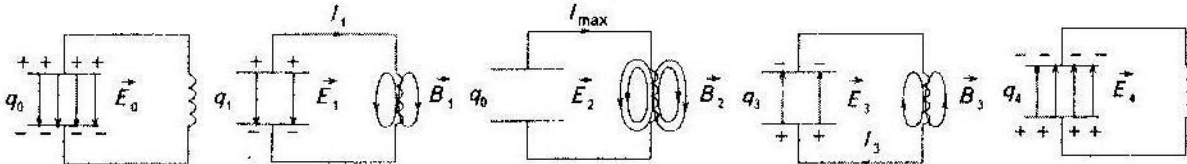
Электромагнитные колебания.

Периодические изменения во времени электрического заряда (силы тока, напряжения) называются *электромагнитными колебаниями*

Электромагнитные колебания происходят в колебательном контуре, который состоит из конденсатора и катушки.



Электромагнитные колебания представляют собой зарядку и разрядку конденсатора, а по катушке течёт переменный ток.



Возбудить колебания в контуре можно либо сообщив заряд конденсатору, либо с помощью электромагнитной индукции возбудить ток в катушке.

При электромагнитных колебаниях происходит превращение энергии электрического поля $W_{эл} = CU^2/2$ в энергию магнитного поля $W_{маг} = LI^2/2$.

Период электромагнитного колебания определяется ёмкостью конденсатора **C** и индуктивностью катушки **L**.

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{LC} \quad \text{- формула Томсона}$$

T - период электромагнитных колебаний, с;

L - индуктивность катушки, Гн; **C** - ёмкость конденсатора, Ф.

Циклическая частота колебаний

=

Частота электромагнитных колебаний

v

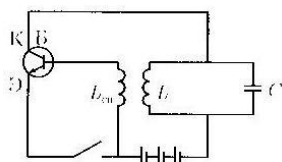
-

=

Частота электромагнитных колебаний будет большой, если индуктивность и ёмкость будут маленькими.

Колебания в колебательном контуре будут затухающими, т.к. колебательный контур обладает сопротивлением **R** и избыточная энергия тратится на преодоление сопротивления.

Для того чтобы колебания были незатухающими, необходимо периодически сообщать контуру энергию. Незатухающие колебания получают в генераторе на транзисторе.



Незатухающие колебания установятся в том случае, если контур будет подключаться к источнику только в первую половину периода. Поступление энергии в колебательный контур регулирует транзистор

При электрическом резонансе частота колебаний в колебательном контуре совпадает с частотой вынужденных колебаний, при этом сопротивление проводников падает, а сила тока резко возрастает.

Контрольные вопросы.

1. Что представляет собой электромагнитные колебания?
2. Из чего состоит колебательный контур?
3. Какими должны быть ёмкость и индуктивность, чтобы колебания были высокочастотными?
4. Как получить незатухающие электромагнитные колебания?
5. Какой прибор регулирует поступление энергии в колебательный контур в генераторе?

Электромагнитные волны.

Постулаты Максвелла.

1. Переменное электрическое поле порождает переменное магнитное поле.
2. Переменное магнитное поле порождает вихревое электрическое поле (переменное).

Электромагнитное поле – это особая форма материи – совокупность электрических и магнитных полей. Переменные электрические и магнитные поля существуют одновременно и образуют единое электромагнитное поле. Оно материально: проявляет себя в действии, как на покоящиеся, так и на движущиеся заряды.

При скорости заряда, равной нулю, существует только электрическое поле. При постоянной скорости заряда возникает электромагнитное поле.

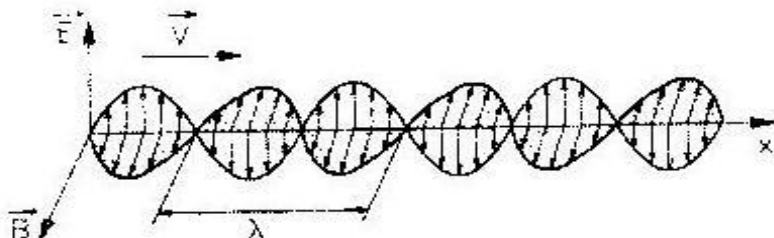
При ускоренном движении заряда происходит излучение электромагнитной волны, которая распространяется в пространстве с конечной скоростью.

Электромагнитная волна – это распространяющееся в пространстве электромагнитное поле (колебания векторов E и B).

Немецкий физик Г. Герц в 1888 г. опытно обнаружил электромагнитные волны и измерил их скорость.

Скорость электромагнитной волны в вакууме $c = 300000 \text{ км/с} = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$.

Электромагнитная волна поперечная.



$$\begin{array}{c} \rightarrow \quad \rightarrow \quad \rightarrow \\ E \perp B \perp v \\ \boxed{c = \lambda \cdot \nu} \end{array}$$

λ - длина электромагнитной волны, м

ν - частота распространения электромагнитной волны, Гц.

При переходе электромагнитной волны из вакуума в среду изменяется скорость распространения волны и длина волны, а частота остаётся постоянной.

Свойства электромагнитных волн.

Электромагнитная волна распространяется прямолинейно.

Проходит через диэлектрики, ослабляется и преломляется.

Полностью отражается от проводников электрического тока (металлы, морская и океаническая вода).

Энергия электромагнитной волны прямо пропорциональна частоте распространения волны в четвертой степени. $W \sim \nu^4$.

Примером электромагнитных волн являются радиоволны.

Контрольные вопросы.

1. Что называется электромагнитным полем?
2. Что представляет собой электромагнитные волны?
3. Какими свойствами обладает электромагнитные волны?
4. Чему равна скорость электромагнитной волны в вакууме?
5. Что происходит с электромагнитной волной при переходе её из одной среды в другую?

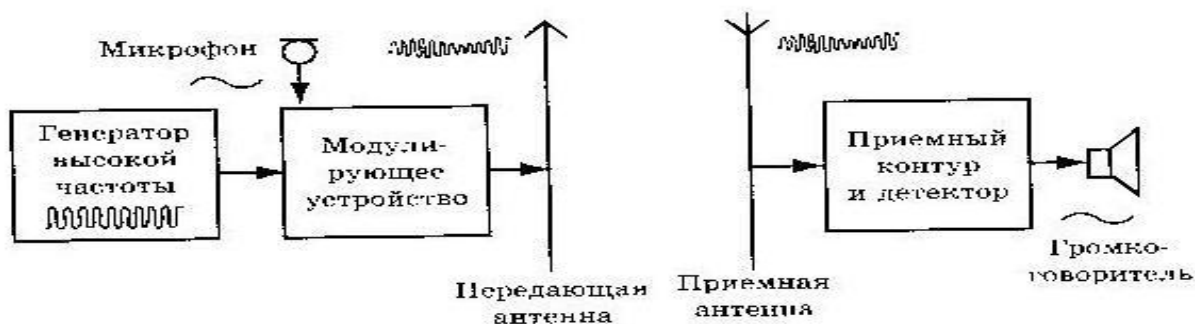
Радиосвязь

Радиосвязь – передача и прием информации с помощью радиоволн без проводов. Передаваемая информация кодируется в радиосигнале. Для радиосвязи требуется *радиопередатчик*, излучающий радиоволны, переносящие кодированную информацию, и *радиоприёмник*, улавливающий и декодирующий (расшифровывающий) излучаемый передатчиком сигнал.

Различают четыре вида радиосвязи радиотелеграфная, радиотелефонная и радиовещание, телевидение, радиолокация. Они отличаются *типом кодирования передаваемого сигнала*, или *модуляцией*.

Радиотелеграфная связь - это передача звуковых сигналов, с помощью азбуки Морзе (точек и тире).

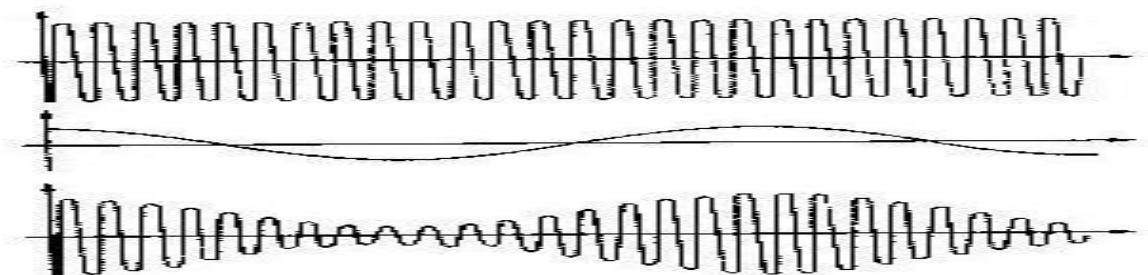
Радиовещание – это передача в эфир речи, музыки, звуковых эффектов.



Принцип радиотелефонной связи.

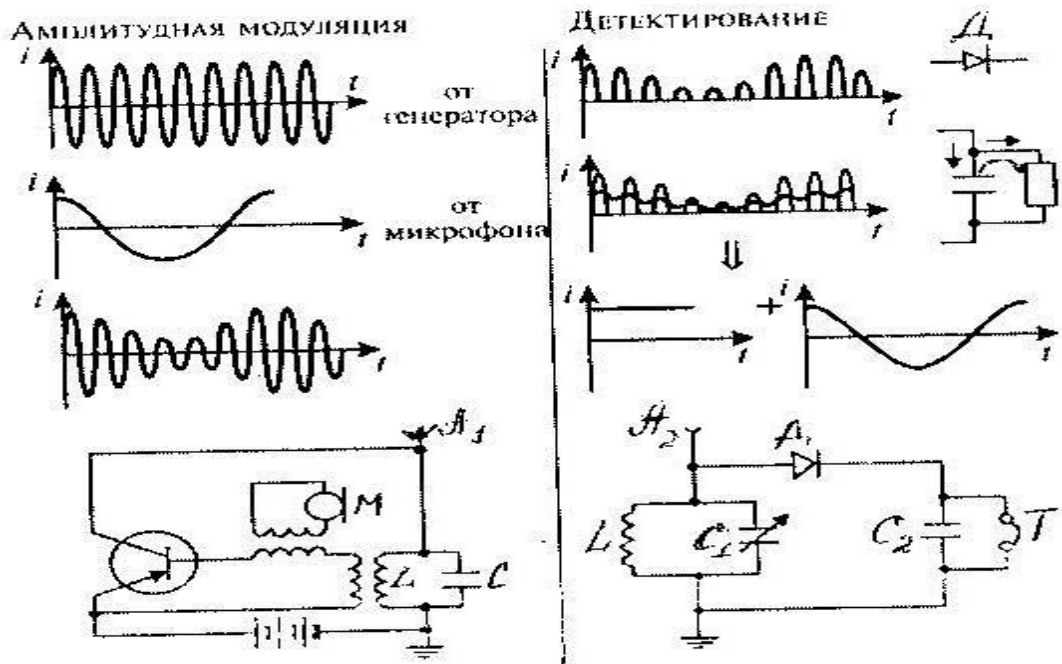
Структурная схема радиопередатчика и приемника.

В передатчике генератор высокой частоты –ГВЧ выработывает колебания высокой частоты (несущая частота более 100тыс.Гц). Микрофон преобразует механические звуковые колебания в электрические той же частоты. Модулятор изменяет (модулирует) по амплитуде высокочастотные колебания с помощью электрических колебаний низкой частоты.



Амплитудная модуляция – изменение амплитуды высокочастотных колебаний в передатчике по закону изменения передаваемого звукового сигнала.

Передающая антенна излучает модулированные электромагнитные волн



В приемнике приемная антенна принимает различные электромагнитные волны.

Конденсатором переменной ёмкости C_1 выбираем нужную нам волну, т.е. настраиваем колебательный контур электрический резонанс с улавливаемой волной. Выбранная электромагнитная волна, индуцирует в антенне переменный ток той же частоты, на которой работает передатчик. В колебательном контуре возбуждаются модулированные колебания, которые поступают в детектор (диод). После прохождения детектора составляющая тока высокой частоты идет через конденсатор постоянной емкости, а составляющая тока низкой частоты идёт на обмотки катушки телефона, вызывающие колебания мембраны звуковой частоты.

Радиолокация – это обнаружение объектов и определение их координат с помощью отражения радиоволн.

Антенна радиолокационной установки сферической формы посылает и принимает электромагнитные волны. На экране электронно-лучевой трубки фиксируется момент посылки и приёма электромагнитной волны. По шкале, нанесённой в центре экрана, определяют расстояние до тела. Шкала проградуирована с учетом формулы $\lambda = c \cdot t / 2$.

Радиолокация применяется на самолётах для определения высоты полёта и для осуществления посадки при плохой видимости, на кораблях для обнаружения препятствий, в астрономии для измерения расстояний до небесных тел.

Телевидение.

Схема телевидения совпадает со схемой радиовещания. Разница заключается в том, что в передатчике колебания модулируются звуковые сигналы, но и сигналы изображения. Преобразования изображения предметов в электрические сигналы происходят с помощью электронно-лучевых трубок, называемых иконоскопами. Оптические сигналы в передающей телекамере преобразуются в электрические. Модулированная электромагнитная волна переносит информацию на большие расстояния.

В приемнике изображение полученного сигнала в видимое изображение производится вакуумной электронно-лучевой трубкой – кинескопом. Электронный пучок в приёмнике совершает по экрану движение, в точности синхронное сдвижением электронного пучка в передатчике. Телевизионные приёмники работают в метровых и дециметровых диапазонах.

Контрольные вопросы.

1. Дать понятие радиосвязи.
2. Что необходимо иметь для осуществления радиосвязи?
3. В чем заключается принцип работы передатчика? приёмника?
4. Какую роль играет конденсатор переменной ёмкости?
5. В чем заключается амплитудная модуляция и детектирование?
6. Что такое радиолокация и где она применяется?
7. В чем заключается отличие телевидения от радиовещания?

Тема 3.5. Волновая оптика.

Электромагнитная природа света.

По электромагнитной (волновой) теории света свет - это электромагнитная волна, вызывающая световое ощущение у человека в глазу.

Скорость световой волны в вакууме $c = 300000 \text{ км/с} = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$

Световые волны распространяются с частотой $\nu: 4 \cdot 10^{14} - 7,5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$ и длиной волны $\lambda: 400 - 760 \text{ нм}$.

$$c = \lambda \cdot \nu$$

Белый свет сложный, он состоит из 7 основных цветов: **красный**, **оранжевый**, **желтый**, **зеленый**, **голубой**, **синий**, **фиолетовый**. Каждому цвету соответствует определенная частота и длина волны.

Для красного: $\nu = 4 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$, $\lambda = 760 \text{ нм} = 760 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 7,6 \cdot 10^{-4} \text{ мм}$.

Для фиолетового: $\nu = 7,5 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$, $\lambda = 400 \text{ нм} = 400 \cdot 10^{-9} \text{ м} = 4 \cdot 10^{-4} \text{ мм}$.

Естественными источниками света являются звезды, в которых происходит реакция термоядерного синтеза.

Искусственные источники света различают *тепловые* (лампы накаливания, в которых тепловая энергия превращается в световую) и *люминесцирующие* (электрическая энергия преобразуется в световую при прохождении электрического тока через газы).

Источники света характеризуются *силой света I*

$$[I] = \text{Кд (Кандела)}$$

Часть потока излучения, которое вызывает в глазу ощущение света и оценивается по световому ощущению, называется *световым потоком Ф*.

$$[Ф] = \text{Лм (Люмен)}.$$

$$I = \Phi / 4\pi$$

Отношение светового потока Φ , падающего на поверхность, к площади S этой поверхности называется освещенностью E.

$$E = \Phi / S$$

$$[E] = \text{Лк (Люкс)}.$$

Прибор, измеряющий освещенность, называется люксметром.

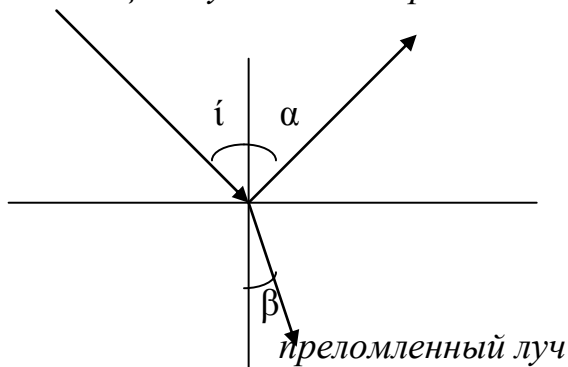
Контрольные вопросы.

1. Что представляет собой свет по электромагнитной теории света?
2. Какие электромагнитные волны являются световыми?
3. Из каких составных частей состоит белый свет?
4. Какая величина характеризует источник света?
5. В каких единицах измеряется сила света, освещенность, световой поток?
6. Какой прибор измеряет освещенность?

Отражения света.

При падении света на границу раздела двух сред часть света отражается, а остальная часть преломляется. Энергия падающего луча равна сумме энергий отраженного и преломленного лучей.

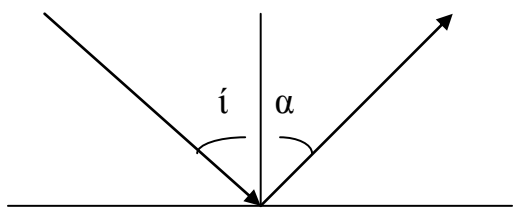
падающий луч отраженный луч



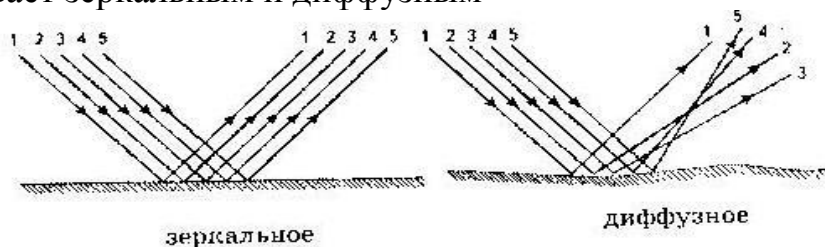
i – угол падения
 α – угол отражения
 β – угол преломления

Законы отражения.

1. Луч падающий, луч отраженный и перпендикуляр, восстановленный в точку падения лежат в одной плоскости.
2. Угол отражения равен углу падения. $\alpha = i$



Отражение бывает зеркальным и диффузным



При зеркальном отражении параллельный пучок света отражается в параллельный. Зеркальное отражение происходит от совершенно гладких поверхностей.

При диффузном отражении параллельный пучок света отражается в рассеивающий. Диффузное отражение происходит от шероховатых поверхностей.

Преломление света.

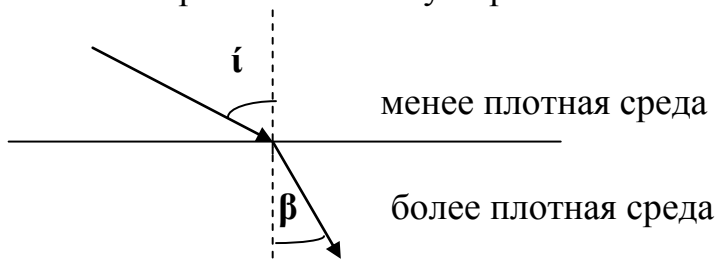
Среда является прозрачной, если свет, проходя через неё не ослабляется.

При переходе света из одной среды в другую изменяется скорость и длина света, а частота остаётся постоянной

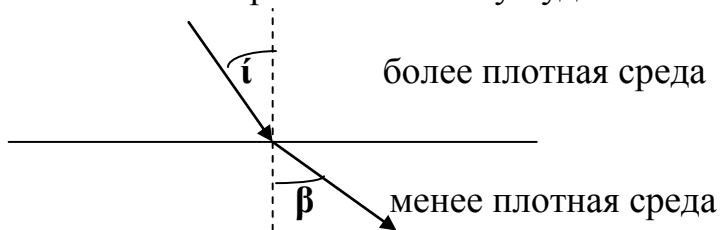
Причиной преломления является различие скоростей распространения волн в различных средах.

При переходе света из одной среды в другую изменяется скорость распространения света, в результате изменяется направление распространения света, т.е. происходит преломление света. Преломление света зависит от плотности сред.

Если свет переходит из менее плотной среды в более плотную, то скорость света уменьшается и преломлённый луч приближается к перпендикуляру и $i > \beta$.



Если свет переходит из более плотной среды в менее плотную, то скорость света увеличивается и преломленный луч удаляется от перпендикуляра и $i < \beta$



Свет не преломляется, если:

1. свет падает перпендикулярно к границе раздела двух сред, т.е. $i = 0$
2. оптические плотности сред одинаковые.

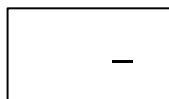
Законы преломления.

1. Луч падающий, луч преломлённый и перпендикуляр, восстановленный в точку падения к границе раздела двух сред, лежат в одной плоскости.
2. Отношение синуса угла падения к синусу угла преломления есть величина постоянная для двух постоянных сред.



$n_{2.1}$ - показатель преломления второй среды относительно первой.

Показатель преломления среды относительно вакуума называется абсолютным показателем преломления n .

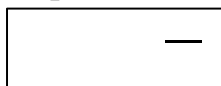


n - абсолютный показатель преломления среды (табличное значение).

c - скорость света в вакууме, м/с

v - скорость света в среде, м/с

Абсолютный показатель преломления показывает: во сколько раз уменьшается скорость при переходе света из вакуума в среду.

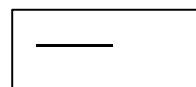


n_1 - абсолютный показатель преломления первой среды

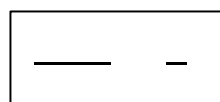
n_2 - абсолютный показатель преломления второй среды.

Законы преломления относительно абсолютного показателя.

Свет переходит из вакуума (воздуха) в среду

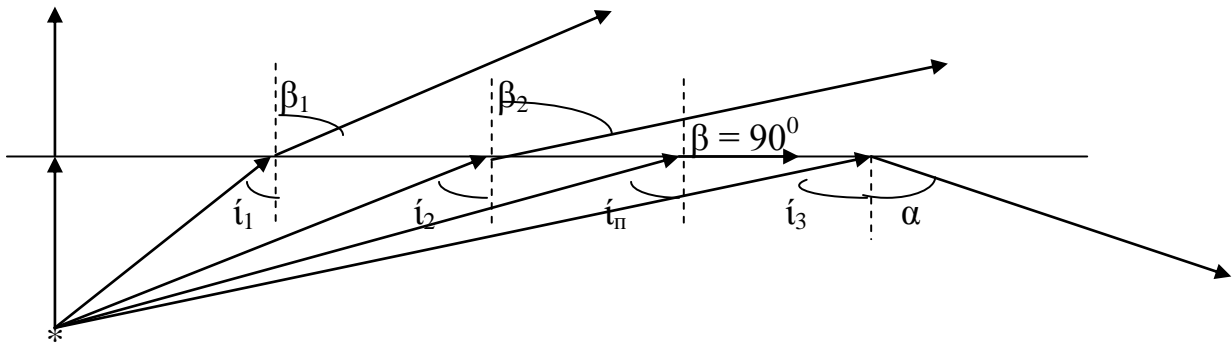


Свет переходит из среды в вакуум (воздух)

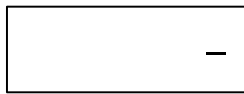


Полное отражение света.

Полное отражение света происходит при переходе света из более плотной среды в менее плотную, т.к. угол преломления меньше угла падения и свет при любом угле падения выходит в другую среду.



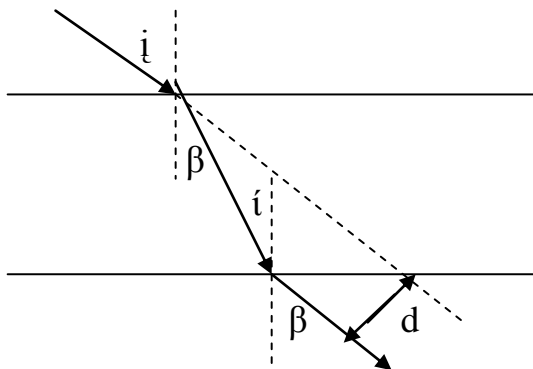
Угол падения при котором угол преломления равен 90^0 , называется предельным углом падения i_{np} .



Полное отражение света происходит в том случае, если угол падения больше предельного угла падения, т.е. $i > i_{np}$.

При переходе света из среды в среду $\text{Sin } i_{np} = n_2 / n_1$

Прохождение света через плоскопараллельную пластину

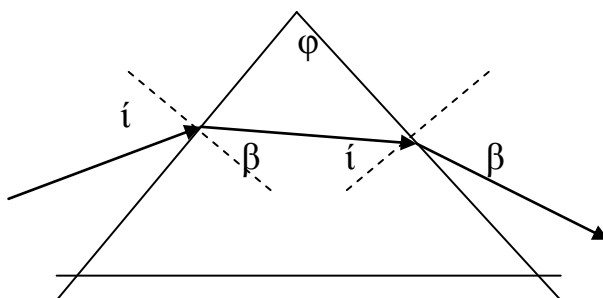


d – смещение

Если над и под пластиной находятся одинаковые среды, то выходящий луч параллелен входящему.

Смещение **d** зависит от угла падения, от толщины пластины и от показателя преломления среды.

Прохождение света через трёхгранную призму.



Грани, через которые проходит свет, называются *преломляющими гранями*, третья грань является *основанием*.

Угол между преломляющими гранями называется *преломляющим углом* φ .
Если призма является более плотной средой, то выходящий луч отклоняется к основанию.

Контрольные вопросы.

1. Что происходит со светом при падении света на границу раздела двух сред?
2. Как происходит отражение света (законы отражения)?
3. Какие виды отражения бывают?
4. Чем объясняется преломление света?
5. Как происходит преломление света при переходе его из менее плотной среды в более плотную и из более плотной в менее плотную?
6. Может ли свет не преломляться при переходе его из одной прозрачной среды в другую?
7. Какая среда является прозрачной? Приведите примеры.
8. Когда происходит полное отражение света от границы раздела двух прозрачных сред?

Интерференция света.

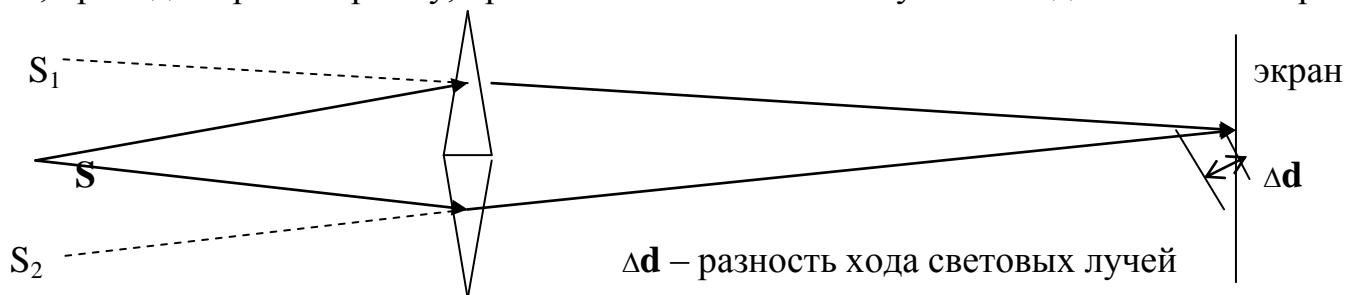
Явление усиления или ослабления света при наложении когерентных волн называется *интерференцией*.

Когерентными волнами называются волны, распространяющиеся с одинаковой частотой и постоянной разностью фаз.

Световые лучи, идущие от одного источника света являются *когерентными* (от совершенно одинаковых источников света лучи идут некогерентные)

Интерференцию света получают с помощью *бипризмы Френеля* от одного источника света. Бипризма Френеля представляет собой две призмы с узким основанием, склеенных между собой.

Свет, проходя через бипризму, преломляется и световые лучи накладываются на экране.



На экране возникает *интерференционная картина*, которая представляет собой чередование светлых и темных полос.

Светлые полосы (цвет падающего монохроматического света) – *усиление света*, возникает при наложении световых лучей, у которых в разности хода укладывается равное число длин волн или чётное число длин полуволен $\Delta d = k\lambda$, $k = 1, 2, 3 \dots$

Если падает белый свет, то усиление света представляют собой радужные полосы.

Темные полосы – *ослабление света*, возникает при наложении световых волн, у которых в разности хода укладывается нечётное число длин полуволен. $\Delta d = (2k - 1) \lambda/2$

Свет, соответствующий строго определенной частоте, называется *монохроматическим*.

К монохроматическому свету относятся - красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий, фиолетовый.

Интерференция света встречается при окрашивании тонких плёнок (например: на поверхности воды плёнка бензина или масла, мыльные пузыри и т.д.)

Пленка окрашивается за счет наложения отражённых лучей от верхней и нижней границы пленки. Цвет пленки зависит от частоты падающего света, от угла падения и толщины пленки.

Интерференционная картина в тонкой прослойке воздуха между стеклянными пластинами плоской и сферической представляют собой кольца, которые называются *кольцами Ньютона*.

Использование интерференции в технике.

Проверка качества обработки поверхности. Несовершенство обработки определяют по искривлению интерференционных полос, образующихся при отражении света от проверяемой поверхности.

Интерферометры точно измеряют показатели преломления газов и других веществ, определяют длины световых волн, толщину тонких пленок, толщину тонких нитей, малые углы.

Контрольные вопросы.

1. Когда возникает интерференция света?
2. Какие лучи называются когерентными?
3. С помощью какого оптического устройства получают интерференцию света?
4. Что представляет собой интерференционная картина?
5. Назовите условия максимума и минимума.
6. Где наблюдается и применяется интерференция света?
7. Когда наблюдаются кольца Ньютона?
8. Какие световые волны являются монохроматическими? Приведите примеры.

Дифракция света.

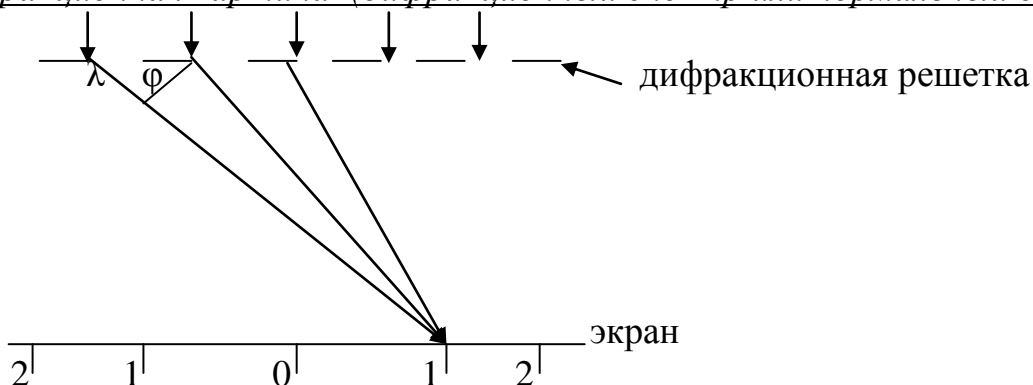
Огибание волнами препятствий или прохождение света через щель называется дифракцией света.

Дифракцию света получают с помощью дифракционной решётки.

Дифракционной решеткой называется прозрачное тело с большим количеством узких, близко расположенных, параллельных щелей.

Дифракционная решетка характеризуется постоянной решётки d или её периодом. $d = a + b$, a – ширина щели, b – ширина непрозрачной части.

На экране, расположенном на некотором расстоянии от дифракционной решётки, накладываются световые лучи, идущие от каждой щели. На экране возникает дифракционная картина (дифракционный спектр или нормальный спектр)



Дифракционная картина представляет собой усиление нулевого, первого, второго и т.д. порядков между которыми находятся тёмные промежутки.

В центре экрана находится усиление нулевого порядка, которое получается в результате наложения световых лучей, у которых разность хода равна нулю. По обе стороны от

нулевого порядка на равном расстоянии получается усиление первого порядка, которое получается в результате наложения световых лучей, у которых в разности хода соседних лучей укладывается одна длина волны. Аналогично для второго порядка - две длины волны; для третьего – три; и т.д.

С помощью дифракционной решётки определяют длину световой волны по формуле

$$n\lambda = d \sin\varphi$$

n – порядок усиления: 1,2,3... λ – длина световой волны, м (мм)

d – период дифракционной решетки, м (мм)

φ – угол дифракции, угол под которым видно данное усиление, град.

Контрольные вопросы.

1. Что называется дифракцией света?
2. С помощью какого оптического устройства получают дифракцию света?
3. Что представляет собой дифракционная решётка?
4. Чем характеризуется дифракционная решётка?
5. Что представляет собой дифракционная картина?
6. Что определяют с помощью дифракционной решетки?

Дисперсия света.

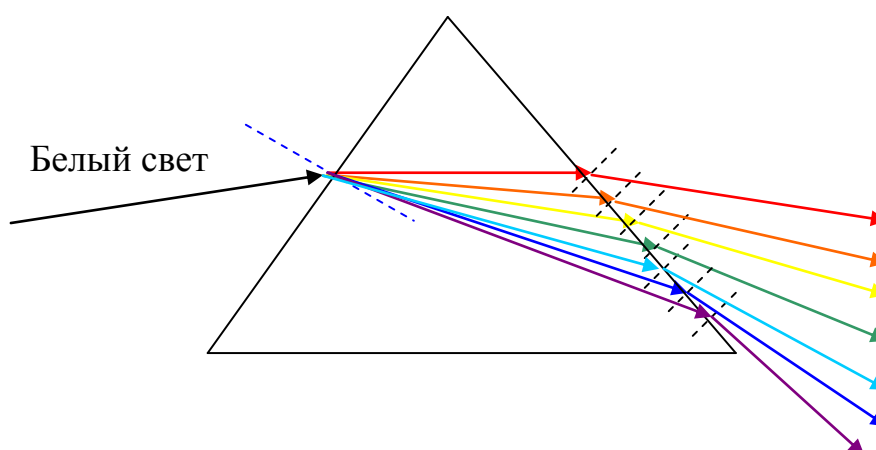
При прохождении света из одной среды в другую скорость различных световых лучей изменяется по-разному, следовательно и преломляются они по-разному.

Скорость красных световых лучей изменяется меньше всех, а скорость фиолетовых лучей больше всех, т.е. $v_k > v_\phi$

$$n_k = c / v_k \quad \text{и} \quad n_\phi = c / v_\phi \quad \implies \quad n_k < n_\phi$$

Зависимость показателя преломления от частоты или длины волны называется дисперсией света

Свет, проходя через трёхгранную призму, разлагается на его составляющие: **к**расный, **о**ранжевый, **ж**елтый, **з**еленый, **г**олубой, **с**иний, **ф**иолетовый.



Призматический или дисперсионный спектр белого света, в котором монохроматические лучи непрерывно следуют друг за другом, называют *сплошным или непрерывным спектром*.

Дисперсией света объясняется появление радуги

Если на пути разложенного белого света поместить трёхгранную призму, то из призмы выйдет белый свет.

Цвета тел.

Цвет прозрачного тела определяется составом тех лучей, которые оно *пропускает*.

Цвет непрозрачного тела определяется составом тех лучей, которые оно *отражает*.

Цвет тела зависит от падающего света.

Спектры. Виды спектров.

Совокупность частот (или дли волн), которые содержатся в излучении какого-либо вещества, называется *спектром излучения*.

Спектры наблюдают с помощью *спектроскопов*.

Спектры излучения.

1. Сплошной спектр - это спектр, содержащий все длины волн определенного диапазона от красного до фиолетового света. Сплошной спектр излучают нагретые твердые и жидкие тела и газы под высоким давлением. Он представляет собой плавный переход от одного цвета к другому.
2. Линейчатый спектр получают от нагретых паров или газов малой плотности в атомарном состоянии. Состоит из отдельных линий разного цвета, имеющих разное расположение. Представляет собой цветные линии разделенные темными промежутками. Каждый атом излучает набор электромагнитных волн определенных частот. Поэтому каждый химический элемент имеет свой спектр.
3. Полосатый спектр получают от нагретых паров и газов, находящихся в молекулярном состоянии. Представляет собой цветные полосы, разделенные темными промежутками

Спектр поглощения получают, пропуская свет от источника, дающего сплошной спектр, через вещество, атомы которого находятся в невозбужденном состоянии.

Спектр поглощения - это совокупность частот, поглощаемых данным веществом, и представляют собой темные линии на фоне сплошного спектра.

Закон Кирхгофа. Вещество поглощает те световые лучи, которые сам излучает в нагретом состоянии.

Метод определения качественного и количественного состава вещества по его спектру называется спектральным анализом.

Спектральный анализ проводят по линейчатому спектру. Количественное содержание элементов в веществе определяют по яркости спектральных линий.

С помощью спектрального анализа изучен состав Солнца и звезд, определяют состав руд и минералов, контролируют состав вещества в металлургии и машиностроении.

Контрольные вопросы.

1. Что называется дисперсией света?
2. Почему свет, проходя через призму, разлагается на составляющие? На какие?
3. Какой световой луч преломляется больше всех? Какой меньше всех?
4. Какие вещества дают сплошной, линейчатый и полосатый спектр? Как получить спектр поглощения.
5. Что называется спектральным анализом? Где применяется?

Различные виды электромагнитных излучений и их практическое применение.

Длины электромагнитных волн, которые могут быть зарегистрированы приборами, лежат в очень широком диапазоне. Все эти волны обладают общими свойствами:

поглощение, отражение, интерференция, дифракция, дисперсия. Свойства эти могут проявляться по-разному. Различными являются источники и приёмники волн.

Радиоволны.

$$\nu = 10^5 - 10^{11} \text{ Гц}; \quad \lambda = 10^{-3} - 10^3 \text{ м.}$$

Получают с помощью колебательных контуров и макроскопических вибраторов.

Свойства. Радиоволны различных частот и с различными длинами волн по-разному поглощаются и отражаются средами.

Применение: радиосвязь, телевидение, радиолокация.

Инфракрасные лучи.

Невидимые лучи, расположенные за красной границей спектра, называются *инфракрасными лучами*. Длина инфракрасных лучей больше длины красных световых лучей. $\nu = 2 \cdot 10^{11} - 4 \cdot 10^{14} \text{ Гц}; \quad \lambda = 8 \cdot 10^{-7} - 2 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$

Они несут много тепловой энергии, поэтому их называют *тепловыми*. Инфракрасные лучи излучают все нагретые тела, чем выше температура тела, тем больше лучей они излучают. Менее нагретые тела поглощают инфракрасные лучи. Большое количество инфракрасных лучей излучает Солнце.

Инфракрасные лучи отражаются облаками, хорошо преломляются через каменную соль.

Применяют для сушки материалов, для сигнализации при плохой видимости, для фотографирования в темноте, для наведения на цель снарядов и ракет, для обнаружения замаскированного противника, для определения различия температур отдельных участков поверхности планет, особенности строения молекул.

Ультрафиолетовые лучи.

Невидимые лучи, расположенные за фиолетовой частью спектра, называются *ультрафиолетовыми лучами*. $\nu = 8 \cdot 10^{14} - 3 \cdot 10^{15} \text{ Гц}; \quad \lambda = 10^{-8} - 4 \cdot 10^{-7} \text{ м.}$ Источниками ультрафиолетовых лучей являются тела, накаливаемые до температуры порядка 3000°K , например ртутно-кварцевые, ксеноновые, газоразрядные и другие лампы.

Ультрафиолетовые лучи оказывают химическое действие (чернеет светочувствительная бумага, вызывает загар у человека). Большое количество ультрафиолетовых лучей приводит к замедленному развитию клеток или их отмиранию.

Ультрафиолетовые лучи сильно поглощаются стеклом и атмосфера, особенно озоновый слой воздуха, но хорошо проходят через кварц.

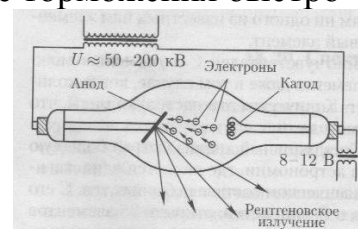
Длина ультрафиолетовых лучей меньше длины фиолетовых световых лучей.

Применяют в фотографии, для обнаружения скрытых надписей или стёртого текста, для изучения строения наружных электронных оболочек атомов, при лечении некоторых заболеваний.

Рентгеновские лучи.

В 1895 г. немецкий ученый В. Рентген открыл новые лучи, которые назвали рентгеновскими. Рентгеновские лучи возникают в результате торможения быстро

летающих электронов. Получают их в рентгеновских трубках.



Рентгеновские лучи обладают хорошей проникающей способностью, причем, чем меньше длина волны, тем лучше проникающая способность, т.е. тем жестче лучи.

Применяют в медицине(диагностика заболеваний внутренних органов) и в дефектоскопии для обнаружения дефектов в деталях, сварных швов.

γ – излучение.

Источники: атомное ядро(ядерные реакции)

Свойства. Имеют огромную проникающую способность, оказывает сильное биологическое воздействие.

Применение. В медицине, производстве (γ -дефектоскопия).

Контрольные вопросы.

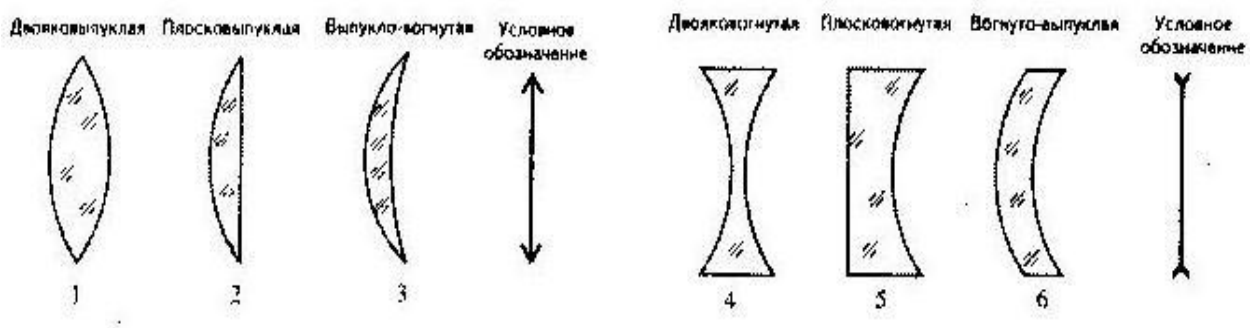
1. Назовите источники для всех видов электромагнитных волн.
2. Какими свойствами обладают различные виды излучений?
3. Где применяются каждый из видов излучения?

Линзы.

Прозрачное тело, ограниченное двумя сферическими поверхностями, называется линзой.

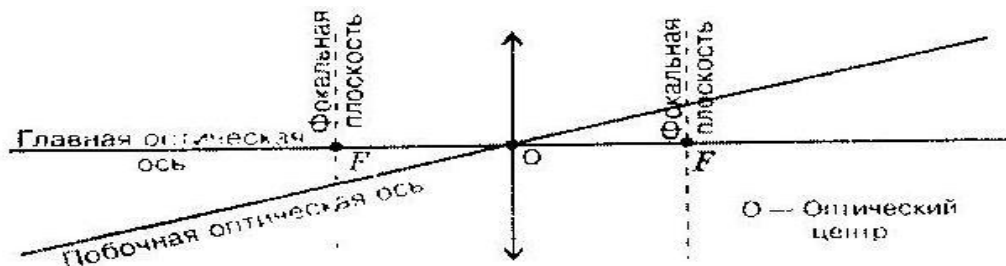
Собирающие (положительные) линзы – это линзы преобразующие пучок параллельных лучей в сходящийся: двояковыпуклые (1), плосковыпуклые (2), выпукло-вогнутые (3).

Рассеивающие (отрицательные) линзы – это линзы, преобразующие пучок параллельных лучей в расходящийся: двояковогнутые (4), плосковогнутые (5), вогнуто-выпуклые (6)



Линзы, у которых середины толще, чем края – **собирающие**, а у которых толще края – **рассеивающие**.

Основные элементы линзы.



1. Главная оптическая ось – линия, проходящая через центры сферических поверхностей.
2. Центр линзы – точка через которую лучи проходят не преломляясь.
3. Побочные оси – линии проходящие через центр линзы.

4. **Главный фокус** – точка, в которой собираются все лучи, идущие параллельно главной оптической оси до преломления.

У линзы 2 главных фокуса, расположенные на равных расстояниях по обе стороны линзы.

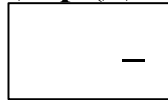
5. **Фокусное расстояние F** – расстояние OF от центра линзы до главного фокуса.

$$[F] = \text{м (метр)}$$

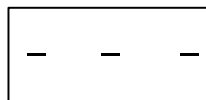
У собирающей линзы $F > 0$, у рассеивающей $F < 0$

Каждая линза характеризуется **оптической силой D**

$$[D] = \text{Дптр (Диоптрия)}$$



Линзы, в которых можно пренебречь смещением луча при прохождении внутри линзы, называют тонкими линзами.



формула тонкой собирающей линзы

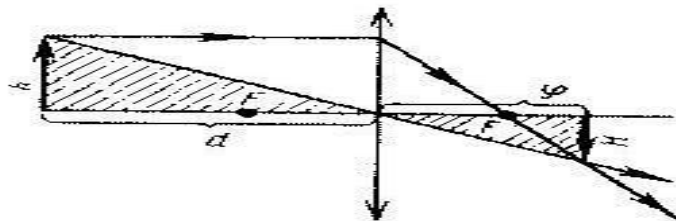
d – расстояние от предмета до линзы, м; f – расстояниии е от линзы до изображения, м.

Построение изображений в линзах.

Для построения изображения точки достаточно построить два луча, *пересечение лучей* будет давать *действительное* изображение; *пересечение продолжения лучей* – *мнимое* изображение.

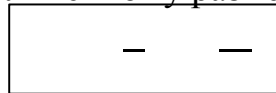
1. Луч, проходит через центр линзы, не преломляясь.

2. Луч, идущий параллельно главной оптической оси, после преломления через линзу он проходит через фокус.



Линейное увеличение линзы

Линейным увеличением Γ линзы называется отношение линейного размера изображения H к линейному размеру предмета h .



Оптические приборы.

1. Фотоаппарат.
2. Глаз – как оптическая система.
3. Микроскоп.
4. Телескоп.
5. Бинокль.
6. Нивелир – геодезический инструмент, для инженерно-геодезических изысканий.
7. Зрительная труба в теодолите (теодолит - прибор для измерения вертикальных и горизонтальных углов в геодезических работах и топографических съёмках).

Контрольные вопросы.

1. Почему выпуклые линзы называются собирающими, а вогнутые – рассеивающими?

2. Каким главным свойством обладает главный фокус.
3. Какой величиной характеризуется линза, как обозначается? В каких единицах измеряется?
4. Какое изображение дает собирающая линза, если предмет находится за двойным фокусом, между фокусом и двойным фокусом, между фокусом и линзой.
5. В каких приборах используются линзы?

Раздел 4. СТРОЕНИЕ АТОМА и КВАНТОВА ФИЗИКА.

Тема 4.1. Квантовая оптика

Квантовая теория света.

По квантовой теории света – свет это частица – **фотон**.

Фотон – материальная, электрически нейтральная частица, квант электромагнитного поля (неделимая порция энергии).

Фотоны разного света обладают разной энергией.

Энергия фотона прямо пропорциональна частоте излучения фотона или поглощения фотонов.

$$\epsilon = h\nu$$

- формула Планка

ϵ – энергия фотона, Дж

h - постоянная Планка, $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$ Дж·с

ν - частота излучения или поглощения фотонов, Гц,

Частота излучения и поглощения фотонов равна частоте распространения такой же световой волны.

Скорость движения фотона в вакууме $c = 300000$ км/с = $3 \cdot 10^8$ м/с.

Масса фотона $m = h\nu / c^2$

Фотон не имеет массы покоя.

Если на пути движения фотона встречается тело, то фотон полностью отражается от тела или полностью поглощается телом и энергия фотона превращается во внутреннюю энергию тела. Излучение и поглощение света происходит в виде частиц квантов – фотонов.

Химическое действие света проявляется в фотосинтезе и в фотографии.

Фотон обладает импульсом $p = mc = h\nu/c = h/\lambda$. Импульс фотона направлен по световому лучу. Наличие импульса у фотона подтверждается экспериментально: существованием светового давления.

Давление света.

Свет - это поток движущихся фотонов. При столкновении фотона с поверхностью твердого тела, фотон ударяется об эту поверхность с какой-то силой и оказывает давление. Это давление очень маленькое. В яркий солнечный день на поверхность площадью 1 м^2 действует сила $4 \cdot 10^{-8}$ Н.

Экспериментально доказал световое давление русский физик П.Н. Лебедев в 1900г. В вакуумной колбе на тонкой стальной нити находятся легко подвижные тонкие металлические пластинки. При падении света на них, листочки приходили в движение. Это объясняется и тем, что движущиеся фотоны обладают импульсом и при поглощении листочком фотона, импульс передается листочку, и он приходит в движение.

Задание.

Вычислить энергию фотона для красного и фиолетового света.

Корпускулярно – волновой дуализм.

Свет обладает двумя свойствами:

1. При распространении он проявляет волновые свойства;
2. При взаимодействии с веществом проявляет корпускулярные свойства.

Его свойства не сводятся ни к волнам, ни к частицам. Чем больше частота, тем ярче выражены квантовые свойства света и менее – волновые. Всякому излучению присущи одновременно волновые и квантовые свойства.

Контрольные вопросы.

1. Что представляет свет по квантовой теории света. Охарактеризовать.
2. Как происходит излучение и поглощение света?
3. Почему свет оказывает давление?
4. Какими свойствами обладает свет?

Фотоэффект – влияние излучения на электрические явления.

Внешний фотоэффект.

Вылет электронов из металла под действием излучения называется внешним фотоэффектом.

В 1887г. Генрих Герц открыл явление фотоэффекта.

В 1888г А.Г. Столетов исследовал это явление и установил его законы экспериментально.

В 1905 г. А. Эйнштейн объяснил сущность фотоэффекта на основе квантовой теории света.

При падении излучения (света) на металл фотоны поглощаются электронами, находящимися у поверхности металла. Причем один электрон поглощает только один фотон. Электрон приобретает энергию фотона. За счет энергии фотона $h\nu$ электрон совершает работу выхода $A_{\text{в}}$, т.е. преодолевает силы притяжения окружающих его частиц, и за счёт оставшейся энергии продолжает двигаться, т.е. электрон обладает кинетической энергией $m\nu^2/2$.



– уравнение Эйнштейна

Законы внешнего фотоэффекта.

1. Фототок насыщения прямо пропорционален падающему на электрод световому потоку.

Чем больше интенсивность падающего света, тем больше вылетевших электронов.

2. Кинетическая энергия фотоэлектронов пропорциональна частоте излучения и не зависит от его интенсивности.

Работа выхода для каждого вещества постоянна, поэтому кинетическая энергия зависит от энергии фотона, т.е. от частоты излучения.

3. Для каждого вещества имеется своя красная граница фотоэффекта.

Наименьшую частоту $\nu_{\text{кр}}$ или наибольшую длину волны $\lambda_{\text{кр}}$ при которой еще возможен фотоэффект называется красной границей фотоэффекта.

Для красной границы фотоэффекта вся энергия фотона идёт только на работу выхода.

$$A_{\text{в}} = h\nu_{\text{кр}} \quad \Longrightarrow \quad \text{---} \\ \text{---} , \text{ то} \quad \text{---} \quad \Longrightarrow \quad \text{---}$$

Внутренний фотоэффект.

Генерация (образование) свободно заряженных частиц в полупроводниках под действием излучения называется внутренним фотоэффектом.

При падении излучения на полупроводник валентные электроны поглощают фотоны, отрываются от атома и переходят в свободное состояние. В результате этого образуются свободные заряды: электроны и дырки и полупроводник начинает проводить ток. Внутренний фотоэффект вызывается фотонами с меньшей энергией, чем при внешнем, даже инфракрасным излучением.

Задание.

Определите красную границу фотоэффекта для серебра и золота, если работа выхода электронов соответственно равна $A_{\text{с}} = 7,85 \cdot 10^{-19}$ Дж и $A_{\text{з}} = 4,59$ эВ.

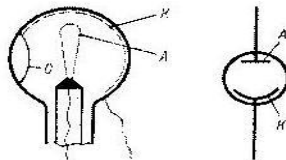
Контрольные вопросы.

1. В чем отличие внешнего фотоэффекта от внутреннего?
2. Объяснить сущность внешнего фотоэффекта на основе квантовой теории.
3. Как образуются свободные заряды в полупроводнике при его освещении?
4. Дать понятие красной границе фотоэффекта.

Технические устройства, основанные на использовании фотоэффекта

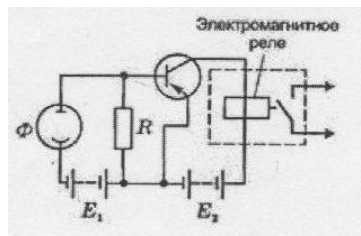
Прибор, в котором световая энергия превращается в электрическую, называется фотоэлементом.

Фотоэлемент с внешним фотоэффектом. Фотоэлемент состоит из вакуумной колбы, большая часть внутренней поверхности которой покрыта светочувствительным слоем, который является катодом. Непокрытая поверхность колбы является «окном», через которое проходит свет. Внутри колбы находится металлическое кольцо или диск, который является анодом. Свет, проходя через «окно», падает на светочувствительный слой. Из него вырываются электроны и движутся к аноду: к кольцу (диску) и через лампу



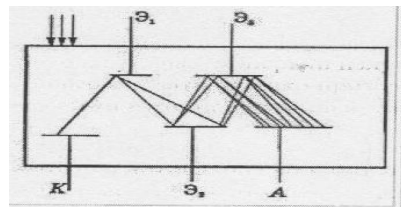
идет ток.

Фотоэлементы с внешним фотоэффектом преобразуют незначительную часть световой энергии в электрическую, поэтому в качестве источников электроэнергии не используются. Широко применяется в схемах автоматики для управления электрическими цепями; так в цепи с фотореле, которое в нужное время включает и выключает уличные фонари, свет маяков и бакенов; останавливает пресс, в зону действия которого попала рука человека; выдвигает преграды в турникете метро.



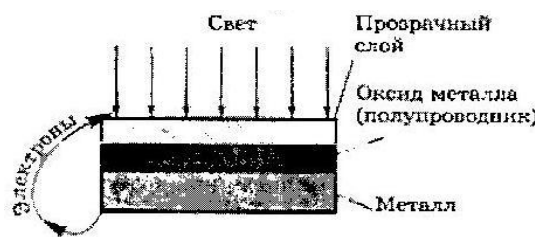
Фотоэлементы используются в военном деле в самонаводящихся снарядах, пускают в ход или останавливают электродвигатели, станки. Используют при сортировке массовых изделий по размерам и окраске (от изделий, движущихся по конвейеру, отраженный свет падает на фотоэлемент; окраска и размер определяют световой поток, падающий на фотоэлемент, в котором возникает разный фототок).

Фотоэлемент с внешним фотоэффектом используется в **фотоэлектронных умножителях (ФЭУ)**, в которых сила фототока увеличивается в несколько раз. ФЭУ представляет собой вакуумную трубку с фотокатодом К и анодом А, между которыми расположены несколько электродов-эмиттеров. Фотоэлектроны падают на эмиттер и выбивают электроны, в результате фототок увеличивается; пройдя несколько эмиттеров, ток усиливается в несколько раз.



На явлении внутреннего фотоэффекта основана работа **фотосопротивления (фоторезистор)** - полупроводниковый прибор, сопротивление которого зависит от освещенности. Фотосопротивления широко применяются в звуковом кино, телевидении, автоматике, телемеханике, для сигнализации. Используется при автоматическом управлении электрическими цепями с помощью световых сигналов и в цепях переменного тока.

Фотоэлемент с запирающим слоем (вентильный фотоэлемент).



Две соприкасающиеся друг с другом пластинки, изготовленные из металла и его оксида (полупроводника), покрыты сверху тонким прозрачным слоем металла. Пограничный слой между металлом и его оксидом имеет одностороннюю электропроводность — электроны могут проходить лишь в направлении от оксида к металлу. Поток электронов, идущий в этом направлении, создается под действием света без всякого внешнего источника напряжения. *Вентильный фотоэлемент* превращает световую энергию в энергию электрического тока, т.е. является источником тока. На этом принципе основано действие солнечных батарей, которые устанавливаются на космических кораблях. Такие фотоэлементы являются основной частью люксметра, фотоэкспонетров.

Контрольные вопросы.

1. В каких приборах используется явление фотоэффекта?

2. Где и как используются фотоэлементы и фотосопротивления?

Тема 4.2. Физика атома и атомного ядра.

Строение атома.

Английский ученый Резерфорд создал ядерную (планетарную) модель атома.

Атом имеет ядро, размеры которого малы по сравнению с размерами самого атома ($\sim 10^{-15}$ м).

В ядре сконцентрирована почти вся масса атома.

Отрицательный заряд всех электронов распределен по всему объему атома и компенсирует положительный заряд ядра.

Предложенная модель строения атома не позволила объяснить устойчивость атома.

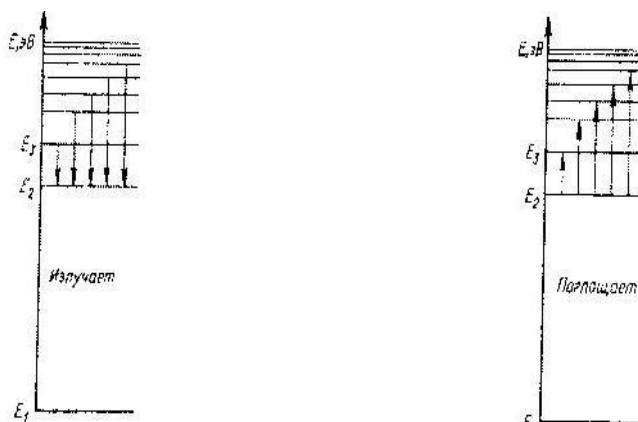
Датский ученый Н. Бор дополнил строение атома по Резерфорду, указав, что электроны движутся по определенным энергетическим уровням.

Постулаты Бора.

1. Атом может находиться в особых стационарных состояниях, каждому из которых соответствует определенная энергия E_n ; в стационарном состоянии атом энергии не излучает.
2. При переходе атома из одного стационарного состояния в другое, атом излучает или поглощает квант энергии.

$$h\nu = E_m - E_n$$

E_m, E_n – энергия электрона на энергетических уровнях m и n .



Излучение и поглощение энергии атомом происходит в виде квантов энергии, т.е. целыми фотонами.

При переходе электрона на ближайший к ядру энергетический уровень, атом излучает квант энергии. При переходе электронов на дальний энергетический уровень атом поглощает квант энергии – фотон.

Атом поглощает те фотоны, которые сам излучает.

Правило квантования орбит: в стационарном состоянии атома электрон, двигаясь по круговой орбите, должен иметь дискретные, квантовые значения момента импульса:

$$m_e r_n v_n = n(h/2\pi)$$

r_n – радиус n -ой орбиты; v_n – скорость электрона на этой орбите;

m_e – масса электрона; n – целое число – номер орбиты или главное квантовое число.

Лазеры.

В 1917 г. А. Эйнштейн предсказал возможность перехода атома с вынужденным энергетическим состоянием в низшее под влиянием внешнего воздействия. Такое излучение называется вынужденным и лежит в основе работы **лазера**.

В 1940 г. советский физик А. Фабрикант указал на возможность использования явления вынужденного излучения для усиления электромагнитных волн.

В 1954 г. советские ученые Н.Г. Басов и А.М. Прохоров и независимо от них американский физик Ч. Таунс изобрели квантовый оптический генератор и получили Нобелевскую премию.

В 1960 г. Т.Г. Мейнапом в США был создан первый лазер — квантовый генератор электромагнитных волн в видимом диапазоне спектра.

Лазерное излучение может быть различного цвета.

Рубиновый лазер генерирует пучок фотонов ($\lambda = 694 \text{ нм}$) рубиново — красного цвета.

Устройство рубинового лазера.

Рубиновый стержень лазера — это цилиндр, торцы которого отполированы и покрыты слоем серебра таким образом, что один торец полностью отражает свет, а другой — частично отражает, а частично пропускает.

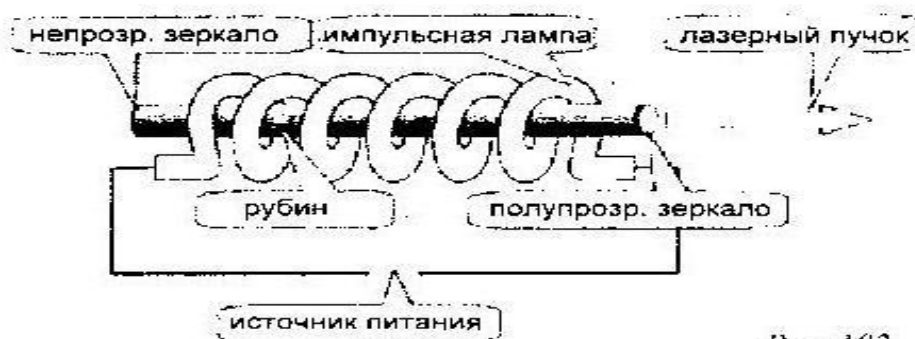


Рис. 102

При вспышке лампы накаливания на рубиновый стержень падают фотоны различной частоты. В стержне возникают колебания. Атомы, поглотив часть фотонов, переходят в возбужденное состояние.

Возникает вынужденное излучение, которое распространяется строго вдоль оси стержня и усиливается при многократном отражении от зеркал. В результате возникает мощное монохроматическое излучение — пучок света, часть которого выходит через полупрозрачное зеркало. Длительность излучения пучка — 10^{-3} с .

Свойства лазерного излучения

1. Малый угол расхождения пучка.
2. Исключительная монохроматичность и когерентность.
3. Самый мощный источник света 10^{14} Вт/с , (Солнце — $7 \cdot 10^3 \text{ Вт/с}$).

Применение

1. В медицине (в физиотерапии, лазерные скальпели в микрохирургии, для лечения глаз),
 2. В микроэлектронике: сварка различных соединений для микросхем, напыляют полупроводниковые слои и т.д.
 3. Лазерная резка стальных листов и сварка металлов.
 4. Определение больших расстояний (от Земли до Луны с помощью лунохода)
 5. Определение малых расстояний — лазерный интерферометр.
 6. В оптических приборах (лазерный нивелир и др.)
- и др.

Контрольные вопросы.

1. Каково строение атома по Резерфорду?
2. Какое дополнение внёс Бор в строение атома?
3. Когда атом излучает (поглощает) квант энергии?

4. Что можно сказать про квант энергии, который атом поглощает и излучает?
5. Какими свойствами обладает лазер? Где применяется?

Строение атомного ядра.

Атомное ядро — это центральная часть атома, состоящая из протонов и нейтронов (которые вместе называются нуклонами). Размер атомного ядра имеет порядок величины $10^{-13} — 10^{-12}$ см, что в 10000 раз меньше электронной оболочки.

Протон (от греч. *protos* — первый, символ **p**) — стабильная элементарная частица — ядро атома водорода.

Протон положительно заряженная частица, заряд которой по абсолютной величине равен заряду электрона $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ Кл. Масса протона в 1836 раз больше массы электрона. Масса протона $m_p = 1,6726231 \cdot 10^{-27}$ кг = 1,007276470 а.е.м. Число протонов в атоме равно порядковому номеру элемента.

Нейтрон (от лат. *neuter* — ни тот, ни другой, символ **n**) — это элементарная частица, не имеющая заряда, т. е. нейтральная.

Масса нейтрона в 1839 раз превышает массу электрона. Масса нейтрона $m_n = 1,6749286 \cdot 10^{-27}$ кг = 1,0008664902 а.е.м.

Нейтрон нестабильная частица: свободный нейтрон за время 15 мин распадается на протон, электрон и нейтрино — частицу, лишенную массы покоя.

Сумма протонов **Z** и нейтронов **N** называется массовым числом **A**.

$$Z + N = A$$

Массовое число равно целому значению атомной массы элемента.

Ядро атома элемента обозначается ${}_Z X^A$ X — обозначение химического элемента.

Если в атоме изменяется число нейтронов, то получаются изотопы данного элемента.

Если в атоме изменяется число протонов, то получается другой химический элемент.

Между ядерными частицами протонами и нейтронами существуют особые силы, которые называются ядерными силами. Ядерные силы самые мощные силы в природе. Поэтому взаимодействия ядерных частиц называют сильными взаимодействиями. Ядерные силы проявляются лишь на расстоянии $2 \cdot 10^{-15}$ м. Ядерные силы притяжения действуют между любыми нуклонами независимо от заряда.

Задание.

Определите число протонов, нейтронов и электронов трех любых элементах.

Энергия связи. Связь массы и энергии.

Энергия, которая необходима для полного расщепления ядра на отдельные нуклоны, называется энергией связи. Энергия связи равна той энергии, которая выделяется при образовании ядра из отдельных частиц. Энергия связи очень велика. При синтезе 4 г гелия выделяется такое же количество энергии, как при сжигании двух вагонов каменного угля.

Наиболее простой путь нахождения этой энергии основан на применении **закона о взаимосвязи массы и энергии**

$$E = m \cdot c^2$$

Масса покоя ядра M_j всегда меньше суммы масс покоя слагающих его протонов и нейтронов. $M_j < Zm_p + Nm_n$

Существует дефект масс $\Delta M = Zm_p + Nm_n - M_j$

Уменьшение массы при образовании ядра из нуклонов означает уменьшение энергии этой системы на величину энергии связи $E_{св} = \Delta M \cdot c^2$.

При образовании ядра выделяется γ -квант обладающей энергией $E_{\text{св}}$ и массой ΔM .
В атомной физике массу удобно выражать в атомных единицах массы:

$$1 \text{ а.е.м.} = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ кг}$$

Массе в 1 а.е.м. соответствует энергия 931,5 МэВ/а.е.м.

Энергетически выгодны два способа высвобождения внутренней энергии: деление тяжелых ядер (цепная ядерная реакция) и синтез легких ядер (термоядерная реакция).

Контрольные вопросы.

1. Из чего состоит ядро атома?
2. Что происходит с элементом, если в атоме изменяется число протонов? нейтронов?
3. Какие силы являются ядерными?
4. Что понимают под энергией связи атомов?
5. В чём заключается дефект массы атомных ядер?

Радиоактивность.

Способность некоторых атомов самопроизвольно распадаться, превращаясь в атомы другого элемента, называется радиоактивностью.

Все элементы, начиная с 84 номера таблицы Д.И. Менделеева, являются радиоактивными.

Радиоактивность характеризуется периодом полураспада T.

Период полураспада – промежуток времени, в течение которого распадается половина наличного числа атомов радиоактивного элемента.

T – период полураспада, с.

У различных элементов период полураспада разный. Он может измеряться долями секунды или миллиардами лет.

Например: $T_{\text{Ra}} = 1620$ лет, $T_{\text{Rn}} = 3,84$ дня, $T_{\text{U}} = 4,5$ млрд. лет.

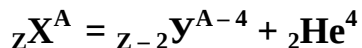
$$N = N_0 \cdot 2^{-1/T} \quad \text{- закон радиоактивного распада}$$

N – число распавшихся атомов, **N₀** – число атомов до распада.

Существует два вида радиоактивного распада.

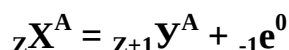
1. α – распад.

Ядро атома элемента излучает α – **частицу**, представляющую собой ядро атома гелия ${}_2\text{He}^4$. При α – распаде элемент смещается на две клетки к началу периодической таблицы элементов.



2. β - распад.

Ядро атома элемента излучает β – **частицу** - электрон ${}_{-1}\text{e}^0$, сопровождающееся превращением нейтрона в протон. При β – распаде элемент смещается на одну клетку к концу периодической таблицы элементов.



Задание.

1. Во что превратится изотоп тория ${}_{90}\text{Th}^{234}$, ядра которого претерпевают три последовательных α -распада?
2. Во что превращается изотоп урана ${}_{92}\text{U}^{238}$ после α -распада и двух β -распадов?
3. Во что превращается изотоп таллия ${}_{81}\text{Tl}^{210}$ после трех последовательных β -распадов и одного α -распада?

Радиоактивные излучения и их воздействие на живые организмы.

При α – и β – распаде происходит **гамма – излучение** - это электромагнитные волны с малой длиной волны. Длина волны у гамма-лучей меньше длины волны рентгеновских лучей и они обладают большой проникающей способностью. Для поглощения γ -лучей нужна свинцовая пластина толщиной более 20 см.

При прохождении гамма- и рентгеновских лучей через живые организмы происходит поглощение энергии этими организмами, которая называется **энергией радиации.** Энергия радиации измеряется в *Рентгенах*(*R*).

При кратковременном облучении человека *доза в 20 – 50R* вызывает *изменения в крови;* *доза в 100 – 250 R* - *лучевую болезнь;* *доза свыше 600 R* - *смертельна.*

Поглощенной дозой излучения D называют величину, равную отношению энергии ионизирующего излучения, поглощенной облучаемым веществом, к массе этого вещества.

В СИ единица поглощения дозы излучения – **грей (Гр).**

1Гр равен дозе поглощенного излучения, при которой облучаемому веществу массой 1 кг передаётся энергия ионизирующего излучения, равная 1Дж.

$$1 \text{ Гр} = 1(\text{Дж/кг})$$

Отношение поглощенной дозы ко времени облучения называется **мощностью дозы излучения.** Единица измерения в СИ - **Гр/с.**

Естественный фона человека равен **$2 \cdot 10^{-3}$ Гр/год.** Предельно допустимая норма для лиц, работающих с излучением, равна 0,05 Гр/год или 10^{-3} Гр в неделю. Смертельная доза 3– 10 Гр, полученная за короткое время.

При облучении мягких тканей человеческого организма рентгеновским или гамма-излучением экспозиционной дозе 1 R соответствует поглощенная доза 8,8 мГр.

Ядерная энергетика.

Ядерная энергетика (атомная энергия) – это отрасль энергетики, занимающаяся производством электрической и тепловой энергии путем преобразования ядерной энергии.

Обычно для получения ядерной энергии используют цепную ядерную реакцию деления ядер урана-235 или плутония. Ядра делятся при попадании в них нейтрона, при этом получаются новые нейтроны и осколки деления. Нейтроны деления и осколки деления обладают большой кинетической энергией. В результате столкновений осколков с другими атомами эта кинетическая энергия быстро преобразуется в тепло. В ядерной энергетике используются управляемые реакции в ядерных реакторах.

Контрольные вопросы.

1. *Какие элементы являются радиоактивными?*
2. *Чем характеризуется радиоактивность?*
3. *Какие виды распадов существуют при радиоактивности?*
4. *Что представляет собой γ -лучи? Когда они возникают? Какой особенностью обладают?*
5. *Что представляет собой энергия радиации? В каких единицах измеряется?*
6. *Что такое грей?*
7. *Где получают и используют ядерную энергию?*

Темы рефератов.

1. Использование ультразвука в технике.
2. Паровые машины и двигатели. История их изобретения и применение
3. Двигатели внутреннего сгорания и борьба за чистоту атмосферы
4. Использование теплового действия тока.
5. Аккумуляторы, их виды, применение.
6. Искровой разряд, применение.
7. Дуговой разряд, применение.
8. Кистевой и коронный разряд, их применение.
9. Вихревые токи и их использование».
10. Развитие энергетики и вопросы экономии электроэнергии.
11. Развитие средств связи.
12. Оптические приборы и их применение.
13. Инфракрасное излучение и военное дело.
14. Ядерная энергетика.
15. Применение лазера.
16. Последствия аварии на Чернобыльской АЭС.