

Краткая теория курса физики

Содержание

Раздел	Тема	Стр.
Раздел 1 Механика. Тема 1.1 Кинематика	Тема 1.1.1. Механическое движение и его характеристики	3
	Тема 1.2.1. Криволинейное движение.	3
Тема 1.2 Динамика	Тема 1.2.1. Законы Ньютона.	4
	Тема 1.2.2. Закон всемирного тяготения.	4
	Тема 1.2.3. Момент сил. Простые механизмы.	5
Тема 1.3 Законы сохранения в механике.	Тема 1.3.1 Импульс. Закон сохранения импульса.	6
	Тема 1.3.2 Энергия. Закон сохранения энергии.	7
Раздел 2 Молекулярная физика. Тема 2.1 Основы МКТ. Уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы	Тема 2.1.1. Основные понятия МКТ. Количество вещества.	8
	Тема 2.1.2. Основное уравнение МКТ. Температура. Тепловое равновесие.	9
	Тема 2.1.3. Уравнение состояния идеального газа.	11
	Тема 2.1.4 Изопроцессы. Газовые законы.	12
Тема 2.2 Основы термодинамики.	Тема 2.2.1. Внутренняя энергия и работа в термодинамике.	13
	Тема 2.2.2. Первый закон термодинамики. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам. Адиабатный процесс.	15
	Тема 2.2.3. Второй закон термодинамики. Тепловые двигатели.	16
Тема 2.3 Свойства газов, жидкостей и твердых тел.	Тема 2.3.1 Насыщенный пар. Влажность воздуха.	16
	Тема 2.3.2 Поверхностное натяжение. Капиллярные явления.	17
	Тема 2.3.3 Кристаллические и аморфные тела.	18
	Тема 2.3.4 Механические свойства твердых тел.	18
Раздел 3 Электродинамика Тема 3.1 Электрическое поле.	Тема 3.1.1 Электрический заряд. Закон сохранения заряда. Закон Кулона.	20
	Тема 3.1.2 Электрическое поле и его силовые характеристики.	20
	Тема 3.1.3 Потенциал. Разность потенциалов.	21
	Тема 3.1.4 Проводники и диэлектрики в электростатическом поле.	22
	Тема 3.1.5 Электроемкость. Конденсаторы.	24
Тема 3.2 Законы постоянного тока.	Тема 3.2.1 Электрический ток. Закон Ома для участка цепи.	25
	Тема 3.2.2 Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца.	26
	Тема 3.2.3 Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи.	27
Тема 3.3 Электрический ток в различных средах.	Тема 3.3.1 Электрический ток в различных средах.	28
Тема 3.4 Магнитное поле.	Тема 3.4.1 Магнитное поле и его силовые характеристики. Сила Ампера.	31
	Тема 3.4.2 Сила Лоренца.	32
	Тема 3.4.3 Магнитные свойства вещества.	33
Тема 3.5 Электромагнитная индукция.	Тема 3.5.1 Явление электромагнитной индукции. ЭДС индукции. Правило Ленца.	34

	Тема 3.5.2 Закон электромагнитной индукции. Самоиндукция. Индуктивность.	34
Раздел 4 Колебания и волны Тема 4.1 Механические колебания	Тема 4.1.1 Механические колебания	нет
Тема 4.2 Механические волны	Тема 4.2.1 Механические волны. Свойства механических волн. Длина и скорость волны.	36
	Тема 4.2.2 Звуковые волны. Ультразвук и его применение.	36
Тема 4.3 Электромагнитные колебания	Тема 4.3.1 Свободные и вынужденные электрические колебания. Переменный ток. Активное сопротивление.	37
	Тема 4.3.2 Катушка и конденсатор в цепи переменного тока.	39
	Тема 4.3.3 Производство, передача и использование электроэнергии.	40
Тема 4.4 Электромагнитные волны	Тема 4.4.1 Электромагнитные волны. Свойства.	нет
	Тема 4.4.2 Принципы радиосвязи.	42
Раздел 5 Оптика Тема 5.1 Геометрическая оптика.	Тема 5.1.1 Законы геометрической оптики.	43
	Тема 5.1.2 Линзы. Формула тонкой линзы	нет
Тема 5.2 Волновая оптика.	Тема 5.2.1 Интерференция света. Применение интерференции.	43
	Тема 5.2.2 Дифракция. Дифракционная решетка.	44
	Тема 5.2.3 Поляризация.	45
	Тема 5.2.3 Дисперсия света.	45
Тема 5.3 Излучения и спектры.	Тема 5.3.1 Спектры. Спектральный анализ.	46
	Тема 5.3.2 Инфракрасное и ультрафиолетовое излучение.	46
Раздел 6 Квантовая физика. Тема 6.1 Световые кванты.	Тема 6.1.1. Фотоэффект. Законы фотоэффекта	48
	Тема 6.1.2 Фотон.	49
Тема 6.2 Атом и атомное ядро.	Тема 6.2.1 Модели и строение атомов. Опыт Резерфорда. Постулаты Бора.	49
	Тема 6.2.3 Радиоактивность. Радиоактивные превращения. Закон радиоактивного распада. Методы регистрации заряженных частиц	50
	Тема 6.2.4 Строение атомного ядра. Энергия связи.	51
	Тема 6.2.5 Ядерная энергетика	52

Раздел 1 Механика.

Тема 1.1 Кинематика

Тема 1.1.1. Механическое движение и его характеристики.

Механическое движение.

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

Механическое движение:

1. Поступательное,
2. Колебательное,
3. Вращательное.

Поступательное движение – это движение, при котором все точки тела движутся по одинаковым траекториям.

Траектория – это линия, по которой движется тело.

Путь – это длина траектории.

Перемещение – это вектор, соединяющий начальную и конечную точку пути.

Материальная точка – это тело, размерами которого можно пренебречь по сравнению с пройденным расстоянием.

Мгновенная скорость – отношение очень малого перемещения к малому промежутку времени

$$v = \frac{\Delta S}{\Delta t}$$

Ускорение – это физическая величина, равная изменению скорости за единицу времени.

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

Равномерное и неравномерное движение

Равномерное	Равнопеременное
Скорость	
$v = const$ $v = \frac{S}{t}$	$v \neq const$ $v = v_0 \mp at$
Ускорение	
$a = 0$	$a > 0$ – равноускоренное движение «+» $a < 0$ – равнозамедленное движение «-»
Путь	
$S = vt$	$S = v_0 t \mp \frac{at^2}{2}$

Тема 1.2.1. Криволинейное движение.

Центростремительное ускорение – ускорение, возникающее при изменении скорости по направлению, например при движении по окружности.

$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

a_n – центростремительное (нормальное) ускорение (м/с²)

v – скорость (м/с)

R – радиус кривизны (м)

Из полученной формулы следует, что чем меньше радиус кривизны, тем больше ускорение, возникает. При больших скоростях не рекомендуется движение по магистралям, имеющим резкие повороты. Рассказ о Ж/Д Москва – Петербург (проект Крафта – Мельникова).

Нормы радиусов закругления для различных скоростей движения поездов:

Скорость V (км/ч)	Радиус кривизны R (м)
100	600
160	1500
200	2500
250	4000

Учитывая небольшие скорости электропоездов для Приморского края дополняем таблицу, рассчитывая по формуле $a_{ц} = \frac{v^2}{R} \Rightarrow R = \frac{v^2}{a_{ц}}$ радиусы закругления для возможных скоростей 80; 60; 40 км/ч.

Обсуждаем возможные последствия при несоблюдении скоростного режима при движении по закругленным участкам железной дороги.

Тема 1.2 Динамика

Тема 1.2.1. Законы Ньютона.

Законы Ньютона

Инерция – явление сохранения скорости движения тела при отсутствии внешнего воздействия.

I закон Ньютона: Существуют такие инерциальные системы отсчета относительно которых тело движется прямолинейно и равномерно или находится в состоянии покоя.

Сила – количественная мера взаимодействия тел.

Масса – Физическая величина, характеризующая инертность тела.

II закон Ньютона: Ускорение, с которым движется тело, прямо пропорционально равнодействующей всех сил, действующих на тело и обратно пропорционально массе тела.

$$a = \frac{\Sigma F}{m}$$

a – ускорение (м/с²)

F – сила (Н)

m – масса тела (кг)

III закон Ньютона: Тела действуют друг на друга с силами, направленными вдоль одной прямой, равными по величине и противоположными по направлению.

$$|\vec{F}_{1,2}| = -|\vec{F}_{2,1}|$$

Алгоритм решения задач:

1. «Дано» и «СИ»,
2. Схема, обозначить все силы.
3. Определить знаки проекций сил на оси X и Y,
4. Записать II закон Ньютона и следствие из закона.
5. Расписать в следствии из II закона Ньютона сумму всех сил, действующих на тело с учетом схемы.
6. Записать следствие из II закона Ньютона с учетом знаков проекций сил на оси X и Y.
7. Убрать нули.
8. Дописать формулы $F_T = mg$ и $F_{тр} = \mu N$
9. Решить систему уравнений.
10. Вывести формулу.
11. Произвести вычисления.

Тема 1.2.2. Закон всемирного тяготения.

Ускорение свободного падения

Свободное падение – это падение тел на Землю (или другую планету) в пустоте.

Ускорение свободного падения – это ускорение, с которым падают на Землю (или другую планету) тела в пустоте.

$g = 9,8 \text{ м/с}^2$ – для Земли.

Сравнить ускорения свободного падения для планет Солнечной системы. Самостоятельно сделать вывод от чего зависит ускорение свободного падения.

Сила тяжести – сила притяжения, действующая со стороны Земли (или другой планеты) на все тела.

$$\vec{F}_T = m\vec{g}$$

Закон всемирного тяготения.

Английский ученый Исаак Ньютон установил зависимость силы тяжести от расстояния.

Сила тяжести убывает обратно пропорционально квадрату расстояния от центра Земли.

$$F \cong \frac{1}{R^2}$$

Закон Всемирного тяготения (Ньютон, 1682г):

Все тела притягиваются друг к другу с силой прямо пропорциональной произведению масс тел и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними.

$$F = G \frac{m_1 m_2}{R^2}$$

m_1 и m_2 – массы тел (кг)

R – расстояние между центрами тел (м)

F – сила (Н)

G – гравитационная постоянная

$$G = 6,67 \cdot 10^{-11} \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кг}^2}$$

Силы гравитационные – это силы всемирного тяготения.

Гравитационные силы действуют между любыми телами, начиная от звезд и планет и заканчивая элементарными частицами (доказано экспериментально Генри Кавендышем в 1788г Англия)

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

Невесомость – исчезновение веса тела при движении опоры с ускорением свободного падения.

Перегрузка – увеличение веса тела, вызванное ускоренным движением опоры или подвеса.

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

m - масса тела(кг)

a – ускорение (м/с^2)

g – ускорение свободного падения (м/с^2)

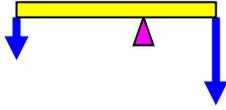
P – вес тела (Н).

Тема 1.2.3. Момент сил. Простые механизмы.

Статика – это раздел физики, который изучает равновесие абсолютно твердых тел.

Условие равновесия: для равновесия тела необходимо и достаточно, чтобы геометрическая сумма всех сил, действующих на любой элемент этого тела была равна нулю.

Равновесие тел, имеющих ось вращения



Тело находится в равновесии, если выполняется условие:

$$F_1 d_1 = F_2 d_2$$

d – плечо

Момент силы – это произведение модуля силы на плечо.

$$M = Fd$$

Правило моментов:

Тело, имеющее неподвижную ось вращения, находится в равновесии, если алгебраическая сумма моментов сил, приложенных к телу относительно этой оси, равна нулю.

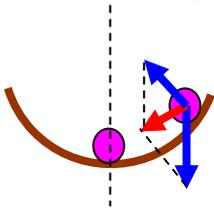
$$\Sigma M = 0$$

Виды равновесия:

- Устойчивое,
- Неустойчивое,
- Безразличное.

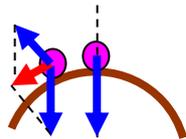
Устойчивое равновесие:

После небольших внешних воздействий тело возвращается в исходное состояние. При небольших смещениях тела в любом направлении от первоначального положения равнодействующая сил, действующих на тело, становится отличной от нуля и направлена к положению равновесия.



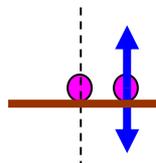
Неустойчивое равновесие:

При небольшом смещении тела из положения равновесия равнодействующая, приложенных к нему сил, отлична от нуля и направлена от положения равновесия.



Безразличное равновесие:

При небольших смещениях тела из первоначального положения, равнодействующая приложенных к телу сил, остается равной нулю.



Тема 1.3 Законы сохранения в механике.

Тема 1.3.1 Импульс. Закон сохранения импульса.

Импульс.

Импульс – произведение массы тела на его скорость.

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

m – масса тела (кг),

v – скорость (м/с),

p – импульс тела (кг·м/с)

Вывод формулы II закона Ньютона:

$$\vec{a} = \frac{\vec{F}}{m} \Rightarrow \vec{F} = m\vec{a}$$

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

$$\Delta p = p_2 - p_1 = m\vec{v}_2 - m\vec{v}_1$$

$$\frac{\Delta p}{\Delta t} = \frac{m(\vec{v}_2 - \vec{v}_1)}{\Delta t} = ma = F$$

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

Изменение импульса пропорционально приложенной силе и имеет такое же направление как и сила.

Закон сохранения импульса

Если сумма внешних сил равна нулю, то импульс системы сохраняется.

$$\boxed{\Sigma \vec{p} = const}$$

Проявление закона сохранения импульса на железнодорожном транспорте.

Тема 1.3.2 Энергия. Закон сохранения энергии.

1. Работа силы и мощность.

Когда человек воздействует на что-либо с силой, то говорят, что он совершает работу.

Работа силы равна произведению модулей силы, перемещения и косинуса угла между ними.

$$\boxed{A = Fscos\alpha}$$

F – сила (Н),

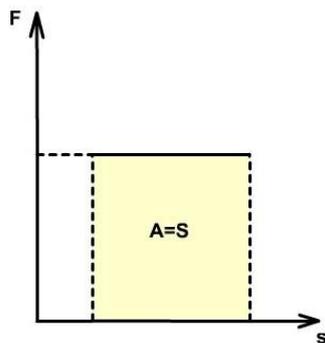
S – перемещение (м),

α – угол между векторами силы и перемещения,

A – работа (Дж)

$$1\text{Дж} = 1\text{Н}\cdot 1\text{м}$$

С геометрической точки зрения: работа есть площадь. $A = S$



Мощность характеризует быстроту выполнения работы.

Мощность равна отношению работы к интервалу времени, за который она была совершена.

$$\boxed{N = \frac{A}{\Delta t}}$$

A – работа (Дж)

Δt – интервал времени (с)

N – работа (Вт).

$$V_m = \frac{Дж}{с}$$

2. Энергия.

Если тело или система тел может совершать работу, то говорят, что они обладают энергией.

Энергия - это величина, определяемая состоянием системы, положением тел, их скоростями. Изменение энергии при переходе из одного состояния в другое равно работе внешних сил.

Виды энергии:

1 **Кинетическая энергия** – энергия движения, величина равная половине произведения массы на квадрат скорости.

$$E_k = \frac{mv^2}{2}$$

m – масса (кг),

v – скорость (м/с),

E_k – кинетическая энергия (Дж)

Работа равна изменению кинетической энергии.

$$A = E_{k1} - E_{k2}$$

2 **Потенциальная энергия тела, поднятого на высоту h.**

$$E_n = mgh$$

m – масса (кг),

h – высота (м),

g – ускорение свободного падения, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$,

E_n - потенциальная энергия (Дж)

3. **Потенциальная энергия упруго-деформированного тела.**

$$E_n = \frac{k\Delta x^2}{2}$$

k – коэффициент жесткости (Н/м),

Δx – сжатие (растяжение) (м),

E_n – потенциальная энергия (Дж)

Рассмотреть превращение энергии на примере колебаний математического маятника.

3. Закон сохранения механической энергии.

Опр: в замкнутой системе механическая энергия сохраняется.

$$E = E_k + E_n$$

Опр: Механическая энергия – сумма кинетической и потенциальной энергии.

Раздел 2 Молекулярная физика.

Тема 2.1 Основы МКТ. Уравнение состояния идеального газа. Изопроцессы

Тема 2.1.1. Основные понятия МКТ. Количество вещества.

Основные положения МКТ.

МФ занимается изучением явлений, связанных с охлаждением или нагреванием тел. Эти явления называются **тепловыми**.

В XVIII веке начала развиваться молекулярно – кинетическая теория (МКТ).

Цель МКТ: объяснить свойства макроскопических тел и тепловых процессов, протекающих в них, на основе представлений о том, что все тела состоят из отдельных беспорядочно движущихся частиц.

Основные положения МКТ:

1. Вещество состоит из частиц.
2. Частицы беспорядочно движутся.
3. Частицы взаимодействуют друг с другом.

Диффузия – это явление взаимного проникновения молекул одного вещества между молекулами другого.

Опыты по диффузии, подтверждают основные положения МКТ.

Количество вещества

Количество вещества – это относительное число молекул в теле.

Один моль – это количество вещества, в котором содержится столько же молекул, сколько их содержится в углероде массой 0,012кг. Число молекул, содержащихся в одном моле вещества – это число Авогадро.

$$N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

Количество вещества равно отношению числа молекул, содержащихся в данном теле, к числу Авогадро.

$$\nu = \frac{N}{N_A}$$

ν – количество вещества (моль)

N – число молекул (-),

N_A – число Авогадро,

$$N_A = 6.02 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$$

Молярная масса – это масса одного моля вещества.

$$\mu = \frac{m}{\nu}$$

m – масса (кг),

μ – молярная масса (кг/моль),

ν – количество вещества (моль).

Масса вещества

$$m = m_0 N$$

m – масса вещества (кг),

m_0 – масса одной молекулы (кг)

N – число молекул (-).

Броуновское движение.

В 1827 году английский ботаник Броун впервые наблюдал броуновское движение, рассматривая в микроскоп взвешенные в воде споры плауна.

Броуновское движение – тепловое: никогда не прекращается. С увеличением температуры интенсивность броуновского движения растет.

Идеальный газ

Идеальный газ – это физическая модель.

Физическая модель – это общая картина реальной системы, которая отражает все свойства данной системы.

Идеальный газ - это газ, состоящий из молекул, взаимодействие между которыми пренебрежимо мало.

Тема 2.1.2. Основное уравнение МКТ. Температура. Тепловое равновесие.

Основное уравнение МКТ.

Газ оказывает давление ударами молекул о стенки сосуда.

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2 \quad \text{— основное уравнение МКТ}$$

m_0 – масса одной молекулы (кг),

n – концентрация молекул (м^{-3}),

\bar{v} – скорость (м/с),

p – давление (Па).

Концентрация молекул – число молекул в единице объема.

$$n = \frac{N}{V}$$

n – концентрация молекул (м^{-3}),

N – число молекул (-),

V – объем (м^3).

Зависимость давления газа от средней кинетической энергии

Вывод формулы зависимости давления газа от средней кинетической энергии молекул

$$p = \frac{1}{3} m_0 n \bar{v}^2 \cdot \frac{2}{2} = \frac{2}{3} n \frac{m_0 \bar{v}^2}{2} = \frac{2}{3} n E_{\text{к0}}$$

$$p = \frac{2}{3} n E_{\text{к0}}$$

n – концентрация молекул (м^{-3}),

p – давление газа (Па),

$E_{\text{к0}}$ – средняя кинетическая энергия одной молекулы (Дж).

Макропараметры

Макроскопическое тело – это тело, состоящее из большого числа молекул.

Макроскопическое тело или группу макроскопических тел называют термодинамической системой.

Макроскопические параметры – это физические величины, характеризующие состояние термодинамической системы без учета молекулярного строения. Это – давление, объем и температура.

Тепловое равновесие – это состояние при котором все макроскопические параметры остаются неизменными сколь угодно долгое время.

Количество вещества водорода, кислорода и гелия одинаково $\nu_1 = \nu_2 = \nu_3$

$$N = \nu N_A = \frac{m}{\mu} N_A$$

Через некоторое время $T = \text{const}$, $T_1 = T_2 = T_3 \Rightarrow p = \text{const}$, $V = \text{const}$

$$p = \frac{2}{3} n E_{\text{к}} \Rightarrow \left. \begin{array}{l} \frac{p}{n} = \frac{2}{3} E_{\text{к}} \\ n = \frac{N}{V} \end{array} \right\} \Rightarrow \frac{pV}{N} = \frac{2}{3} E_{\text{к}}$$

$$\frac{p_1 V_1}{N_1} = \frac{p_2 V_2}{N_2} = \frac{p_3 V_3}{N_3} = \text{const} = 3,76 \cdot 10^{-21} \text{ Дж}$$

$\nu = 1$ моль, $V = 0,1 \text{ м}^3$, $T = 0^\circ \text{C}$, $p = 22,65 \cdot 10^3 \text{ Па}$

$\frac{pV}{N} = \Theta$ – энергетическая мера температуры.

$$\Theta = kT$$

$k = 1,38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$ – постоянная Больцмана

$$\left. \begin{aligned} \frac{pV}{N} &= kT \\ \frac{pV}{N} &= \frac{2}{3} E_k \end{aligned} \right\} \Rightarrow E_k = \frac{3}{2} kT$$

$$\frac{pV}{N} = kT \Rightarrow p = k \frac{N}{V} T \Rightarrow \boxed{p = nkT}$$

Температура – физическая величина, характеризующая состояние теплового равновесия термодинамической системы.

Температурные шкалы:

- Цельсия,
- Кельвина,
- Фаренгейта.

Средняя квадратичная скорость молекул газа

Вывод формулы для расчета скорости молекул газа.

$$\left. \begin{aligned} E_k &= \frac{m_0 v^2}{2} \\ E_k &= \frac{3}{2} kT \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{m_0 v^2}{2} = \frac{3}{2} kT \Rightarrow v^2 = 3kT \Rightarrow \boxed{v = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}}}$$

Тема 2.1.3. Уравнение состояния идеального газа.

Уравнение состояния идеального газа

Вывод уравнения состояния идеального газа.

Уравнение состояния идеального газа связывает между собой макропараметры.

Запишем формулу зависимости давления от концентрации молекул и температуры газа.

$$p = nkT$$

Запишем формулу концентрации молекул.

$$n = \frac{N}{V}$$

Решим систему уравнений.

$$\left. \begin{aligned} p &= nkT \\ n &= \frac{N}{V} \end{aligned} \right\} \Rightarrow p = \frac{N}{V} kT \Rightarrow pV = NkT$$

Выразим число молекул N через количество вещества.

$$\left. \begin{aligned} \nu &= \frac{N}{N_A} \\ \mu = \frac{m}{\nu} &\Rightarrow \nu = \frac{m}{\mu} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{N}{N_A} = \frac{m}{\mu} \Rightarrow N = \frac{mN_A}{\mu}$$

Подставим N

$$pV = \frac{m}{\mu} N_A kT$$

В формуле содержится две постоянные, заменим их одной. (проведем вычисления)

$$R = N_A k = 6,02 \cdot 10^{23} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} 8,31$$

$$[R] = \text{моль}^{-1} \cdot \frac{\text{Дж}}{\text{К}} = \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$$

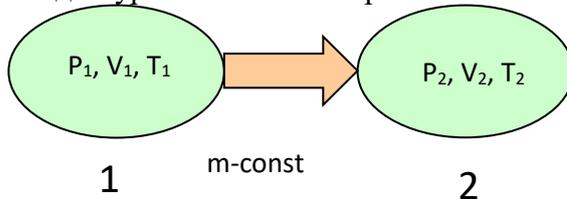
$$R = 8,31 \frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}}$$

Заменим две постоянные одной.

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

m – масса (кг),
 μ – молярная масса (кг/моль)
 p – давление (Па),
 V – объем (м^3),
 T – температура (К),
 R – универсальная газовая постоянная

Выведем уравнение Клапейрона



Запишем уравнения состояния для 1 и 2 состояния газа.

$$\left. \begin{aligned} p_1 V_1 = \frac{m}{\mu} RT_1 &\Rightarrow \frac{m}{\mu} = \frac{p_1 V_1}{RT_1} \\ p_2 V_2 = \frac{m}{\mu} RT_2 &\Rightarrow \frac{m}{\mu} = \frac{p_2 V_2}{RT_2} \end{aligned} \right\} \Rightarrow \frac{p_1 V_1}{RT_1} = \frac{p_2 V_2}{RT_2} \Rightarrow \boxed{\frac{p_1 V_1}{T_1} = \frac{p_2 V_2}{T_2}}$$

Тема 2.1.4. Изопроцессы в газах. Графическое представление изопроцессов.

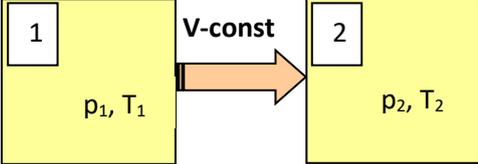
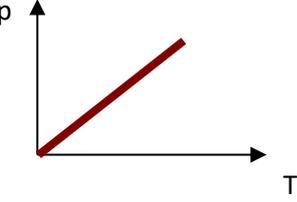
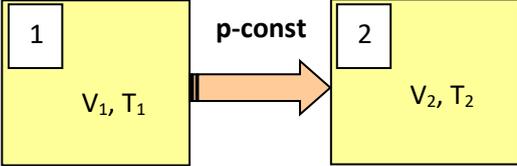
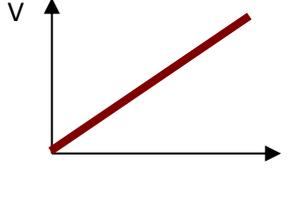
Изопроцессы. Газовые законы

Изопроцесс – это процесс, протекающий при одном неизменном макропараметре.

Газовый закон – это количественная зависимость между двумя макропараметрами, при постоянном значении третьего.

Вывод газовых законов:

Изопроцесс	Вывод газового закона	Графическое представление газового закона.
1. Изотермический процесс – это процесс, протекающий при неизменной температуре.	$ \left. \begin{aligned} p_1 V_1 = \frac{m}{\mu} RT \\ p_2 V_2 = \frac{m}{\mu} RT \end{aligned} \right\} \Rightarrow $ $ \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = \frac{\frac{m}{\mu} RT}{\frac{m}{\mu} RT} \Rightarrow \frac{p_1 V_1}{p_2 V_2} = 1 \Rightarrow p_1 V_1 = p_2 V_2 $	

<p>2. Изохорный процесс – это процесс, протекающий при постоянном объеме.</p>	<div style="text-align: center;">  </div> $\left. \begin{aligned} p_1 V &= \frac{m}{\mu} RT_1 \\ p_2 V &= \frac{m}{\mu} RT_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow$ $\frac{p_1 V}{p_2 V} = \frac{\frac{m}{\mu} RT_1}{\frac{m}{\mu} RT_2} \Rightarrow \frac{p_1}{p_2} = \frac{T_1}{T_2}$	
<p>3. Изобарный процесс – это процесс, протекающий при постоянном давлении.</p>	<div style="text-align: center;">  </div> $\left. \begin{aligned} p_1 V &= \frac{m}{\mu} RT_1 \\ p_2 V &= \frac{m}{\mu} RT_2 \end{aligned} \right\} \Rightarrow$ $\frac{p V_1}{p V_2} = \frac{\frac{m}{\mu} RT_1}{\frac{m}{\mu} RT_2} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \frac{T_1}{T_2}$	

Тема 2.2 Основы термодинамики.

Тема 2.2.1. Внутренняя энергия и работа в термодинамике.

1. Основные понятия термодинамики.

Термодинамическая система – это физическая система, состоящая из большого числа частиц (атомов или молекул), которые совершают тепловое движение, и взаимодействуя между собой, обмениваются энергиями.

Состояние термодинамической системы определяется макропараметрами.

Макропараметры – физические величины, характеризующие газ как целое (давление, объем, температура)

Термодинамика рассматривает только равновесные состояния.

Термодинамическое равновесие – это состояние, при котором макропараметры не меняются со временем.

2. Внутренняя энергия в термодинамике

Внутренняя энергия тела равна сумме кинетических энергий движения молекул газа и потенциальных энергий их взаимодействия.

$$U = E_K + E_n$$

Молекулы идеального газа не взаимодействуют между собой, т.о. потенциальная энергия взаимодействия молекул равна нулю, $E_p = 0$, т. о. $U = E_K$

$$E_K = NE_{K1}$$

Молекула одноатомного газа имеет три степени свободы.

$$E_{K1} = \frac{3}{2}kT$$

$$\left. \begin{array}{l} v = \frac{N}{N_A} \\ \mu = \frac{m}{v} \quad v = \frac{m}{\mu} \end{array} \right\} \frac{N}{N_A} = \frac{m}{\mu} \rightarrow N = \frac{mN_A}{\mu}$$

$$E_K = \frac{mN_A}{\mu} \cdot \frac{3}{2}kT$$

$$U = \frac{3}{2} \frac{mN_A}{\mu} kT$$

$$U = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} RT \text{ - внутренняя энергия одноатомного газа.}$$

т.о.
$$U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT$$

U – внутренняя энергия [Дж],

i - число степеней свободы [–]

m - масса [кг]

μ – молярная масса $\left[\frac{\text{кг}}{\text{моль}} \right]$

R – универсальная газовая постоянная $R = 8,31 \left[\frac{\text{Дж}}{\text{К} \cdot \text{моль}} \right]$

T – температура [К]

Газ одноатомный $i = 3$

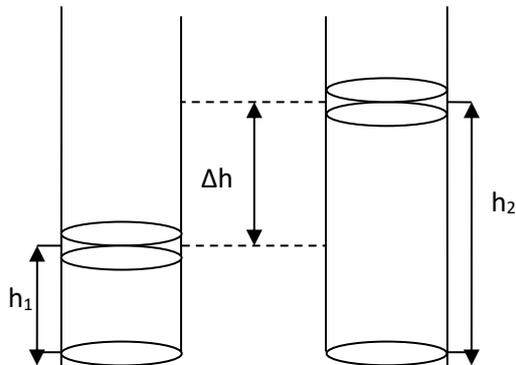
Газ двухатомный $i = 5$

Газ многоатомный $i = 6$

Способы изменения внутренней энергии:

- Совершение работы,
- Теплообмен

Работа в термодинамике.



Работа – произведение силы на перемещение.

$$A = Fs$$

$$p = \frac{F}{S} \rightarrow F = pS \quad \left. \begin{array}{l} \\ s = \Delta h \end{array} \right\} \rightarrow A = pS\Delta h \rightarrow \boxed{A = p\Delta V}$$

p – давление [Па]

ΔV – изменение объема [м³]

A – работа [Дж]

Тема 2.2.2. Первый закон термодинамики. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам. Адиабатный процесс.

Первый закон термодинамики

В основе первого закона термодинамики лежит закон сохранения энергии.

Первый закон термодинамики:

Количество теплоты, переданное системе, расходуется на изменение внутренней энергии системы и совершение системой работы.

$$Q = \Delta U + A$$

Применение первого закона термодинамики к изопроцессам

Изопроцесс	Применение первого закона термодинамики к изопроцессу	Формулировка
Изотермический $T = const$	$Q = \Delta U + A$ $\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R\Delta T; A = p\Delta V$ $T = const \Rightarrow \Delta T = 0 \Rightarrow \Delta U = 0$ $Q = A$	При изотермическом процессе количество теплоты, переданное системе расходуется на совершение системой работы
Изохорный $V = const$	$Q = \Delta U + A$ $\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R\Delta T; A = p\Delta V$ $V = const \Rightarrow \Delta V = 0 \Rightarrow A = 0$ $Q = \Delta U$	При изохорном процессе количество теплоты, переданное системе расходуется на изменение внутренней энергии.
Изобарный $p = const$	$Q = \Delta U + A$ $\Delta U = \frac{3}{2} \frac{m}{\mu} R\Delta T; A = p\Delta V$ ΔU не зависит от Δp A не зависит от Δp $Q = \Delta U + A$	При изобарном процессе количество теплоты, переданное системе, расходуется на изменение внутренней энергии и совершение системой работы.
Адиабатный – процесс, протекающий без теплообмена с окружающей средой.	$Q = \Delta U + A$ т.к. $Q = 0$, то $A = -\Delta U$	При адиабатном процессе работа совершается за счет уменьшения внутренней энергии.

$Q = 0$		
---------	--	--

Тема 2.2.3. Второй закон термодинамики. Тепловые двигатели.

2. Второй закон термодинамики.

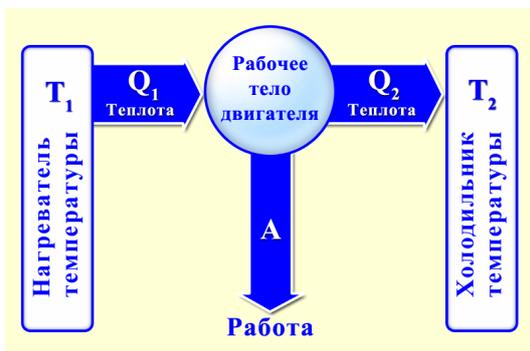
Необратимые – процессы происходящие только в одном направлении. В обратном направлении они могут протекать только, как одно из звеньев более сложного процесса.

II закон термодинамики:

Невозможно перевести тепло от менее нагретого тела к более нагретому без каких-либо одновременных изменений в телах или окружающей среде. (Карно – Гельмгольц)

3. Тепловые двигатели.

Тепловыми двигателями называют машины, преобразующие внутреннюю энергию топлива в механическую.



Кoeffициент полезного действия:

КПД – отношение энергии полезной к энергии затраченной, выраженное в процентах.

$$\left. \begin{aligned} \eta &= \frac{W_{\text{пол}}}{W_{\text{зат}}} \cdot 100\% \\ W_{\text{пол}} &= A \\ W_{\text{зат}} &= Q_1 \end{aligned} \right\} \rightarrow \eta = \frac{A}{Q_1} \cdot 100\%$$

$$A = Q_1 - Q_2$$

$$\eta = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} \cdot 100\%$$

Аналогично

$$\eta = \frac{T_1 - T_2}{T_1} \cdot 100\%$$

Тема 2.3 Свойства газов, жидкостей и твердых тел.

Тема 2.3.1 Насыщенный пар. Влажность воздуха.

1. Фазовые переходы.

Фаза – однородная по химическому составу и физическим свойствам некоторая часть термодинамической системы, отделенная от других частей, имеющих иные свойства, границами раздела, на которых происходит изменение свойств.

Фазовые превращения – переходы вещества из одной фазы в другую.

Фазовый переход	Название
Жидкость → Газ	Испарение
Газ → Жидкость	Конденсация

Твердое тело → Жидкость	Плавление
Жидкость → Твердое тело	Кристаллизация
Твердое тело → Газ	Сублимация (возгонка)
Газ → Твердое тело	Десублимация

2. Насыщенный пар

Насыщенный пар – это пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью.

Критическая температура – это температура, при которой исчезают различия в физических свойствах между жидкостью и ее насыщенным паром.

Точка росы – это температура, при которой пар становится насыщенным.

3. Влажность воздуха

Абсолютная влажность – величина, показывающая, какая масса паров воды находится в 1 м³ воздуха.

Относительная влажность – величина равная отношению абсолютной влажности к количеству водяного пара в 1 м³, насыщающего воздух при данной температуре, выраженное в процентах.

$$\varphi = \frac{D}{D_0} \cdot 100\%$$

Приборы для измерения влажности:

1. Конденсационный гигрометр,
2. Психрометр,
3. Волосяной гигрометр

Тема 2.3.2 Поверхностное натяжение. Капиллярные явления.

1. Поверхностное натяжение.

Сила поверхностного натяжения – это сила, которая действует вдоль поверхности жидкости, перпендикулярно к линии ее ограничивающей и стремится сократить ее до минимума.

Коэффициент поверхностного натяжения – отношение модуля силы поверхностного натяжения, действующей на границу поверхностного слоя к длине этого слоя.

$$\alpha = \frac{F}{l}$$

F – сила поверхностного натяжения [Н]

l – длина слоя [м]

α – коэффициент поверхностного натяжения $\left[\frac{H}{M} \right]$.

2. Смачивание

Смачивание – это явление, возникающее вследствие взаимодействия молекул жидкости с молекулами твердого тела и приводящее к искривлению поверхности жидкости у поверхности твердого тела.

3. Капиллярные явления

Капиллярные явления – подъем или опускание жидкости в узких сосудах.

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

α – коэффициент поверхностного натяжения $\left[\frac{H}{M} \right]$.

ρ – плотность жидкости $\left[\frac{кг}{м^3} \right]$

r – радиус капилляра [м]

g – ускорение свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2$
 h – высота подъема жидкости [м]

Тема 2.3.3 Кристаллические и аморфные тела.

1. Кристаллические тела.

Кристаллы – твердые тела, атомы и молекулы которых занимают упорядоченное положение в пространстве.

Монокристалл – одиночный кристалл.

Поликристалл – кристалл, состоящий из большого числа монокристаллов.

Свойства кристаллов:

1. Прочность,
2. Твердость,
3. Анизотропия.

Анизотропия – зависимость физических свойств от направления в кристалле.

2. Аморфные тела

Аморфные тела – тела без строгого расположения атомов и молекул в пространстве.

Свойства:

1. Гибкость,
2. Упругость,
3. Пластичность,
4. Изотропия.

Изотропия – независимость физических свойств от направления в кристалле.

3. Дефекты в кристаллах

Дефект (дислокация) – нарушение строгой периодичности в расположении атомов в кристаллической решетке.

Виды дефектов:

1. **Точечный** – замещение одного из атомов кристаллической решетки атомом примеси.
2. **Линейный** – нарушения структуры в кристалле сосредоточены вдоль протяженных линий.
3. **Краевой** – атомный слой обрывается внутри кристалла, в результате чего образуется лишняя полуплоскость.
4. **Винтовой** – имеет форму винта (улитки)

Тема 2.3.4 Механические свойства твердых тел.

1. Деформации и их виды.

Деформации – изменение формы или объема тела под действием внешней силы.

Возникает в случае, когда различные части тела совершают неодинаковые перемещения.

Упругие деформации – деформации, полностью исчезающие после прекращения действия внешних сил.

Пластические деформации – деформации, не исчезающие после прекращения действия внешней силы.

Виды деформаций:

1. Растяжение;
2. Сжатие;
3. Сдвиг;
4. Изгиб;

5. Кручение.

2. Характеристики деформаций.

Абсолютное удлинение.

$$\Delta l = l - l_0$$

Относительное удлинение.

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l_0}$$

l_0 – начальная длина [м];

l – конечная длина [м];

Δl – абсолютное удлинение [м];

ε – относительное удлинение [–].

Механическое напряжение – величина, равная отношению модуля внешней силы, действующей на образец, перпендикулярно плоскости поперечного сечения к площади поперечного сечения.

$$\sigma = \frac{F}{S}$$

F – сила [Н];

S – площадь сечения [м²];

σ – механическое напряжение $\left[\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}\right]$.

3. Закон Гука

При малых деформациях механическое напряжение пропорционально относительному удлинению.

$$\sigma = E|\varepsilon|$$

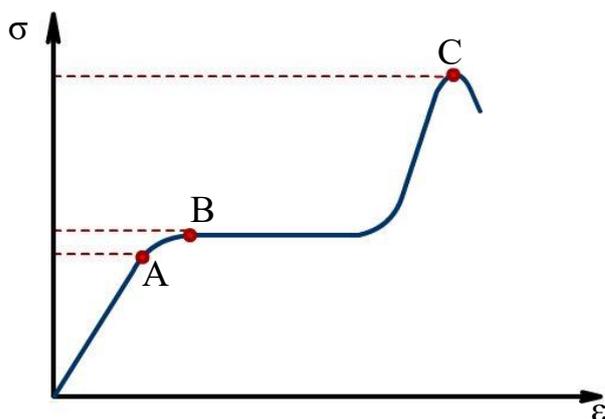
σ – механическое напряжение $\left[\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}\right]$.

E – модуль Юнга $\left[\frac{\text{Н}}{\text{м}^2}\right]$;

ε – относительное удлинение [–].

4. Диаграмма растяжения

Диаграмма растяжения представляет собой графическое изображение зависимости механического напряжения от относительного удлинения.



т. А – **предел пропорциональности** – механическое напряжение, при котором еще выполняется закон Гука

т. В – **предел упругости** – механическое напряжение, при котором материал еще не испытывает заметных остаточных деформаций.

т. С – **предел прочности** – механическое напряжение, при котором материал еще не разрушается.

Раздел 3 Электродинамика

Тема 3.1 Электрическое поле.

Тема 3.1.1 Электрический заряд. Закон сохранения заряда. Закон Кулона.

1. Введение:

Электродинамика – это наука о свойствах и закономерностях поведения особого вида материи – электромагнитного поля, осуществляющего взаимодействие между зарядами.

2. Электрический заряд.

Электрический заряд – это скалярная физическая величина, определяющая интенсивность электромагнитных взаимодействий.

Заряд обозначается буквой q или Q (греч.). Единица измерения кулон – Кл (названа в честь французского ученого Шарля Кулона)

Элементарный заряд – это минимальный заряд $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$ (Кл).

Точечным зарядом называют заряженное тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь.

Взаимодействие зарядов: одноименные заряды отталкиваются, разноименные притягиваются.

Закон сохранения электрического заряда: В замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц остается постоянной.

$$\sum q = const$$

3. Электризация.

Электризация – это отделение части отрицательных зарядов.

Способы электризации:

- ✓ Трение,
- ✓ Прикосновение,
- ✓ Облучение.

4. Закон Кулона

Опыты Кулона привели к установлению закона: **Сила взаимодействия двух точечных неподвижных заряженных тел в вакууме прямо пропорциональна произведению модулей зарядов и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.**

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

где $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$

q_1 и q_2 – заряды (Кл)

ϵ – диэлектрическая проницаемость среды (–)

r – расстояние между зарядами (м)

F – сила взаимодействия зарядов (Н)

Тема 3.1.2 Электрическое поле и его силовые характеристики.

1. Электрическое поле

Электрическое поле – это особый вид материи, существует независимо от нас.

Свойства электрического поля:

- Создается зарядом,
- Действует на заряд,
- Не изменяется со временем.

2. Силовые характеристики электрического поля.

- **Напряженность** электрического поля – физическая величина, равная отношению силы, действующей на заряд к величине этого заряда.

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

F – сила, действующая на заряд (Н)

q – заряд (Кл)

E – напряженность $\left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}}\right)$

- Индукция электрического поля, связана с напряженностью электрического поля соотношением

$$\vec{D} = \varepsilon \varepsilon_0 \vec{E}$$

E – напряженность $\left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}}\right)$

ε – диэлектрическая проницаемость среды (-)

ε_0 – диэлектрическая постоянная $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \left(\frac{\text{Ф}}{\text{м}}\right)$

D – индукция $\left(\frac{\text{Кл}}{\text{м}}\right)$

3. Напряженность электрического поля точечного заряда.

$$E = \frac{kq}{\varepsilon r^2}$$

E – напряженность $\left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}}\right)$

$k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$

q – заряд (Кл)

r – расстояние (м)

Принцип суперпозиции: Напряженность электрического поля, созданного несколькими зарядами, равна геометрической сумме напряженностей каждого заряда.

$$\vec{E}_{\text{общ}} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \vec{E}_3$$

Силовые линии электрического поля (линии напряженности) – это непрерывные линии, касательные к которым в каждой точке совпадают с вектором напряженности.

Тема 3.1.3 Потенциал. Разность потенциалов.

1. Работа при перемещении точечного заряда в электростатическом поле.

Работа равна произведению силы на перемещение.

$$\left. \begin{array}{l} A = Fs \\ s = \Delta d \\ E = \frac{F}{q} \rightarrow F = qE \end{array} \right\} \rightarrow A = qE\Delta d$$

q – заряд (Кл)

E – напряженность $\left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}}\right)$

Δd – перемещение заряда (м)

A – работа (Дж)

Свойства:

1. Работа не зависит от траектории движения заряда, а зависит только от перемещения.
2. Работа совершается только на горизонтальных участках.

3. Работа при перемещении заряда по замкнутой траектории равна нулю.

Потенциальное поле – это электрическое поле, в котором работа по замкнутой траектории равна нулю.

2. Потенциальная энергия.

Работа по перемещению заряда равна изменению потенциальной энергии, взятой с противоположным знаком.

$$\left. \begin{aligned} A &= -(W_{p2} - W_{p1}) \\ A &= -qE(d_2 - d_1) \end{aligned} \right\} \rightarrow W_p = qEd$$

q – заряд (Кл)

E – напряженность $\left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}}\right)$

d – расстояние (м)

W_p – потенциальная энергия (Дж)

3. Потенциал.

Потенциал равен отношению потенциальной энергии к заряду.

$$\left. \begin{aligned} \varphi &= \frac{W_p}{q} \\ W_p &= qEd \end{aligned} \right\} \rightarrow \varphi = \frac{qEd}{q} \rightarrow \varphi = Ed$$

φ – потенциал (В)

E – напряженность $\left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}}\right)$

d – расстояние (м)

4. Разность потенциалов.

Разность потенциалов – это разность значений потенциалов в начальной и конечной точках электростатического поля.

$$U = \Delta\varphi = \varphi_1 - \varphi_2$$

U – напряжение (В)

Напряжение равно отношению работы по перемещению заряда в электростатическом поле к величине заряда.

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

U – напряжение (В)

q – заряд (Кл)

A – работа (Дж)

5. Связь между напряжением и напряженностью.

$$\left. \begin{aligned} U &= \frac{A}{q} \\ A &= qE\Delta d \end{aligned} \right\} \rightarrow U = \frac{qE\Delta d}{q} \rightarrow U = E\Delta d$$

U – напряжение (В)

E – напряженность $\left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}}\right)$

Δd – перемещение заряда (м)

Тема 3.1.4 Проводники и диэлектрики в электростатическом поле.

1. Проводники в электростатическом поле.

Внутри проводника имеются заряженные частицы, способные перемещаться внутри проводника под действием электрического поля. Эти частицы называются **свободными зарядами**.

Объяснение механизма движения свободных зарядов внутри проводника под действием электрического поля.

Явление электростатической индукции – отсутствие электрического поля внутри проводника.

На явлении электростатической индукции основана **электростатическая защита**. Заряд внутри проводника равен нулю.

Весь статический заряд проводника сосредоточен на поверхности проводника и называется **поверхностный заряд**.

Поверхностной плотностью заряда называется отношение заряда к площади поверхности.

$$\sigma = \frac{q}{S}$$

σ – поверхностная плотность заряда $\left(\frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}\right)$

q – заряд (Кл)

S – площадь поверхности (м^2)

Электрическое поле шара и плоскости.

Шар радиусом R с зарядом q , равномерно распределен по поверхности.

Напряженность внутри шара

$$E_A = 0$$

Напряженность на поверхности шара радиусом R .

$$E_B = \frac{kq}{\varepsilon R^2}$$

Напряженность в точке C , удаленной от шара на расстоянии r , причем $r \gg R$

$$E_C = \frac{kq}{\varepsilon r^2}$$

q – заряд (Кл)

E – напряженность $\left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}}\right)$

R – радиус шара (м)

r – расстояние (м)

ε – диэлектрическая проницаемость (–)

Плоскость площадью S с зарядом q , равномерно распределенным по поверхности.

$$E = \frac{\sigma}{2\varepsilon\varepsilon_0}$$

σ – поверхностная плотность заряда $\left(\frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}\right)$

E – напряженность $\left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}}\right)$

ε – диэлектрическая проницаемость (–)

ε_0 – диэлектрическая постоянная $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \left(\frac{\text{Ф}}{\text{м}}\right)$

2. Диэлектрики в электростатическом поле.

Диэлектрик в отличие от проводника не содержит свободных зарядов. Положительные и отрицательные заряды связаны друг с другом.

Виды диэлектриков.

- ✓ **Полярный** – центры распределения положительных и отрицательных зарядов не совпадают.
- ✓ **Неполярный** – центры распределения положительных и отрицательных зарядов совпадают.

Поляризация диэлектриков: В диэлектрике, помещенном в электростатическое поле, происходит смещение связанных положительных и отрицательных зарядов в противоположные стороны.

Диэлектрическая проницаемость среды – это физическая величина, показывающая во сколько раз напряженность электрического поля внутри однородного диэлектрика меньше напряженности электрического поля в вакууме.

$$\varepsilon = \frac{\vec{E}_0}{\vec{E}}$$

E_0 – напряженность электрического поля в вакууме $\left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}}\right)$

E – напряженность электрического поля в диэлектрике $\left(\frac{\text{Н}}{\text{Кл}}\right)$

Тема 3.1.5 Электроемкость. Конденсаторы.

1. Конденсаторы. Электроемкость.

Простейший **плоский конденсатор** представляет собой два проводника (обкладки) разделенные слоем диэлектрика, толщина которого мала по сравнению с размерами обкладок.

Электроемкостью двух проводников называют отношение заряда одного из них к разности потенциалов между ними.

$$C = \frac{q}{\Delta\varphi} \quad \text{или} \quad C = \frac{q}{U}$$

q – заряд (Кл)

$\Delta\varphi$ – разность потенциалов (В)

U – напряжение (В)

C – электроемкость (Ф)

$$1\text{Ф} = \frac{1\text{Кл}}{1\text{В}}$$

Электроемкость двух проводников равна 1, если при сообщении им зарядов +1Кл и – 1Кл между ними возникает разность потенциалов 1В. Эту единицу называют **фарад**.

2. Электроемкость плоского конденсатора.

$$C = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 S}{d}$$

ε – диэлектрическая проницаемость (–)

ε_0 – диэлектрическая постоянная $\varepsilon_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \left(\frac{\text{Ф}}{\text{м}}\right)$

d – расстояние между пластинами (м)

S – площадь пластин конденсатора (м²)

C – электроемкость (Ф)

3. Энергия заряженного конденсатора.

$$W = \frac{CU^2}{2}$$

C – электроемкость (Ф)

U – напряжение (В)

W – энергия (В)

4. Соединение конденсаторов.

Последовательное

$$\frac{1}{C_{\text{общ}}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \dots$$

Параллельное

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

5. Типы конденсаторов и их применение.

Конденсатор – накопитель энергии.

Типы конденсаторов:

По форме:

- ✓ Плоские,
- ✓ Сферические,
- ✓ Цилиндрические.

По емкости:

- ✓ Постоянной емкости,
- ✓ Переменной емкости.

По диэлектрику:

- ✓ Бумажные,
- ✓ Слюдяные,
- ✓ Керамические,
- ✓ Электролитические,
- ✓ Воздушные.

Применение:

1. Лампа – вспышка при фотографировании,
2. Возбуждение квантовых источников света – лазеров осуществляется с помощью газоразрядной трубки, вспышка которой происходит при разрядке батареи конденсаторов большой емкости.
3. Настройка радиоаппаратуры осуществляется с помощью конденсатора переменной емкости, входящего в колебательный контур.

Тема 3.2 Законы постоянного тока.

Тема 3.2.1 Электрический ток. Закон Ома для участка цепи.

1. Электрический ток, условия его существования. Действия тока.

Электрическим током называют направленное, упорядоченное движение заряженных частиц (электронов, ионов).

За направление электрического тока принимают движение положительных зарядов (т.е. от + к –).

Условия существования тока:

1. Наличие свободных заряженных частиц.
2. Замкнутая цепь.
3. Сила, действующая на заряды.
4. Проводимость электрической цепи.

Действия тока:

1. Химическое
2. Магнитное
3. Тепловое
4. Механическое
5. Физиологическое.

Сила тока равна отношению заряда Δq , переносимого через поперечное сечение проводника за интервал времени Δt , к этому интервалу времени.

$$j = \frac{\Delta q}{\Delta t}$$

Δq – заряд (Кл)

Δt – интервал времени (Кл)

I – сила тока (А)

Ток считается постоянным, если сила тока не меняется с течением времени.

Плотность тока – это отношение силы тока к площади поперечного сечения проводника.

$$j = \frac{I}{S}$$

j – плотность тока (Кл)

S – площадь поперечного сечения проводника (Кл)

I – сила тока (А)

2. Закон Ома для участка цепи.

Сила тока в цепи прямо пропорциональна приложенному напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению проводника.

$$I = \frac{U}{R}$$

U – напряжение (В)

R – сопротивление (Ом)

I – сила тока (А)

3. Сопротивление проводника

Сопротивление проводника зависит от:

- ✓ длины проводника,
- ✓ площади поперечного сечения проводника,
- ✓ материала, из которого изготовлен проводник,
- ✓ температуры.

Зависимость сопротивления от геометрических размеров проводника и его материала определяется формулой

$$R = \frac{\rho l}{S}$$

ρ – удельное сопротивление (Ом · м)

l – длина проводника (м)

S – площадь поперечного сечения (м²)

R – сопротивление (Ом)

Зависимость сопротивления проводника от температуры определяется формулой

$$R = R_0(1 + \alpha t)$$

α – температурный коэффициент (К⁻¹)

t – температура (К)

R – сопротивление при температуре t (Ом)

R – сопротивление при $t = 0^\circ\text{C}$ (Ом)

1. Виды соединений проводников.

Последовательное

$$R_{\text{общ}} = R_1 + R_2 + R_3 \dots$$

Параллельное

$$R_{\text{общ}} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots}$$

Тема 3.2.2 Работа и мощность тока. Закон Джоуля-Ленца.

1. Работа тока

$$\left. \begin{aligned} U &= \frac{A}{q} \rightarrow A = Uq \\ J &= \frac{\Delta q}{\Delta t} \rightarrow \Delta q = J\Delta t \end{aligned} \right\} \rightarrow A = UJ\Delta t$$

Δt – интервал времени (с)

J – сила тока (А)

U – напряжение (В)

A – работа тока (Дж)

2. Мощность тока

Мощность – работа, совершаемая за единицу времени.

$$\left. \begin{aligned} N &= \frac{A}{\Delta t} \\ A &= JU\Delta t \end{aligned} \right\} \rightarrow N = \frac{JU\Delta t}{\Delta t} \rightarrow N = JU$$

J – сила тока (А)

U – напряжение (В)

N – мощность (Вт)

3. Закон Джоуля – Ленца.

Установлен Д. Джоулем (Англия) и Э.Х. Ленцем (Россия).

Количество теплоты, выделяемое проводником с током, равно произведению квадрата силы тока, сопротивления проводника и времени прохождения тока по проводнику.

$$Q = J^2 R \Delta t$$

Δt – интервал времени (с)

J – сила тока (А)

U – напряжение (В)

Q – количество теплоты (Дж)

Практическое применение закона Джоуля – Ленца:

1. Электронагревательные бытовые приборы,
2. Отопление пассажирских вагонов.

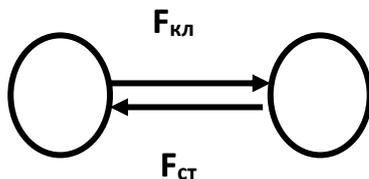
Вред:

1. Потери электроэнергии при передаче на расстояние.

Тема 3.2.3 Электродвижущая сила. Закон Ома для полной цепи.

1. Электродвижущая сила.

Любые силы, действующие на электрически заряженные частицы, за исключением сил электростатического происхождения, называются **сторонними**.



Внутри источника тока заряды движутся под действием сторонних сил, против кулоновских. А во внешней цепи частицы движутся под действием кулоновских сил.

Природа сторонних сил:

1. Химические силы – гальванические элементы, аккумуляторы.
2. Магнитные силы – генераторы.

Электродвижущая сила в замкнутом контуре равна отношению работы сторонних сил при перемещении заряда вдоль контура к величине заряда.

$$\mathcal{E} = \frac{A_{ст}}{\Delta q}$$

$A_{ст}$ – работа сторонних сил (Дж),

Δq – заряд (Кл)

\mathcal{E} – электродвижущая сила (ЭДС) (В)

2. Закон Ома для полной цепи.

Вывод формулы:

$$\left. \begin{aligned} \mathcal{E} &= \frac{A}{\Delta q} \rightarrow A = \mathcal{E}\Delta q \\ J &= \frac{\Delta q}{\Delta t} \rightarrow \Delta q = J\Delta t \end{aligned} \right\} \rightarrow A = \mathcal{E}J\Delta t$$

По закону Джоуля – Ленца

$$Q = J^2 R \Delta t = J^2 (R + r) \Delta t$$

$$Q = A$$

$$\mathcal{E}J\Delta t = J^2 (R + r) \Delta t$$

$$J(R + r) = \mathcal{E}$$

$$J = \frac{\mathcal{E}}{(R + r)}$$

При коротком замыкании сопротивление R внешней цепи стремится к нулю

$$R \rightarrow 0$$

$$J_{\text{кз}} = \frac{\mathcal{E}}{r}$$

r – внутреннее сопротивление источника тока (Ом)

R – сопротивление внешней цепи (Ом)

\mathcal{E} – ЭДС (В)

J – сила тока (А)

Тема 3.3 Электрический ток в различных средах.

Тема 3.3.1 Электрический ток в различных средах.

1. Общие сведения

Вещества, проводящие электрический ток:

Вещество	Основные носители заряда	Проводимость	Практическое применение
Металлы	Электроны	Электронная	Проводники
Растворы и расплавы	Ионы	Ионная	Электролиз
Полупроводники	Электроны и дырки	Электронная и дырочная	Полупроводниковые приборы
Вакуум	Электроны	Электронная	Электронно-лучевая трубка
Газ, Плазма.	Ионы	Ионная	Газовые разряды

2. Электрический ток в металлах

Экспериментальное доказательство существования свободных электронов в металлах: опыты Рикке, Манделъштама-Папалекси, Стюарта-Толмена.

3. Электрический ток в жидкостях

Электролитическая диссоциация – это распад молекул на ионы.

Рекомбинация – это объединение ионов разных знаков в молекулу.

Электролит – это солевой раствор.

Электролиз – это процесс выделения на электродах веществ, входящих в состав электролитов.

4. Законы Фарадея

I Закон Фарадея:

Масса вещества, выделившегося на электроде прямопропорциональна силе тока и интервалу времени.

$$m = k \mathcal{I} \Delta t$$

k – (табл.) электрохимический эквивалент $\left(\frac{\text{кг}}{\text{Кл}}\right)$

\mathcal{I} – сила тока (А)

Δt – интервал времени (с)

Физический смысл k

$$k = \frac{m}{\mathcal{I} \Delta t}$$

Электрохимический эквивалент численно равен массе вещества, выделившегося на электроде за 1с при прохождении тока 1А.

II Закон Фарадея:

Электрохимический эквивалент k зависит от природы вещества, т. е. от молярной массы вещества и его валентности.

$$k = \frac{1}{F} \cdot \frac{n}{\mu}$$

k – (табл.) электрохимический эквивалент $\left(\frac{\text{кг}}{\text{Кл}}\right)$

n – валентность (-)

μ – молярная масса $\left(\frac{\text{кг}}{\text{моль}}\right)$

F - число Фарадея, $F = 9,63 \cdot 10^4 \frac{\text{Кл}}{\text{моль}}$

5. Электрический ток в полупроводниках.

Полупроводники – это вещества, удельное сопротивление которых зависит:

1. От температуры,
2. От наличия примесей,
3. От изменения освещенности.

Механизм проводимости полупроводников

В обычном состоянии в полупроводниках связи электронов прочные и, следовательно, нет свободных носителей зарядов. При повышении температуры связи электронов нарушаются, и электроны становятся свободными, следовательно, сопротивление понижается и полупроводник проводит ток. Аналогично при изменении освещенности.

Полупроводниковые вещества.

Полупроводниковые элементы												
Название элемента	II	III	IV	V	VI	VII	VIII					
2	Be	B	C	N	O							
3	Al	Si	P	S	Cl							
4	Ga	Ge	As	Se	Br							
5	In	Sb	Te	I	Xe							
6	Pb	Bi	Po	At								

Проводимость полупроводников:

Основные носители заряда в полупроводниках – *электроны* и *дырки*. Электроны – отрицательные, дырки – положительные.

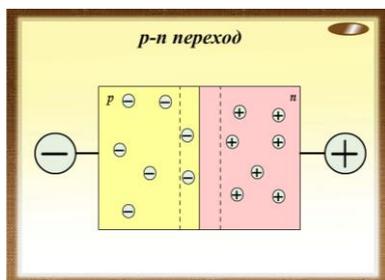
Дырка – это место, с которого ушел электрон.

Следовательно, проводимость полупроводников *электронная* и *дырочная*.

Донорная примесь – избыток электронов, легко отдает электроны. Основные носители заряда – электроны. (n – тип).

Акцепторная примесь – недостаток электронов, легко принимает электроны. Основные носители заряда - дырки (p – тип)

Электрический ток через контакт p – n типа.



n – p контакт – прямой переход,
p – n контакт – обратный переход.

6. Электрический ток в вакууме.

Вакуум – это состояние газа, при которой молекулы могут пролететь от одной стенки сосуда к другой, ни разу не столкнувшись.

Проводимость такого газа можно обеспечить, только введя источник заряженных частиц. Чаще всего – это тело, нагретое до высокой температуры, способное испускать электроны. Например, нагретый катод.

Термоэлектронная эмиссия – это явление испускания электронов нагретым телом.

Электронно – лучевой трубкой называется вакуумный электронный прибор, позволяющий преобразовывать электрические сигналы в видимое изображение.

7. Электрический ток в газах

При обычных условиях газы почти полностью состоят из нейтральных молекул, т.е. являются диэлектриками. Нагревая газ или воздействуя на него излучением можно добиться, чтобы газ стал проводником.

Ионизация – это распад молекул на ионы под действием нагревания или воздействия излучения.

Обратный процесс – **рекомбинация**.

Газовый разряд – это процесс протекания тока через газ.

Виды разрядов:

- **Несамостоятельный** – разряд, который прекращается после прекращения действия внешнего ионизатора.
- **Самостоятельный** – разряд, который не прекращается после прекращения действия внешнего ионизатора.

Виды самостоятельного разряда

- Тлеющий разряд.
- Дуговой разряд.
- Искровой разряд.
- Коронный разряд.

Плазма

Плазма – это частично или полностью ионизированный газ, в котором плотности положительных и отрицательных зарядов совпадают.

Свойства плазмы:

1. Из – за большой подвижности, заряженные частицы плазмы легко перемещаются под действием электрических и магнитных полей.
2. Между заряженными частицами плазмы действуют кулоновские силы.
3. В плазме легко возбуждаются колебания.
4. Проводимость плазмы увеличивается по мере роста степени ионизации.
5. Плазмой окружена Земля (ионосфера).

Применение плазмы:

1. Плазма возникает при всех видах разрядов в газах. В светящихся трубках для рекламы и лампах дневного света используют плазму положительного столба

- тлеющего разряда. Стеклообразную трубку покрывают люминофором, который начинает светиться под действием излучения плазмы.
2. Газоразрядную плазму используют в газовых лазерах.
 3. Горячая струя плазмы, движущаяся в магнитном поле, применяется в магнитогидродинамических генераторах.
 4. Создан прибор плазмотрон, создающий мощные струи плотной плазмы. Их применяют для резки и сварки металлов, бурения скважин в твердых породах.
 5. Плазму используют как ускоритель химических реакций.
 6. Ведутся работы по созданию высокотемпературной плазмы для осуществления управляемых термоядерных реакций.

Тема 3.4 Магнитное поле.

Тема 3.4.1 Магнитное поле и его силовые характеристики. Сила Ампера.

1. Взаимодействие токов.

Взаимодействие между проводниками с током, т. е. между движущимися зарядами называется *магнитным взаимодействием*. А силы, с которыми они взаимодействуют называются *магнитными силами*.

Разнонаправленные токи отталкиваются, а однонаправленные притягиваются.

2. Магнитное поле и его свойства.

Магнитное поле – это особая форма материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между движущимися заряженными частицами.

Свойства магнитного поля:

- Магнитное поле порождается только движущимися зарядами (электрическим током).
- Магнитное поле обнаруживается по действию на движущийся заряд.
- Магнитное поле материально, так как действует на тела и, следовательно, обладает энергией.
- Магнитное поле обнаруживается по действию на магнитную стрелку.
- Магнитное поле оказывает на рамку с током ориентирующее действие.

3. Силовые характеристики магнитного поля.

1. Вектор магнитной индукции.

Модулем вектора магнитной индукции называется отношение максимальной силы действующей со стороны магнитного поля на участок проводника с током к произведению силы тока на длину проводника.

$$B = \frac{F_{max}}{I \Delta l}$$

Δl – длина проводника (м)

I – сила тока (А)

F – сила (Н)

B – магнитная индукция (Тл)

$$Tл = \frac{Н}{А \cdot м}$$

2. Напряженность.

$$H = \frac{B}{\mu \mu_0}$$

B – магнитная индукция (Тл)

μ – магнитная проницаемость (–)

μ_0 – магнитная постоянная

$$\mu_0 = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{Ф}{м}$$

H – напряженность магнитного поля $\left(\frac{A}{M}\right)$

3. Силовые линии магнитного поля.

За направление вектора магнитной индукции принимается направление от южного полюса S к северному N магнитной стрелки, свободно установившейся в магнитном поле.

Направление вектора магнитной индукции вокруг проводника определяется с помощью **правила буравчика**.

Линиями магнитной индукции называют линии, касательные к которым направлены так же как и вектор магнитной индукции в данной точке поля.

Вихревым полем называется магнитное поле, силовые линии которого замкнуты.

4. Сила Ампера.

Сила Ампера – сила, действующая на проводник с током со стороны магнитного поля.

$$F_A = BIl \sin\alpha$$

Δl – длина проводника (м)

I – сила тока (А)

F_A – сила Ампера (Н)

B – магнитная индукция (Тл)

α – угол между вектором магнитной индукции и направлением силы тока (–)

Сила Ампера равна произведению вектора магнитной индукции, силы тока, длину участка проводника и \sin угла между направлением вектора магнитной индукции и силы тока.

Направление силы Ампера определяется по правилу левой руки

Правило левой руки:

Если левую руку расположить над проводником так, чтобы перпендикулярная составляющая вектора магнитной индукции входила в ладонь, а четыре вытянутых пальца были направлены по направлению тока, то отогнутый на 90° большой палец укажет направление силы Ампера.

Тема 3.4.2 Сила Лоренца.

Сила Лоренца

Сила Лоренца – сила, действующая со стороны магнитного поля на движущийся заряд.

На проводник с током в магнитном поле действует сила Ампера.

$$F_L = qvB \sin\alpha$$

q – заряд (Кл),

v – скорость $\left(\frac{M}{C}\right)$,

B – магнитная индукция (Тл),

α – угол между направлением вектора магнитной индукции B и направлением скорости v .

F_L – сила Лоренца (Н)

Направление силы Лоренца, как и направление силы Ампера определяется по правилу левой руки.

Правило левой руки:

Если левую руку расположить так, чтобы перпендикулярная составляющая вектора магнитной индукции входила в ладонь, а четыре вытянутых пальца были направлены по направлению скорости положительного заряда, то отогнутый на 90° большой палец укажет направление силы Лоренца. В случае, если заряд отрицательный, сила Лоренца будет направлена в сторону противоположную, указанной большим пальцем.

Траектория движения заряда в магнитном поле:

Заряд, влетевший в магнитное поле, перпендикулярно линиям магнитной индукции, движется по винтовой траектории, радиус витка которой определяется по формуле:

$$R = \frac{m\upsilon}{qB}$$

m – масса заряда (кг)

υ – скорость заряда (м/с)

q – заряд (Кл),

B – магнитная индукция (Тл),

R – радиус витка (м).

ЭДС индукции, возникающая в проводнике с током, движущемся в магнитном поле определяется по формуле:

$$\mathcal{E} = B I \upsilon \sin \alpha$$

υ – скорость проводника ($\frac{м}{с}$),

I – сила тока (А),

B – магнитная индукция (Тл)

α – угол между вектором магнитной индукции и направлением скорости проводника.

\mathcal{E} – ЭДС индукции (В).

Тема 3.4.3 Магнитные свойства вещества.

1. Магнитная проницаемость среды

Магнитная проницаемость среды – физическая величина, которая характеризует магнитные свойства среды и показывает во сколько раз магнитная индукция поля в магнитной среде больше магнитной индукции поля в вакууме.

$$\mu = \frac{B}{B_0}$$

B – магнитная индукция поля в магнитной среде (Тл),

B_0 – магнитная индукция поля в вакууме (Тл),

μ – магнитная проницаемость среды (-)

Гипотеза Ампера:

Магнитные свойства любого тела определяются замкнутыми электрическими токами внутри него.

Если плоскости, в которых циркулируют эти токи, расположены беспорядочно по отношению друг к другу, то их действия взаимно компенсируются и никаких магнитных свойств тело не обнаруживает. В намагниченном состоянии эти токи ориентированы так, что их действия складываются.

Виды магнетиков.

1. Парамагнетики

Парамагнетики – это вещества, которые создают слабое магнитное поле, совпадающее по направлению с внешним магнитным полем. ($\mu > 1$)

2. Диамагнетики.

Диамагнетики – это вещества, которые создают магнитное поле, ослабляющее внешнее магнитное поле ($\mu \approx 1$)

3. Ферромагнетики.

Ферромагнетики – вещества, которые значительно усиливают внешнее магнитное поле. ($\mu > 1$).

Природа магнетизма:

Внутри вещества возникают самопроизвольно намагниченные области ($r \approx 10^{-2} - 10^{-4}$ см) – это домены.

При внесении ферромагнетика в магнитное поле происходит упорядочение ориентации магнитных полей отдельных доменов, и, следовательно, нарастание магнитного поля.

Если в веществе, после удаления внешнего магнитного поля сохраняется упорядоченность ориентации доменов, то вещество становится постоянным магнитом (сталь, сплавы железа с алюминием, никелем, кобальтом, оксиды железа и т. д.)

Точка Кюри – это температура, при которой исчезают магнитные свойства ферромагнетика.

Виды ферромагнетиков и их применение.

1. **Магнитожесткие** – ферромагнетики с большой остаточной намагниченностью. Используются в тех аппаратах, в которых требуется сохранить намагниченность. Используют в качестве постоянных магнитов в электроизмерительных приборах, громкоговорителях, компасах.
2. **Магнитомягкие** – ферромагнетики с малой остаточной намагниченностью. Используются в тех аппаратах, где требуется постоянное перемагничивание. Используют в качестве сердечников в электромагнитах, трансформаторах, электродвигателях, а также для покрытия магнитных лент для записи информации в магнитофонах, видеоманитофонах и ЭВМ.

Тема 3.5 Электромагнитная индукция.

Тема 3.5.1 Явление электромагнитной индукции. ЭДС индукции. Правило Ленца.

Открытие явления электромагнитной индукции.

Явление электромагнитной индукции было открыто 29 августа 1831 года Фарадеем. Одновременно с ним аналогичные опыты проводил Колладон (Швейцария), но допустил ошибку.

При изменении тока возникает магнитное поле. Может ли переменное магнитное поле породить электрический ток?

Опыт показал, что может.

При движении магнита внутри катушки возникает индукционный ток. При остановке исчезает.

Вывод: Условие возникновения индукционного тока: В замкнутом проводящем контуре возникает индукционный ток при изменении числа линий магнитной индукции, пронизывающих контур.

Применение явления электромагнитной индукции.

Явление электромагнитной индукции применяется в современной технике. Для обнаружения металлических предметов применяются специальные детекторы. Например в аэропортах детектор металла фиксирует поля индукционных токов в металлических предметах.

Магнитный поток.

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

B – магнитная индукция [Тл],

S – площадь контура [м^2],

α – угол между направлением нормали к контуру и вектором магнитной индукции,

Φ – магнитный поток [Вб]

ЭДС индукции

Появление в замкнутом контуре электрического тока при изменении магнитного поля, пронизывающего контур, свидетельствует о действии в контуре сторонних сил неэлектрической природы или о возникновении ЭДС индукции.

Количественное описание явления электромагнитной индукции дается на основе установленной связи между ЭДС индукции и магнитным потоком.

Правило Ленца

Возникший в замкнутом контуре индукционный ток имеет такое направление, что созданный им магнитный поток, через площадь, ограниченную контуром стремится компенсировать то изменение магнитного потока, которое вызывает данный ток.

Применение правила Ленца: Токи в сплошных проводниках. Маятник Фуко

Тема 3.5.2 Закон электромагнитной индукции. Самоиндукция. Индуктивность. Закон электромагнитной индукции.

Закон электромагнитной индукции выведен с помощью экспериментального исследования зависимости ЭДС индукции от изменения магнитного потока.

ЭДС индукции в магнитном контуре пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром.

$$\mathcal{E}_i = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$$

\mathcal{E}_i – ЭДС индукции [В],

N – число витков,

$\Delta\Phi$ – изменение магнитного потока [Вб],

Δt – интервал времени [с],

$\frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$ – скорость изменения магнитного потока $\left[\frac{\text{Вб}}{\text{с}}\right]$

ЭДС индукции в движущихся проводниках

$$\mathcal{E}_i = vB\Delta l \sin\alpha$$

v – скорость проводника (м/с)

B – магнитная индукция (Тл),

Δl – длина проводника (м),

α – угол между B и v

\mathcal{E}_i – ЭДС индукции (В)

Индуктивность

Магнитный поток через контур прямо пропорционален силе тока в контуре.

$$\Phi = LJ$$

Φ – магнитный поток (Вб)

L – индуктивность (Гн)

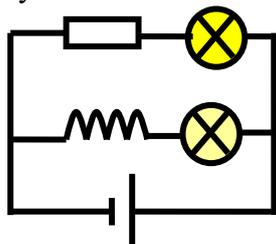
J – сила тока (А)

Индуктивность зависит:

1. от размеров и форм катушки,
2. от магнитных свойств среды,
3. от числа витков.

Самоиндукция

Самоиндукция – это явление возникновения ЭДС индукции в электрической цепи в результате изменения силы тока в этой цепи.



Лампа 2 вспыхивает сразу и горит ярко. Лампа 1 горит тусклее, вследствие возникающей в катушке ЭДС самоиндукции.

ЭДС самоиндукции прямопропорциональна индуктивности катушки и скорости изменения силы тока в катушке.

$$\mathcal{E}_i = -L \frac{\Delta J}{\Delta t}$$

$\frac{\Delta J}{\Delta t}$ – скорость изменения силы тока (А/с)

L – индуктивность (Гн)

\mathcal{E}_i – ЭДС самоиндукции (В)

Физический смысл индуктивности.

$$\varepsilon_i = -N \frac{L \Delta J}{\Delta t} \Rightarrow L = -\frac{\varepsilon_i}{\frac{\Delta J}{\Delta t}}$$

Индуктивность – физическая величина, численно равная ЭДС индукции, возникающей в контуре при изменении силы тока на 1А за 1с.

Раздел 4 Колебания и волны

Тема 4.1 Механические колебания

Тема 4.2 Механические волны

Тема 4.2.1 Механические волны. Свойства механических волн. Длина и скорость волны.

1. Механические волны и их виды.

Волна – это колебание, которое распространяется в пространстве с течением времени.

Виды волн:

Поперечные – колебания совершаются в направлении перпендикулярном направлению распространения волны.

Продольные - колебания совершаются вдоль направления распространения волны

Фронт волны – множество точек до которого дошло колебание к данному моменту времени.

Волновая поверхность – множество точек, колеблющихся в одинаковой фазе.

Волны в среде:

Плоская (линейная) – фронт волны прямая линия.

Круговая (сферическая) – фронт волны – окружность.

2. Характеристики волн.

Длина волны – это расстояние между ближайшими точками, колеблющимися в одинаковой фазе.

Скорость волны – произведение длины волны на частоту.

$$v = \lambda \nu$$

v – скорость волны (м/с)

λ - длина волны (м)

ν – частота (Гц)

Скорость распространения и длина волны зависят от свойств среды, в которой волна распространяется, а период и частота зависят только от свойств источника волны.

3. Свойства волн.

Преломление;

Отражение;

Поглощение;

Дифракция;

Интерференция.

Тема 4.2.2 Звуковые волны. Ультразвук и его применение.

1. Звуковые волны и их виды.

Звуковая волна – это механическое колебание, которое распространяется в упругой среде и воспринимаемое органами слуха.

Звуковые волны являются продольными.

Скорость звуковой волны зависит от плотности среды. В безвоздушном пространстве звуковые колебания распространяться не могут.

2. Характеристики звука

- **Громкость** – зависит от амплитуды колебания
- **Высота** – зависит от частоты
- **Тембр** – зависит от громкости

3. Шум

Шум – это звук, состоящий из большого числа гармонических колебаний с различными частотами.

4. Ультразвук и его применение.

Ультразвук – это упругие волны с частотами $2 \cdot 10^4$ до 10^9 Гц.

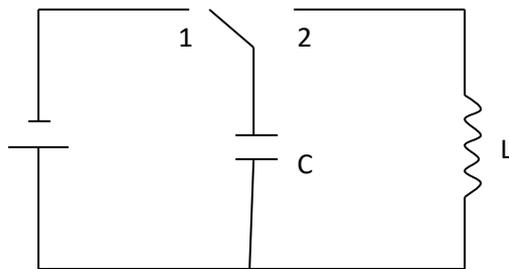
Тема 4.3 Электромагнитные колебания

Тема 4.3.1 Свободные и вынужденные электрические колебания. Переменный ток. Активное сопротивление.

1. Электрические колебания.

Электрические колебания – это периодические или почти периодические изменения заряда, силы тока и напряжения.

Колебательный контур – это простейшая система, в которой могут происходить электрические колебания. Система состоит из конденсатора и катушки, присоединенной к обкладкам конденсатора.



C – емкость конденсатора,

L – индуктивность катушки.

Ключ в положении 1 – зарядка конденсатора от источника тока. Ключ в положении 2 – конденсатор разряжается через катушку. Происходит превращение энергии. Энергия электрического поля конденсатора $W_{эл}$. Переходит в энергию магнитного поля катушки $W_{м}$.

$$W_{эл} = \frac{CU^2}{2} \quad W_{м} = \frac{LI^2}{2}$$

В катушке происходят потери энергии => колебания затухающие.

Свободные колебания возникают после того, как конденсатору сообщают заряд.

Вынужденные возникают при наличии в цепи периодически изменяющейся ЭДС.

2. Период колебаний. Формула Томсона.

Период колебаний, возникающих в колебательном контуре определяется по формуле Томсона.

$$T = 2\pi\sqrt{CL}$$

$$\pi = 3,14$$

C – емкость конденсатора (Ф);

L – индуктивность конденсатора (Гн);

T – период (с)

Аналогия между механическими и электрическими колебаниями.

Механические	Электрические
X	q
a	U
$W_K = \frac{mV^2}{2}$	$W_M = \frac{CU^2}{2}$
V	I
m	L

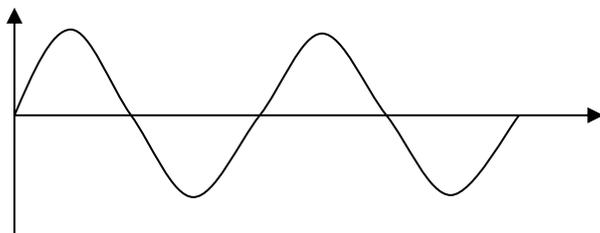
3. Переменный ток

Переменный ток представляет собой вынужденные колебания. Сила тока и напряжение изменяются по гармоническому закону.

Периодом колебаний силы тока и напряжения называется наименьший промежуток времени, через который значения силы тока и напряжения повторяются по модулю и знаку.

Частота – величина обратная периоду (В России частота промышленного тока 50Гц)

Графическое представление колебаний.



Вывод уравнения зависимости $U=U(t)$

Простейшая модель генератора переменного тока это рамка с током, вращающаяся в постоянном магнитном поле.

Магнитный поток через рамку

$$\Phi = BS \cos \alpha$$

Где S – площадь рамки (m^2);

B – магнитная индукция (Тл);

Угол α зависит от частоты вращения

$$\alpha = 2\pi vt$$

$$\phi = BS \cos \omega t$$

$$2\pi v = \omega$$

по закону ЭЛМИ $\varepsilon = -N \frac{\Delta\Phi}{\Delta t}$

$$e = -(\Phi)^1$$

$$e = -(\Phi)^1 = -(BS \cos \omega t)^1 = -BS\omega(-\sin \omega t)^1$$

$$e = BS\omega \sin \alpha$$

Т.е. $x = X_m \sin \omega t$, то $BS\omega = E_m$

Т.е. $e = E_m \sin \omega t$

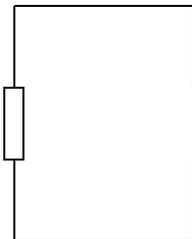
E_m – амплитудное значение ЭДС индукции.

Т.о. $u = U_m \sin \omega t$

$$i = I_m \sin(\omega t + \varphi_0)$$

Где φ_0 – разность фаз между колебаниями I и U

Активное сопротивление:



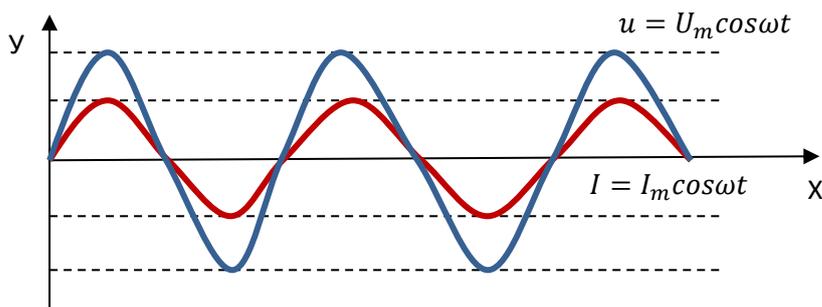
По закону Ома $i = \frac{U}{R}$

$$i = \frac{U_m \cos \omega t}{R} = i = I_m \cos \omega t$$

$$I_m = \frac{U_m}{I_m} \Rightarrow R = \frac{U_m}{I_m}$$

$$u = U_m \cos \omega t$$

$$I = I_m \cos \omega t$$



Вывод: В проводнике с активным сопротивлением сила тока и напряжение совпадают по фазе.

Тема 4.3.2 Катушка и конденсатор в цепи переменного тока.

Цель:

1. **Вывести** зависимости $u = u(t)$ и $i = i(t)$ в цепи переменного тока с катушкой и конденсатором. **Вывести** формулы емкостного и индуктивного сопротивления.
2. **Научить** устанавливать связи между величинами, входящими в формулы для расчета емкостного и индуктивного сопротивления.
3. Расширить политехнический кругозор.

1. Конденсатор в цепи переменного тока.

$$\text{Емкость } C = \frac{q}{U} \Rightarrow q = CU$$

Заряд конденсатора изменяется по гармоническому закону. Напряжение $U = U_{\max} \cos \omega t$

$$q = q_{\max} \cos \omega t$$

Сила тока есть первая производная от заряда по времени

$$i = (q)' = (CU_{\max} \cos \omega t)' = -CU_{\max} \omega \sin \omega t$$

$-\sin \omega t = \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$ по формуле приведения

Т.о. $i = CU_{max}\omega \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$

$i = I_{max} \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$

$U = U_{max} \cos \omega t$

Вывод: В цепи переменного тока с конденсатором колебания силы тока опережают колебания напряжения на $\frac{\pi}{2}$

Вывод формулы для расчета емкостного сопротивления

$$\left. \begin{aligned} CU_{max}\omega &= I_{max} \\ I_{max} &= \frac{U_{max}}{X_c} \end{aligned} \right\} \Rightarrow X_c = \frac{1}{C\omega}$$

C – емкость (Ф)

ω - циклическая частота (Гц)

X_c - емкостное сопротивление (Ом)

2. Катушка в цепи переменного тока.

$i = I_{max} \sin \omega t$

По закону ЭЛМИ

$$\left. \begin{aligned} \varepsilon_i &= -L \frac{\Delta I}{\Delta t} = -L(I_{max} \sin \omega t)' = -LI_{max}\omega \cos \omega t \\ \varepsilon_i &= -u \end{aligned} \right\} \Rightarrow -u = -LI_{max}\omega \cos \omega t$$

$-u = -LI_{max}\omega \cos \omega t$

$u = LI_{max}\omega \cos \omega t$

$\cos \omega t$

$\cos \omega t = \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$ по формуле приведения

$u = U_{max} \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$

$i = I_{max} \sin \omega t$

Вывод: В цепи переменного тока с катушкой колебания напряжения опережают колебания силы тока на $\frac{\pi}{2}$

Вывод формулы для расчета индуктивного сопротивления

$$\left. \begin{aligned} U_m &= LI_m\omega \\ I_m &= \frac{U_m}{X_L} \end{aligned} \right\} \Rightarrow X_L = \omega L$$

L – индуктивность (Гн)

ω - циклическая частота (Гц)

X_L - индуктивное сопротивление (Ом)

Тема 4.3.3 Производство, передача и использование электроэнергии.

Производство электроэнергии.

Генератор – это устройство для преобразования химической, механической и других видов энергии в электрическую.

Виды генераторов:

1. Гальванические элементы;
2. Электростатические машины;
3. Термобатареи;
4. Солнечные батареи;
5. Магнитогидродинамические генераторы;
6. Электромеханические индукционные генераторы.

Генератор переменного тока

Основные части генератора:

- Электромагнит или постоянный магнит, создающий магнитное поле;
- Обмотка, в которой индуцируется переменная ЭДС, при вращении в магнитном поле.

Для усиления магнитного поля применяют специальную магнитную систему, состоящую из двух сердечников, сделанных из электротехнической стали. Обмотки, создающие магнитное поле, размещены в пазах одного из сердечников, а обмотки, в которых индуцируется ЭДС, в пазах другого. Один из сердечников (обычно внутренний), вместе со своей обмоткой вращается вокруг оси – ротор. Неподвижный сердечник с обмоткой называется статор. Зазор между ротором и статором делают минимальным для обеспечения наибольшего значения потока магнитной индукции.

Типы электростанций.

Производство электроэнергии на электростанциях осуществляется в основном с помощью электромеханических индукционных генераторов.

Основные типы электростанций:

- Тепловые;
- Гидроэлектрические;
- Атомные.

Тепловые электростанции (ТЭЦ – теплоэлектроцентрали)

Источник энергии – топливо (уголь, газ, нефть, мазут, горючие сланцы)

Роторы генераторов приводятся во вращение паровыми или газовыми турбинами или двигателями внутреннего сгорания. КПД ТЭЦ – 60 – 70%

Гидроэлектростанции (ГЭС)

Для вращения роторов генератора используется потенциальная энергия воды. Роторы приводятся во вращение гидравлическими турбинами.

Атомные электростанции (АЭС)

Источник – радиоактивное топливо. Для вращения ротора генератора используется пар.

Подробнее в разделе «Ядерная физика».

Альтернативные источники энергии.

Альтернативные электростанции:

- Солнечные;
- Ветряные;
- Приливо – отливные
- Волновые;
- Биотопливо.

Передача электроэнергии.

Потери электроэнергии по закону Джоуля – Ленца:

$$Q = I^2 R \Delta t$$

При большой протяженности линии электропередачи сопротивление велико, но его не снизить. Т.о. нужно снижать силу тока за счет увеличения напряжения. Для этого используют трансформаторы.

Преобразование переменного тока, при котором напряжение увеличивается или уменьшается в несколько раз, практически без потерь мощности, осуществляется с помощью трансформаторов.

Трансформатор состоит из замкнутого стального сердечника, собранного из пластин, на который надеты две (иногда и более) катушки с проволочными обмотками. Одна из обмоток называется первичной, подключается к источнику тока. Вторая, к которой присоединяют «нагрузку» называется вторичной.

$$\frac{e_1}{e_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$|e| \approx |U|$$

$$\frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} = k$$

k – коэффициент трансформации

Трансформатор повышающий, если $k > 1$, трансформатор понижающий, если $k < 1$.

Применение электроэнергии.

Потребители:

- Промышленность;
- Электротранспорт;
- Бытовые нужды.

Тема 4.4 Электромагнитные волны

Тема 4.4.1 Электромагнитные волны. Свойства.

Тема 4.4.2 Принципы радиосвязи.

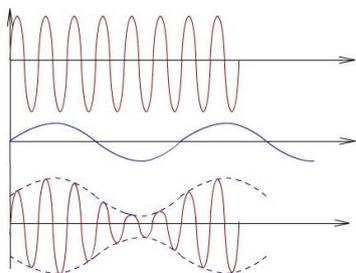
Радиотелефонная связь.

В 1913 году создан генератор незатухающих электромагнитных колебаний. Стала возможна радиотелефонная связь – передача речи и музыки, а не только сигналов. Звуковые волны – низкая частота, электромагнитные волны – высокая частота.

Проблема: как наложить звуковые волны на электромагнитные для передачи?

Решение проблемы: *амплитудная модуляция*.

Амплитудная модуляция – это наложение звуковых колебаний низкой частоты на электромагнитные колебаний высокой частоты. У высокочастотных электромагнитных колебаний изменяется амплитуда.



Детектирование – процесс обратный модуляции.

Принципы радиосвязи

- Переменный ток высокой частоты, созданный в передающей антенне, вызывает быстро изменяющееся электромагнитное поле, которое распространяется в виде электромагнитной волны.
- Достигая приемной антенны электромагнитная волна вызывает в ней переменный ток той же частоты.

Виды радиоволн

- Длинные
- Средние
- Короткие
- Ультракороткие

Радиолокация

Радиолокация – обнаружение и точное определение местоположение объекта с помощью радиоволн.

Применение радиолокации:

- Обнаружение кораблей и самолетов;
- В аэропортах отслеживается взлет и посадка самолетов;
- Наблюдение метеоров в верхних слоях атмосферы;
- Служба погоды наблюдает за облаками;
- Для космических исследований (радиолокация планет)

Раздел 5 Оптика

Тема 5.1 Геометрическая оптика.

Тема 5.1.1 Законы геометрической оптики.

Законы геометрической оптики.

Законы геометрической оптики - законы распространения света.

Световой луч – линия, указывающая направление распространения световой энергии.

Поведение лучей в пространстве определяется законами геометрической оптики.

Закон прямолинейного распространения света: В однородной среде свет распространяется прямолинейно.

Закон отражения: Луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости. Угол падения равен углу отражения.

Закон преломления: Луч падающий, луч преломленный и перпендикуляр, восстановленный в точке падения, лежат в одной плоскости.

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1}$$

Виды отражения: Диффузное и зеркальное.

Тема 5.2 Волновая оптика.

Тема 5.2.1 Интерференция света. Применение интерференции.

Интерференция.

Интерференция – сложение волн, вследствие которого наблюдается устойчивая во времени картина усиления или ослабления результирующих световых колебаний в различных точках пространства.

Разность хода $\Delta d = d_2 - d_1$

Если разность хода равна длине волны, то вторая волна запаздывает на 1 период (гребни и впадины волн совпадают)

Условие максимумов и минимумов.

Условие максимумов:

Амплитуда колебаний среды в данной точке максимальна, если разность хода двух волн равна целому числу длин волн.

$$\Delta d = k\lambda$$

Условие минимумов:

Амплитуда колебаний среды в данной точке минимальна, если разность хода двух волн равна нечетному числу длин полуволен.

$$\Delta d = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$$

Когерентные волны.

Для образования устойчивой интерференционной картины необходимо, чтобы источники света были когерентными, т. е. имели одинаковую частоту и постоянную разность фаз. В природе не существует источников света, дающих когерентные волны. Их можно получить лишь от одного источника света.

Способы получения когерентных волн:

1. Метод Юнга.
2. Бипризма Френеля.

Наблюдения интерференции:

1. Интерференция в тонких пленках.

2. Кольца Ньютона

Применение интерференции.

Интерферометры – приборы, действие которых основано на явлении интерференция.

Назначение интерферометров:

- Точное измерение длин световых волн;
- Измерение показателя преломления газов;
- Оценка качества обработки поверхности.

Тема 5.2.2 Дифракция. Дифракционная решетка.

Дифракция

Дифракция – это явление нарушения целостности фронта волны, вызванное резкими неоднородностями среды. Примерами неоднородности могут быть различные препятствия.

Дифракция света – это огибание световыми волнами границы непрозрачных тел и проникновение света в область геометрической тени.

Условие наблюдения дифракции:

Для отчетливого наблюдения дифракции нужно использовать либо очень маленькие препятствия, либо располагать экран далеко от препятствия.

$$l \geq \frac{D^2}{\lambda}$$

D – размер препятствия или отверстия,

λ - длина волны;

l – расстояние от препятствия до экрана.

Принцип Гюйгенса – Френеля.

Дифракционная картина является результатом интерференции вторичных световых волн, возникающих в каждой точке поверхности, достигнутой к какому либо моменту данной световой волны.

Дифракционная решетка.

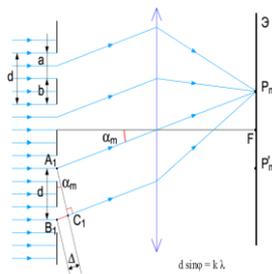
Дифракционная решетка представляет собой совокупность большого числа очень узких щелей, разделенных непрозрачными промежутками.

Период решетки – это сумма ширины непрозрачного промежутка и щели.

$$d = a + b \text{ или } d = \frac{l}{N}$$

Где l – ширина решетки (м);

N – число щелей (-).



Формула дифракционной решетки

$$d \cdot \sin \alpha = \pm k \lambda$$

d – период решетки (м);

α – угол дифракции (-);

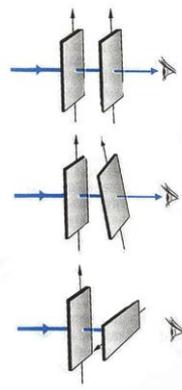
k – порядок спектра (-);

λ – длина волны (м).

Тема 5.2.3 Поляризация.

Поляризация

Опыты с турмалином.



Кристалл турмалина обладает способностью пропускать световые волны с колебаниями, лежащими в одной плоскости.

Поляризованный свет – это свет с колебаниями, лежащими в одной плоскости.

Применение поляризации:

Поляроид - это тонкая пленка (0,1мм) кристалла герпатита, нанесенная на целлулоидную или стеклянную пластинку.

Свойства те же, что и у турмалина.

Преимущества: можно создавать большие поверхности, поляризующие свет.

Недостатки: придают свету фиолетовый оттенок.

Применение на Ж/Д: первый поляризатор располагают на прожекторе локомотива; второй, повернутый на 90^0 на лобовом стекле. Таким образом, прямой свет прожектора встречного поезда, видимый в кабине машиниста, будет сильно ослаблен.

Тема 5.2.3 Дисперсия света.

Дисперсия – это зависимость показателя преломления света от его цвета (частоты)

$$n = \frac{c}{v}$$

v - скорость света в среде (м/с);

c - скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8$ м/с

n – показатель преломления среды (-).

Виды дисперсии

1. Нормальная
2. Аномальная

Таблица «Волновые свойства света»

Свойства света	Определение	Проявление.
		Применение.
Дисперсия		
Дифракция		
Интерференция		
Поляризация		

Тема 5.3 Излучения и спектры.

Тема 5.3.1 Спектры. Спектральный анализ.

Спектры. Виды спектров.

Спектр – это радужная полоска (видимый свет)

Монохроматический свет – это свет строго определенной длины волны. Источников монохроматического света в природе не существует.

Энергия в спектре распределена по частотам.

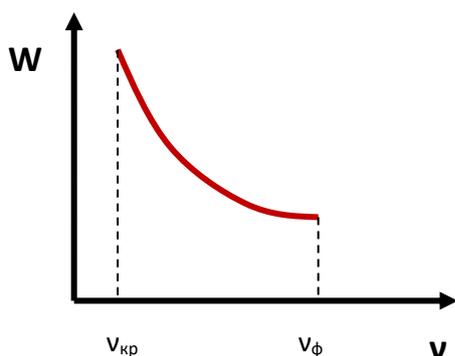
$$\lambda\nu = c$$

λ – длина волны (м);

ν – частота (Гц);

c – скорость света в вакууме, $c = 3 \cdot 10^8$ м/с

Перемещая термочувствительную пластинку вдоль спектра, ученые определили, что максимум энергии приходится на красную часть спектра.



Виды спектров:

1. Спектр испускания (непрерывный, линейчатый, полосатый)
2. Спектр поглощения

Механизм получения спектра испускания и спектра поглощения.

Спектральный анализ

Спектральные аппараты – приборы для получения четкого спектра от вещества. Предназначены для изучения спектров.

Спектральный анализ – метод определения химического состава вещества по его спектру.

Применение спектрального анализа.

Тема 5.3.2 Инфракрасное и ультрафиолетовое излучение.

Инфракрасное излучение

Открытие инфракрасного излучения

Открытие инфракрасного излучения произошло в 1800 г. Английский учёный В. Гершель обнаружил, что в полученном с помощью призмы в спектре Солнца за границей красного света (т. е. в невидимой части спектра) температура термометра повышается. Термометр, помещённый за красной частью солнечного спектра, показал повышенную температуру по сравнению с контрольными термометрами, расположенными сбоку.

Частотный диапазон инфракрасного излучения

$$3 \cdot 10^{11} - 4 \cdot 10^{14} \text{ Гц}$$

Источники инфракрасного излучения

Естественные

- Солнце;
- Звезды;
- Планеты.

Искусственные

- Любое тело, температура которого выше температуры окружающей среды

Применение инфракрасного излучения

- Медицина
- Дистанционное управление
- Промышленность
- Пищевая промышленность
- Бытовые нужды
- Криминалистика

Ультрафиолетовое излучение

Открытие ультрафиолетового излучения

Понятие об ультрафиолетовых лучах впервые встречается у индийского философа в 13в. Вскоре после того, как было обнаружено инфракрасное излучение, немецкий физик Иоганн Вильгельм Риттер начал поиски излучения и в противоположном конце спектра, с длиной волны короче, чем у фиолетового цвета.

Диапазон ультрафиолетового излучения

Ультрафиолетовое излучение представляет собой электромагнитное излучение оптического диапазона с длиной волны в пределах 200-400 нм.

По классификации Международной комиссии по освещению (СIE) спектр УФ - излучения делится на три диапазона:

UV-A - длинноволновое (315 - 400 нм.)

UV-B - средневолновое (280 - 315 нм.)

UV-C - коротковолновое (100 - 280 нм.)

Источники УФ излучения:

- Твердые тела, у которых $t > 1000^{\circ}\text{C}$
- Светящиеся пары ртути.
- Звезды (в т.ч. Солнце).
- Лазерные установки;
- Газоразрядные лампы;
- Ртутные выпрямители.

Свойства ультрафиолетового излучения

- Высокая химическая активность,
- Невидимо,
- Большая проникающая способность,
- Убивает микроорганизмы,
- В небольших дозах благотворно влияет на организм человека (загар),
- В больших дозах оказывает отрицательное биологическое воздействие: изменения в развитии клеток и обмене веществ, действие на глаза.

Применение ультрафиолетового излучения:

- Медицина.
- Косметология
- Пищевая промышленность.
- Сельское хозяйство и животноводство.
- Полиграфия.

- Криминалистика.
- Искусствоведение
- Минералогия
- Шоу-бизнес.

Раздел 6 Квантовая физика.

Тема 6.1 Световые кванты.

Тема 6.1.1. Фотоэффект. Законы фотоэффекта

Корпускулярно-волновой дуализм.

При распространении свет ведет себя как волна, а при излучении и поглощении свет – это поток частиц (корпускул)

Немецкий физик Макс Планк предположил, что атомы испускают электромагнитную энергию отдельными порциями – квантами (фотонами).

Энергия фотона пропорциональна частоте излучения.

$$\varepsilon = h\nu$$

ε - энергия (Дж)

h – постоянная Планка

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} (\text{Дж}\cdot\text{с})$$

ν – частота (Гц)

1. Фотоэффект

Явление фотоэффекта было открыто Г. Герцем, исследовано А.Г. Столетовым, объяснение дано Эйнштейном..

Фотоэффект – это явление вырывания электронов из металла под действием света.

Законы фотоэффекта

1. Количество электронов, вырываемых светом с поверхности металла за 1 с прямопропорционально поглощаемой за это время энергии световой волны.
2. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с частотой света и зависит от напряжения.
3. Интенсивность света на интенсивность фотоэффекта не влияет.
4. Запирающее напряжение зависит от максимальной кинетической энергии фотоэлектронов.

$$\frac{m\nu}{2} = eU_3$$

$m = 9,1 \cdot 10^{-31} (\text{кг})$ – масса электрона

ν – скорость фотоэлектронов (м/с);

$e = 1,6 \cdot 10^{-19} (\text{Кл})$ - заряд электрона

U_3 - запирающее напряжение (В)

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта.

Энергия фотона расходуется на работу выхода электрона из металла и сообщение ему кинетической энергии.

$$h\nu = A + \frac{m\nu^2}{2}$$

$m = 9,1 \cdot 10^{-31} (\text{кг})$ – масса электрона

ν – скорость фотоэлектронов $\left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$

A – работа выхода (Дж)

h – постоянная Планка

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} (\text{Дж}\cdot\text{с})$$

ν – частота (Гц)

Работа выхода – это минимальная энергия, переданная электрону, при которой электрон может покинуть поверхность металла.

«Красная» граница фотоэффекта – минимальная частота света, при которой возможен фотоэффект.

$$\nu_{min} = \frac{A}{h}$$

A – работа выхода (Дж)

h – постоянная Планка

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ (Дж}\cdot\text{с)}$$

ν – частота (Гц)

Тема 6.1.2 Фотоны.

Фотон (квант) - световая частица

Атомы испускают электромагнитную энергию отдельными порциями – квантами (фотонами).

Характеристики фотона

<p>Энергия фотона</p> $\epsilon = h\nu$	<p>Длина волны фотона</p> $\nu = \frac{c}{\lambda}$
<p>Масса фотона.</p> $\left. \begin{aligned} \epsilon &= h\nu \\ \epsilon &= mc^2 \end{aligned} \right\} \rightarrow h\nu = mc^2$ $m = \frac{h\nu}{c^2}$	<p>Импульс фотона</p> $\left. \begin{aligned} p &= m\nu \\ \nu &= c \\ m &= \frac{h\nu}{c^2} \end{aligned} \right\} \rightarrow p = \frac{h\nu}{c^2} \cdot c$ $p = \frac{h\nu}{c}$

Физические величины:

ϵ - энергия (Дж)

h – постоянная Планка

$$h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ (Дж}\cdot\text{с)}$$

ν – частота (Гц)

p – импульс $\left(\frac{\text{кг}\cdot\text{м}}{\text{с}}\right)$

m – масса (кг)

λ – длина волны (м)

c – скорость света в вакууме

$$c = 3 \cdot 10^8 \left(\frac{\text{м}}{\text{с}}\right)$$

Тема 6.2 Атом и атомное ядро.

Тема 6.2.1 Модели и строение атомов. Опыт Резерфорда. Постулаты Бора.

1. Модели атомов

- **Модель атома Томсона**

Атом - положительно заряженное тело с заключёнными внутри него электронами
Эта модель не объясняла дискретный характер излучения атома и его устойчивость.

- **Ранняя планетарная модель атома Нагаоки.**

1904 год японский физик Хантаро Нагаока: вокруг маленького положительного ядра по орбитам вращались электроны, объединённые в кольца. Модель оказалось ошибочной, но некоторые важные её положения вошли в модель Резерфорда.

- **Планетарная модель атома Бора-Резерфорда.** В 1911 году Эрнест Резерфорд, проделав ряд экспериментов, пришёл к выводу, что атом представляет собой подобие планетной системы, в которой электроны движутся по орбитам вокруг расположенного в центре атома тяжёлого положительно заряженного ядра

Расчеты показывали, что время, за которое электрон в таком атоме упадет на ядро, совершенно ничтожно.

С т. з. Максвелла электрон непрерывно вращаясь должен потерять энергию и (по закону Кулона) притянуться к ядру («+» к «-»). На самом деле этого не происходит. Объяснение этому дал Нильс Бор

2. Постулаты Бора.

Постулаты Бора показали, что для описания атома классическая механика неприменима. Дальнейшее изучение излучения атома привело к созданию квантовой механики, которая позволила объяснить подавляющее большинство наблюдаемых фактов. 1913г. Дания – Нильс Бор.

Выводы:

1. Атом является устойчивой системой.
2. Атом излучает энергию при определенных условиях.
3. Излучение имеет линейчатый спектр.

Постулаты Бора:

- I. Атомная система может находиться только в особых стационарных состояниях, каждому из которых соответствует энергия E_n . В стационарных состояниях атомы не излучают.
- II. При переходе из одного стационарного состояния в другое испускается или поглощается квант энергии. Излучение происходит при переходе из стационарного состояния с большей энергией в стационарное состояние с меньшей энергией. Поглощение – наоборот.

Энергия испускаемого или поглощаемого кванта света определяется формулой

$$h\nu = E_k - E_n$$

k и n – целые числа,

$E_k > E_n$ – излучение,

$E_k < E_n$ – поглощение.

Частота колебаний излучения атома равна

$$\nu = \frac{E_k - E_n}{h}$$

Тема 6.2.3 Радиоактивность. Радиоактивные превращения. Закон радиоактивного распада. Методы регистрации заряженных частиц

Открытие радиоактивности.

Явление радиоактивности было открыто в феврале 1896 года Анри Беккерелем (Франция).

Из опытов были сделаны следующие выводы:

1. Соли урана самопроизвольно создают излучение.
2. Интенсивность излучения не зависит от того, в какое соединения входит уран, а зависит только от его количества.
3. Кроме урана радиоактивностью обладают и другие вещества.
4. Вещества с порядковым номером больше 83 являются радиоактивными. (висмут и т.д.)

Радиоактивность представляет собой превращение одних ядер в другие и сопровождается испусканием различных частиц.

В ходе многочисленных исследований радиоактивности было установлено:

1. Излучение постоянно и длительно.
2. Радиоактивные излучения сопровождаются выделением энергии.
3. Предположение: При излучении претерпевают изменение сами атомы вещества.

3. Состав и природа радиоактивного излучения.

Состав излучения был определен с помощью магнитного поля, поставленного на пути радиоактивного излучения.

→ - альфа излучение

→ - гамма излучение

→ - бета излучение

Физическая природа α , β и γ лучей.

- γ лучи представляют собой электромагнитные волны. Скорость распространения равна скорости света $c = 3 \cdot 10^8$ м/с. Длина волны $\lambda = 10^{-8} - 10^{-11}$ см.
- β лучи представляют собой поток отрицательно заряженных частиц – электронов. Скорости неодинаковы, но приблизительно равны скорости света $c = 3 \cdot 10^8$ м/с.
- α лучи – это поток положительно заряженных α частиц. α частица – это ядро атома гелия ${}^4_2\text{He}$.

По интенсивности $\alpha < \beta < \gamma$

4. Правило смещения.

Сформулировано английским физиком Содди.

Работа с таблицей Менделеева

${}^A_Z\text{X}$

X - элемент

Z - зарядовое число

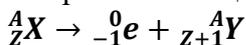
A – массовое число

В правиле смещения выполняется закон сохранения массового числа и заряда.

1. Правило смещения для α распада



2. Правило смещения для β распада



5. Период полураспада

Период полураспада – это интервал времени, на протяжении которого активность элемента уменьшается вдвое.

Обозначается $T_{1/2}$, единица измерения [с]

Закон радиоактивного распада.

Закон радиоактивного распада показывает, какая часть ядер распалась за время t.

$$N = N_0 e^{-\lambda t}$$

N – число ядер не распавшихся к моменту времени t [–]

N_0 – число ядер в момент времени, принятый за начальный [–],

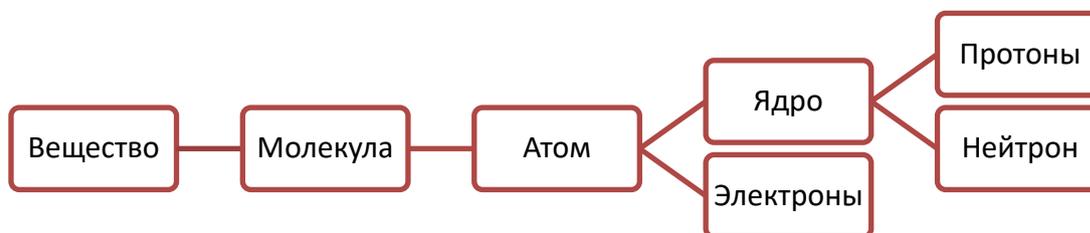
λ – постоянная распада [с^{-1}]

$$\lambda = \frac{\ln 2}{T_{1/2}}$$

Тема 4.2.4 Строение атомного ядра. Энергия связи.

1. Развитие представлений о строении вещества

В 1932 году была предложена протонно – нейтронная модель атома. (Иваненко – Гейзенберг). Согласно протонно-нейтронной модели ядро состоит из частиц: протонов и нейтронов. Протоны и нейтроны называются **нуклоны**. Ядро имеет положительный заряд, нейтроны – нейтральны, протоны имеют тоже положительный заряд. Так как атом нейтрален, то суммарный заряд электронов и протонов равен нулю.



Любой элемент из таблицы Менделеева можно записать в виде: A_ZX

Где X - элемент

Z - зарядовое число

A – массовое число

Число Z показывает сколько электронов в оболочке ядра и, следовательно, сколько протонов в ядре.

Массовое число A – это сумма протонов и нейтронов в ядре.

$$A = Z + N \Rightarrow N = A - Z$$

Нуклонный состав ядра атома – это число протонов и нейтронов.

2. Изотопы.

Изотопы имеют различное массовое число A.

Изотопы представляют собой ядра с одним и тем же числом протонов, но с разным числом нейтронов.

3. Ядерные силы. Энергия связи.

Ядерные силы – это силы, действующие между протонами и нейтронами в ядре. Это сильное взаимодействие короткодействующего характера. ($r = 10^{-12}$ м)

Энергия связи – это энергия, необходимая для расщепления ядра на отдельные нуклоны (или энергия, которая выделится при соединении нуклонов в ядро)

Масса покоя ядра $M_{\text{я}}$ всегда меньше масс покоя слагающих его протонов и нейтронов

$$M_{\text{я}} < Zm_p + Nm_n$$

Разность $\Delta M = (Zm_p + Nm_n) - M_{\text{я}}$ называется **дефектом массы**.

Энергия связи (по ТО $E = mc^2$)

$$E = \Delta M c^2$$

$$E = [(Zm_p + Nm_n) - M_{\text{я}}] c^2$$

Удельная энергия связи – это энергия связи, приходящаяся на 1 нуклон, т.е. отношение энергии связи к массовому числу A.

$$\varepsilon = \frac{E_{\text{св}}}{A}$$

Тема 4.2.5 Ядерная энергетика

1. Ядерные реакции

Ядерная реакция - это изменение атомных ядер при взаимодействии их с элементарными частицами или друг с другом.

Реакция происходит, когда частицы приближаются вплотную к ядру и попадают под действие ядерных сил.

Энергетический выход ядерной реакции – это разность энергий покоя ядер до реакции и после нее.

2. Цепная ядерная реакция.

Цепная ядерная реакция – это реакция, в которой частицы, вызывающие ее (например, нейтроны) образуются как продукты реакции.

1. Изотопы урана

${}^{235}_{92}\text{U}$ - делится под влиянием быстрых и медленных нейтронов.

${}^{238}_{92}\text{U}$ – делится под влиянием только быстрых нейтронов.

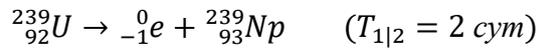
2. Коэффициент размножения нейтроном

Коэффициент *размножения* нейтронов k – численно равен отношению числа протонов деления последующего к числу нейтронов предыдущего деления.

$$k = \frac{N_{\text{посл}}}{N_{\text{пред}}}$$

Условие выполнения ядерной реакции: $k \gg 1$

3. Образование плутония



4. Ядерный реактор

Ядерным реактором называется устройство, в котором осуществляется управляемая реакция деления ядер.