Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Дмитриев Николай Николаевич
Должность: Ректор
Дата подписания: 02.12.2024 10:58:10
Уникальный программный ключ:
f7c6227919e4cdbfb4d7b682991f8553b37cafbd

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации
Иркутский государственный аграрный университет
имени А.А. Ежевского

Колледж автомобильного транспорта и агротехнологий

УТВЕРЖДАЮ:
Директор

Н.Н. Бельков
«31» __марта 2023г.

# ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
## ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

## ЕН.03 ФИЗИКА

Специальность: 13.02.11. Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования

(программа подготовки специалистов среднего звена)

Форма обучения: очная / заочная

1 курс; 1 семестр / 1 курс (база 11 классов)

Молодежный 2023

# 1. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине **Физика**, включает:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения (промежуточной аттестации) по дисциплине, характеризующих этапы формирования компетенций и (или) для итогового контроля сформированности компетенции (ий).

# 2. ПЕРЕЧЕНЬ КОМПЕТЕНЦИЙ С УКАЗАНИЕМ ЭТАПОВ ИХ ФОРМИРОВАНИЯ В ПРОЦЕССЕ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа дисциплины «Физика» определяет перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен овладеть умениями и знаниями в целях приобретения следующих компетенций:

<table>
<tr><th>Код</th><th>Наименование компетенции (планируемые результаты освоения ОП)</th><th>Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенции</th></tr>
<tr><td></td><td>Общие компетенции</td><td>В области знания и понимания (А)</td></tr>
<tr><td>ОК 01</td><td>Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;</td><td rowspan="3">Знать:<br>-роль физики в современном мире;<br>-фундаментальные физические законы и принципы лежащие в основе современной физической картины мира;<br>-основные физические процессы<br>и явления;<br>-важные открытия в области физики, оказавших определяющее влияние на развитие техники и технологии;<br>-методы научного познания природы;<br>-как оказать первую помощь при<br>травмах полученных от<br>бытовых технических устройств.</td></tr>
<tr><td>ОК02</td><td>Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности;</td></tr>
<tr><td>ОК03</td><td>Планировать и реализовывать собственное профессиональное и личностное развитие, предпринимательскую деятельность в профессиональной сфере, использовать знания по финансовойграмотности в различных жизненных</td></tr>
</table>

| | | |
|---|---|---|
| | ситуациях; | |
| ОК 04 | Эффективно взаимодействовать и работать в коллективе и команде; | |
| ОК05 | Осуществлять устную и письменную коммуникацию на государственном языке Российской Федерации с учетом особенностей социального и культурного контекста; | |
| ОК06 | Проявлять гражданско-патриотическую позицию, демонстрировать осознанное поведение на основе традиционных общечеловеческих ценностей, в том числе с учетом гармонизации межнациональных и межрелигиозных отношений, применять стандарты антикоррупционного поведения; | |
| ОК07 | Содействовать сохранению окружающей среды, ресурсосбережению, применять знания об изменении климата, принципы бережливого производства, эффективно действовать в чрезвычайных ситуациях; | |
| ОК 08 | Использовать средства физической культуры для сохранения и укрепления здоровья в процессе профессиональной деятельности и поддержания необходимого уровня физической подготовленности; | |
| ОК 09 | Пользоваться профессиональной документацией на государственном и иностранном языках. | |
| ПК 1.1. | Выполнять наладку. регулировку и проверку электрического и | **уметь:**<br>- производить расчет параметров электрических |

| | | |
|---|---|---|
| | электромеханического оборудования | цепей;<br>- собирать электрические схемы и проверять их работу;<br>- читать и собирать простейшие схемы с использованием полупроводниковых приборов;<br>- определять тип микросхем по маркировке; |
| ПК 1.2 | Организовывать и выполнять техническое обслуживание и ремонт электрического и электромеханического оборудования; | |
| ПК 1.3 | Осуществлять диагностику и технический контроль при эксплуатации электрического и электромеханического оборудования; | |
| ПК 1.4 | Составлять отчетную документацию по техническому обслуживанию и ремонту электрического и электромеханического оборудования. | |
| ПК 2.1. | Организовывать и выполнять работы по эксплуатации, обслуживанию и ремонту бытовой техники; | |
| ПК 2.2. | Осуществлять диагностику и контроль технического состояния бытовой техники; | |
| ПК 2.3. | Прогнозировать отказы, определять ресурсы, обнаруживать дефекты электробытовой техники. | |
| ПК 3.1. | .Участвовать в планировании работы персонала производственного подразделения; | |
| ПК 3.2. | Участвовать в планировании работы персонала производственного подразделения; | |
| ПК 3.3. | Анализировать результаты деятельности коллектива исполнителей. | |

В рабочей программе дисциплины (модуля) **ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ** определены тематическим планом.

## 3. ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ

При проведении промежуточной аттестации в университете используются традиционные формы аттестации:

| **Форма промежуточной аттестации** | **Шкала оценивания** |
|---|---|
| **ЗАЧЕТ** | "зачтено", |

| | |
|---|---|
| | "незачтено" |
| **ЗАЧЕТ С ОЦЕНКОЙ (дифференцированный зачет)** | "отлично",<br>"хорошо",<br>"удовлетворительно",<br>"неудовлетворительно" |
| **ЭКЗАМЕН** | "отлично",<br>"хорошо",<br>"удовлетворительно",<br>"неудовлетворительно" |

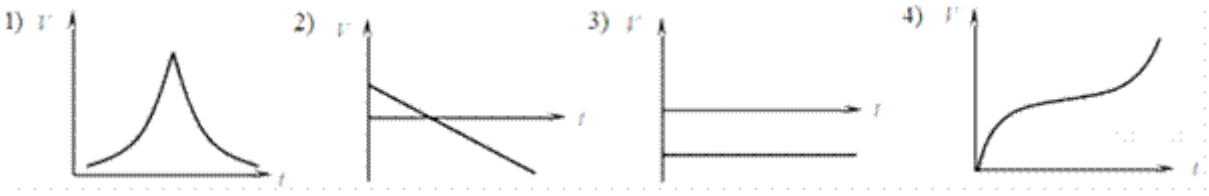
## 4. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ (ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИХ ЭТАПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ И (ИЛИ) ДЛЯ ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИИ

**2 курс, 3 семестр**

**4.1. Перечень вопросов к зачету (форме тестирования) для оценивания результатов обучения в виде ЗНАНИЙ и УМЕНИЙ. ОК1 - ОК9, ПК1.1-1.4, ПК2.1-ПК2.3, ПК3.1-ПК3.3:**

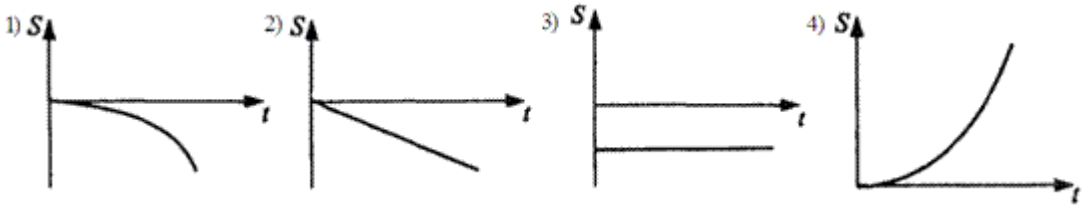
***Примерные тестовые задания по разделу Механика***

**1.** Мяч, брошенный вертикально вверх, падает на землю. Найдите график зависимости от времени проекции скорости на вертикальную ось, направленную вверх.

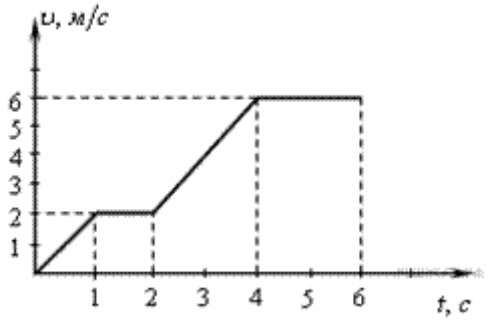



1) 1
**2) 2**
3) 3
4) 4

**2.** Мяч брошен с вершины скалы без начальной скорости. Найдите график зависимости модуля перемещения от времени. Сопротивлением воздуха пренебречь.




1) 1
2) 2
3) 3
**4) 4**

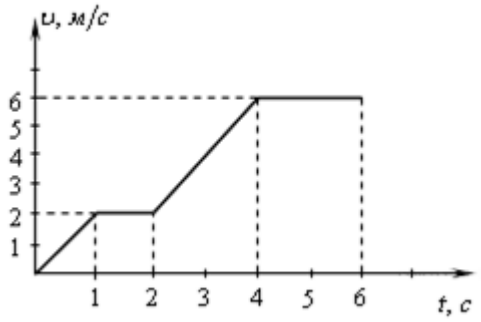



**3.**

По графику зависимости модуля скорости тела от времени, представленного на рисунке, определите путь, пройденный телом от момента времени 0 с до момента времени 2 с.

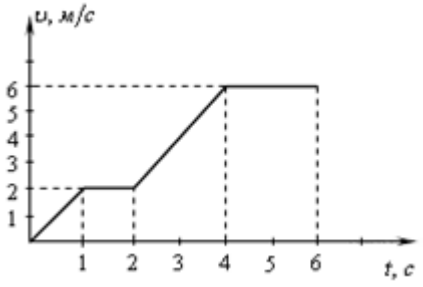
1) 1 м
2) 2 м
**3) 3 м**
4) 4 м

**4.** На рисунке представлен график зависимости модуля скорости автомобиля от времени. Определите по графику путь, пройденный автомобилем в интервале от момента времени 0 с до момента времени 5 с после начала отсчета времени.




1) 6 м
2) 15 м
**3) 17 м**
4) 23 м

**5.** На рисунке представлен график зависимости модуля скорости тела от времени.

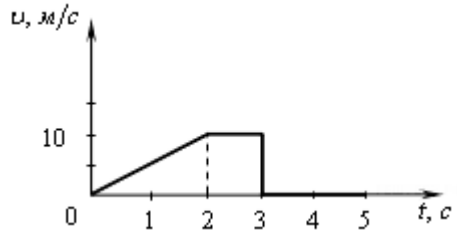



Какой путь пройден телом за вторую секунду?

1) 1 м
**2) 2 м**
3) 3 м

4) 0 м

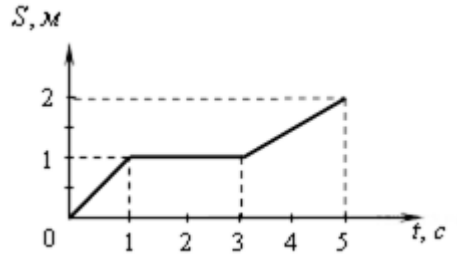
**6.** На рисунке представлен график зависимости модуля скорости тела от времени.




Найдите путь, пройденный телом за время от момента времени 0 с до момента времени 5 с.

1) 0 м
2) 15 м
**3) 20 м**
4) 30 м

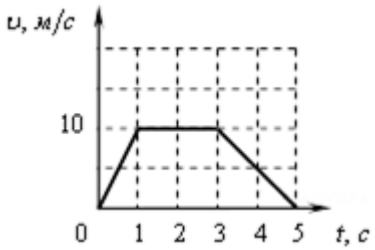
**7.** На рисунке представлен график зависимости пути от времени.




Определите по графику скорость движения велосипедиста в интервале от момента времени 1 с до момента времени 3 с после начала движения.

**1)** 0 м/с
2) 0,33 м/с
3) 0,5 м/с
4) 1 м/с

**8.** На рисунке представлен график зависимости модуля скорости автомобиля от времени *t*.

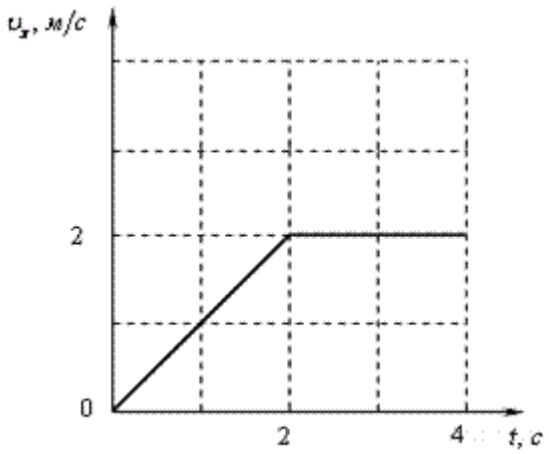



Найдите путь, пройденный автомобилем за 5 с.

1) 0 м
2) 20 м

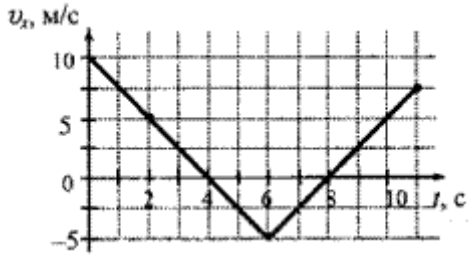
3) 30 м
**4) 35 м**

**9.** Тело движется по оси *Ox*. На графике показана зависимость проекции скорости тела от времени *t*.




Каков путь, пройденный телом к моменту времени $t$ = 4с ?
**1) 6 м**
2) 8 м
3) 4 м
4) 5 м

**10.** Тело движется по оси x. По графику зависимости проекции скорости $v_x$тела от времени $t$ установите, какой путь прошло тело за время от $t_1$ = 0с до $t_2$ = 4с.




1) 10 м
2) 15 м
3) 45 м
**4) 20 м**

**Пакет экзаменатора**

*За верное решение одного из заданий выставляется положительная оценка – 1 балл.*

*За неверное решение одного из заданий выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.*

*Шкала оценки образовательных достижений*

| *Процент результативности* | *Оценка уровня подготовки* |
|---|---|

| *(правильных ответов)* | *балл (отметка)* | *вербальный аналог* |
|---|---|---|
| *90 ÷ 100* | *5* | *отлично* |
| *70 ÷ 89* | *4* | *хорошо* |
| *50 ÷ 69* | *3* | *удовлетворительно* |
| *< 50* | *2* | *неудовлетворительно* |

***Ключи к тестовому заданию № 1.***

| Номер задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Правильный ответ | 2 | 4 | 3 | 3 | 2 | 3 | 1 | 4 | 1 | 4 |

**Тестовое задание по разделу: «Молекулярная физика»**

**1.** Какое из утверждений правильно?

A. Диффузия наблюдается только в газах и жидкостях.
B. Диффузия наблюдается только в твердых телах.
C. Диффузия наблюдается в газах, жидкостях и твердых телах.

1) A
2) B
**3) C**
4) ни A, ни B, ни C

**2.** Какое из утверждений справедливо для кристаллических тел?

1) во время плавления температура кристалла изменяется
2) в расположении атомов кристалла отсутствует порядок
**3) атомы кристалла расположены упорядоченно**
4) атомы свободно перемещаются в пределах кристалла

**3.** Какая-либо упорядоченность в расположении частиц вещества отсутствует. Это утверждение соответствует модели

**1) только газа**
2) только жидкости
3) только твердого тела
4) газа, жидкости и твердого тела

**4.** В процессе перехода вещества из жидкого состояния в кристаллическое

1) существенно увеличивается расстояние между его молекулами
2) молекулы начинают притягиваться друг к другу
**3) существенно увеличивается упорядоченность в расположении его молекул**
4) существенно уменьшается расстояние между его молекулами

**5.** Какие частицы находятся в узлах решетки металла?

1) нейтральные атомы
2) электроны
3) отрицательные частицы
4**) положительные ионы**

**6.** Какое свойство отличает монокристалл от аморфного тела?

1) прочность
2) электропроводность
3) прозрачность
**4) анизотропность**

**7.** При подъеме вверх поршня в цилиндре водяного насоса вода поднимается вверх вслед за ним потому, что

**1) атмосферное давление снаружи больше давления разреженного воздуха в цилиндре насоса**
2) жидкость обладает свойством расширения и заполняет любое пустое пространство
3) пустой сосуд втягивает воду
4) воздух обладает способностью заполнять пустоту. Он стремится в цилиндр насоса и вталкивает туда находящуюся на его пути воду

**8.** Какое из утверждений не соответствует представлениям молекулярно-кинетической теории о строении газов?

1) Все тела состоят из частиц: атомов, молекул и ионов;
2) Частицы находятся в непрерывном хаотическом движении (тепловом);
**3) Все частицы летают со строго определенными по величине скоростями;**
4) Частицы взаимодействуют друг с другом путём абсолютно упругих столкновений.

**9.** Какое из утверждений справедливо для газа?

1) Молекулы газа располагаются в строгом порядке
2) Газ сохраняет начальный объем
3) Характерное расстояние между молекулами газа по порядку величины совпадает с размерами самих молекул
**4) Газ всегда занимает весь отведенный ему объем**

**10.** Какие из утверждений справедливы для жидкостей?

А) Характерное расстояние между молекулами жидкости по порядку величины совпадает с размерами самих молекул
Б) Жидкость сохраняет форму
В) Жидкость сохраняет объем
Г) Молекулы жидкости образуют периодичную решетку

1) А и Г
2) Б и Г
**3) А и В**
4) Б и В

**Пакет экзаменатора**

*За верное решение одного из заданий выставляется положительная оценка – 1 балл.*

*За неверное решение одного из заданий выставляется отрицательная оценка – 0 баллов.*

*Шкала оценки образовательных достижений*

| *Процент результативности (правильных ответов)* | *Оценка уровня подготовки* | |
|---|---|---|
| | *балл (отметка)* | *вербальный аналог* |
| *90 ÷ 100* | *5* | *отлично* |
| *70 ÷ 89* | *4* | *хорошо* |
| *50 ÷ 69* | *3* | *удовлетворительно* |
| *< 50* | *2* | *неудовлетворительно* |

***Ключи к тестовому заданию № 2.***

| Номер задания | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Правильный ответ | 3 | 3 | 1 | 3 | 4 | 4 | 1 | 3 | 4 | 3 |

**2 курс, 4 семестр**

**Перечень вопросов к экзамену для оценивания результатов обучения в виде ЗНАНИЙ и УМЕНИЙ:**

1. Механическое движение, его относительность. Траектория движения. Путь и перемещение. Материальная точка.

2. Характеристики механического движения: перемещение, скорость, ускорение. Кинематические уравнения, связывающие перемещение, скорость и ускорение в векторной форме.

3. Прямолинейное равномерное движение. Скорость. Графическое представление движения.

4. Равнопеременное движение. Уравнения скорости и перемещения при равнопеременном движении. Графическое представление равнопеременного движения.

5. Взаимодействие тел. Понятие силы. Принцип суперпозиции. Сила упругости, силы трения.

6. Законы Ньютона.

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

8. Импульс тела. Импульс силы. Закон сохранения импульса.

9. Механическая работа и мощность. Единицы измерения работы и мощности.

10. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия тела поднятого над поверхностью Земли. Потенциальная энергия упруго деформированного тела. Закон сохранения полной механической энергии.

11. Механические колебания. Параметры колебательного движения. Уравнение гармонического колебания.

12. Математический и пружинный маятники. Периоды их колебаний. Превращение энергии при механических колебаниях.

13. Механические волны. Поперечные и продольные волны. Понятие фронта и длины волны.

14. Основные положения МКТ. Диффузия и броуновское движение.

15. Размеры и масса молекул. Количество вещества. Молярная масса. Число Авогадро.

16. Идеальный газ, его основные свойства. Давление газа, единицы давления.

17. Парообразование и конденсация. Испарение. Кипение.

18. Насыщенный пар и его свойства. Влажность воздуха и ее измерение.

19. Поверхностное натяжение жидкости. Коэффициент поверхностного натяжения жидкости. Явления смачивания и не смачивания. Краевой угол.

20. Понятия кристаллического и аморфного тел. Виды кристаллических решёток. Плавление и кристаллизация твёрдых тел.

21. Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.

22. Напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Графическое изображение электрических полей. Свойства линий напряженности электрического поля.

23. Работа сил электрического поля по переносу заряда. Потенциал, разность потенциалов. Напряжение.

24. Конденсаторы. Электроемкость плоского конденсатора. Энергия заряженного конденсатора.

25. Электрический ток. Условия существования электрического тока. Сила тока.

26. Закон Ома для участка электрической цепи без Э.Д.С. Зависимость электрического сопротивления от материала, геометрических размеров и температуры.

27. Последовательное и параллельное соединение проводников.

28. Э.Д.С. источника тока. Закон Ома для полной цепи.

29. Тепловое действие тока. Закон  Джоуля – Ленца. Работа и мощность электрического тока.

30. Электрический ток в полупроводниках. Собственная и примесная проводимости полупроводников.

31. Понятие магнитного поля. Магнитная индукция, линии магнитной индукции, их свойства.

32. Взаимодействие параллельных проводов с токами. Сила Ампера.

33. Э.Д.С. индукции в прямолинейном проводнике, движущимся в однородном магнитном поле.

34. Магнитный поток. Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле.

35. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца.

36. Явление электромагнитной индукции. Опыты Фарадея. Правило Ленца.

37. Явление самоиндукции. Э.Д.С. самоиндукции. Индуктивность.

38. Свободные электромагнитные колебания в колебательном контуре. Формула Томсона.

39. Электромагнитное поле и его распространение в пространстве в виде электромагнитных волн

40. Переменный ток, его получение и параметры. Уравнение переменного тока.

41. Действующие значения переменного тока и напряжения.

42. Активное, индуктивное и емкостное сопротивление в цепи переменного тока. Закон Ома для цепи переменного тока.

43. Устройство и принцип действия однофазного трансформатора.

44. Законы отражения света и преломления света. Полное внутреннее отражение.

45. Интерференция света, её проявление и применение в технике.

46. Дифракция света. Дифракционная решётка. Уравнение дифракционной решётки.

47. Дисперсия света.

48. Давление света. Опыты П.Н. Лебедева.

49. Явление внешнего фотоэффекта. Законы А.Г. Столетова для внешнего фотоэффекта. Уравнение А. Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.

50. Модель атома по Резерфорду и по Бору. Происхождение спектров излучения и поглощения.

51. Виды спектров. Спектральный анализ.

52. Естественная радиоактивность. Свойства альфа-, бета- и гамма-излучений.

53. Строение атомного ядра.

54. Правила смещения при альфа- и бета-распадах.

55. Закон радиоактивного распада.

56. Изотопы.

57. Дефект массы ядра, энергия связи.

58. Радиоактивные излучения и их воздействие на живые организмы.

59. Деление тяжёлых ядер. Понятие цепной реакции деления тяжёлых ядер

60. Термоядерный синтез и условия его осуществления.

**Список экзаменационных билетов по дисциплине ЕН.03 Физика**

**Билет № 1**

1. Механическое движение, его относительность. Траектория движения. Путь и перемещение. Материальная точка.

2. Понятие магнитного поля. Магнитная индукция, линии магнитной индукции, их свойства

**Билет № 2**

1. Характеристики механического движения: перемещение, скорость, ускорение. Кинематические уравнения, связывающие перемещение, скорость и ускорение в векторной форме. 2. 2. Взаимодействие параллельных проводов с токами. Сила Ампера.

**Билет № 3**

1. Прямолинейное равномерное движение. Скорость. Графическое представление движения.

2. Э.Д.С. индукции в прямолинейном проводнике, движущимся в однородном магнитном поле.

**Билет № 4**

1. Равнопеременное движение. Уравнения скорости и перемещения при равнопеременном движении. Графическое представление равнопеременного движения.

2. Магнитный поток. Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле.

**Билет № 5**

1. Взаимодействие тел. Понятие силы. Принцип суперпозиции. Сила упругости, силы трения.

2. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца.

**Билет № 6**

1. Законы Ньютона.

2. Явление электромагнитной индукции. Опыты Фарадея. Правило Ленца.

**Билет № 7**

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

2. Явление самоиндукции. Э.Д.С. самоиндукции. Индуктивность.

**Билет № 8**

1. Импульс тела. Импульс силы. Закон сохранения импульса
2. Свободные электромагнитные колебания в колебательном контуре. Формула Томсона.

**Билет № 9**

1. Механическая работа и мощность. Единицы измерения работы и мощности.

2. Электромагнитное поле и его распространение в пространстве в виде электромагнитных волн

**Билет № 10**

1. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия тела поднятого над поверхностью Земли. Потенциальная энергия упруго деформированного тела. Закон сохранения полной механической энергии.

2. Переменный ток, его получение и параметры. Уравнение переменного тока.

**Билет № 11**

1. Механические колебания. Параметры колебательного движения. Уравнение гармонического колебания.

2. Действующие значения переменного тока и напряжения.

**Билет № 12**

1. Математический и пружинный маятники. Периоды их колебаний. Превращение энергии при механических колебаниях.

2. Активное, индуктивное и емкостное сопротивление в цепи переменного тока. Закон Ома для цепи переменного тока.

**Билет № 13**

1. Механические волны. Поперечные и продольные волны. Понятие фронта и длины волны.

2. Устройство и принцип действия однофазного трансформатора.

**Билет № 14**

1. Основные положения МКТ. Диффузия и броуновское движение.

2. Законы отражения света и преломления света. Полное внутреннее отражение.

**Билет № 15**

1. Размеры и масса молекул. Количество вещества. Молярная масса. Число Авогадро.

2. Интерференция света, её проявление и применение в технике.

**Билет № 16**

1. Идеальный газ, его основные свойства. Давление газа, единицы давления.

2. Дифракция света. Дифракционная решётка. Уравнение дифракционной решётки.

**Билет № 17**

1. Парообразование и конденсация. Испарение. Кипение.

2. Дисперсия света.

**Билет № 18**

1. Насыщенный пар и его свойства. Влажность воздуха и ее измерение.

2. Давление света. Опыты П.Н. Лебедева.

**Билет № 19**

1. Поверхностное натяжение жидкости. Коэффициент поверхностного натяжения жидкости. Явления смачивания и не смачивания. Краевой угол.

2. Явление внешнего фотоэффекта. Законы А.Г. Столетова для внешнего фотоэффекта. Уравнение А. Эйнштейна для внешнего фотоэффекта.

**Билет № 20**

1. Понятия кристаллического и аморфного тел. Виды кристаллических решёток. Плавление и кристаллизация твёрдых тел.

2. Модель атома по Резерфорду и по Бору. Происхождение спектров излучения и поглощения.

**Билет № 21**

1. Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.

2. Виды спектров. Спектральный анализ.

**Билет № 22**

1. Напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Графическое изображение электрических полей. Свойства линий напряженности электрического поля.

2. Естественная радиоактивность. Свойства альфа-, бета- и гамма-излучений.

**Билет № 23**

1. Работа сил электрического поля по переносу заряда. Потенциал, разность потенциалов. Напряжение.

2. Строение атомного ядра.

**Билет № 24**

1. Конденсаторы. Электроемкость плоского конденсатора. Энергия заряженного конденсатора.

2. Правила смещения при альфа- и бета-распадах.

**Билет № 25**

1. Электрический ток. Условия существования электрического тока. Сила тока.

2. Закон радиоактивного распада.

**Билет № 26**

1. Закон Ома для участка электрической цепи без Э.Д.С. Зависимость электрического сопротивления от материала, геометрических размеров и температуры.

2. Изотопы.

**Билет № 27**

1. Последовательное и параллельное соединение проводников.

2. Дефект массы ядра, энергия связи.

**Билет № 28**

1. Э.Д.С. источника тока. Закон Ома для полной цепи.

2. Радиоактивные излучения и их воздействие на живые организмы.

## Билет № 29

1. Тепловое действие тока. Закон  Джоуля – Ленца. Работа и мощность электрического тока.

2. Деление тяжёлых ядер. Понятие цепной реакции деления тяжёлых ядер

## Билет № 30

1. Электрический ток в полупроводниках. Собственная и примесная проводимости полупроводников.

2. Термоядерный синтез и условия его осуществления.

## Пакет экзаменатора

## Ответы на экзаменационные вопросы по дисциплине ЕН.03 Физика

### 1. Механическое движение, его относительность. Траектория движения. Путь и перемещение. Материальная точка.

Механическим движением тела называют изменение его положения в пространстве относительно других тел с течением времени.
Механическое движение относительно. Движение одного и того же тела относительно разных тел оказывается различным.
Например, автомобиль движется по дороге. В автомобиле находятся люди. Люди движутся вместе с автомобилем по дороге. То есть люди перемещаются в пространстве относительно дороги. Но относительно самого автомобиля люди не движутся. В этом проявляется относительность механического движения.
Траектория - *воображаемая или видимая линия, в каждой точке которой побывало тело в процессе своего движения.*
*Длина траектории называется пройденным* путем. Обозначается *l*. (траектория – след, путь – расстояние)
Пройденный путь *l* равен длине траектории, пройденной телом за некоторое время t.
Путь – скалярная величина.
В СИ единица измерения пути: 1 м .

Перемещением тела *называют направленный отрезок прямой, соединяющий начальное положение тела с его последующим положением*.
Перемещение векторная величина. (перемещение – вектор, модуль перемещения – скаляр)
Обозначается S, измеряется в метрах.
Материальной точкой *называется тело, размерами которого в данных условиях можно пренебречь.*

**2. Характеристики механического движения: перемещение, скорость, ускорение. Кинематические уравнения, связывающие перемещение, скорость и ускорение в векторной форме.**

Перемещение тела - *это направленный отрезок прямой, соединяющий начальное положение тела с его последующим положением*.
Перемещение векторная величина. (перемещение – вектор, модуль перемещения – скаляр).
Обозначается S
Единица измерения перемещения - метр [1 м].
Скорость равномерного прямолинейного движения — *это векторная физическая величина, равная отношению перемещения тела S за любой промежуток времен к значению этого промежутка t:*
$v_x=S/t$
Скорость показывает быстроту изменения координаты: $v_x=(x-x_0)/t=\Delta x/t$.
Единица измерения скорости - метр в секунду [1 м/с]
Ускорение — *это векторная физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости, численно равная отношению изменения скорости к промежутку времени, в течение которого это изменение произошло.*
Ускорение показывает, как быстро изменяется скорость тела. Если ускорение положительно, значит скорость тела увеличивается, движение ускоренное. Если ускорение отрицательно, значит скорость уменьшается, движение замедленное.
Если скорость изменяется одинаково в течение всего времени движения, то такое движение называют равнопеременным.
Тогда ускорение можно рассчитать по формуле:

$$a_x = \frac{(v_x - v_{0x})}{t}$$

Обозначения:
$v_x$— конечная скорость тела при равноускоренном движении по прямой
$v_{0x}$— начальная скорость тела
$a$ — ускорение тела
t — время движения тела
Единица измерения ускорения в СИ [м/с$^2$].
Ускорение измеряют *акселерометром.*
Уравнение равномерного движения (перемещение тела при равномерном движении):
$S=v_x \cdot t$
Кинематическое уравнение скорости при равноускоренном движении по прямой:
$v_x = v_{x0} + a_x t$
Кинематическое уравнение перемещения при равноускоренном движении по прямой:
$S_x = v_{x0}t + \frac{a_x t^2}{2}$
Обозначения:
$S_x$ — Перемещение тела при равноускоренном движении по прямой
$v_{x0}$ — Начальная скорость тела
$v_x$ — Скорость тела при равноускоренном движении по прямой
$a_x$ — Ускорение тела
$t$ — Время движения тела

**3. Прямолинейное равномерное движение. Скорость. Графическое представление движения.**

Равномерное прямолинейное движение — *это такое движение, при котором тело за любые одинаковые промежутки времени проходит одинаковое расстояние.*

Скорость равномерного прямолинейного движения — *это векторная физическая величина, равная отношению перемещения тела S за любой промежуток времен к значению этого промежутка t:*

$v_x=S/t$

Обозначения:

$v_x$ - проекция скорости на ось x

S - перемещение

t - время

Скорость показывает быстроту изменения координаты: $v_x=(x-x_0)/t=\Delta x/t$

Единица измерения скорости - метр в секунду [1 м/с]

Графическое представление равномерного прямолинейного движения

Механическое движение представляют графическим способом. Зависимость физических величин выражают при помощи функций. Обозначают:

*v(t)* - изменение скорости со временем

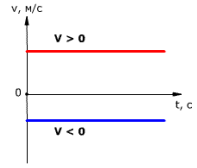
*S(t)* - изменение перемещения (пути) со временем

*a(t)* - изменение ускорения со временем

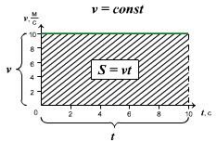
Зависимость ускорения от времени. Так как при равномерном движении ускорение равно нулю, то зависимость a(t) - прямая линия, которая лежит на оси времени.

$a=0$

Зависимость скорости от времени. Так как тело движется прямолинейно и равномерно (*v=const*), т.е. скорость со временем не изменяется, то график с зависимостью скорости от времени *v(t)* - прямая линия, параллельная оси времени.

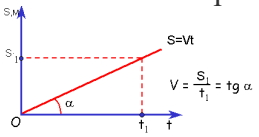



Проекция перемещения тела численно равна площади прямоугольника под графиком, так как величина вектора перемещения равна произведению вектора скорости на время, за которое было совершено перемещение.

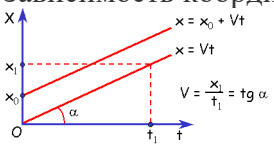



*Правило определения пути по графику v(t):* при прямолинейном равномерном движении модуль вектора перемещения равен площади прямоугольника под графиком скорости.

Зависимость перемещения от времени. График s(t) - наклонная линия




Зависимость координаты от времени. График x(t) - наклонная линия:




Из графика видно, что проекция скорости равна:

$v_x=S/t=tga$

Рассмотрев эту формулу, мы можем сказать, чем больше угол *a*, тем быстрей движется тело и оно проходит больший путь за меньшее время.
*Правило определения скорости по графику s(t) и x(t):* Тангенс угла наклона графика к оси времени равен скорости движения.

**4. Равнопеременное движение. Уравнения скорости и перемещения при равнопеременном движении. Графическое представление равнопеременного движения.**

*Движение тела, при котором его скорость за любые равные промежутки времени изменяется одинаково, называют* равноускоренным или равнопеременным движением.

Скорость при равноускоренном движении по прямой — это начальная скорость тела плюс ускорение данного тела умноженное на время в пути

$$\upsilon_x = \upsilon_{x0} + a_x t$$

Перемещение при равноускоренном движении по прямой — это расстояние пройденное телом по прямой (расстояние между начальной и конечной точками движения)

$$S_x = \upsilon_{x0} t + \frac{a_x t^2}{2}$$

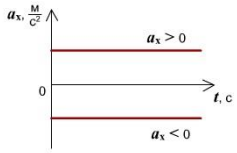
Обозначения:
$S_x$ — Перемещение тела при равноускоренном движении по прямой
$\upsilon_{x0}$ — Начальная скорость тела
$\upsilon_x$ — Скорость тела при равноускоренном движении по прямой
$a_x$ — Ускорение тела
$t$ — Время движения тела

Графическое представление неравномерного прямолинейного движения

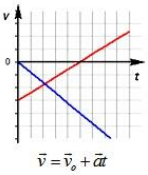
Механическое движение представляют графическим способом. Зависимость физических величин выражают при помощи функций. Обозначают:

*(t) - изменение скорости со временем*
*S(t) - изменение перемещения (пути) со временем*
*a(t) - изменение ускорения со временем*

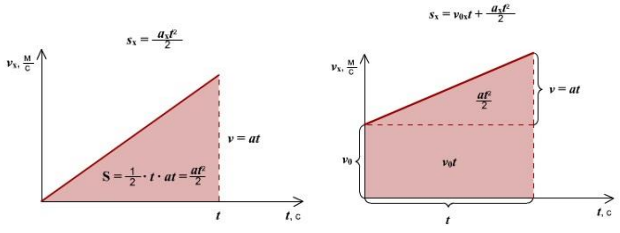
Зависимость ускорения от времени. Ускорение со временем не изменяется, имеет постоянное значение, график a(t) - прямая линия, параллельная оси времени.



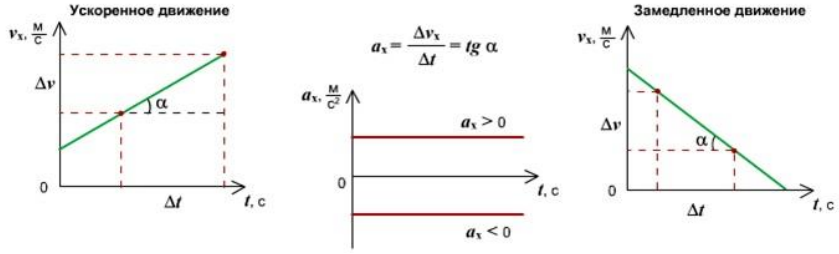

Зависимость скорости от времени. При равномерном движении скорость изменяется, согласно линейной зависимости . Графиком является наклонная линия.




*Правило определения пути по графику v(t):* Путь тела - это площадь треугольника (или трапеции) под графиком скорости.

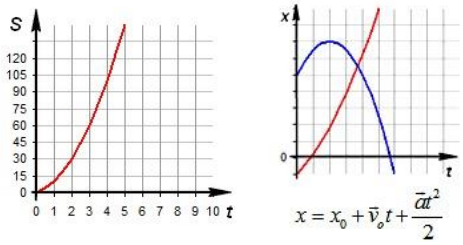


*Правило определения ускорения по графику v(t):* Ускорение тела - это тангенс угла наклона графика к оси времени. Если тело замедляет движение, ускорение отрицательное, угол графика тупой, поэтому находим тангенс смежного угла.




Зависимость пути от времени. При равноускоренном движении путь изменяется, согласно квадратной зависимости .

В координатах зависимость имеет вид $x = x_0 + v_0 t + \frac{at^2}{2}$. Графиком является ветка параболы.




**5. Взаимодействие тел. Понятие силы. Принцип суперпозиции. Сила упругости, силы трения.**

скорость тела меняется только в результате действия на него другого тела.

*Действие тел друг на друга* называют взаимодействием.

В повседневной жизни мы постоянно встречаемся с различными видами воздействий одних тел на другие.

Величину, характеризующую взаимодействие тел, называют сила.

Сила — *физическая величина, которая определяет меру воздействия одного тела на другое.*

F - обозначение силы

Сила – векторная величина; *она характеризуется*:

- *модулем (абсолютной величиной);*
- *направлением;*
- *точкой приложения.*

Измеряется сила при помощи прибора «*динамометр*».

Единица измерения силы в Международной системе единиц (СИ) - *Ньютон*, обозначение [Н].

Если на тело одновременно действуют несколько сил (например, F1, F2 и F3) то под силой, действующей на тело, нужно понимать равнодействующую всех сил: *F=F1+F2+F3*

Принцип суперпозиции сил: *если тело взаимодействует одновременно с несколькими телами, то результирующая сила, действующая на данное тело, равна векторной сумме сил, действующих на это тело со стороны всех других тел*.

Основные виды сил: сила тяжести, сила трения, сила упругости.

При соприкосновении двух движущихся тел возникает сила, направленная против движения и препятствующая движению - сила трения.

Сила трения - *это сила, возникающая при движении одного тела по поверхности другого, приложенная к движущемуся телу и направлена против движения.*

Сила трения - это сила электромагнитной природы.

Возникновение силы трения объясняется двумя причинами:

1) Шероховатостью поверхностей

2) Проявлением сил молекулярного взаимодействия.

Силы трения всегда направлены по касательной к соприкасающимся поверхностям и подразделяются на *силы трения покоя, силы трения скольжения, силы трения качения*.

Fтр = м*N, где м – коэффициент трения , N – сила реакции опоры.

Сила упругости – сила, которая возникает при любом виде деформации тел и стремится вернуть тело в первоначальное состояние.

$F_{упр_x}$ = - k*x, где k – жесткость тела [Н/м], x - абсолютное удлинение тела.

Сила упругости перпендикулярна поверхности взаимодействующих тел и направлена всегда против деформации.

## 6. Законы Ньютона.

Основу динамики составляют три закона Ньютона:

Первый закон Ньютона - Существуют такие системы отсчета, относительно которых поступательно движущееся тело сохраняет свою скорость постоянной, если на него не действуют другие тела (или действие других тел скомпенсировано).

$R=0;\ v=const$

$R$ - равнодействующая всех сил, приложенных к телу

$v$ - скорость тела

Второй закон Ньютона — Ускорение тела пропорционально силе, действующей на тело и обратнопропорционально массе этого тела.

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

$F$ — Сила действующая на тело

$m$ — Масса тела

$a$ — Ускорение тела

Третий закон Ньютона - *Тела действуют друг на друга с силами, направленными вдоль одной прямой, равными по модулю и противоположными по направлению.*

$$\vec{F}_{12} = -\vec{F}_{21}$$

$F_{12}$— Сила действующая на 2 предмет

$F_{21}$— Сила действующая на 1 предмет

Эти силы :

- действуют вдоль одной прямой;
- направлены в противоположные стороны;
- равны по величине;
- приложены к разным телам, поэтому не уравновешивают друг друга;
- одинаковой природы.

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

Сила тяжести – *сила, с которой тела притягиваются к Земле, сила притяжения всех тел к Земле вблизи ее поверхности*.

$F_{тяж} = m \cdot g$

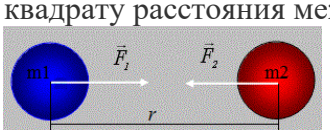
m - масса тела

$g = 9{,}81\ м/с^2$ – ускорение свободного падения на поверхности Земли.

Сила тяжести это гравитационная сила, приложенная к центру тела и всегда направлена к центру Земли. (вертикально вниз к поверхности Земли)

Сила тяжести – одно из проявлений силы всемирного тяготения.

Закон всемирного тяготения. Все тела притягиваются друг к другу с силой, модуль которой прямо пропорционален произведению их масс и обратнопропорционален квадрату расстояния между ними. (открыт И. Ньютоном в 1682 году)




$F = G\frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ - закон всемирного тяготения.

G – постоянная всемирного тяготения или гравитационная постоянная.

$G = 6{,}67 \cdot 10^{-11}$ Н·м$^2$/кг$^2$

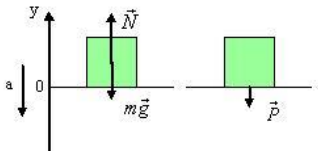
Силу тяжести с которой тела притягиваются к Земле, нужно отличать от веса тела. В отличие от силы тяжести, являющейся гравитационной силой, приложенной к телу, вес – это упругая сила, приложенная к опоре или подвесу (т.е. к связи).

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

Обозначают P, ед. измерения ньютон [1Н].

Если тело неподвижно относительно опоры или подвеса, то $P=F_m=mg$, то есть вес тела равен силе тяжести. Но эти силы приложены к разным телам!

Если опора движется с ускорением a вниз, то вес тела, движущегося с ускорением вниз уменьшается.




$ma = mg - N$ - второй закон Ньютона $N = mg - ma$ $P = N = m(g - a)$ $P < mg$

Падение тел в вакууме без начальной скорости называется свободным падением. При свободном падении a=g из формулы P=m(g - g) следует, что P = 0, т.е. вес тела отсутствует. Говорят, что тело находится в состоянии невесомости.

Невесомость - *состояние тела, при котором оно движется только под действием силы тяжести.*

## 8. Импульс тела. Импульс силы. Закон сохранения импульса.

Импульсом тела *называют векторную величину, равную произведению массы тела на его скорость:*

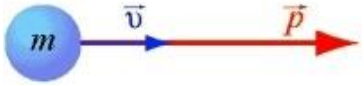
$$\vec{p} = m \cdot \vec{\vartheta}$$

$\vec{p}$ - импульс тела, кг·м/с

*m* - масса тела, кг

$\vec{\vartheta}$ - скорость тела, м/с

Импульс тела направлен в ту же сторону, что и скорость тела.




Единицей измерения импульса в СИ является 1 кг·м/с.

*Физическая величина, равная произведению силы на время ее действия*, называется импульсом силы: $\vec{F}\,\Delta t$

Импульс силы также является векторной величиной.

Импульс силы равен изменению импульса тела (*II закон Ньютона в импульсной форме*):

$$\vec{F}\cdot\Delta t = m\cdot\vec{\vartheta_2} - m\cdot\vec{\vartheta_1}$$

Закон сохранения импульса.

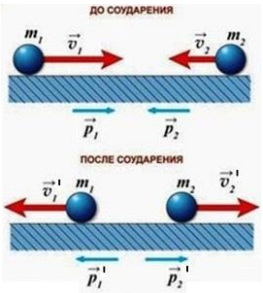
$$m_1\cdot\vec{\vartheta_1} + m_2\cdot\vec{\vartheta_2} = m_1\cdot\vec{\vartheta_1}' + m_2\cdot\vec{\vartheta_2}'$$

В замкнутой системе векторная сумма импульсов всех тел, входящих в систему, остается постоянной при любых взаимодействиях тел этой системы между собой.

$m_1$,$m_2$ - массы взаимодействующих тел, кг

$\vec{\vartheta}_1$, $\vec{\vartheta}_2$ - скорости тел до столкновения, м/с

$\vec{\vartheta}_1'$, $\vec{\vartheta}_2'$ - скорости тел после столкновения, м/с




**9. Механическая работа и мощность. Единицы измерения работы и мощности.**

Механическая работа – это скалярная величина, равная произведению модуля силы, действующей на тело, на модуль перемещения и на косинус угла между вектором силы и вектором перемещения (или скорости).

$$A = Fs\cos\alpha$$

*A* - Механическая работа

*F* - Сила, действующая на тело

*S* - Перемещение, которое тело совершает под действием силы

*a* - Угол между направлением действия силы и вектором перемещения

Работа является скалярной величиной. Она может быть как положительна ($0° \le \alpha < 90°$), так и отрицательна ($90° < \alpha \le 180°$). При $\alpha = 90°$ работа, совершаемая силой, равна нулю.

В системе СИ работа измеряется в джоулях (Дж). **[1** Дж=1 Н·м]

Работа силы, совершаемая в единицу времени, называется мощностью.

Мощность N – физическая величина, равная отношению работы A к промежутку времени t, в течение которого совершена эта работа:

$$N=A/t$$

В Международной системе (СИ) единица мощности называется ватт (Вт).

Внесистемная единица мощности 1 л.с.=735 Вт

**10. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия тела поднятого над поверхностью Земли. Потенциальная энергия упруго деформированного тела. Закон сохранения полной механической энергии.**

Механическая энергия тела – *это скалярная величина, равная максимальной работе, которая может быть совершена в данных условиях.*

Обозначается E. Единица энергии в СИ [1Дж = 1Н*м]

Различают два вида механической энергии – кинетическая Ек и потенциальная Ер энергия.

Полная механическая энергия тела равна сумме его кинетической и потенциальной энергий  E = Ек + Ер

Кинетическая энергия – это энергия тела, обусловленная его движением. Это физическая величина, равная половине произведения массы тела на квадрат его скорости.

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

*m* - масса тела

*v* - скорость тела

Потенциальная энергия – *энергия тела, обусловленная взаимным расположением взаимодействующих между собой тел или частей одного тела.*

Потенциальная энергия тела в поле силы тяжести (потенциальная энергия тела, поднятого над землёй):

$$Ep = mgh$$

*m* - масса тела

*g* - ускорение свободного падения

*h* - высота поднятия тела над нулевым уровнем (над поверхностью Земли)

Потенциальная энергия упруго деформированного тела:

$$E_p = \frac{kx^2}{2}$$

*k* - коэффициент упругости (жесткость тела)

*x* - абсолютная деформация (удлинение тела)

Закон сохранения энергии в механических процессах: *сумма кинетической и потенциальной энергии тел, составляющих замкнутую систему и взаимодействующих между собой силами тяготения и силами упругости, остается неизменной.*

$$E = Ек + Ep = const$$

Полная механическая энергия замкнутой системы тел, взаимодействующих между собой только консервативными силами, при любых движениях этих тел не изменяется. Происходят лишь взаимные превращения потенциальной энергии тел в их кинетическую энергию, и наоборот, или переход энергии от одного тела к другому.

## 11. Механические колебания. Параметры колебательного движения.  Уравнение гармонического колебания.

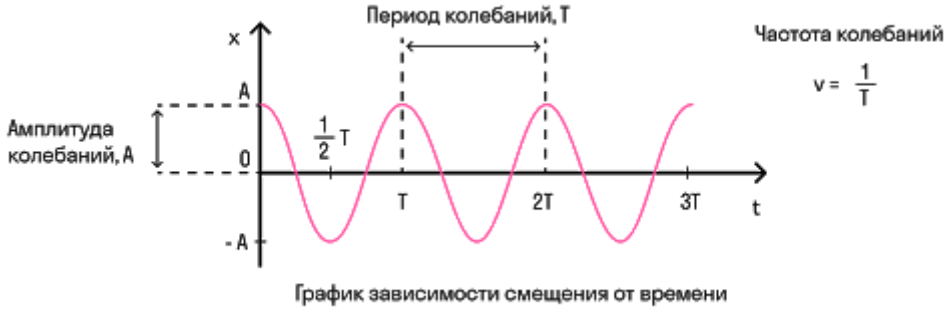


График зависимости смещения от времени

Механические колебания — это движения, которые точно или приблизительно повторяются через одинаковые промежутки времени.

Параметры колебательного движения:

- Смещение (x) — отклонение колеблющейся точки от положения равновесия. Единица измерения — 1 метр.

- Амплитуда колебаний (A) — максимальное отклонение колеблющейся точки от положения равновесия. Единица измерения — 1 метр.
- Период колебаний (T) — минимальный интервал времени, за который происходит одно полное колебание. Единица измерения — 1 секунда.
- Частота колебаний (ν) — физическая величина, равная числу колебаний за единицу времени, показывает, сколько колебаний совершается за 1 с. Единица частоты — герц (Гц).
- Циклическая частота (ω) — число колебаний за 2π секунды.
- Фаза гармонического процесса — величина, стоящая под знаком синуса или косинуса в уравнении гармонических колебаний.

Уравнение гармонического колебания: x = xm cos (ωt + φ0), где:

- x — смещение тела от положения равновесия;
- xm — амплитуда колебаний, то есть максимальное смещение от положения равновесия; 1
- ω — циклическая или круговая частота колебаний;
- t — время.

**12. Математический и пружинный маятники. Периоды их колебаний. Превращение энергии при механических колебаниях.**

Математический маятник – это тело небольших размеров, подвешенное на тонкой нерастяжимой нити, масса которой пренебрежимо мала по сравнению с массой тела.
Период колебаний математического маятника зависит от длины нити и от ускорения свободного падения той местности, где установлен маятник.
Период малых собственных колебаний математического маятника длины *l* неподвижно подвешенного в однородном поле тяжести с ускорением свободного падения g равен:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{l}{g}}$$

Пружинный маятник – это груз некоторой массы, прикреплённый к пружине жёсткости, второй конец которой закреплён неподвижно.
Период колебаний пружинного маятника зависит от массы груза и от жёсткости пружины.
Период колебаний пружинного маятника может быть вычислен по следующей формуле:

$$T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}},$$

где m — масса груза, k — жёсткость пружины.

Превращение энергии при механических колебаниях заключается в периодическом превращении кинетической энергии в потенциальную и наоборот.
Если в колебательной системе отсутствует трение, то полная механическая энергия при механических колебаниях остаётся неизменной.
Для математического маятника при максимальном отклонении тела от положения равновесия его скорость, а следовательно, и кинетическая энергия равны нулю. В этом положении потенциальная энергия колеблющегося тела достигает максимального значения. Когда тело при своём движении проходит через положение равновесия, его скорость максимальна, значит, в этот момент оно обладает максимальной кинетической энергией. Увеличение кинетической энергии происходит за счёт уменьшения потенциальной энергии. При прохождении положения равновесия полная энергия равна

кинетической энергии тела. При дальнейшем движении начинает увеличиваться потенциальная энергия за счёт убыли кинетической энергии и так далее.
Для пружинного маятника при максимальном отклонении тела от положения равновесия его скорость, а следовательно, и кинетическая энергия обращаются в нуль. В этом положении потенциальная энергия колеблющегося тела достигает максимального значения. Для груза на пружине потенциальная энергия — это энергия упругих деформаций пружины, поэтому в положении максимального отклонения полная энергия маятника равна потенциальной энергии деформированной пружины.

**13. Механические волны. Поперечные и продольные волны. Понятие фронта и длины волны.**

Механические волны — это процесс распространения в пространстве колебаний частиц упругой среды (твёрдой, жидкой или газообразной).
Поперечная волна — волна, в которой частицы среды колеблются в направлении, перпендикулярном к направлению распространения волны. Например, волны на поверхности воды — поперечные волны.
Продольная волна — волна, в которой колебания происходят в направлении распространения волны. Продольная волна состоит из чередующихся деформаций растяжения и сжатия.
Фронт волны (волновая поверхность) — геометрическое место точек, колеблющихся в одинаковых фазах. На волновой поверхности фазы колеблющихся точек в рассматриваемый момент времени имеют одно и то же значение.
Длина волны — расстояние, на которое распространяется колебательный процесс в среде за время, равное периоду колебаний её частиц. Также длина волны — это расстояние между двумя ближайшими точками бегущей волны, которые колеблются в одинаковой фазе.

**14. Основные положения МКТ. Диффузия и броуновское движение.**

Молекулярно-кинетическая теория (МКТ) — это область физики, описывающая свойства веществ, основываясь на представлениях об их молекулярной структуре. МКТ позволяет понять, как и почему вещества ведут себя определённым образом при изменении различных параметров, связывая эти явления с движением и взаимодействием молекул
Основные положения МКТ.
1. Все вещества состоят из частиц, между которыми есть промежутки.
2. Частицы движутся хаотично и непрерывно.
3. Частицы взаимодействуют друг с другом силами притяжения и отталкивания.
Броуновское движение (или брауновское движение) – то непрерывное хаотическое движение малых частиц, взвешенных в жидкости или газе (при этом подразумевается, что сила тяжести не влияет на их движение). Это явление впервые наблюдал Роберт Броун (Браун, годы жизни 1773 – 1858), когда рассматривал в микроскоп движение цветочной пыльцы, взвешенной в воде.
Диффузия – это самопроизвольное взаимное проникновение молекул одного вещества в промежутки между молекулами другого. В этом определении важным является каждое слово: и самопроизвольное, и взаимное, и проникновение, и молекул. Опыты, демонстрирующие явление диффузии.

**15. Размеры и масса молекул. Количество вещества. Молярная масса. Число Авогадро.**

Размеры молекул чрезвычайно малы. Простые одноатомные молекулы имеют размер порядка 10–10 м, сложные многоатомные молекулы могут иметь размеры в сотни и тысячи раз больше.
Масса молекул (за исключением молекул органических веществ, например, белков) очень мала. Так, масса молекулы воды составляет около 2,7·10–23 г. Для удобной характеристики масс молекул часто используется внесистемная единица массы — атомная единица массы (а.е.м.).
Количество вещества $\nu$ – это отношение числа молекул (атомов) N в донном макроскопическом теле к числу молекул в 0,012 кг углерода $N_A$

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

Количество вещества выражают в молях

Один моль – это количество вещества, в котором столько же молекул (атомов), сколько атомов содержится в 0,012 кг углерода.

Моль любого вещества содержит одинаковое число молекул. Это число называют постоянной Авогадро $N_A = 6,02 * 10^{23}$моль $^{-1}$

Масса одного моля вещества называется молярной массой.

$$M = m_0 \cdot N_A$$

Число молекул в данной массе вещества: $N = \nu \cdot N_A = \frac{m \cdot N_A}{M}$

Масса вещества (любого количества вещества): $m = m_0 \cdot N = \nu \cdot N_A \cdot m_0 = \nu \cdot M$

Определение молярной массы: $M = M_0 \cdot 10^{-3} кг / моль$

**16. Идеальный газ, его основные свойства. Давление газа, единицы давления.**

Идеальный газ — это модель реального газа. Молекулы идеального газа представляют собой материальные точки, которые не взаимодействуют друг с другом на расстоянии, но взаимодействуют при столкновениях друг с другом или со стенками сосуда. При работе с идеальным газом можно пренебречь потенциальной энергией молекул (но не кинетической).
Идеальный газ — это газ с достаточно простыми свойствами: 1) собственным объемом молекул можно пренебречь по сравнению с объемом сосуда, в котором находится газ; 2) между молекулами идеального газа нет сил взаимодействия; они действуют только при столкновениях молекул; 3) молекулы идеального газа ведут себя при столкновениях как абсолютно упругие шарики.
Давление p = F/S
F — сила [Н]
S — площадь [м2]
В СИ единица давления носит название Паскаль (Па): 1 Па = 1 Н/м.
Давление – физическая величина, равная отношению силы к площади поверхности, перпендикулярно которой эта сила действует.
Давление характеризует силу, приходящуюся на каждую единицу площади её приложения. Давление газа. Все газы вне зависимости от того, находятся они в сосуде или нет, постоянно оказывают давление на окружающие их тела.

**17. Парообразование и конденсация. Испарение. Кипение.**

Парообразова́ние — свойство капельных жидкостей изменять своё агрегатное состояние и превращаться в пар. Парообразование, происходящее лишь на поверхности капельной жидкости, называется испарением.
Конденсация-
это изменение физического состояния вещества из газовой фазы в жидкуюи является обра тным испарением. Это слово чаще всего относится к круговороту воды. Его также можно определить как изменение состояния водяного пара в жидкую воду при контакте с жидкой или твердой поверхностью или ядрами конденсации облаков в атмосфере.
Испарение —
это превращение или переход жидкости в газ (пар) со свободной поверхности жидкости. Если поверхность жидкости открыта и с нее начинается переход вещества из жидкого состояния в газообразное, это будет называться испарением. Кипение — процесс интенсивного парообразования, который происходит в жидкости при определенной температуре. Испарение может происходить и без кипения, просто тогда оно не будет для нас заметно.
Кипе́ние — процесс интенсивного парообразования, который происходит в жидкости как на свободной её поверхности, так и внутри её структуры. При этом в объёме жидкости возникают границы разделения фаз, то есть на стенках сосуда образуются пузырьки, которые содержат воздух и насыщенный пар. Кипение, как и испарение, является одним из способов парообразования.

**18. Насыщенный пар и его свойства. Влажность воздуха и ее измерение.**

Насыщенный пар — это пар, находящийся в динамическом равновесии со своей жидкостью.
Свойства насыщенного пара:

- концентрация молекул насыщенного пара не зависит от его объёма при постоянной температуре;
- давление насыщенного пара при постоянной температуре не зависит от его объёма;
- давление насыщенного пара зависит от температуры: с увеличением температуры давление насыщенных паров возрастает.

Влажность воздуха — это содержание водяного пара в воздухе.
Для количественной оценки влажности воздуха используют понятия абсолютной и относительной влажности:

- Абсолютная влажность — величина, показывающая, какая масса паров воды находится в 1 м³ воздуха. Она равна парциальному давлению пара при данной температуре.
- Относительная влажность воздуха — это величина, показывающая, как далёк пар от насыщения. Это отношение парциального давления водяного пара, содержащегося в воздухе при данной температуре, к давлению насыщенного пара при той же температуре, выраженное в процентах.

Измерение влажности воздуха проводят с помощью приборов — гигрометров. Существуют конденсационные, волосные и психрометрические гигрометры.

**19. Поверхностное натяжение жидкости. Коэффициент поверхностного натяжения жидкости. Явления смачивания и не смачивания. Краевой угол.**

Поверхностное натяжение — это явление, при котором вещество (прежде всего, жидкость) стремится приобрести форму с минимально возможной площадью поверхности. Это достигается за счёт наличия сил поверхностного натяжения.
Коэффициент поверхностного натяжения (σ) численно равен силе поверхностного натяжения, действующей на единицу длины контура, ограничивающего поверхность жидкости. Измеряется в Н/м. Величина σ зависит от рода жидкости, температуры, наличия примесей.
Явление смачивания (или несмачивания) — искривление свободной поверхности жидкости при взаимодействии её молекул с молекулами твёрдого тела.
Краевой угол (θ) — угол между касательными к поверхности твёрдого тела и к поверхности жидкости, который отсчитывается внутри жидкости. Если $\cos\theta > 0$ (угол θ — острый) — явление смачивания, если $\cos\theta < 0$ (угол θ — тупой) — явление несмачивания.
С явлением поверхностного натяжения жидкости мы сталкиваемся каждый день:
капли воды стремятся принять форму, близкую к шарообразной (а в невесомости они совсем шарообразные);
струя воды из-под крана стремится к цилиндрической форме;
булавка не тонет на поверхности воды в стакане;
многие насекомые могут скользить по поверхности воды.
Силы поверхностного натяжения действуют вдоль поверхности жидкости, стремясь сократить ее площадь. Как будто жидкость заключена в упругую пленку, которая стремится сжать свое содержимое.
Потенциальная энергия взаимного притяжения молекул жидкости примерно равна их кинетической энергии. Это позволяет веществу сохранять объем (но не форму), и этот объем ограничивается поверхностью жидкости.
На молекулу жидкости, которая находится внутри, действуют силы притяжения со стороны других молекул, и они уравновешивают друг друга. А на ту молекулу, что находится на поверхности, действуют силы притяжения не только со стороны других молекул жидкости, но и со стороны газа (внешней среды). Эти вторые значительно меньше первых, поэтому равнодействующая сила притяжения направлена внутрь жидкости, что способствует удержанию молекулы на поверхности.
Поверхностное натяжение — это величина, которая показывает стремление жидкости сократить свою свободную поверхность, то есть уменьшить избыток своей потенциальной энергии на границе раздела с газообразной фазой.
Чем больше площадь поверхности жидкости, тем больше молекул, которые обладают избыточной потенциальной энергией, и тем больше поверхностная энергия. Этот факт можно записать в виде следующего соотношения:
Поверхностная энергия жидкости
$W = \sigma S$
W — поверхностная энергия жидкости [Дж]
S — площадь свободной поверхности [м2]
σ— коэффициент поверхностного натяжения [Н/м]
Отсюда мы можем вывести формулу коэффициента поверхностного натяжения.
Коэффициент поверхностного натяжения — это физическая величина, которая характеризует данную жидкость и численно равна отношению поверхностной энергии к площади свободной поверхности жидкости.
Коэффициент поверхностного натяжения
$\sigma = W/S$
W — поверхностная энергия жидкости [Дж]
S — площадь свободной поверхности [м2]
σ — коэффициент поверхностного натяжения [Н/м]
Коэффициент поверхностного натяжения жидкости зависит:
от природы жидкости;

температуры жидкости;
свойств газа, который граничит с данной жидкостью;
наличия поверхностно-активных веществ (например, мыло или стиральный порошок), которые уменьшают поверхностное натяжение.
Коэффициент поверхностного натяжения не зависит от площади свободной поверхности жидкости, хотя может быть рассчитан с ее помощью.
Если на жидкость не действуют другие силы или их действие мало, жидкость будет стремиться принимать форму сферы, как капля воды или мыльный пузырь. Так же ведет себя вода в невесомости. Жидкость ведет себя так, как будто по касательной к ее поверхности действуют силы, стягивающие эту поверхность. Эти силы называются силами поверхностного натяжения.
Сила поверхностного натяжения
$F = \sigma l$
F — сила поверхностного натяжения [Н]
$l$ — длина контура, ограничивающего поверхность жидкости [м]
σ — коэффициент поверхностного натяжения [Н/м]
В химической промышленности в воду часто добавляют специальные реагенты-смачиватели, не дающие ей собираться в капли на какой-либо поверхности. Например, их добавляют в жидкие средства для посудомоечных машин. Попадая в поверхностный слой воды, молекулы таких реагентов заметно ослабляют силы поверхностного натяжения, вода не собирается в капли и не оставляет на поверхности пятен после высыхания.

## 20. Понятия кристаллического и аморфного тел. Виды кристаллических решёток. Плавление и кристаллизация твёрдых тел.

В кристаллических веществах частицы расположены на значительном расстоянии друг от друга. Аморфные вещества не имеют фиксированной температуры плавления. Кристаллические вещества лучше сохраняют форму. Аморфные вещества по свойствам близки к жидкостям, кристаллические – к твердым телам. Аморфное состояние веществ считается неустойчивым. Вещества с аморфным строением характеризуются изотропией, кристаллы - анизотропией.
В зависимости от природы частиц, расположенных в узлах, и характера связи между ними различают четыре типа кристаллических решёток: ионную, металлическую, атомную и молекулярную. Ионными называют решётки, в узлах которых находятся ионы. Их образуют вещества с ионной связью. В узлах такой решётки располагаются положительные и отрицательные ионы, связанные между собой электростатическим взаимодействием.
Переход вещества из твердого состояния в жидкое называется плавлением, а переход из жидкого состояния в твердое — отвердеванием или кристаллизацией. При плавлении твердого вещества увеличиваются расстояния между частицами, образующими кристаллическую решетку, и происходит разрушение самой решетки. Это означает, что в процессе плавления увеличивается молекулярно-потенциальная энергия вещества.

## 21. Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда. Закон Кулона.

Электрический заряд – это физическая величина, характеризующая способность частиц или тел вступать в электромагнитные взаимодействия. Электрический заряд обычно обозначается буквами $q$ или $Q$. В системе СИ электрический заряд измеряется в Кулонах (Кл). Свободный заряд в 1 Кл – это гигантская величина заряда, практически не встречающаяся в природе. Как правило, Вам придется иметь дело с микрокулонами (1

мкКл = $10^{-6}$ Кл), нанокулонами (1 нКл = $10^{-9}$ Кл) и пикокулонами (1 пКл = $10^{-12}$ Кл). Электрический заряд обладает следующими свойствами:

1. Электрический заряд является видом материи.
2. Электрический заряд не зависит от движения частицы и от ее скорости.
3. Заряды могут передаваться (например, при непосредственном контакте) от одного тела к другому. В отличие от массы тела электрический заряд не является неотъемлемой характеристикой данного тела. Одно и то же тело в разных условиях может иметь разный заряд.
4. Существует два рода электрических зарядов, условно названных положительными и отрицательными.
5. Все заряды взаимодействуют друг с другом. При этом одноименные заряды отталкиваются, разноименные – притягиваются. Силы взаимодействия зарядов являются центральными, то есть лежат на прямой, соединяющей центры зарядов.
6. Существует минимально возможный (по модулю) электрический заряд, называемый элементарным зарядом. Его значение:

$$e = 1{,}602177 \cdot 10^{-19} \text{ Кл} \approx 1{,}6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}.$$

Электрический заряд любого тела всегда кратен элементарному заряду:

$$q = Ne$$

где: $N$ – целое число. Обратите внимание, невозможно существование заряда, равного $0{,}5e$; $1{,}7e$; $22{,}7e$ и так далее. Физические величины, которые могут принимать только дискретный (не непрерывный) ряд значений, называются квантованными. Элементарный заряд e является квантом (наименьшей порцией) электрического заряда.

Закон сохранения электрического заряда. В изолированной системе алгебраическая сумма зарядов всех тел остается постоянной:

$$q_1 + q_2 + q_3 + \ldots + q_n = \text{const}.$$

Закон сохранения электрического заряда утверждает, что в замкнутой системе тел не могут наблюдаться процессы рождения или исчезновения зарядов только одного знака

Закон Кулона

Точечным зарядом называют заряженное тело, размерами которого в условиях данной задачи можно пренебречь. На основании многочисленных опытов Кулон установил следующий закон:

Силы взаимодействия неподвижных точечных зарядов прямо пропорциональны произведению модулей зарядов и обратно пропорциональны квадрату расстояния между ними:

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

где: $\varepsilon$ – диэлектрическая проницаемость среды – безразмерная физическая величина, показывающая, во сколько раз сила электростатического взаимодействия в данной среде будет меньше, чем в вакууме (то есть во сколько раз среда ослабляет взаимодействие). Здесь $k$ – коэффициент в законе Кулона, величина, определяющая численное значение силы взаимодействия зарядов. В системе СИ его значение принимается равным:

$$k = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{м}}{\Phi}$$

где: $\varepsilon_0 = 8{,}85 \cdot 10^{-12}$ Ф/м – электрическая постоянная.

Для диэлектрической проницаемости вещества верно следующее (о том, что такое электрическое поле чуть ниже):

$$\varepsilon = \frac{E_{\text{в вакууме}}}{E_{\text{в веществе}}}$$

**22. Напряжённость электрического поля. Принцип суперпозиции электрических полей. Графическое изображение электрических полей. Свойства линий напряженности электрического поля.**

Взаимодействия зарядов передаются с помощью особого материального посредника, называемого *электрическим полем*. Взаимодействие двух зарядов $q_1$ и $q_2$ можно объяснить так: в пространстве вокруг заряда $q_1$ существует особая форма материи – электрическое поле, которое и действует непосредственно на заряд $q_2$.

*Действие электрического поля на помещенный в него заряд является основным его свойством.*

Электрическое поле, созданное неподвижными зарядами, называется *электростатическим*.

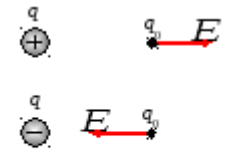


Рис. 1. Схема представления векторов напряженности электрического поля

*Напряженность электростатического поля*

*Напряженность поля* $\vec{E}$ *- векторная характеристика электрического поля. Напряженность поля в некоторой точке определяется отношением силы* $\vec{F}$ *, действующей со стороны поля на положительный заряд* $q_0$*, помещенный в данную точку поля, к величине этого заряда*:

$$\vec{E} = \frac{F}{q_0}, [\text{Н/Кл}]. \Rightarrow \quad F = qE$$

*Напряженность электрического поля точечного заряда*

$$F = k\frac{|q||q_0|}{r^2} \Rightarrow \quad E = \frac{F}{|q_0|} = k\frac{|q|}{r^2} \Rightarrow \quad E = \frac{|q|}{4\pi\varepsilon_0\varepsilon r^2}.$$

*Принцип суперпозиции полей*

Напряженность поля, создаваемая в какой-либо точке пространства системой зарядов, равна векторной сумме напряженностей, создаваемых в этой точке каждым из зарядов:

$$\vec{E} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2 + \ldots + \vec{E}_n = \sum_{i=1}^{n} \vec{E}_i$$

$$\vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} = \frac{\vec{F}_1 + \vec{F}_2}{q} = \frac{\vec{F}_1}{q} + \frac{\vec{F}_2}{q} = \vec{E}_1 + \vec{E}_2$$

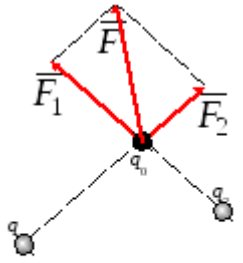


Рис. 2.
Схема к принципу суперпозиции полей точечных зарядов

*Напряженность поля непрерывно распределенного заряда:* $E = \int dE$

*Характеристики распределенных зарядов*

$\tau = \frac{dq}{dl}, \left[\frac{\text{Кл}}{\text{м}}\right]$ - линейная плотность зарядов;

$\sigma = \frac{dq}{dS}, \left[\frac{\text{Кл}}{\text{м}^2}\right]$ - поверхностная плотность зарядов;

$\rho = \frac{dq}{dV}, \left[\frac{\text{Кл}}{\text{м}^3}\right]$ - объемная плотность зарядов;

*Графическое изображение электрических полей. Силовые линии*

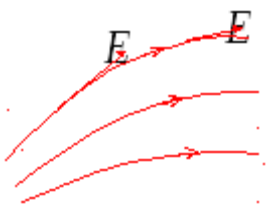


Рис. 3. Силовые линии электростатического поля

*Силовые линии* – это непрерывные линии, касательные к которым в каждой точке, через которую они проходят, совпадают с вектором напряженности электрического поля.

*Свойства силовых линий*

- силовые линии всегда начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных;

- силовые линии начинаются и заканчиваются либо на зарядах, либо уходят в бесконечность;
- густота силовых линий (число силовых линий, проходящих через единицу площади) пропорциональна напряженности электрического поля;
- силовые линии не пересекаются.

*Примеры электрических полей*

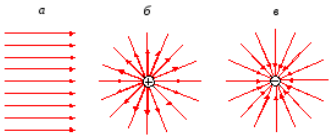



Рис. 4. Силовые линии электрических полей: однородного (а), точечных зарядов положительного (б) и отрицательного (в)

Рис. 5. Электрическое поле двух равных по модулю и противоположных по знаку точечных зарядов

## 23. Работа сил электрического поля по переносу заряда. Потенциал, разность потенциалов. Напряжение.

Рассмотрим ситуацию: заряд $q_0$ попадает в электростатическое поле. Это электростатическое поле тоже создается каким-то заряженным телом или системой тел, но нас это не интересует. На заряд $q_0$ со стороны поля действует сила, которая может совершать работу и перемещать этот заряд в поле.

$$A = \vec{F}s\cos\alpha = \left[\vec{F} = \vec{E}q_0\right] = \vec{E}q_0\vec{s}\cos\alpha$$

$A$ – *работа электростатического поля*

$\vec{E}$ – *напряженность поля*

$q$ – *заряд, который находится в поле*

$\vec{s}$ – *перемещение заряда*

$\alpha$ – *угол между векторами* $\vec{E}$ *и* $\vec{s}$

$$\boxed{A = \vec{E}q\vec{s}\cos\alpha} \quad [A] = 1Дж \qquad [E] = 1\frac{В}{м} \qquad [q] = 1Кл \qquad [s] = 1м$$

Работа электростатического поля не зависит от траектории. Работа поля при перемещении заряда по замкнутой траектории равна нулю. По этой причине силы электростатического поля называются *консервативными*, а само поле называется *потенциальным*.

Система "заряд - электростатическое поле" или "заряд - заряд" обладает потенциальной энергией, подобно тому, как система "гравитационное поле - тело" обладает потенциальной энергией.

Физическая скалярная величина, характеризующая энергетическое состояние поля называется *потенциалом* данной точки поля. В поле помещается заряд q, он обладает потенциальной энергией W. Потенциал - это характеристика электростатического поля.

$\varphi$ – *потенциал электростатического поля*

$W$ – *потенциальная энергия поля*

$A$ – *работа по перемещению заряда из данной точки поля на нулевой уровень потенциальной энергии*

$q$ – *заряд, который находится в поле*

$$\boxed{\varphi = \frac{W}{q}} \qquad \boxed{\varphi = \frac{A}{q}}$$

$$[W] = 1Дж \qquad [q] = 1Кл \qquad [\varphi] = 1\frac{Дж}{Кл} = 1В \ (Вольт)$$

Вспомним потенциальную энергию в механике. Потенциальная энергия равна нулю, когда тело находится на земле. А когда тело поднимают на некоторую высоту, то говорят, что тело обладает потенциальной энергией.

Касательно потенциальной энергии в электричестве, то здесь нет нулевого уровня потенциальной энергии. Его выбирают произвольно. Поэтому потенциал является относительной физической величиной.

В механике тела стремятся занять положение с наименьшей потенциальной энергией. В электричестве же под действием сил поля положительно заряженное тело стремится переместится из точки с более высоким потенциалом в точку с более низким потенциалом, а отрицательно заряженное тело - наоборот.

Потенциальная энергия поля - это работа, которую выполняет электростатическая сила при перемещении заряда из данной точки поля в точку с нулевым потенциалом.
Рассмотрим частный случай, когда электростатическое поле создается электрическим зарядом Q. Для исследования потенциала такого поля нет необходимости в него вносить заряд q. Можно высчитать потенциал любой точки такого поля, находящейся на расстоянии r от заряда Q.

$$\varphi = k\frac{Q}{\varepsilon r}$$

$\varphi$ – потенциал поля в некоторой точке
$k$ – постоянная $k = 9 \cdot 10^9 \frac{Н \cdot м^2}{Кл^2}$
$r$ – расстояние от заряда до исследуемой точки поля
$Q$ – заряд, который создает поле
$\varepsilon$ – относительная диэлектрическая проницаемость среды
$[r] = 1м$ $[Q] = 1Кл$ $[\varphi] = 1В$ $[\varepsilon]$ – безразмерная

Диэлектрическая проницаемость среды имеет известное значение (табличное), характеризует среду, в которой существует поле. Для воздуха она равна единице.
Работа поля по перемещению заряда из одной точки в другую, называется разностью потенциалов

$$\varphi_1 - \varphi_2 = \frac{A_{1-2}}{q}$$

$\varphi_1$ – потенциал первой точки поля
$\varphi_2$ – потенциал второй точки поля
$A_{1-2}$ – работа по перемещению заряда из первой во вторую точки поля
$q$ – заряд, который находится в поле
$[A] = 1Дж$ $[q] = 1Кл$ $[\varphi] = 1\frac{Дж}{Кл} = 1В$ (Вольт)

Эту формулу можно представить в ином виде

$$\triangle\varphi = \frac{\triangle W}{q}$$

$\triangle\varphi = \varphi_2 - \varphi_1$ – приращение потенциала
$\triangle W = W_2 - W_1$ – изменение потенциальной энергии
$q$ – заряд, который находится в поле
$[W] = 1Дж$ $[q] = 1Кл$ $[\varphi] = 1\frac{Дж}{Кл} = 1В$ (Вольт)

*Эквипотенциальная поверхность (линия)* - поверхность равного потенциала. Работа по перемещению заряда вдоль эквипотенциальной поверхности равна нулю.
Разность потенциалов называют еще электрическим напряжением при условии, что сторонние силы не действуют или их действием можно пренебречь.
Напряжение между двумя точками в однородном электрическом поле, расположенными по одной линии напряженности, равно произведению модуля вектора напряженности поля на расстояние между этими точками.

$$U = E \cdot (d_1 - d_2)$$

$U$ – напряжение
$E$ – напряженность поля
$d = d_1 - d_2$ – расстояние между точками поля
$[U] = 1В$ $[E] = 1\frac{Н}{Кл}$ $[d] = 1м$

От величины напряжения зависит ток в цепи и энергия заряженной частицы.
Потенциал поля, созданного несколькими зарядами, равен алгебраической (с учетом знака потенциала) сумме потенциалов полей каждого поля в отдельности

$$\varphi = \varphi_1 + \varphi_2 + \ldots + \varphi_i$$

## 24. Конденсаторы. Электроемкость плоского конденсатора. Энергия заряженного конденсатора.

Электроемкостью (электрической емкостью) проводников называется физическая величина, характеризующая способность проводника или системы проводников накапливать электрический заряд.
Электроемкость находится как отношение заряда q одного из проводников к разности потенциалов Δφ между ними:

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

В системе СИ единица электроемкости называется фарад [Ф]: $1Ф = \frac{1К}{1В}$

Величина электроемкости зависит от формы и размеров проводников и от свойств диэлектрика, разделяющего проводники.

Существуют такие конфигурации проводников, при которых электрическое поле оказывается сосредоточенным (локализованным) лишь в некоторой области пространства. Такие системы называются конденсаторами, а проводники, составляющие конденсатор, называются обкладками.

Простейший конденсатор – плоский конденсатор – система из двух плоских проводящих пластин, расположенных параллельно друг другу на малом по сравнению с размерами пластин расстоянии и разделенных слоем диэлектрика.

Электрическое поле плоского конденсатора в основном локализовано между пластинами; однако, вблизи краев пластин и в окружающем пространстве также возникает сравнительно слабое электрическое поле, которое называют полем рассеяния.

Электроемкость плоского конденсатора прямо пропорциональна площади пластин (обкладок) и обратно пропорциональна расстоянию между ними.

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

Если пространство между обкладками заполнено диэлектриком, электроемкость конденсатора увеличивается в ε раз:

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

Примерами конденсаторов с другой конфигурацией обкладок могут служить сферический и цилиндрический конденсаторы.

Сферический конденсатор – это система из двух концентрических проводящих сфер радиусов $R_1$ и $R_2$.

Цилиндрический конденсатор – система из двух соосных проводящих цилиндров радиусов $R_1$ и $R_2$ и длины L.

Емкости этих конденсаторов, заполненных диэлектриком с диэлектрической проницаемостью ε, выражаются формулами:

$C = 4\pi\varepsilon_0 \varepsilon \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1}$ - сферический конденсатор

$C = 2\pi\varepsilon_0 \varepsilon \frac{L}{\ln R_2 / R_1}$ - цилиндрический конденсатор

Для получения заданного значения емкости конденсаторы соединяются между собой, образуя батареи конденсаторов.

1) При параллельном соединении конденсаторов соединяются их одноименно заряженные обкладки.

Напряжения на конденсаторах одинаковы $U_1 = U_2 = U$, заряды равны $q_1 = C_1U$ и $q_2 = C_2U$.

Такую систему можно рассматривать как единый конденсатор электроемкости C, заряженный зарядом $q = q_1 + q_2$ при напряжении между обкладками равном U. Отсюда следует $C = \frac{q_1 + q_2}{U}$ или $C = C_1 + C_2$

Таким образом, при параллельном соединении электроемкости складываются.

2) При последовательном соединении конденсаторов соединяют разноименно заряженные обкладки

Заряды обоих конденсаторов одинаковы $q_1 = q_2 = q$, напряжения на них равны $U_1 = \frac{q}{C_1}$

и $U_2 = \frac{q}{C_2}$

Такую систему можно рассматривать как единый конденсатор, заряженный зарядом q при напряжении между обкладками $U = U_1 + U_2$.

Следовательно, $C = \frac{q}{U_1 + U_2}$ или $\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$

При последовательном соединении конденсаторов складываются обратные величины емкостей.

Формулы для параллельного и последовательного соединения остаются справедливыми при любом числе конденсаторов, соединенных в батарею.

Т.е. в случае n конденсаторов одинаковой емкости C емкость батареи

при параллельном соединении $C_{общ} = nC$

при последовательном соединении $C_{общ} = C/n$

Если обкладки заряженного конденсатора замкнуть металлическим проводником, то по цепи пойдет электрический ток, лампочка загорится и будет гореть до тех пор, пока конденсатор не разрядится. Значит, заряженный конденсатор содержит запас энергии.

Энергия заряженного конденсатора равна работе внешних сил, которую необходимо затратить, чтобы зарядить конденсатор.

Процесс зарядки конденсатора можно представить как последовательный перенос достаточно малых порций заряда $\Delta q > 0$ с одной обкладки на другую. При этом одна обкладка постепенно заряжается положительным зарядом, а другая – отрицательным. Поскольку каждая порция переносится в условиях, когда на обкладках уже имеется некоторый заряд q, а между ними существует некоторая разность потенциалов

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

при переносе каждой порции $\Delta q$ внешние силы должны совершить работу

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

Энергия $W_e$ конденсатора емкости C, заряженного зарядом q, может быть найдена путем интегрирования этого выражения в пределах от 0 до q:

$$W_e = A = \frac{q^2}{2C}$$

Формулу, выражающую энергию заряженного конденсатора, можно переписать в другой эквивалентной форме, если воспользоваться соотношением q = CU.

$$W_e = \frac{q^2}{2C} = \frac{CU^2}{2} = \frac{qU}{2}$$

Электрическую энергию $W_e$ следует рассматривать как потенциальную энергию, запасенную в заряженном конденсаторе.

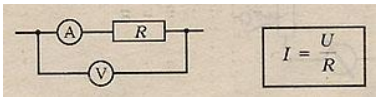
По современным представлениям, электрическая энергия конденсатора локализована в пространстве между обкладками конденсатора, то есть в электрическом поле. Поэтому ее называют энергией электрического поля.

## 25. Электрический ток. Условия существования электрического тока. Сила тока.

Электрическим током называется направленное движение заряженных частиц. За направление электрического тока условились считать направление движения

положительно заряженных частиц. Для продолжительного существования электрического тока в замкнутой цепи необходимо выполнение следующих условий:
-наличие свободных заряженных частиц (носителей тока);
-наличие электрического поля, силы которого, действуя на заряженные частицы, заставляют их двигаться упорядоченно;
- наличие источника тока, внутри которого сторонние силы перемещают свободные заряды против электростатических (кулоновских) сил.
Количественными характеристиками электрического тока являются сила тока I и плотность тока j.
Сила тока — скалярная физическая величина, равная отношением заряда Δq, проходящего через поперечное сечение проводника за некоторый промежуток времени Δt, к этому промежутку:
$hIi = \frac{\Delta q}{\Delta t};\ I = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{\Delta q}{\Delta t}.$
Единицей силы тока в СИ является ампер (А).
Если сила тока и его направление со временем не изменяются, то ток называется постоянным.
Плотность тока j — это векторная физическая величина, модуль которой равен отношению силы тока I в проводнике к площади S поперечного сечения проводника:
$j = \frac{I}{S}.$ В СИ единицей плотности тока является ампер на квадратный метр (А/м2).

## 26. Закон Ома для участка электрической цепи без Э.Д.С. Зависимость электрического сопротивления от материала, геометрических размеров и температуры.




где U - напряжение на концах участка цепи, R - сопротивление участка цепи. (сам проводник тоже можно считать участком цепи).
Для каждого проводника существует своя определенная вольт-амперная характеристика.
СОПРОТИВЛЕНИЕ- основная электрическая характеристика проводника.
- по закону Ома эта величина постоянна для данного проводника.

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

$[R] = \frac{\text{В}}{\text{А}} = \text{Ом};\ R$ не зависит от $U$ и от $I$.

1 Ом - это сопротивление проводника с разностью потенциалов на его концах в 1 В и силой тока в нем 1 А.
Сопротивление зависит только от свойств проводника:

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

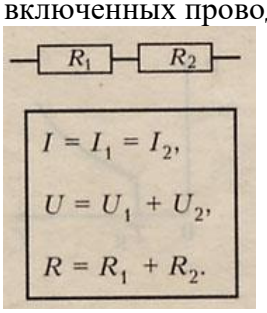
где S - площадь поперечного сечения проводника, l - длина проводника,
ро - удельное сопротивление, характеризующее свойства вещества проводника.

$\rho = \frac{R \cdot S}{l};\ [\rho] = \text{Ом} \cdot \text{м}$

**27. Последовательное и параллельное соединение проводников.**

Последовательное и параллельное соединение проводников. Проводники в электрических цепях постоянного тока могут соединяться последовательно и параллельно. При

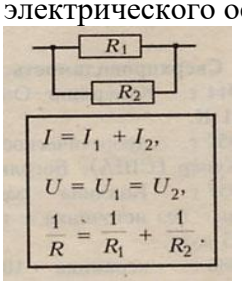
последовательном соединении проводников конец первого проводника соединяется с началом второго и т. д. При этом сила тока I одинакова во всех проводниках, а напряжение U на концах всей цепи равно сумме напряжений на всех последовательно включенных проводниках.




I - сила тока в цепи
U - напряжение на концах участка цепи
R - полное сопротивление участка цепи

При параллельном соединении проводников величина, обратная общему сопротивлению цепи, равна сумме величин, обратных сопротивлениям всех параллельно включенных проводников.

Параллельный способ включения широко применяется для подключения ламп электрического освещения и бытовых электроприборов к электрической сети.




I - сила тока в неразветвленном участке цепи
U - напряжение на концах участка цепи
R - полное сопротивление участка цепи

**28. Э.Д.С. источника тока. Закон Ома для полной цепи.**

Работа и мощность электрического тока. Работу сил электрического поля, создающего электрический ток, называют работой тока. Работа A сил электрического поля или работа электрического тока на участке цепи с электрическим сопротивлением R за время $\Delta t$ равна

$$A = \Delta q U = IU\Delta t = I^2 R\Delta t$$

Мощность электрического тока равна отношению работы тока A ко времени , за которое эта работа совершена:

$$P = \frac{A}{\Delta t} = IU = I^2 R = \frac{U^2}{R}$$

Работа электрического тока выражается в джоулях, мощность — в ваттах.

Если на участке цепи под действием электрического поля не совершается механическая работа и не происходят химические превращения веществ, то работа электрического поля приводит только к нагреванию проводника. При этом работа электрического тока равна количеству теплоты, выделяемому проводником с током:

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

Закон был экспериментально установлен английским ученым Джеймсом Джоулем (1818—1889) и русским ученым Эмилием Христиановичем Ленцем (1804— 1865), поэтому носит название закона Джоуля — Ленца.

29. Тепловое действие тока. Закон  Джоуля – Ленца. Работа и мощность электрического тока.

Электродвижущая сила (ЭДС) — скалярная физическая величина, характеризующая работу сторонних (непотенциальных) сил в источниках постоянного или переменного тока. В замкнутом проводящем контуре ЭДС равна работе этих сил по перемещению единичного положительного заряда вдоль контура.
ЭДС можно выразить через напряжённость электрического поля сторонних сил$E_{ex}$ . В замкнутом контуре ($L$ ) тогда ЭДС будет равна:

$$\mathcal{E} = \oint E_{ex} dl$$

, где — $dl$ элемент длины контура.
Закон ома для замкнутой цепи говорит о том что. Величина тока в замкнутой цепи, которая состоит из источника тока обладающего внутренним сопротивлением, а также внешним нагрузочным сопротивлением. Будет равна отношению электродвижущей силы источника к сумме внешнего и внутреннего сопротивлений.

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

где R Сопротивление внешней цепи измеряется в Омах
r внутреннее сопротивление источника тока также измеряется в Омах
I Сила тока в цепи. Измеряется в Амперах
E Электродвижущая сила источника тока измеряется в Вольтах
Иногда возникают ситуации, когда необходимо найти силу тока в цепи, но при этом напряжение на ее концах не задано. Но всё же известно сопротивление цепи и электродвижущая сила источника тока. Применить в этом случае закон Ома для участка цепи невозможно.
В этом случае применяют закон Ома для замкнутой цепи.

**30. Электрический ток в полупроводниках. Собственная и примесная проводимости полупроводников.**

По значению удельного электрического
сопротивления полупроводники занимают промежуточное место между проводниками и диэлектриками. К числу полупроводников относятся многие химические элементы (германий, кремний, селен, теллур, мышьяк и др.), огромное количество сплавов и химических соединений.

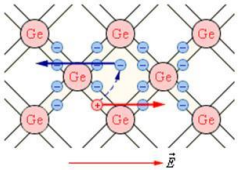
Качественное отличие полупроводников от металлов проявляется прежде всего в зависимости удельного сопротивления от температуры. С понижением температуры сопротивление металлов падает. У полупроводников, напротив, с понижением температуры сопротивление возрастает и вблизи абсолютного нуля они практически становятся изоляторами.

Полупроводниками *называются вещества, удельное сопротивление которых убывает с повышением температуры.*

Такой ход зависимости ρ(*T*) показывает, что у полупроводников концентрация носителей свободного заряда не остается постоянной, а увеличивается с ростом температуры. Механизм электрического тока в полупроводниках нельзя объяснить в рамках модели газа свободных электронов. Объяснение явлений, наблюдаемых в проводниках, возможно на основе законов квантовой механики.

Атомы германия имеют четыре слабо связанных электрона на внешней оболочке. Их называют валентными электронами. В кристаллической решетке каждый атом окружен

четырьмя ближайшими соседями. Связь между атомами в кристалле германия является ковалентной, то есть осуществляется парами валентных электронов. Каждый валентный электрон принадлежит двум атомам.




Валентные электроны в кристалле германия гораздо сильнее связаны с атомами, чем в металлах; поэтому концентрация электронов проводимости при комнатной температуре в полупроводниках на много порядков меньше, чем у металлов. Вблизи абсолютного нуля температуры в кристалле германия все электроны заняты в образовании связей. Такой кристалл электрического тока не проводит. При повышении температуры некоторая часть валентных электронов может получить энергию, достаточную для разрыва ковалентных связей. Тогда в кристалле возникнут свободные электроны (электроны проводимости). Одновременно в местах разрыва связей образуются вакансии, которые не заняты электронами.

*Вакансии, которые не заняты электронами получили название* дырок.

Вакантное место может быть занято валентным электроном из соседней пары, тогда дырка переместиться на новое место в кристалле. При заданной температуре полупроводника в единицу времени образуется определенное количество электронно-дырочных пар.

В то же время идет обратный процесс – при встрече свободного электрона с дыркой, восстанавливается электронная связь между атомами германия. Этот процесс называется рекомбинацией.

Рекомбинация – *восстановление электронной связи между атомами.*

Электронно-дырочные пары могут рождаться также при освещении полупроводника за счет энергии электромагнитного излучения.

В отсутствие электрического поля электроны проводимости и дырки участвуют в хаотическом тепловом движении.

Если полупроводник помещается в электрическое поле, то в упорядоченное движение вовлекаются не только свободные электроны, но и дырки, которые ведут себя как положительно заряженные частицы. Поэтому ток $I$ в полупроводнике складывается из электронного $I_n$ и дырочного $I_p$ токов: $I = I_n + I_p$

Электрическим током в полупроводниках *называется направленное движение электронов к положительному полюсу, а дырок к отрицательному* .

Концентрация электронов проводимости в полупроводнике равна концентрации дырок: $n_n = n_p$. Электронно-дырочный механизм проводимости проявляется только у чистых (то есть без примесей) полупроводников. Он называется собственной электрической проводимостью полупроводников.

Собственной электрической проводимостью *полупроводников называется электронно-дырочный механизм проводимости, который проявляется только у чистых (то есть без примесей) полупроводников.*

При наличии примесей электропроводимость полупроводников сильно изменяется.

Примесной проводимостью *называется проводимость полупроводников при наличии примесей.*

Необходимым условием резкого уменьшения удельного сопротивления полупроводника при введении примесей является отличие валентности атомов примеси от валентности основных атомов кристалла.

Различают два типа примесной проводимости –
электронную и дырочную проводимости.
Электронная проводимость возникает, когда в кристалл полупроводника вводится примесь с большей валентностью.

Донорской примесью – *называется примесь из атомов с валентностью, превышающей валентность основных атомов полупроводникового кристалла.*

В результате ее введения в кристалле появляется значительное число свободных электронов. Это приводит к резкому уменьшению удельного сопротивления полупроводника – в тысячи и даже миллионы раз. Удельное сопротивление проводника с большим содержанием примесей может приближаться к удельному сопротивлению металлического проводника.

В кристалле германия с примесью мышьяка есть электроны и дырки, ответственные за собственную проводимость кристалла. Но основным типом носителей свободного заряда являются электроны, оторвавшиеся от атомов мышьяка. В таком кристалле $n_n >> n_p$.

*Проводимость, при которой основными носителями свободного заряда являются электроны называется* электронной.

*Полупроводник, обладающий электронной проводимостью, называется* полупроводником n-типа.

Дырочная проводимость возникает, когда в кристалл полупроводника введена примесь с меньшей валентностью.

Акцепторной примесью – *называется примесь из атомов с валентностью меньшей, чем валентность основных атомов полупроводникового кристалла , способных захватывать электроны.*

В результате введения акцепторной примеси в кристалле разрывается множество ковалентных связей и образуются вакантные места (дырки). На эти места могут перескакивать электроны из соседних ковалентных связей, что приводит к хаотическому блужданию дырок по кристаллу.

Наличие акцепторной примеси резко снижает удельное сопротивление полупроводника за счет появления большого числа свободных дырок. Концентрация дырок в полупроводнике с акцепторной примесью значительно превышает концентрацию электронов, которые возникли из-за механизма собственной электропроводности полупроводника: $n_p >> n_n$.

*Проводимость, при которой основными носителями свободного заряда являются дырки, называется* дырочной проводимостью.

*Полупроводник с дырочной проводимостью называется* полупроводником p-типа.

Следует подчеркнуть, что дырочная проводимость в действительности обусловлена перемещением по вакансиям от одного атома германия к другому электронов, которые осуществляют ковалентную связь.

Зависимость электропроводимости полупроводников от температуры и освещенности

У полупроводников с ростом температуры подвижность электронов и дырок падает, но это не играет заметной роли, так как при нагревании полупроводника кинетическая энергия валентных электронов возрастает и наступает разрыв отдельных связей, что приводит к увеличению числа свободных электронов, т. е. росту электропроводимости.

При освещении полупроводника в нем появляются дополнительные носители, что приводит к повышению его электропроводности. Это возникает в результате того, что свет вырывает электроны из атома и при этом одновременно возрастает число электронов и дырок.

**31. Понятие магнитного поля. Магнитная индукция, линии магнитной индукции, их свойства.**

Магнитное поле — составляющая электромагнитного поля, появляющаяся при наличии изменяющегося во времени электрического поля. Кроме того, магнитное поле может

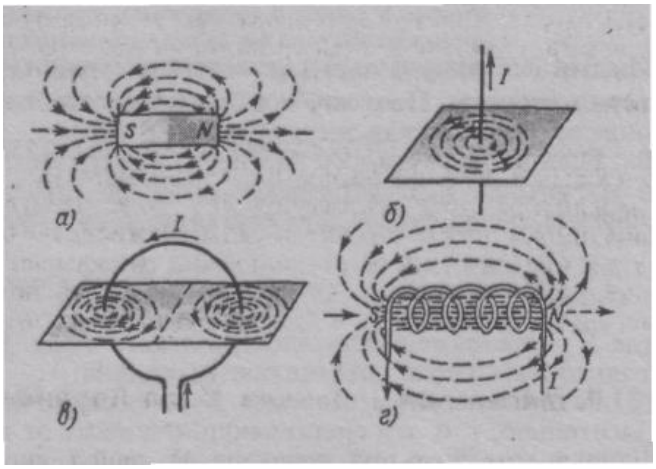
создаваться током заряженных частиц, либо магнитными моментами электронов в атомах (постоянные магниты).

Магни́тная инду́кция $\vec{B}$—векторная величина, являющаяся силовой характеристикой магнитного поля в данной точке пространства. Показывает, с какой силой $\vec{F}$ магнитное поле действует назаряд $q$, движущийся со скоростью $\vec{v}$.

Линиями магнитной индукции (силовыми линиями магнитного поля) называются линии, проведенные в магнитном поле так, что в каждой точке поля касательная к линии магнитной индукции совпадает с направлением вектора В в этой точке поля.

Линии магнитной индукции проще всего наблюдать с помощью мелких Игольчатых железных опилок, которые намагничиваются в исследуемом поле и ведут себя подобно маленьким магнитным стрелкам (свободная магнитная стрелка разворачивается в магнитном поле так, чтобы ось стрелки, соединяющая ее южный полюс с северным, совпадала с направлением В).

Вид линий магнитной индукции простейших магнитных полей показан на рисунке. *Они* охватывают проводник с током, создающий поле. Вблизи проводника они лежат в плоскостях, перпендикулярных проводнику.




Направление линий индукции определяется поправилу буравчика: если ввинчивать буравчик по направлению вектора плотности тока в проводнике, то направление движения рукоятки буравчика укажет направление линий магнитной индукции.

Линии индукции магнитного поля тока ни в каких точках не могут обрываться, т. е. ни начинаться, ни кончаться: они либо замкнуты (рис. *б, в, г),* либо бесконечно навиваются на некоторую поверхность, всюду плотно заполняя ее, но никогда не возвращаясь вторично в любую точку поверхности.

**32. Взаимодействие параллельных проводов с токами. Сила Ампера.**

Для того, чтобы количественно описать магнитное поле, нужно указать способ определения не только направления вектора но и его модуля. Проще всего это сделать, внося в исследуемое магнитное поле проводник с током и измеряя силу, действующую на отдельный прямолинейный участок этого проводника. Этот участок проводника должен иметь длину Δl, достаточно малую по сравнению с размерами областей неоднородности магнитного поля. Как показали опыты Ампера, сила, действующая на участок проводника, пропорциональна силе тока I, длине Δl этого участка и синусу угла α между направлениями тока и вектора магнитной индукции. Эта сила называется силой Ампера. Она достигает максимального по модулю значения $F_{max}$, когда проводник с током ориентирован перпендикулярно линиям магнитной индукции.

В общем случае сила Ампера выражается соотношением:

$$F = IB\Delta l \sin \alpha.$$

Это соотношение принято называть законом Ампера.

Сила Ампера направлена перпендикулярно вектору магнитной индукции и направлению тока, текущего по проводнику. Для определения направления силы Ампера обычно используют правило левой руки: если расположить левую руку так, чтобы линии

индукции входили в ладонь, а вытянутые пальцы были направлены вдоль тока, то отведенный большой палец укажет направление силы, действующей на проводникю
Одним из важных примеров магнитного взаимодействия токов является взаимодействие параллельных токов. Если по двум параллельным проводникам электрические токи текут в одну и ту же сторону, то наблюдается взаимное притяжение проводников. В случае, когда токи текут в противоположных направлениях, проводники отталкиваются.
Взаимодействие токов вызывается их магнитными полями: магнитное поле одного тока действует силой Ампера на другой ток и наоборот.
Опыты показали, что модуль силы, действующей на отрезок длиной $\Delta l$ каждого из проводников, прямо пропорционален силам тока $I_1$ и $I_2$ в проводниках, длине отрезка $\Delta l$ и обратно пропорционален расстоянию R между ними:

$$F = k\frac{I_1 I_2 \Delta l}{R}.$$

В Международной системе единиц СИ коэффициент пропорциональности k принято записывать в виде:

$$k = \mu_0 / 2\pi,$$

где $\mu_0$ – постоянная величина, которую называют магнитной постоянной. Введение магнитной постоянной в СИ упрощает запись ряда формул. Ее численное значение равно

$$\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}\ \text{Н/А}^2 \approx 1{,}26 \cdot 10^{-6}\ \text{Н/А}^2.$$

Формула, выражающая закон магнитного взаимодействия параллельных токов, принимает вид:

$$F = \frac{\mu_0}{2\pi}\frac{I_1 I_2 \Delta l}{R}.$$

Магнитное взаимодействие параллельных проводников с током используется в Международной системе единиц (СИ) для определения единицы силы тока – ампера:
Ампер – сила неизменяющегося тока, который при прохождении по двум параллельным проводникам бесконечной длины и ничтожно малого кругового сечения, расположенным на расстоянии 1 м один от другого в вакууме, вызвал бы между этими проводниками силу магнитного взаимодействия, равную $2 \cdot 10^{-7}$ Н на каждый метр длины.

## 33. Э.Д.С. индукции в прямолинейном проводнике, движущимся в однородном магнитном поле.

ЭДС индукции в прямолинейном проводнике, движущемся в однородном магнитном поле, можно рассчитать по формуле: $\varepsilon_{инд} = vBl\sin\alpha$, где: 1

- v — скорость движения проводника;
- B — модуль вектора магнитной индукции;
- l — длина проводника; 1
- α — угол между направлениями скорости проводника и модуля вектора магнитной индукции. 1

Возникновение ЭДС индукции объясняется действием силы Лоренца на свободные заряды в движущихся проводниках. Под её влиянием положительные заряды концентрируются в одном конце проводника, отрицательные — в другом, в результате чего на концах проводника появляется разность потенциалов.

**34. Магнитный поток. Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле.**

Магнитный поток — это физическая величина, пропорциональная числу линий магнитной индукции, пронизывающих площадь замкнутого контура.

$d\Phi B = BdS = BndS$, где $Bn = \cos B\alpha$ — проекция вектора $B$ на направление нормали $n$ к площадке $dS$ , α — угол между векторами $n$ и $B$, $dS$ — вектор, модуль которого равен $dS$ , а направление совпадает с направлением нормали $n$ к площадке.Единица магнитного потока в СИ — вебер (Вб).

Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле равна произведению силы тока на магнитный поток, пересечённый движущимся проводником.

$dA = Fdx = I\,dx[l\,,B] = IBldx = IBdS = Id\Phi$.

Использованы соотношения:

$dS = ldx$ — площадь, пересекаемая проводником при его перемещении в магнитном поле; $BdS = d\Phi$ — поток вектора магнитной индукции, пронизывающий эту площадь. Таким образом,

$dA = Id\Phi$.

Формула остаётся справедливой, если проводник любой формы движется под любым углом к линиям вектора магнитной индукции.
На проводник с током в магнитном поле действует сила Ампера. Если проводник не закреплён, то он будет перемещаться. Следовательно, магнитное поле совершает работу по перемещению проводника с током.
Работа, совершаемая при перемещении замкнутого контура с током в магнитном поле, равна произведению величины тока на изменение магнитного потока, сцепленного с этим контуром.

**35. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца.**

Сила, действующая на электрический заряд $Q$, движущийся в магнитном поле со скоростью v, называется силой Лоренца и выражается формулой $F=Q[vB]$, где B — индукция магнитного поля, в котором заряд движется.
Направление силы Лоренца определяется с помощью правила левой руки: если ладонь левой руки расположить так, чтобы в нее входил вектор B, а четыре вытянутых пальца направить вдоль вектора v (для $Q>0$ направления $I$ и v совпадают, для $Q<0$— противоположны), то отогнутый большой палец покажет направление силы, действующей на *положительный заряд.* На рис. 169 показана взаимная ориентация векторов v, B (поле направлено к нам, на рисунке показано точками) и F для положительного заряда. На отрицательный заряд сила действует в противоположном направлении.

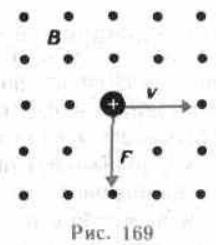


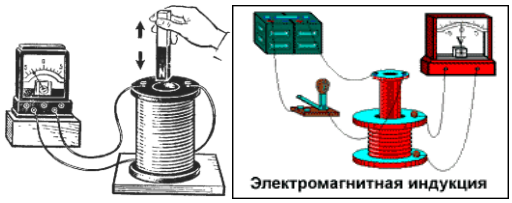
Рис. 169

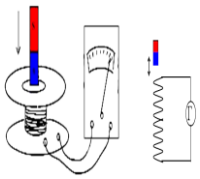
Модуль силы Лоренца равен $F=QvB\sin\alpha$,
где α – угол между v и B. *Магнитное поле действует только на движущиеся в нем заряды.*
Так как по действию силы Лоренца можно определить модуль и направление вектора B, то выражение для силы Лоренца может быть использовано для определения вектора магнитной индукции B.
Сила Лоренца всегда перпендикулярна скорости движения заряженной

частицы, поэтому она изменяет только направление этой скорости, не изменяя ее модуля. Следовательно, сила Лоренца работы не совершает. Иными словами, постоянное магнитное поле не совершает работы над движущейся в нем заряженной частицей и кинетическая энергия этой частицы при движении в магнитном поле не изменяется.
Если на движущийся электрический заряд помимо магнитного поля с индукцией B действует и электрическое поле с напряженностью E, то результирующая сила F, приложенная к заряду, равна векторной сумме сил – силы, действующей со стороны электрического поля, и силы Лоренца: $F=QE + Q[vB]$. Это выражение называется формулой Лоренца. Скорость v в этой формуле есть скорость заряда относительно магнитного поля.

**36. Явление электромагнитной индукции. Опыты Фарадея. Правило Ленца.**

В 1831 году М. Фарадей многочисленными опытами установил, что в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного потока через поверхность, ограниченную данным контуром, возникает электрический ток.



Электромагнитная индукция (ЭМИ) – явление возникновения электрического тока в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного потока через поверхность, ограниченную данным контуром.

Появление электрического тока (называемого индукционным током) в замкнутом проводящем контуре при изменении магнитного поля, пронизывающего контур, свидетельствует о действии в контуре сторонних сил неэлектростатического происхождения или о возникновении ЭДС индукции.

Величина индукционного тока определяется скоростью изменения магнитного потока $\Phi$, то есть значением $\frac{d\Phi}{dt}$, и не зависит от способа изменения магнитного потока $\Phi$. При изменении знака $\frac{d\Phi}{dt}$ меняется также направление индукционного тока.

Общее правило, по которому можно определить направление индукционного тока и которое является следствием закона сохранения и превращения энергии, было сформулировано Э.Х. Ленцем.

Правило Ленца: индукционный ток в замкнутом проводящем контуре всегда имеет такое направление, что создаваемое им магнитное поле препятствует изменению внешнего магнитного потока, вызвавшего этот индукционный ток. Или короче: индукционный ток всегда направлен так, чтобы противодействовать вызвавшей его причине.

Индукционный ток, как и всякий электрический ток, может течь в цепи только при наличии в ней электродвижущей силы. Фарадей установил, что величина ЭДС индукции прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока.

Основной закон ЭМИ Фарадея: ЭДС индукции в проводящем контуре прямо пропорциональна скорости изменения магнитного потока через поверхность, ограниченную контуром:

$$\varepsilon_i = -\frac{d\Phi}{dt}, \quad \Phi = BS\cos\alpha.$$

Знак минус служит математическим выражением правила Ленца, то есть указывает на то, что электродвижущая сила противодействует происходящему изменению магнитного потока.

Если контур, в котором индуцируется ЭДС, состоит из *N* одинаковых витков, то ЭДС такого контура будет равна сумме ЭДС индукции в каждом из витков в отдельности:

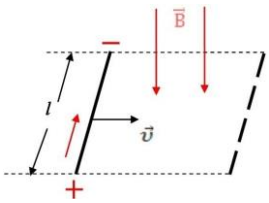
$$E_i = -N\frac{d\Phi}{dt}, \quad \varepsilon_i = -N\frac{d\Phi}{dt}.$$

Механизмы возникновения ЭДС индукции:

– действие силы Лоренца на заряды в движущемся проводнике;

– действие вихревого электрического поля на заряды в проводнике.

ЭДС индукции, возникающая в линейном проводнике, движущемся в магнитном поле:

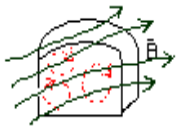



$$\varepsilon_i = \frac{A_{ст}}{q} = \frac{F_A l}{q} = \frac{qvBl\sin\alpha}{q} = vBl\sin\alpha.$$

$$\varepsilon_i = vBl\sin\alpha.$$

$$\alpha = \left(\vec{v}, \vec{B}\right)$$

Индукционные токи возникают не только в линейных проводниках, но и в массивных сплошных проводниках. Эти токи оказываются замкнутыми внутри проводника и поэтому называются вихревыми токами или токами Фуко.

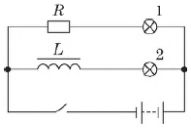



Вихревые токи вследствие малого сопротивления сплошного проводника могут достигать очень большой силы. Тепловое действие их используется в индукционных печах для нагрева при закалке деталей. Токи Фуко подчиняются правилу Ленца, поэтому движущиеся в сильном магнитном поле хорошие проводники испытывают сильное торможение, обусловленное взаимодействием вихревых токов с магнитным полем. Этим пользуются для успокоения подвижных частей гальванометров и других приборов. Во многих случаях токи Фуко бывают нежелательными, и для борьбы с ними приходится принимать специальные меры (например, сердечники трансформаторов набираются из тонких пластин).

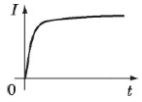
### 37. Явление самоиндукции. Э.Д.С. самоиндукции. Индуктивность.

Индуктивность, или коэффициент самоиндукции (от лат. inductio — наведение, возбуждение) — это параметр электрической цепи, который определяет ЭДС самоиндукции, наводимой в цепи при изменении протекающего по ней тока или (и) ее деформации.
Термином «индуктивность» обозначают также катушку самоиндукции, которая определяет индуктивные свойства цепи.

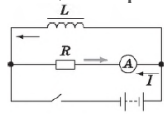
*Самоиндукция* — возникновение ЭДС индукции в проводящем контуре при изменении в нем силы тока. Самоиндукция была открыта в 1832 г. американским ученым Дж. Генри. Независимо от него в 1835 г. это явление открыл М. Фарадей.
ЭДС индукции возникает при изменении магнитного потока. Если это изменение вызывается собственным током, то говорят об ЭДС самоиндукции:
$\varepsilon_{is} = -\frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}$
где L — индуктивность контура, или его *коэффициент самоиндукции.*
Индуктивность — это физическая величина, численно равная ЭДС самоиндукции, возникающей в контуре при изменении силы тока на 1А за 1с.
Индуктивность, как и электроемкость, зависит от геометрии проводника — его размеров и формы, но не зависит от силы тока в проводнике. Так, индуктивность прямого провода гораздо меньше индуктивности того же провода, свернутого в спираль.
Расчеты показывают, что индуктивность описанного выше соленоида в воздухе определяется по формуле:
$L = \mu_0 N^2 \frac{S}{l}$
где $\mu_0$ — магнитная постоянная, N — число витков соленоида, l — длина соленоида, S — площадь поперечного сечения.
Кроме того, индуктивность зависит от магнитных свойств среды, в которой находится проводник, а именно от его магнитной проницаемости, которая определяется по формуле:
$\frac{L}{L_0} = \mu$
где $L_0$ — индуктивность контура в вакууме, L — индуктивность контура в однородном веществе, заполняющем магнитное поле.
Единицей индуктивности в СИ является *генри* (Гн): 1 Гн = 1В·с/А.
Токи замыкания и размыкания
При любом включении и выключении тока в цепи наблюдаются так называемые *экстратоки самоиндукции* (*экстратоки замыкания и размыкания*), возникающие в цепи вследствие явления самоиндукции и препятствующие, согласно правилу Ленца, нарастанию либо убыванию тока в цепи. На рисунке показана схема соединения двух одинаковых ламп. Одна из них подключена к источнику через резистор R, а другая — последовательно соединена с катушкой L с железным сердечником.




При замыкании цепи первая лампа вспыхивает практически мгновенно, а вторая — с заметным опозданием. Это вызвано тем, что ЭДС самоиндукции в цепи этой лампы велика, и сила тока не сразу достигает своего максимального значения.




При размыкании ключа в катушке L возникает ЭДС самоиндукции, поддерживающая первоначальный ток. В результате в момент размыкания через гальванометр течет ток (светлая стрелка), направленный против начального тока до размыкания (черная стрелка). При этом ЭДС самоиндукции может быть гораздо больше ЭДС батареи элементов, что будет проявляться в том, что экстраток размыкания будет существенно превышать стационарный ток при замкнутом ключе.




Индуктивность характеризует инерционность цепи по отношению к изменению в ней тока, и ее можно рассматривать как электродинамический аналог массы тела в механике, являющейся мерой инертности тела. При этом ток I играет роль скорости тела.

**38. Свободные электромагнитные колебания в колебательном контуре. Формула Томсона.**

Электрическую цепь, состоящую из последовательно соединенных катушки индуктивности L и конденсатора емкостью C, называют колебательным контуром.
Если зарядить от источника тока конденсатор, а затем предоставить ему возможность разряжаться через катушку индуктивности, то в контуре возникает ток, который периодически изменяется как по величине, так и по направлению. Следовательно, периодически изменяются по модулю и направлению напряженность электрического поля в конденсаторе и индукция магнитного поля в катушке. Одновременные периодические изменения взаимосвязанных электрического и магнитного полей называют *электромагнитными колебаниями*.
Электромагнитные колебания, происходящие в колебательном контуре за счет расходования сообщенной этому контуру энергии, которая в дальнейшем не пополняется, называют *свободными электромагнитными колебаниями.*
Свободные колебания являются затухающими, так как контур обладает активным сопротивлением (проводящие части контура нагреваются). Часть энергии тока расходуется на излучение электромагнитных волн в пространство.
Рассмотрим свободные электромагнитные колебания в идеальном контуре без активного сопротивления (контуре Томсона). В таком контуре полная энергия W остается постоянной.
$q^2/2C + Li^2 / 2 = const$
Найдем производную по времени от полученного выражения:
$(q^2/2C)' + (Li^2 / 2)' = (const)'$
Согласно правилам дифференцирования, получим:
$2qq' / 2C + 2Lii' / 2 = 0.$
Отсюда следует, что $ii' = - 1/LC \cdot qq'$.
Сила тока равна первой производной от заряда по времени ($i = q'$). Следовательно, первая производная от силы тока по времени $i'$ является второй производной от заряда по времени ($i' = q''$). С учетом сказанного уравнение можно записать в виде:
$q' q'' = - 1/LC \cdot qq'$, т.е. $q'' = - 1/LC \cdot q$.
Так как $L > 0$ и $C > 0$, то и $1/LC > 0$. Поэтому можно считать, что $1/LC = \omega_o^2$, т.е. $\omega_o = 1/\sqrt{LC}$. Уравнение свободных электромагнитных колебаний в идеальном контуре будет иметь вид: $q'' = - \omega_o^2 \cdot q$. Решением данного уравнения является $q=q_m \cdot \cos \omega_o t$.
Собственную циклическую частоту $\omega_o$ свободных электромагнитных колебаний в колебательном контуре определяют по формуле $\omega_o = 1/\sqrt{LC}$. Поскольку период колебаний T связан с циклической частотой формулой $T = 2\pi/ \omega_o$, это значит, что период свободных электромагнитных колебаний в контуре без активного сопротивления (R=0), т.е. без затухания, определяют по формуле $T = 2\pi \sqrt{LC}$, которую называют формулой Томсона.
В реальных колебательных контурах, обладающих активным сопротивлением, свободные электромагнитные колебания являются затухающими.

**39. Электромагнитное поле и его распространение в пространстве в виде электромагнитных волн**

В 1860-х годах английский физик Дж. Максвелл единого электромагнитного поля. На основе теории электромагнитного поля Максвелла:
Переменное магнитное поле порождает вихревое электрическое поле. Переменное электрическое поле возбуждает переменное магнитное поле.

Переменные электрическое и магнитное поля не могут существовать отдельно друг от друга, так как в пространстве, где существует переменное магнитное поле, возбуждается переменное электрическое поле, и наоборот.

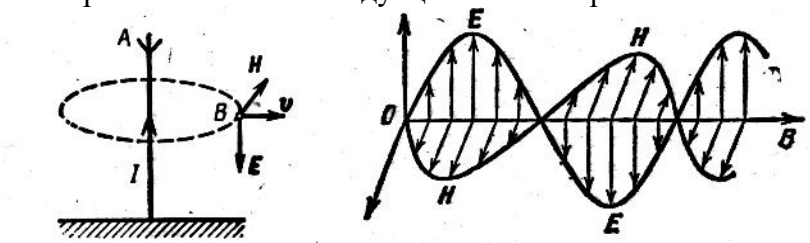
*Электромагнитное поле – один из видов материи, характеризуемый наличием электрического и магнитного полей, связанных непрерывным взаимным превращением.*

Электромагнитное поле распространяется в пространстве в виде электромагнитных волн. Скорость распространения электромагнитных волн в вакууме равна скорости света $c \approx 3*10^8$ м/с.

*Электромагнитной волной называется электромагнитное поле, распространяющееся в пространстве с течением времени.*

*Волны излучаются колеблющимися зарядами, которые при этом движутся в проводнике с ускорением. При движении заряда в проводнике создается переменное электрическое поле, которое порождает переменное магнитное поле и так далее.*

При распространении электромагнитной волны в каждой точке пространства происходят периодически повторяющиеся изменения электрического и магнитного полей. Эти изменения удобно изображать в виде колебаний векторов напряженности $\overline{E}$ электрического поля и индукции $\overline{B}$ электрического поля в каждой точке пространства.




Колебания этих векторов в каждой точке электромагнитной волны происходят в одинаковых фазах и по двум направлениям, которые в свою очередь перпендикулярны вектору скорости распространения волны $\overline{\upsilon}$.

$\upsilon = \frac{C}{\sqrt{\mu\varepsilon}}$; $\frac{C}{\upsilon} = \sqrt{\mu\varepsilon} = n$ - абсолютное преломление среды.

$\upsilon = \lambda\nu$; $\upsilon = \frac{\lambda}{T}$; $\lambda = CT = \frac{C}{\upsilon}$.

Энергия электромагнитного поля (волны) пропорциональная квадрату напряженности электрического поля и магнитной индукции, т.е. $W = W_э + W_м = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} + \frac{B^2}{2\mu\mu_0}$.

Электромагнитная волна обладает следующими свойствами: распространяется прямолинейно, поперечно, способна преломляться, ей присущи явления дифракции, интерференции, поляризации.

**40. Переменный ток, его получение и параметры. Уравнение переменного тока**.

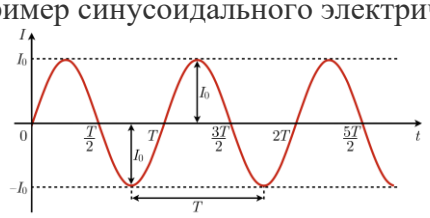
Переменный ток — это электрический ток, который периодически изменяется по своей величине, модулю и направлению. 5

Получение переменного тока промышленной частоты происходит на электростанциях с помощью генераторов переменного тока (трёхфазных синхронных генераторов). 1 Принцип работы основан на законе электромагнитной индукции. Вращение генератора осуществляется механическим двигателем, использующим тепловую, гидравлическую или атомную энергию. 2

Особую роль в электродинамике играет синусоидальный (гармонический) ток, то есть электрический ток, изменяющийся по закону синуса или косинуса:

где амплитуда силы тока, фаза колебаний, начальная фаза колебаний, циклическая (круговая) частота колебаний.

На рисунке ниже приведён пример синусоидального электрического тока , если .




Условное обозначение на электроприборах: ,  (знак синусоиды) или латинскими буквами . Ниже приведём основные характеристики для описания синусоидального тока.

Параметры переменного тока:

- Период (T) — время одного полного колебания силы тока. За время, равное периоду колебаний, повторяется не только величина тока, но и его направление. 2
- Частота (ν) — число полных колебаний силы тока в единицу времени. В системе СИ единица измерения — герц (Гц). 2
- Амплитуда — максимальное значение силы тока за один период. 14

Уравнение синусоидального (гармонического) тока: I = I(t) = I0 * sin({ω * t + φ0}), где I0 — амплитуда силы тока, φ — фаза колебаний, φ0 — начальная фаза колебаний, ω — циклическая (круговая) частота колебаний. 2

**41. Действующие значения переменного тока и напряжения.**

Действующим значением переменного тока и напряжения называют соответствующие параметры такого постоянного тока, при котором в данном проводнике за данный промежуток времени выделяется столько же теплоты, что и при переменном токе.
Действующие значения напряжений, ЭДС и токов обозначают заглавными буквами I, E и U.
Для синусоидального переменного тока и для синусоидального переменного напряжения действующие значения равны.
При этом действующее значение переменного тока в √2 раз меньше его амплитудного значения.
Действующие значения удобно практически использовать для описания электрических сетей. Например, значение в 220–240 вольт — это действующее значение напряжения в современных бытовых розетках, а амплитуда гораздо выше — от 311 до 339 вольт.
Именно действующие значения силы тока и напряжения регистрируют амперметры и вольтметры переменного тока.

**42. Активное, индуктивное и емкостное сопротивление в цепи переменного тока. Закон Ома для цепи переменного тока.**

Активным сопротивлением *R* называется физическая величина, равная отношению мощности к квадрату силы тока $R = \frac{P}{I^2}$, что получается из выражения для мощности $P = IU = I^2 R$. При небольших частотах практически не зависит от частоты и совпадает с электрическим сопротивлением проводника.

Пусть в цепь переменного тока включена катушка. Тогда при изменении силы тока по закону $i = I_{max} \cos \omega t$ в катушке возникает ЭДС самоиндукции $e = - Li` = I_{max} L \omega \sin \omega t$.
Т.к. электрическое сопротивление катушки равно нулю, то ЭДС равна минус напряжению на концах катушки, созданному внешним генератором *(??? Каким еще*

*генератором???)* $u = -e = -I_{\max} L\omega \sin \omega t$. Следовательно, изменение силы тока вызывает изменение напряжения, но со сдвигом по фазе $u = I_{\max} L\omega \cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$.

Произведение $I_{\max} L\omega$ является амплитудой колебаний напряжение, т.е. $U_{\max} = I_{\max} L\omega$. Отношение амплитуды колебаний напряжения на катушке к амплитуде колебаний тока называется индуктивным сопротивлением $X_L = \frac{U_{\max}}{I_{\max}} = L\omega$.

Пусть в цепи находится конденсатор. При его включение он четверть периода заряжается, потом столько же разряжается, потом то же самое, но со сменой полярности. При изменении напряжения на конденсаторе по гармоническому закону $u = U_{\max} \cos \omega t$ заряд на его обкладках равен $q = Cu = U_{\max} C \cos \omega t$. Ток в цепи возникает при изменении заряда: $i = q' = -U_{\max} C\omega \cos \omega t = U_{\max} C\omega \sin\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right)$, аналогично случаю с катушкой амплитуда колебаний силы тока равна $I_{\max} = U_{\max} C\omega$. Величина, равная отношению амплитуды к силе тока, называется емкостным сопротивлением $X_C = \frac{U_{\max}}{I_{\max}} = \frac{1}{C\omega}$.

**43. Устройство и принцип действия однофазного трансформатора.**

Однофазный трансформатор состоит из замкнутого сердечника (магнитопровода) и обмоток. Для уменьшения потерь энергии от вихревых токов сердечник набирается из отдельных листов электротехнической стали, изолированных друг от друга лаковой плёнкой. С целью уменьшения величины воздушных зазоров (для уменьшения магнитного сопротивления на пути основного магнитного потока) он собирается «внахлёстку» (шихтованием). Вертикальные части сердечника называются стержнями, а горизонтальные – ярмами.

Обмотки трансформатора выполняются из медного изолированного провода и располагаются на стержнях сердечника.

Обмотку, подключённую к источнику питания называют первичной и все величины, относящиеся к ней, снабжают индексом «1» ($U_1$, $I_1$, $P_1$ и т.д.), а обмотку, к которой подключают приёмники, называют вторичной и все величины, относящиеся к ней, снабжают индексом «2» ($U_2$, $I_2$, $P_2$ и т.д.).

Передача электрической энергии из первичной обмотки трансформатора во вторичную осуществляется посредством переменного магнитного поля. В первичной обмотке происходит преобразование электрической энергии, потребляемой из сети, в энергию магнитного поля, а в вторичной – преобразование энергии магнитного поля в электрическую энергию, отдаваемую нагрузке.

В общем случае $U_1 \neq U_2$. При $U_2 > U_1$– трансформатор называется повышающим; при $U_1 < U_2$– понижающим.

Трансформатор, имеющий две обмотки (одну первичную и одну вторичную) называется двухобмоточным. С тремя и более обмотками называется трехобмоточным или многообмоточным.

Обмотка, присоединенная к сети с более высоким напряжением, называется обмоткой высшего напряжения (ВН). Обмотка, присоединённая к сети меньшего напряжения, называется обмоткой низшего напряжения (НН). Обмотка низшего напряжения располагается ближе к стержню сердечника, её охватывает обмотка ВН.

Условное графическое обозначение и электромагнитная схема двухобмоточного трансформатора изображена на рис. 4.4.Начала и концы обмоток ВН и НН обозначают соответственно буквами А-Х и а-х.

Принцип действия основан на законе элекромагнитной индукции.

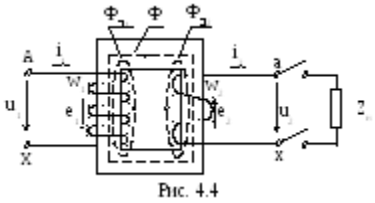


Рис. 4.4

При подключении первичной обмотки (рис. 4.4) к источнику синусоидального напряжения$u_1$, в ней возникает ток $i_1$, создающий магнитодвижущую силу $f_1=w_1i_1$. М.д.с. возбуждает основной переменный магнитный поток Ф, замыкающийся по магнитопроводу и пронизывающий витки обоих обмоток, и магнитный поток рассеяния первичной обмотки $\Phi_{\sigma 1}$, который замыкается частично по сердечнику, а частично по воздуху и сцеплён только с витками первичной обмотки. Направление магнитного потока определяют по правилу правого винта

Поток Ф индуцирует в обмотках переменные ЭДС:

в первичной обмотке ЭДС самоиндукции $e_1 = - w_1 \frac{d\Phi}{dt}$;

во вторичной обмотке ЭДС взаимоиндукции $e_2 = - w_2 \frac{d\Phi}{dt}$,

где $w_1$,,$w_2$ - числа витков первичной и вторичной обмоток.

Действующие значения этих э.д.с. определяются по формулам

$E_1=4{,}44w_1f\Phi_m$, $E_2=4{,}44w_2f\Phi_m$,

где $\Phi_m$ – амплитудное значение основного магнитного потока.

Э.д.с. $e_1$ уравновешивает основную часть напряжения источника питания$u_1$, а э.д.с. $e_2$создает напряжение$u_2$на выходных зажимах трансформатора

$u_1 = -e_1, u_2 = e_2$.

Отношение э.д.с. обмотки ВН к э.д.с. обмотки НН называется коэффициентом трансформации трансформатора и обозначается буквой К. Считая первичную обмотку обмоткой ВН, а вторичную обмотку обмоткой НН, получим

$$k = \frac{E_1}{E_2} = \frac{w_1}{w_2}.$$

При подключении нагрузки к выходным зажимам трансформатора во вторичной обмотке возникает ток $i_2$, величина которого определяется величиной сопротивления нагрузки, а начальная фаза характером нагрузки (активная, индуктивная, емкостная). Во вторичной обмотке возникает м.д.с.$f_2=w_2i_2$, которая действует против м.д.с. первичной обмотки$f_1=w_1i_1$. Результирующий магнитный поток создается намагничивающей силой, которая равна векторной сумме м.д.с. первичной и вторичной обмоток $\overline{F}_1 + \overline{F}_2 = w_1\overline{I}_1 + w_2\overline{I}_2$.

Всякое изменение тока нагрузки приводит к такому изменению тока $i_1$в первичной обмотке, чтобы общая м.д.с. ($\overline{F}_1 + \overline{F}_2$) оставалась неизменной. Таким образом, результирующий магнитный поток трансформатора всегда остается постоянным и не зависит от нагрузки.

В трансформаторе происходит преобразование не только переменных напряжений, но и токов.

Чтобы получить связь между токами первичной и вторичной обмоток, запишем уравнение магнитного состояния для магнитной цепи рис. 4.1

$$H_м \ell_м = w_1i_1 + w_2i_2,$$

где $\ell_м$ - длина средней линии магнитопровода.

В современных трансформаторах для изготовления сердечника магнитопровода применяют холоднокатаную электротехническую сталь, в которой необходимая величина

магнитной индукции достигается при незначительной величине напряженности поля. Поэтому амплитуда магнитного напряжения $H_{mм}\ell_{м}$ на несколько порядков меньше амплитуд м.д.с. $w_1 I_{m1}$ и $w_2 I_{m2}$ обмоток трансформатора при его нагрузке.

Тогда $0 \approx w_1 i_1 + w_2 i_2$,

$$-\frac{i_1}{i_2} = \frac{w_2}{w_1} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{1}{k}$$

откуда .

Если перейти от мгновенных к действующим значениям токов и напряжений, то можно записать

$$k_{т} = \frac{U_1}{U_2} = \frac{w_1}{w_2} \text{ и } \frac{1}{k_т} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{w_2}{w_1},$$

$$\frac{U_1}{U_2} \cdot \frac{I_1}{I_2} = \frac{S_1}{S_2} \approx 1.$$

откуда

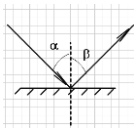
То есть в идеализированном трансформаторе энергия из первичной обмотки полностью передается во вторичную и далее в приемник, хотя обмотки трансформатора не связаны электрически, а имеют только магнитную связь.

При увеличении тока нагрузки $i_2$ м.д.с. вторично обмотки $w_2 i_2$ также увеличивается. Эта м.д.с., как видно из выражения $w_1 i_1 + w_2 i_2 \approx 0$, стремится ослабить поток Ф. Уменьшение потока приводит к уменьшению э.д.с. $e_1$, нарушению электрического равновесия $e_1 = -u_1$ и росту тока $i_1$ в первичной обмотке. Равенство $e_1 = -u_1$ восстанавливается с увеличением тока $i_1$, когда рост м.д.с. $w_1 i_1$ скомпенсирует рост м.д.с. $w_2 i_2$.

Изменение нагрузки трансформатора, то есть тока $i_2$, приводит к соответствующему изменению тока $i_1$, так что выполняется закон сохранения энергии и обеспечивается баланс мгновенных мощностей $p_1 = p_2$ или $u_1 i_1 = u_2 i_2$.

## 44. Законы отражения света и преломления света. Полное внутреннее отражение.

*Отражением света* называют изменение направления световых лучей при падении на границу раздела двух сред, в результате чего свет распространяется обратно в первую среду.



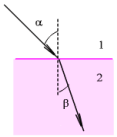

*Угол падения* - угол α между направлением падающего луча и перпендикуляром к границе раздела двух сред, восстановленным в точке падения.

*Угол отражения* - угол β между этим перпендикуляром и направлением отраженного луча.

Законы отражения света:

1. Луч падающий, перпендикуляр к границе раздела двух сред в точке падения и луч отраженный лежат в одной плоскости.
2. Угол отражения равен углу падения.

*Преломлением света* называют изменение направления световых лучей при переходе света из одной прозрачной среды в другую.




*Угол преломления* - угол β между тем же перпендикуляром и направлением преломленного луча.

Скорость света в вакууме $c = 3*10^8$ м/с

Скорость света в среде $V < c$

Абсолютный показатель преломления среды показывает, во сколько раз скорость света v в данной среде меньше, чем скорость света c в вакууме.

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

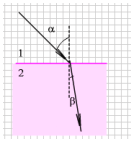
Абсолютный показатель преломления для вакуума равен 1
Скорость света в воздухе очень мало отличается от значения с,поэтому
Абсолютный показатель преломления для воздуха будем считать равным 1
Относительный показатель преломленияпоказывает, во сколько раз изменяется скорость света при переходе луча из первой среды во вторую.
Законы преломления света:
1. Луч падающий, перпендикуляр к границе раздела двух сред в точке падения и преломленный луч лежат в одной плоскости.
2. Отношение синуса угла падения $\alpha$ к синусу угла преломления $\beta$ есть величина постоянная для данной пары сред:

$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{V_1}{V_2}$ где $V_1$ и $V_2$ – скорости распространения света в первой и второй среде.

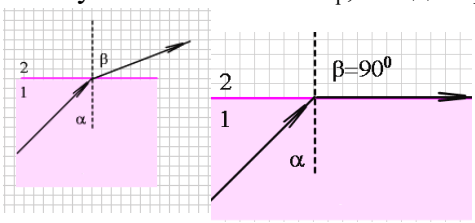
$\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = \frac{n_2}{n_1}$ $\frac{\sin\alpha}{\sin\beta} = n_{21}$ С учетом показателя преломления закон преломления света можно записать в виде

или

где $n_{21}$ – *относительный показатель преломления* второй среды относительно первой;
$n_2$ и $n_1$ – *абсолютные показатели преломления* второй и первой среды соответственно




Полное внутреннее отражение
Если световые лучи из оптически более плотной среды 1 падают на границу раздела с оптически менее плотной средой 2 ($n_1 > n_2$),то угол падения меньше угла преломления $\alpha < \beta$. При увеличении угла падения можно подойти к такому его значению $\alpha_{пр}$, когда преломленный луч заскользит по границе раздела двух сред и не попадет во вторую среду,




Угол преломления $\beta = 90°$, при этомвся световая энергия отражается от границы раздела.
Предельным углом полного внутреннего отражения $\alpha_{пр}$называется угол, при котором преломленный луч скользит вдоль поверхности двух сред,

1. При переходе из $\sin\alpha_{пр} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$ среды оптически менее плотной в среду более плотную полное внутреннее отражение **невозможно.**

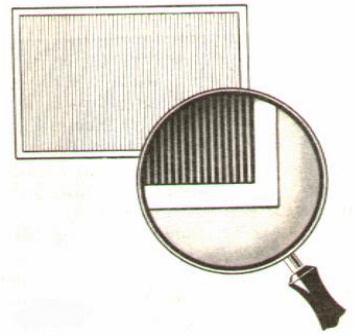
**45. Интерференция света, её проявление и применение в технике.**

Интерференция – одно из ярких проявлений волновой природы света. Это интересное и красивое явление наблюдается при наложении двух или нескольких световых пучков.
Интенсивность света в области перекрывания пучков имеет характер чередующихся светлых и темных полос, причем в максимумах интенсивность больше, а в минимумах меньше суммы интенсивностей пучков.
Явление интерференции света находит широкое применение в современной технике.
Явление интерференции применяется для улучшения качества оптических приборов (просветление оптики). Отполированная поверхность стекла отражает примерно 4% падающего на нее света. Современные оптические приборы состоят из большого числа деталей, изготовленных из стекла.

**46. Дифракция света. Дифракционная решётка. Уравнение дифракционной решётки.**

Дифракция света – явление отклонения света от прямолинейного распространения при встрече с препятствием, когда свет, огибая препятствие, заходит в область его геометрической тени.

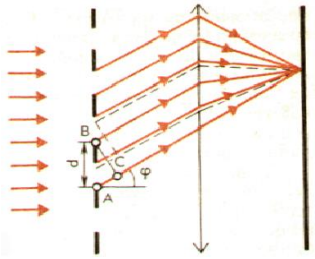
Дифракция света на одномерной дифракционной решетке.



Дифракционная решетка – оптическое устройство, представляющее собой совокупность большого числа параллельных, равноотстоящих друг от друга щелей одинаковой ширины. Число штрихов может доходить до 2000-3000 тысяч на 1 мм.

*Прозрачные дифракционные решетки* изготавливают из прозрачного твердого вещества, например, плоскопараллельных стеклянных или кварцевых пластинок. Алмазным резцом наносят штрихи. Там, где прошелся резец, образуется непрозрачная поверхность, рассеивающая свет. Промежутки между штрихами играют роль щелей. *Отражательные дифракционные решетки* представляют собой зеркальную (металлическую) поверхность, на которую нанесены параллельные штрихи. Световая волна рассеивается штрихами на отдельные когерентные пучки, которые, претерпев дифракцию, на штрихах, интерферируют. Результирующая интерференционная картина образуется в отраженном свете.

Если ширина прозрачных щелей (или отражательных полос) равна $a$, а ширина

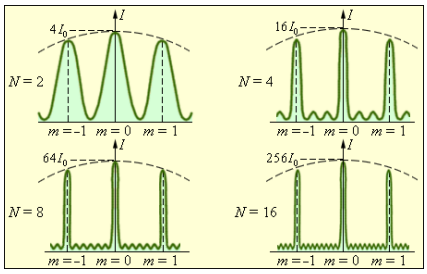



непрозрачных промежутков (или рассеивающих свет полос) $b$, то величина называется периодом или постоянной дифракционной решетки.

Если эта разность хода кратна целому числу длин волн, то при интерференции возникнут главные максимумы: –основная формула дифракционной решетки,

где $k = 0, 1, 2\ldots$ - порядок главных максимумов.

На экране наблюдаются узкие одноцветные линии (в зависимости от цвета падающей волны). Линия под углом $\varphi = 0$ называется спектральной линией первого порядка ($k = 0$) по обе стороны от нее симметрично расположены спектральные линии первого порядка ($k = 1$, $k = -1$), второго порядка ($k = 2$, $k = -2$) и т.д. Интенсивность этих линий в $N^2$ раз больше интенсивности, создаваемой в направлении φ одной щелью. С ростом $k$ спектральные линии становятся менее яркими и перестают наблюдаться вовсе. Максимально наблюдаемое число линий ограничивается по следующим причинам. Во-первых, с ростом угла $\varphi$ уменьшается интенсивность света, испускаемого отдельной щелью. Во-вторых, даже очень узкие щели с шириной близкой к $\lambda$, не могут отклонять свет под углом большим, чем . Поэтому, . Увеличение числа щелей не меняет положения главных максимумов, но делает их более интенсивными. При наклонном падении света




под углом θ, условие главных максимумов имеет вид: . Между главными максимумами появляются добавочные минимумы, число которых равно $N - 1$, где $N$ – общее число щелей решетки.

(На рис. слева для $N = 8$ и $N = 16$ нарисованы не все добавочные минимумы).

Они появляются за счет взаимной компенсации волн от всех $N$ щелей. Чтобы $N$ волн погасили друг друга, разность фаз должна отличаться на . А оптическая разность хода, соответственно, должна быть равна .

Направления добавочных минимумов определяются условием , где $k$ принимает целочисленные значения кроме 0, $N$, $2N$, $3N$,…, то есть тех, при которых данное условие переходит в основную формулу дифракционной решетки.

Между добавочными минимумами находится $N - 2$ добавочных максимумов, интенсивность которых очень слаба.

При нормальном освещении решетки белым светом на экране наблюдается белый центральный максимум нулевого порядка, а по обе стороны от него – дифракционные спектры 1-го, 2-го и т.д. порядков. Спектры имеют вид радужных полосок, в которых наблюдается непрерывный переход от фиолетового цвета у внутреннего края спектра к красному цвету у внешнего края.
Со спектров 2-го и 3-го порядков начинается их частичное перекрывание (т.к. выполняется условие ).
Спектроскопическими характеристиками решетки являются: разрешающая способность и угловая дисперсия.
Разрешающая способность дифракционной решетки – безразмерная величина , где $\delta\lambda$ - минимальная разность волн двух спектральных линий, при которой эти линии воспринимаются раздельно, $\lambda$ – среднее значение длин волн этих линий. Можно доказать, что , где $L$ – ширина дифракционной решетки.
Угловая дисперсия характеризует степень пространственного (углового) разделения световых лучей с разной длиной волны: , где $\delta\varphi$ – угловое расстояние между спектральными линиями, отличающимися по длине волны на $\delta\lambda$. Несложно доказать, что .
Таким образом, решетка является спектральным устройством, который можно использовать в различных оптических приборах, например, в дифракционных спектрофотометрах, в качестве монохроматоров, т.е. устройств, позволяющих освещать объект светом в узком диапазоне длин волн.
Дифракционная решетка может быть использована для определения длины волны света (по основной формуле дифракционной решетки). С другой стороны, основная формула дифракционной решетки может быть использована для решения обратной задачи – нахождения постоянной дифракционной решетки по длине волны. Этот способ лег в основу рентгеноструктурного анализа – измерения параметров кристаллической решетки посредством дифракции рентгеновских лучей. В настоящее время широко используют рентгеноструктурный анализ биологических молекул и систем. Именно этим методом Дж. Уотсон и Ф. Крик установили структуру молекулы ДНК (двойная спираль) и были удостоены в 1962 г. Нобелевской премии.

**47. Дисперсия света.**

Сложный состав солнечного света был обнаружен Исааком Ньютоном. Он направлял из круглого отверстия на призму тонкий луч белого света, при этом свет разлагался на спектр, и на экране появлялась линия из цветных круглых пятен.
Недостаток такого способа состоял в том, что цветные пятна перекрывали друг друга и давали четкий спектр только по краям. Чтобы доказать, что не сама призма окрашивает световые лучи, Ньютон собирал второй призмой разложенные цветные лучи, и получал луч белого цвета. Когда Ньютон направлял на призму монохроматический свет, разложения не происходило.

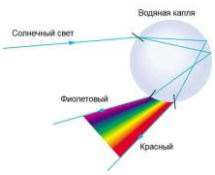
Только в 1802 году английский ученый Уильям Волластон впервые использовал в качестве источника луча не круглое отверстие, а узкую щель, и благодаря этому получил непрерывный четкий спектр.
Дисперсия света — это совокупность явлений, обусловленных зависимостью абсолютного показателя преломления от частоты колебаний (длины волны) света.
Явление дисперсии возникает в связи с тем, что световые лучи с разной длиной волны имеют различную скорость распространения в оптической среде

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

где n — относительный показатель преломления,
c — скорость света в вакууме,
v — скорость света данной частоты в среде.
Так как скорость распространения волн света в воздухе и вакууме (имеющем абсолютный показатель преломления, равный 1) всегда одинакова, независимо от длины волны и, следовательно, цвета, то относительный показатель преломления зависит от скорости света в среде и обратно пропорционален ей.
Обычно, чем меньше длина световой волны, тем больше показатель преломления среды для нее и тем меньше скорость распространения волны в среде:

- в видимом спектре красный свет имеет максимальную фазовую скорость распространения в среде и минимальную степень преломления;
- у фиолетового цвета фазовая скорость распространения в среде минимальна, а степень преломления — максимальна.

Дисперсионный спектр выглядит растянутым в коротковолновой части. Это связано с тем, что волны разной длины проходят разный путь сквозь призму. Наибольшие отклонение и путь внутри призмы имеют лучи с высокой частотой: соответственно, дисперсионный спектр растянут в
, всегда лежит на прямой, проходящей через Солнце и глаз наблюдателя, то есть одновременно видеть солнце и радугу без использования зеркал невозможно. фиолетовой части.




Дисперсия света: примеры в природе: Радуга — это результат отражения и дисперсии света в капельках воды. Именно дисперсия ответственна за то, что радуга имеет вид спектра, а не белой дуги. Так как капельки воды могут отличаться только размерами, то расположение радуги всегда примерно одинаково. Центр окружности, которую описывает радуга

Дисперсия света в парящих кристаллах льда лежит в основе такого атмосферного оптического явления, как гало. Ледяные кристаллы могут быть разного размера, формы и по-разному ориентированы в воздухе, поэтому гало бывает очень разнообразным. Существует около сотни разных видов гало.

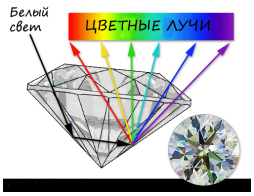
- Световые столбы, ложные солнца (паргелии) по некоторым классификациям также относятся к дисперсией света в ледяных кристаллах. Их вид обусловлен

«Призрак Броккена». Явление, получившее название «броккенский призрак», представляет собой тень наблюдателя, падающую на нижележащее облако, и обычно наблюдается в горах.

Применение дисперсии света

Дисперсия в ограненном бриллианте, которую демонстрирует картинка ниже.

На явлении дисперсии основано применение жидких кристаллов, обладающих свойствами




как жидкостей (текучесть), так и кристаллов (анизотропия). Проходя через жидкий кристалл, свет распадается на два луча: распространяющийся обычно и преломленный. С их помощью обнаруживают пары вредных химических соединений, гамма- и ультрафиолетовые излучения.

Применяют в информационной технике (жидкокристаллические индикаторы и экраны), в медицине, в микросхемах, на производстве. Например, жидкие кристаллы применяются в производстве «умного стекла», способного изменять опалесценцию и коэффициенты светопропускания и поглощения тепла.

В «кольце настроения» под слоем стекла или пластика находятся жидкие кристаллы, поэтому оно меняет цвет в зависимости от температуры.

**48. Давление света. Опыты П.Н. Лебедева.**

Опыты П. Н. Лебедева по измерению давления света подтвердили, что свет при падении на какую-либо поверхность оказывает давление. Это было экспериментально подтверждено в 1900 году. 1
Для опыта Лебедев создал специальный прибор. Он представлял собой стеклянный сосуд, внутрь которого помещался лёгкий стерженёк на тонкой стеклянной нити. По краям этого стерженька были прикреплены тонкие лёгкие крылышки из различных металлов и слюды. Из сосуда выкачивался воздух. 3
С помощью специальных оптических систем, состоящих из источника света и зеркал, пучок света направлялся на крылышки, расположенные с одной стороны стерженька. Под воздействием светового давления стерженёк поворачивался, и нить закручивалась на какой-то угол. По величине этого угла и определяли величину светового давления. 3
Лебедеву удалось измерить давление света и показать, что давление, оказываемое светом на блестящее крылышко, в два раза больше давления на чёрное крылышко. Результаты опыта подтвердили теоретические предположения Максвелла о существовании светового давления. 3

49. Явление внешнего фотоэффекта. Законы А.Г. Столетова для внешнего фотоэффекта. Уравнение А. Эйнштейна для внешнего фотоэффекта. (ответ)

Фотоэффект (или точнее – внешний фотоэффект) - это явление вырывания электронов из вещества под действием падающего на него света.
Законы фотоэффекта:

1. Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с увеличением частоты света ν и не зависит от его интенсивности. Число фотоэлектронов, вырываемых светом из катода за 1 с, прямо пропорционально интенсивности света.
2. Кинетическая энергия фотоэлектронов не зависит от интенсивности падающего света, а зависит от его частоты.
3. Для каждого вещества существует так называемая красная граница фотоэффекта, то есть наименьшая частота $\nu_{min}$, при которой еще возможен внешний фотоэффект.

4. Фотоэффект практически безынерционен, фототок возникает мгновенно после начала освещения катода при условии, что частота света ν > νmin.

Уравнение Эйнштейна для фотоэффекта: $h\nu = A_{вых} + \frac{m\upsilon^2}{2}$

$h\nu$ - энергия кванта электромагнитного излучения

$\nu$ - частота электромагнитного излучения

$A_{вых}$ - работа выхода для данного вещества

$\frac{m\upsilon^2}{2}$ - кинетическая энергия фотоэлектрона

Читается оно так: энергия поглощенного кванта идет на работу выхода электрона из металла и на сообщение ему кинетической энергии.

**50. Модель атома по Резерфорду и по Бору. Происхождение спектров излучения и поглощения.**

Атомы-это химические частицы, являющиеся пределом химического разложения любого вещества. Атомы не делимы химическим путём.Первые указания о сложном строении атома были получены при изучении процессов прохождения электрического тока через жидкости. Опыты выдающегося английского ученого М.Фарадея в тридцатых годах XIX в. навели на мысль о том, что электричество существует в виде отдельных единичных зарядов.

Величины этих единичных зарядов электричества были определены в более поздних экспериментах по пропусканию электрического тока через газы (опыты с так называемыми катодными лучами). Было установлено, что катодные лучи — это поток отрицательно заряженных частиц, которые получили названия электронов.

Структура атомов.

Атом является сложным образованием и состоит из ряда более мелких частиц. Атомы всех элементов состоят из положительно заряженного ядра и электронов — отрицательно заряженных частиц очень малой массы. Ядро занимает ничтожно малую часть всего объема атома. Диаметр атома равен $10^{-8}$ см, а диаметр ядра - $10^{-13}$ см.

Ядро состоит из протонов и нейтронов. Эти частицы имеют общее название — нуклоны.

Протон - - устойчивая элементарная частица с массой, близкой к углеродной единице. Заряд протона равен заряду электрода, но с обратным знаком. Если заряд электрона принимают равным —1, то заряд протона равен +1. Протон – это атом водорода, лишенный электрона.

Нейтрон – атомная оболочка, отрицательный заряд которой компенсирует положительный заряд ядра, обусловленный наличием в нем протонов.

Таким образом, количество электронов в атоме равно количеству протонов в его ядре.

Зависимость между числом протонов , числом нейтронов и массовым числом атома выражается уравнением: N=A-Z

Отсюда число нейтронов в ядре атома любого элемента равно разности между его массовым числом и числом протонов.

В основе современной теории строения атома лежат следующие основные положения:

1. Электрон имеет двойственную (корпускулярно-волновую) природу. Он может вести себя и как частица, и как волна, подобно частице, электрон обладает определенной массой и зарядом; в то же время, движущийся электрон проявляет волновые свойства, например, характеризуется способностью к дифракции. Длина волны электрона λ и его скорость v связаны соотношением де Бройля:

λ = h / mv,

где m — масса электрона.

2. Для электрона невозможно одновременно точно, измерить координату и скорость. Чем точнее мы измеряем скорость, тем больше неопределенность в координате, и наоборот. Математическим выражением принципа неопределенности служит соотношение
$\Delta x \cdot m \cdot \Delta v > \hbar/2$,
где Δx — неопределенность положения координаты, Δv — погрешность измерения скорости.
3. Электрон в атоме не движется по определенным траекториям, а может находиться в любой части около ядерного пространства, однако вероятность его нахождения в разных частях этого пространства неодинакова. Пространство вокруг ядра, в котором вероятность нахождения электрона достаточно велика, называют орбиталью.
4. Ядра атомов состоят из протонов и нейтронов (общее название — нуклоны). Число протонов в ядре равно порядковому номеру элемента, а сумма чисел протонов и нейтронов соответствует его массовому числу.
Последнее положение было сформулировано после того, как в 1920 г. Э.Резерфорд открыл протон, а в 1932 г. Дж.Чедвик — нейтрон.
Различные виды атомов имеют общее название — нуклиды. Нуклиды достаточно характеризовать любыми двумя числами из трех фундаментальных параметров: A — массовое число, Z — заряд ядра, равный числу протонов, и N — число нейтронов в ядре. Эти параметры связаны между собой соотношениями:
Z = A - N, N = A - Z, A= Z + N.Нуклиды с одинаковым Z, но различными A и N, называют изотопами.
Модель Резерфорда. Суть планетарной модели строения атома (Э.Резерфорд, 1911 г.) можно свести к следующим утверждениям:
1. В центре атома находится положительно заряженное ядро, занимающее ничтожную часть пространства внутри атома.
2. Весь положительный заряд и почти вся масса атома сосредоточены в его ядре (масса электрона равна 1/1823 а.е.м.).
3. Вокруг ядра вращаются электроны. Их число равно положительному заряду ядра.
Эта модель оказалась очень наглядной и полезной для объяснения многих экспериментальных данных, но она сразу обнаружила и свои недостатки. В частности, электрон, двигаясь вокруг ядра с ускорением (на него действует центростремительная сила), должен был бы, согласно электромагнитной теории, непрерывно излучать энергию. Это привело бы к тому, что электрон должен был бы двигаться вокруг ядра по спирали и в конце концов упасть на него. Никаких доказательств того, что атомы непрерывно исчезают, не было, отсюда следовало, что модель Резерфорда в чем-то ошибочна.
Теория Бора. В 1913 г. датский физик Н.Бор предложил свою теорию строения атома. Как и Резерфорд, он считал, что электроны двигаются вокруг ядра подобно планетам, движущимся вокруг Солнца. Однако к этому времени Дж.Франк и Г.Герц (1912 г.) доказали дискретность энергии электрона в атоме и это позволило Бору положить в основу новой теории два необычных предположения (постулата):
1. Электрон может вращаться вокруг ядра не по произвольным, а только по строго определенным (стационарным) круговым орбитам.
Радиус орбиты r и скорость электрона v связаны квантовым соотношением Бора:
$mrv = n\hbar$
где m — масса электрона, n — номер орбиты, ħ — постоянная Планка (ħ = 1,05·10-34 Дж·с).
2. При движении по стационарным орбитам электрон не излучает и не поглощает энергии.
Таким образом, Бор предположил, что электрон в атоме не подчиняется законам классической физики. Согласно Бору, излучение или поглощение энергии определяется переходом из одного состояния, например с энергией E1, в другое — с энергией E2, что соответствует переходу электрона с одной стационарной орбиты на другую. При таком

переходе излучается или поглощается энергия ΔE, величина которой определяется соотношением
ΔE = E1 – E2 = hv,
где v — частота излучения, h = 2p ħ = 6,62·10-34 Дж·с.
Бор, используя данное уравнение, рассчитал частоты линий спектра атома водорода, которые очень хорошо согласовывались с экспериментальными значениями, но было обнаружено также и то, что для других атомов эта теория не давала удовлетворительных результатов.

**51. Виды спектров. Спектральный анализ.**

Спектр – это разложение света на составные части, лучи разных цветов.
Графическое представление такого распределения называется спектральной диаграммой.
Обычно под спектром подразумевается электромагнитный спектр — спектр частот (или то же самое, что энергий квантов) электромагнитного излучения.
Метод исследования химического состава различных веществ по их линейчатым спектрам испускания или поглощения называют спектральным анализом.
Виды спектров:

- Непрерывные спектры. Солнечный спектр или спектр дугового фонаря является непрерывным. Это означает, что в спектре представлены волны всех длин. В спектре нет разрывов, и на экране спектрографа можно видеть сплошную разноцветную полосу. Характер непрерывного спектра зависит от взаимодействия атомов друг с другом.
- Линейчатые спектры. Это частокол цветных линий различной яркости, разделенных широкими темными полосами.

Линейчатые спектры дают все вещества в газообразном атомарном (но не молекулярном) состоянии. В этом случае свет излучают атомы, которые практически не взаимодействуют друг с другом. Это самый фундаментальный, основной тип спектров.

- Полосатые спектры. Полосатый спектр состоит из отдельных полос, разделенных темными промежутками. С помощью очень хорошего спектрального аппарата можно обнаружить, что каждая полоса представляет собой совокупность большого числа очень тесно расположенных линий. В отличие от линейчатых спектров полосатые спектры создаются не атомами, а молекулами, не связанными или слабо связанными друг с другом.
- Спектры поглощения. Все вещества, атомы которых находятся в возбужденном состоянии, излучают световые волны, энергия которых определенным образом распределена по длинам волн. Поглощение света веществом также зависит от длины волны. Так, красное стекло пропускает волны, соответствующие красному свету, и поглощает все остальные.

Непрерывные спектры - дают тела, находящиеся в твердом или жидком состоянии, а также сильно сжатые газы. (К ним относятся солнечный спектр или спектр дугового фонаря).
Линейчатые спектры - дают все вещества в газообразном атомарном (но не молекулярном) состоянии. (Обычно для наблюдения этих спектров используют свечение паров вещества в пламени или свечение газового разряда в трубке, наполненной исследуемым газом).
Полосатые спектры - состоят из отдельных полос разделенных темными промежутками. Создаются не атомами, а молекулами, не связанными или слабо связанными друг с другом. (Для наблюдения используют свечение паров в пламени или свечение газового разряда).
Спектры поглощения - образуют в совокупности темные линии (линии поглощения) на фоне непрерывного спектра. Поглощение света веществом зависит от длины волны.
Спектральный анализ — совокупность методов качественного и количественного определения состава объекта, основанная на изучении спектров взаимодействия материи с

излучением, включая спектры электромагнитного излучения, акустических волн, распределения по массам и энергиям элементарных частиц и др.
В зависимости от целей анализа и типов спектров выделяют несколько методов спектрального анализа. Атомный и молекулярный спектральный анализы позволяют определять элементный и молекулярный состав вещества, соответственно. В эмиссионном и абсорбционном методах состав определяется по спектрам испускания и поглощения. Спектральный анализ — чувствительный метод и широко применяется в аналитической химии, астрофизике, металлургии, машиностроении, геологической разведке и других отраслях науки.
В теории обработки сигналов, спектральный анализ также означает анализ распределения энергии сигнала (например, звукового) по частотам, волновым числам и т. п.

## 52. Естественная радиоактивность. Свойства альфа-, бета- и гамма-излучений.

Слово «радиация» происходит от латинского radius и обозначает луч. Радиация – это все виды существующих в природе излучений – радиоволны, видимый свет, ультрафиолет и так далее. Но излучения бывают различными, некоторые из них полезны, некоторые вредны. Мы в обычной жизни привыкли словом радиация называть вредное излучение, возникающее вследствие радиоактивности некоторых видов вещества.
Атомы вещества состоят из ядра и вращающихся вокруг него электронов. Так вот ядро – это в принципе очень устойчивое образование, которое сложно разрушить. Однако ядра атомов некоторых веществ обладают нестабильностью и могут излучать в пространство различную энергию и частицы. Это излучение называют радиоактивным, и оно включает в себя несколько составляющих, которые назвали соответственно первым трем буквам греческого алфавита: α-, β- и γ- излучение. (альфа-, бета- и гамма-излучение). Эти излучения различны, различно и их действие на человека и меры защиты от него.
Естественная радиоактивность — это явление, при котором ядра самых тяжёлых элементов самопроизвольно распадаются, превращаясь в ядра более лёгких элемент.
Альфа-излучение — это поток тяжелых положительно заряженных частиц. Возникает в результате распада атомов тяжелых элементов, таких как уран, радий и торий. В воздухе альфа-излучение проходит не более пяти сантиметров и, как правило, полностью задерживается листом бумаги или внешним омертвевшим слоем кожи. Однако если вещество, испускающее альфа-частицы, попадает внутрь организма с пищей или воздухом, оно облучает внутренние органы и становится опасным.
Бета-излучение — это электроны, которые значительно меньше альфа-частиц и могут проникать вглубь тела на несколько сантиметров. От него можно защититься тонким листом металла, оконным стеклом и даже обычной одеждой. Попадая на незащищенные участки тела, бета-излучение оказывает воздействие, как правило, на верхние слои кожи. Во время аварии на Чернобыльской АЭС в 1986 году пожарные получили ожоги кожи в результате очень сильного облучения бета-частицами. Если вещество, испускающее бета-частицы, попадет в организм, оно будет облучать внутренние ткани.
Гамма-излучение — это фотоны, т.е. электромагнитная волна, несущая энергию. В воздухе оно может проходить большие расстояния, постепенно теряя энергию в результате столкновений с атомами среды. Интенсивное гамма-излучение, если от него не защититься, может повредить не только кожу, но и внутренние ткани. Плотные и тяжелые материалы, такие как железо и свинец, являются отличными барьерами на пути гамма-излучения.
Как видно, альфа-излучение по его характеристикам практически не опасно, если не вдохнуть его частички или не съесть с пищей. Бета-излучение может причинить ожоги кожи в результате облучения. Самые опасные свойства у гамма-излучения. Оно проникает глубоко внутрь тела, и вывести его оттуда очень сложно, а воздействие очень разрушительно.

**53. Строение атомного ядра.**

Атомное ядро — центральная часть атома, в которой сосредоточена его основная масса. Строение атомного ядра включает две элементарные частицы: протоны и нейтроны. Протоны — частицы с положительным зарядом, каждая из которых имеет относительную массу 1. Число протонов определяется зарядом ядра Z, равным порядковому номеру в таблице Менделеева.
Нейтроны — частицы без заряда, имеющих относительную массу 1.
Электроны образуют электронную оболочку атома, но не входят в состав ядра. 1
Некоторые теории строения атомного ядра:

- Оболочечная. Модель ядра представляет собой систему протонов и нейтронов, которые движутся в усреднённом поле независимо друг от друга из-за силовых воздействий от других нуклонов.
- Капельная. Согласно данной теории, ядро по форме представляет собой сферическую равномерно заряженную каплю, которая напоминает жидкость. 1
- Кластерная. Согласно теории, ядро представляет собой α-частичные кластера. 1
- Статистическая. Рассматривает модель атома с точки зрения уровней разного порядка, средние и тяжёлые ядра на которых возбуждаются при высокой энергии, но расстояние между ними остаётся маленьким.
- Коллективная. По теории ядро образуется нуклонами заполненных электронных оболочек и окружается внешними нуклонами.

**54. Правила смещения при альфа- и бета-распадах.**

Атомное ядро, испытывающее радиоактивный распад, называется материнским, возникающее ядро — дочерним.
Радиоактивный распад происходит в соответствии с так называемыми правилами смещения, позволяющими установить, какое ядро возникает в результате распада данного материнского ядра. Правила смещения: $^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$ **для α-распада,**

$^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e$ **для β-распада,**

где $^{A}_{Z}X$ — материнское ядро, Y — символ дочернего ядра, He — ядро гелия ($\alpha$-частица), $^{0}_{-1}e$—символическое обозначение электрона
Правила смещения являются ничем иным, как следствием двух законов, выполняющихся при радиоактивных распадах, — сохранения электрического заряда и сохранения массового числа: сумма зарядов (массовых чисел) возникающих ядер и частиц равна заряду (массовому числу) исходного ядра.
Из правил смещения и вытекает, что массовое число при $\alpha$-распаде уменьшается на 4, а при $\beta$-распаде не меняется.
В настоящее время известно более двухсот $\alpha$-активных ядер, главным образом тяжелых ($A$>200, $Z$>82).
Примером $\alpha$-распада служит распад изотопа урана $^{238}$U с образованием Th:

$$^{238}_{92}U \rightarrow {}^{234}_{90}Th + {}^{4}_{2}He.$$

Скорости вылетающих при распаде $\alpha$--частиц очень велики и колеблются для разных ядер в пределах от $1{,}4\cdot10^{7}$ до $2\cdot10^{7}$ м/с, что соответствует энергиям от 4 до 8,8 МэВ. Согласно современным представлениям, $\alpha$-частицы образуются в момент радиоактивного распада при встрече движущихся внутри ядра двух протонов и двух нейтронов.
Для $\alpha$-распада характерна сильная зависимость между периодом полураспада $T_{1/2}$ и энергией $E$ вылетающих частиц.

Эмпирический закон Гейгера — Нэттола $\ln\lambda = A + B\ln R_{\alpha}$, где $A$ и $B$—эмпирические константы, $\lambda = (\ln 2)/T_{1/2}$ ,пробег $R_{\alpha}$ (расстояние, проходимое частицей в веществе до ее полной остановки).

Объяснение $\alpha$-распада дано квантовой механикой, согласно которой вылет $\alpha$-частицы из ядра возможен благодаря туннельному эффекту — проникновению $\alpha$-частицы сквозь потенциальный барьер.

Явление $\beta^-$-распада (в дальнейшем будет показано, что существует и $\beta^+$-распад) подчиняется правилу смещения ${}^{A}_{Z}X \rightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e$

при $\beta^-$-распаде испускается антинейтрино (античастица по отношению к нейтрино; обозначается ${}^{0}_{0}\tilde{\nu}_e$ . Нейтрино имеет нулевой заряд, спин $^1/_2$ (в единицах $\hbar$ ) и нулевую (а скорее $<10^{-4}m_e$) массу покоя).

Так как при $\beta^-$-распаде число нуклонов в ядре не изменяется, а $Z$ увеличивается на единицу (см. (265.5)), то единственной возможностью одновременного осуществления этих условий является превращение одного из нейтронов $\beta^-$-активного ядра в протон с одновременным образованием электрона и вылетом антинейтрино: ${}^{1}_{0}n \rightarrow {}^{1}_{1}p + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\tilde{\nu}_e$.

**55. Закон радиоактивного распада.**

Закон радиоактивного распада — закон, открытый Фредериком Содди и Эрнестом Резерфордом экспериментальным путём и сформулированный в 1903 году. Современная формулировка закона:

$$\frac{dN}{dt} = -\lambda N ,$$

что означает, что число распадов за интервал времени $t$ в произвольном веществе пропорционально числу имеющихся в образце атомов .

В этом математическом выражении $\lambda$ — постоянная распада, которая характеризует вероятность радиоактивного распада за единицу времени и имеющая размерность $с^{-1}$. Знак минус указывает на убыль числа радиоактивных ядер со временем.

Этот закон считается основным законом радиоактивности, из него было извлечено несколько важных следствий, среди которых формулировки характеристик распада — *среднее время жизни атома* и период полураспада.

Процесс радиоактивного распада также называют радиоакти́вностью, а соответствующие элементы радиоактивными. Радиоактивными называют также вещества, содержащие радиоактивные ядра.

Акти́вность радиоактивного источника — ожидаемое число элементарных радиоактивных распадов в единицу времени.

В системе СИ единицей активности является беккерель (Бк, Bq); 1 Бк = $с^{-1}$. В образце с активностью 1 Бк происходит в среднем 1 распад в секунду.

Внесистемными единицами активности являются:

- кюри (Ки, Ci); 1 Ки = $3{,}7\times10^{10}$ Бк.
- резерфорд (Рд, Rd); 1 Рд = $10^6$ Бк (используется редко).

Радиоакти́вный распа́д— спонтанное изменение состава нестабильных атомных ядер (заряда Z, массового числа A) путём испускания элементарных частиц или ядерных фрагментов.

**56. Изотопы.**

Масса протона, как и масса нейтрона, равна единице. В атоме содержатся целые числа протонов и нейтронов. Поэтому относительная атомная масса элемента должна выражаться целым числом. Однако относительные атомные массы большинства элементов в периодической системе представляют собой дробные числа.

Например, $A_{r(\mathrm{Cu})}=63{,}54\,;\ A_{r(\mathrm{Zn})}=65{,}38\,;\ A_{r(\mathrm{Cl})}=35{,}453\,.$

Это можно объяснить так. В природе существуют атомы одного и того же элемента с разной массой. Так, встречаются атомы хлора с атомной массой 35 и 37. Ядра этих атомов содержат одинаковое число протонов, но разное число нейтронов.
Разновидности атомов одного элемента, обладающие одинаковыми зарядами ядер, но разными массовыми числами, называются изотопами.
Каждый изотоп характеризуется двумя величинами: массовым числом (проставляется вверху слева от химического знака) и порядковым номером (проставляется внизу слева от химического знака) и обозначается символом соответствующего элемента. Например, изотоп углерода с массовым числом 12 записывается так: ${}^{12}_{6}C$ , ${}^{12}C$ или словами «углерод-12».
Изотопы известны и для других химических элементов. Например, элемент водород имеет три изотопа. ${}^{1}_{1}$ H – протий (1 p); ${}^{2}_{1}$ D ( H) - дейтерий (1 p, 1 n); ${}^{3}_{1}$ T ( H) - тритий (1 p, 2 n). Уран так же имеет три изотопа ${}^{238}_{92}U$ ; ${}^{235}_{92}U$ ; ${}^{234}_{92}U$ . Разные элементы имеют разное число изотопов. Некоторые элементы (фтор, натрий, алюминий) в природе встречаются только в виде одного изотопа. Другие изотопы этих элементов неустойчивы. Олово имеет самое большое число устойчивых изотопов – десять.
Относительная атомная масса элемента в периодической системе элементов Д. И. Менделеева - это среднее арифметическое масс атомов его изотопов.
Например, природный хлор - это смесь 77,4% изотопа ${}^{35}_{17}$ C1 и 22,6% изотопа ${}^{37}_{17}$ Cl. Поэтому

$$A_{r(\mathrm{Cl})}=\frac{35\times 77,4+37\times 22,6}{100}=35,453.$$

Химические свойства всех изотопов одного элемента одинаковы. Т.о. химические свойства элементов зависят от заряда ядра атома, а не от атомной массы. Заряд ядра атома является главной характеристикой элемента:
Химический элемент - это совокупность атомов с одинаковым зарядом ядра.

**57. Дефект массы ядра, энергия связи.**

*Ядерная физика* - наука о строении, свойствах и превращениях атомных ядер. В 1911 году Э. Резерфорд установил в опытах по рассеянию $\alpha$-частиц при их прохождении через вещество, что нейтральный атом состоит из компактного положительно заряженного ядра и отрицательного электронного облака. В. Гейзенберг и Д.Д. Иваненко (независимо) высказали гипотезу о том, что ядро состоит из протонов и нейтронов.
*Атомное ядро* - центральная массивная часть атома, состоящая из протонов и нейтронов, которые получили общее название *нуклонов*. В ядре сосредоточена почти вся масса атома (более 99,95%). Размеры ядер порядка $10^{-13}$ - $10^{-12}$ см и зависят от числа нуклонов в ядре. Плотность ядерного вещества как для легких, так и для тяжелых ядер почти одинакова и составляет около $10^{17}$ кг/м$^3$, т.е. 1 см$^3$ ядерного вещества весил бы 100 млн. т. Ядра имеют положительный электрический заряд, равный абсолютной величине суммарного заряда электронов в атоме.
*Протон* (символ p) - элементарная частица, ядро атома водорода. Протон обладает положительным зарядом, равным по величине заряду электрона. Масса протона $m_p$ = 1,6726 $10^{-27}$ кг = 1836 $m_e$ , где $m_e$ - масса электрона.
В ядерной физике принято выражать массы в атомных единицах массы:
1 а.е.м. = 1,65976 $10^{-27}$ кг.
Следовательно, масса протона, выраженная в а.е.м., равна
$m_p$ = 1,0075957 а.е.м.

Число протонов в ядре называется *зарядовым числом Z*. Оно равно атомному номеру данного элемента и, следовательно, определяет место элемента в периодической системе элементов Менделеева.

*Нейтрон* (символ n) - элементарная частица, не обладающая электрическим зарядом, масса которой незначительно больше массы протона.

Масса нейтрона $m_n = 1{,}675\ 10^{-27}$ кг = 1,008982 а.е.м. Число нейтронов в ядре обозначается N.

Суммарное число протонов и нейтронов в ядре (число нуклонов) называется *массовым числом* и обозначается буквой A,

$A = Z + N$.

Для обозначения ядер применяется символ ${}^{A}_{Z}X$ , где X - химический символ элемента.

*Изотопы* - разновидности атомов одного и того же химического элемента, атомные ядра которых имеют одинаковое число протонов (Z) и разное число нейтронов (N). Изотопами называют также ядра таких атомов. Изотопы занимают одно и то же место в периодической системе элементов. В качестве примера приведем изотопы водорода:

${}^{1}_{1}H$ - *обычный водород или протий,* ${}^{2}_{1}H$ - *дейтерий,* ${}^{3}_{1}H$ - *тритий*.

*Понятие о ядерных силах.*

Ядра атомов - чрезвычайно прочные образования, несмотря на то, что одноименно заряженные протоны, находясь на очень малых расстояниях в атомном ядре, должны с огромной силой отталкиваться друг от друга. Следовательно, внутри ядра действуют чрезвычайно большие силы притяжения между нуклонами, во много раз превышающие электрические силы отталкивания между протонами. Ядерные силы представляют собой особый вид сил, это самые сильные из всех известных взаимодействий в природе.

Исследования показали, что ядерные силы обладают следующими свойствами:

1. ядерные силы притяжения действуют между любыми нуклонами, независимо от их зарядового состояния;
2. ядерные силы притяжения являются короткодействующими: они действуют между любыми двумя нуклонами на расстоянии между центрами частиц около $2\cdot10^{-15}$ м и резко спадают при увеличении расстояния (при расстояниях более $3\cdot10^{-15}$ м они уже практически равны нулю);
3. для ядерных сил характерна насыщенность, т.е. каждый нуклон может взаимодействовать только с ближайшими к нему нуклонами ядра;
4. ядерные силы не являются центральными, т.е. они не действуют вдоль линии, соединяющей центры взаимодействующих нуклонов.

В настоящее время природа ядерных сил изучена не до конца. Установлено, что они являются так называемыми обменными силами. Обменные силы носят квантовый характер и не имеют аналога в классической физике. Нуклоны связываются между собой третьей частицей, которой они постоянно обмениваются. В 1935 г. японский физик Х. Юкава показал, что нуклоны обмениваются частицами, масса которых примерно в 250 раз больше массы электрона. Предсказанные частицы были обнаружены в 1947 г. английским ученым С. Пауэллом при изучении космических лучей и впоследствии названы π-мезонами или пионами.

Взаимные превращения нейтрона и протона подтверждаются различными экспериментами.

*Дефект масс атомных ядер. Энергия связи атомного ядра.*

Нуклоны в атомном ядре связаны между собой ядерными силами, поэтому, чтобы разделить ядро на составляющие его отдельные протоны и нейтроны, необходимо затратить большую энергию.

Минимальная энергия, необходимая для разделения ядра на составляющие его нуклоны, называется *энергией связи ядра*. Такая же по величине энергия освобождается, если свободные нейтроны и протоны соединяются и образуют ядро.

Точные масс-спектроскопические измерения масс ядер показали, что масса покоя атомного ядра меньше суммы масс покоя свободных нейтронов и протонов, из которых образовалось ядро. Разность между суммой масс покоя свободных нуклонов, из которых образовано ядро, и массой ядра называется *дефектом массы*:

$\Delta m = Zm_p + Nm_n - M_я$.

Этой разности масс Δm соответствует энергия связи ядра $E_{св}$, определяемая соотношением Эйнштейна:

$E_{св} = \Delta m c^2$,

или, подставив выражение для Δ*m*, получим:

$E_{св} = (Zm_p + Nm_n - M_я)c^2$.

Энергию связи обычно выражают в мегаэлектронвольтах (МэВ). Определим энергию связи, соответствующую одной атомной единице массы ($1\,а.е.м. = 1{,}65976 \cdot 10^{-27}\ кг$, скорость света в вакууме $c = 3 \cdot 10^8\ м/с$):

$E_{а.е.м} = 1{,}65976 \cdot 10^{-27} \cdot 9 \cdot 10^{16}\ (Дж)$.

Переведем полученную величину в электронвольты:

$$E_{а.е.м} = \frac{1{,}65976 \cdot 10^{-27} \cdot 9 \cdot 10^{16}}{1{,}6 \cdot 10^{-19}} = 931{,}44\ (МэВ).$$

В связи с этим на практике удобнее пользоваться следующим выражением для энергии связи:

$E_{св} = 931{,}44 \Delta m\ \ (МэВ)$,

где множитель Δm выражен в атомных единицах массы.

Важной характеристикой ядра служит удельная энергия связи ядра, т.е. энергия связи, приходящаяся на нуклон:

$$\varepsilon = \frac{E_{св}}{A}.$$

Чем больше $\varepsilon$, тем сильнее связаны между собой нуклоны.

**58. Радиоактивные излучения и их воздействие на живые организмы.**

Радиоактивные излучения и их воздействие на живые организмы:

Радиоактивные частицы передвигаются с огромной скоростью и выбивают электроны из атомов. В результате атомы получают положительный заряд, а электрон становится свободным и вступает в реакцию с положительно заряженным атомом. Образуются свободные радикалы.

Например, при реакции между водой и радиоактивными частицами тело человека более чем на 80% состоит из воды. Когда на воду оказывают действие радиоактивные частицы, она начинает распадаться на два вещества: OH и H. Они, в свою очередь, взаимодействуют с молекулами, из которых состоит организм, и вызывают в них патологические изменения.

Воздействие радиации на клетки организма вызывает их гибель или модификацию. Если число повреждённых или погибших клеток достаточно велико, это может привести к дисфункции повреждённого органа или смерти.

Бывает и отсроченный эффект: повреждения ДНК не приводят к гибели клеток, но в них возникает мутация, нарушается деление, из-за чего возникает рак.

Естественная радиация в небольших дозах несёт пользу всему живому, активируя иммунную систему. Большие дозы разрушают клетки, повреждают ткани органов и вызывают скорую гибель организмов.

**59. Деление тяжёлых ядер. Понятие цепной реакции деления тяжёлых ядер**

Реакция деления ядра заключается в том. Что тяжёлое ядро под действием нейтронов и других частиц делится на 2 ядра-осколка и сопровождается испусканием 2-3 вторичных нейтронов. Энергия или энергетический эффект реакции E равна разности энергий конечной и исходной пар ядер и частиц в реакции. Например, реакция деления ядер урана идет по схеме

$$^{235}_{92}\mathrm{U} + {}^{1}_{0}\mathrm{n} \rightarrow {}^{140}_{55}\mathrm{Cs} + {}^{94}_{37}\mathrm{Rb} + 2\,{}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

Энергетический эффект этой ядерной реакции определяется по формуле

$$E = \Delta m \cdot c^2 = (m_{Cs} + m_{Rb} + 2m_n - m_U - m_n) \cdot c^2 .$$

Осколки деления ядра цезия Cs и рубидия Rb претерпевают ряд превращений, в результате которых из радиоактивных они превращаются в стабильные изотопы церия $^{140}Ce$ и циркония $^{94}Zr$.

Деление урана сопровождается выделением огромной энергии (1 г урана энергетически эквивалентен 2,5 т угля). Для поддержания реакции деления требуется подводить нейтроны. При каждом акте деления освобождается несколько нейтронов (в среднем 2,5), которые, в свою очередь, вызвав акт деления создадут еще избыточные нейтроны. Число нейтронов растет в геометрической прогрессии и таким образом поддерживается цепная реакция.

Важнейшей характеристикой развития и поддержания цепных реакций является коэффициент размножения нейтронов к

$$к = \frac{N_i}{N_{i-1}},$$

где $N_i$ и $N_{i-1}$ – числа нейтронов, вызывающих деление ядер на двух соседних этапах реакции. При к = 1 цепная реакция идет с постоянной интенсивностью. При к > 1 реакция приобретает лавинообразный характер, т.е. становится цепной.

Ценные реакции делятся на управляемые и неуправляемые. Взрыв атомной бомбы является неуправляемой реакцией. Чтобы этого не произошло в ней $^{235}_{92}U$ или $^{239}_{94}Pu$ делится на две удалённые друг от друга части с массами ниже критических. При соединении этих частей наступает неуправляемая ядерная реакция – атомный взрыв.

В природе имеются 3 изотопа, которые могут служить ядерным топливом. Это уран $^{235}_{92}U$ с природной распространённостью 0,7%. Сырьём для его получения могут служить торий $^{232}_{92}Th$ и уран $^{238}_{92}U$ - с природной распространённостью 99,3%. Торий $^{232}_{92}Th$ служит исходным продуктом для получения искусственного ядерного топлива урана $^{233}_{92}U$. Уран $^{238}_{92}U$, поглощая нейтроны, посредством двух последовательных $\beta^-$ - распадов – превращается в ядро плутония $^{239}_{94}Pu$.

$$^{238}_{92}U + {}^{0}_{1}n \rightarrow {}^{239}_{92}U - \overset{\beta^-}{\rightarrow} {}^{239}_{93}Np - \overset{\beta^-}{\rightarrow} {}^{239}_{94}Pu$$

$$^{232}_{92}Th + {}^{0}_{1}n \rightarrow {}^{233}_{90}Th - \overset{\beta^-}{\rightarrow} {}^{233}_{91}Pa - \overset{\beta^-}{\rightarrow} {}^{233}_{92}U$$

**60. Термоядерный синтез и условия его осуществления.**

Термоядерный синтез — это процесс, в котором ядра легких атомов сливаются друг с другом образуя более тяжелые атомы. Это слияние сопровождается выделением большого количества энергии.

Во- первых, предназначенная для синеза смесь должна быть нагрета до темературы, при которой кинетическая энергия ядер обеспечивает высокую вероятность их слияния пр и столкновении.

Во-вторых, реагирующая смесь должна быть очень хорошо термоизолирована (т.е. высокая температура должна поддерживаться достаточно долго, чтобы произошло необходимое число реакций и выделившаяся за счет этого энергия превышала энергию, затраченную на нагрев топлива).

Реакция синтеза – это образование из легких ядер более тяжелых посредством их соединения. Наиболее благоприятной с энергетической точки зрения является реакция синтеза ядер дейтерия и трития

$$^{2}_{1}\mathrm{H} + {}^{3}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{1}_{0}\mathrm{n}$$

В этой реакции на 1 нуклон выделяется энергия ≃3,5 МэВ, т.е. в 4раза больше чем при делении урана. Такая реакция может протекать при температурах $\sim 10^7$К и для подержания управляемой реакции необходимо создать и поддерживать в некотором объеме температуру Т $\simeq 10^8$К, что представляет собой громадную техническую трудность.

Неуправляемая термоядерная реакция осуществлена при взрыве водородной бомбы по схеме

$$^{6}_{3}\mathrm{Li} + {}^{2}_{1}\mathrm{H} \rightarrow {}^{4}_{2}\mathrm{He} + {}^{4}_{2}\mathrm{He}\,.$$

Термоядерные реакции являются, по-видимому, одним из источников энергии Солнца и звезд.

Особый интерес представляет осуществление управляемой термоядерной реакции, для обеспечения которой необходимо создание и поддерживание в ограниченном объеме температуры порядка $10^8$ К. При данной температуре термоядерное рабочее вещество представляет собой полностью ионизированную плазму и возникает проблема ее надежной термоизоляции от стенок рабочего объема. Считается, что основной путь в этом направлении – это удержание плазмы в ограниченном объеме сильными магнитными полями специальной формы.

ФОСП составлен в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования (ФГОС СПО) по специальности 13.02.11 Техническая эксплуатация и обслуживание электрического и электромеханического оборудования

**ФОСП составил:**

Преподаватель высшей квалификационной категории

_____ В.М. Набока
(подпись)

**ФОСП одобрен**
на заседании предметно-цикловой комиссии социально-экономических и естественнонаучных дисциплин

Протокол № _8_ от «_29_» _марта_ 2023 г.

Председатель ПЦК Хуснудинова Е.А.
(подпись) (Ф.И.О.)

**ФОСП рассмотрена и рекомендована к утверждению внешним экспертом**

Д.т.н., профессор ФГБОУ ВО ИрГАУ Кудряшев Геннадий Сергеевич
(должность, звание, квалификационная категория) (Ф.И.О.)