

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Дмитриев Николай Николаевич  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 14.02.2025 08:13:19  
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\_\_\_\_ 2023 г

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

### **ПД.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, 2 семестры / 1 курс (база 9 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.

Код	Наименование компетенции (планируемые результаты освоения ОП)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенции
	<b>Общие компетенции</b>	<b>В области знания и понимания (А)</b>
ОК 02	Использовать современные средства поиска, анализа и интерпретации информации и информационные технологии для выполнения задач профессиональной деятельности	<b>Знать:</b> -роль физики в современном мире; -фундаментальные физические законы и принципы, лежащие в основе современной физической картины мира; -основные физические процессы и явления; -важные открытия в области физики, оказавших определяющее влияние на развитие техники и технологии; -методы научного познания природы. <b>Знать:</b> смысл понятий: физическое явление, гипотеза, закон, теория, вещество, взаимодействие, электромагнитное поле, волна, фотон, атом, атомное ядро, ионизирующие излучения, планета, звезда, галактика, Вселенная; смысл физических величин: скорость, ускорение, масса, сила, импульс, работа, механическая энергия,

		внутренняя энергия, абсолютная температура, средняя кинетическая энергия частиц вещества, количество теплоты, элементарный электрический заряд; смысл физических законов классической механики, всемирного тяготения, сохранения энергии, импульса и электрического заряда, термодинамики, электромагнитной индукции, фотоэффекта; вклад российских и зарубежных ученых, оказавших наибольшее влияние на развитие физики;
--	--	---

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
<b>ЗАЧЕТ</b>	"зачтено", "незачтено"
<b>ЗАЧЕТ С ОЦЕНКОЙ</b> (дифференцированный зачет)	"отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "неудовлетворительно"
<b>ЭКЗАМЕН</b>	"отлично", "хорошо", "удовлетворительно", "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**

**1 курс, 1 семестр**

**4.1. Перечень вопросов и задач к экзамену по ПД.03 Физика для  
оценивания результатов обучения в виде ЗНАНИЙ. ОК02**

**Экзаменационные вопросы**

1. Физика – наука о природе. Зарождение и развитие физики как науки. Роль физического знания в жизни человека и общественном развитии. Методы научного познания. Шкала прибора. Система единиц.
2. Механическое движение. Материальная точка
3. Относительность движения. Закон сложения скоростей в классической механике.
4. Равномерное прямолинейное движение. Скорость движения.
5. Равномерное прямолинейное движение. Графики (координаты, пути, скорости) прямолинейного равномерного движения.
6. Неравномерное движение. Средняя скорость.
7. Равноускоренное прямолинейное движение тела. Ускорение. ОЗМ для равноускоренного движения.
8. графики (скорости, ускорения, координаты) для равноускоренного движения.
9. . Скорость и пройденный путь тела при равноускоренном прямолинейном движении
10. Равномерное движение по кругу. Период. Частота. Угловая скорость.
11. Центростремительное ускорение. Взаимосвязь центростремительного ускорения с линейной и угловой скоростями.
12. Свободное падение. Ускорение свободного падения.
13. Движение тела под действием силы тяжести по вертикали.
14. Виды механической энергии. Закон сохранения полной механической энергии.
15. Движение искусственных спутников. Первая космическая скорость.
16. Первый закон Ньютона. Инерциальная система отсчета.
17. Масса. Сила. Второй закон Ньютона. Сложение сил.
18. Третий закон Ньютона. Примеры его проявления.
19. Законы сохранения энергии в механике.
20. Кинетическая и потенциальная энергия.
21. Импульс тела. Закон сохранения импульса.
22. Силы упругости. Упругие деформации. Закон Гука.
23. Силы трения, коэффициент трения скольжения. Внутреннее трение.
24. Гравитационные силы. Закон всемирного тяготения.
25. Сила тяжести. Вес тела. Невесомость.
26. Механическая работа. Мощность.
27. Равновесие тел. Момент сил. Условия равновесия тел.
28. Идеальный газ. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.

29. Температура, ее измерение. Абсолютная температурная шкала. Температура - мера средней кинетической энергии молекул.
30. Основные положения МКТ. Скорость молекул газа
31. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона).
32. Газовые законы.
33. Испарение и конденсация. Насыщенный пар. Кипение
34. Влажность воздуха. Приборы для измерения влажности воздуха.
35. Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение. Капиллярные явления.
36. Кристаллические и аморфные тела. Механические свойства твердых тел.
37. Внутренняя энергия. Работа в термодинамике
38. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам
39. Адиабатный процесс. Необратимость тепловых процессов
40. Принцип действия тепловых двигателей. КПД теплового двигателя.

### Экзаменационные задачи

1. Определите число молекул, содержащихся в 24 моль вещества.
2. Определите частоту вращения для наждачного круга диаметром 50 см, если скорость обращения круга 360 км/ч.
3. Движение тела задано уравнением  $x(t) = 5 + 10t - 0,5t^2$ .  
Определите: 1) начальную координату тела; 2) проекцию скорости тела;  
3) проекцию ускорения; 4) вид движения (разгоняется тело или тормозит);  
5) запишите уравнение проекции скорости; 6) определите значение координаты и скорости в момент времени  $t = 4$  с.
4. Тело скользит по горизонтальной плоскости. Найти коэффициент трения, если сила трения равна 5 Н, а сила давления тела на плоскость – 20 Н.
5. Определить давление бензина на дно цистерны, если высота столба бензина 2,4 м, а его плотность 710 кг/м<sup>3</sup>.
6. Тележка массой 40 кг движется со скоростью 4 м/с навстречу тележке массой 60 кг, движущейся со скоростью 2 м/с. После неупругого соударения тележки движутся вместе. В каком направлении и с какой скоростью будут двигаться тележки?
7. Вода, массой 1 т в водохранилище, имеет потенциальную энергию, которая равна 800 кДж. Определите высоту плотины.
8. Найти массу углекислого газа в баллоне вместимостью 40 л при температуре 288 К и давлении 5,07 МПа.
9. Какую мощность развивает двигатель мотороллера, движущегося со скоростью 57,6 км/ч при силе тяги 245 Н?
10. Внутренняя энергия идеального газа 3,2 кДж. Найти изменение температуры, если количество вещества 4 моль?
11. Подъемник за 0,5 минуты поднимает груз массой 2 т на высоту 60 см. Определите мощность подъемника.
12. Какую работу совершает сила тяжести при падении камня массой 0,5 кг с высоты 12 м?
13. Определите путь, пройденный автомобилем, если при силе тяги 25 кН совершенная работа равна 50 МДж.
14. Автомобиль, двигаясь с ускорением  $-0,5$  м/с<sup>2</sup>, уменьшил свою скорость от 54 до 18 км/ч. Сколько времени ему для этого понадобилось?
15. Какой объем занимает 1 кг кислорода при 0° С и давлении 800 кПа?
16. Воздушный шар объемом 500 м<sup>3</sup> наполнен гелием под давлением 105 Па. В результате нагрева температура газа в аэростате поднялась от 10 °С до 25 °С. Как увеличилась внутренняя энергия газа?
17. Найти концентрацию молекул газа, если в баллоне создано давление 0,5 мкПа при температуре 27° С?

18. В капиллярной трубке радиусом 0,5мм эфир поднялся на 28мм. Найти плотность жидкости, если ее коэффициент поверхностного натяжения 30 мН/м. Капилляр установлен на Марсе,  $g = 3,7 \text{ м/с}^2$ .
19. Под действием силы 90кН была осуществленная работа 45МДж. На какую высоту было поднятое тело?
20. Газ имеет концентрацию  $1,2 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$  и температуру равную 600 К. Найдите давление газа. Ответ дайте в кПа.

### Список экзаменационных билетов по ПД.03 физика 1 курс 1 семестр

#### БИЛЕТ № 1

1. Физика – наука о природе. Зарождение и развитие физики как науки. Роль физического знания в жизни человека и общественном развитии. Методы научного познания. Шкала прибора. Система единиц.
2. Принцип действия тепловых двигателей. КПД теплового двигателя.
3. Определите число молекул, содержащихся в 24 моль вещества.

#### БИЛЕТ № 2

1. Механическое движение. Материальная точка.
2. Адиабатный процесс. Необратимость тепловых процессов.
3. Определите частоту вращения для наждачного круга диаметром 50 см, если скорость обращения круга 360 км/ч.

#### БИЛЕТ № 3

1. Относительность движения. Закон сложения скоростей в классической механике.
2. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам.
3. Движение тела задано уравнением  $x(t) = 5 + 10t - 0,5t^2$ .  
Определите: 1) начальную координату тела; 2) проекцию скорости тела; 3) проекцию ускорения; 4) вид движения (разгоняется тело или тормозит); 5) запишите уравнение проекции скорости; 6) определите значение координаты и скорости в момент времени  $t = 4 \text{ с}$ .

#### БИЛЕТ № 4

41. Равномерное прямолинейное движение. Скорость движения.
42. Внутренняя энергия. Работа в термодинамике.
43. Тело скользит по горизонтальной плоскости. Найти коэффициент трения, если сила трения равна 5 Н, а сила давления тела на плоскость – 20 Н.

#### БИЛЕТ № 5

1. Равномерное прямолинейное движение. Графики (координаты, пути, скорости) прямолинейного равномерного движения.
2. Сила тяжести. Вес тела. Невесомость.
3. Определить давление бензина на дно цистерны, если высота столба бензина 2,4 м, а его плотность  $710 \text{ кг/м}^3$ .

#### БИЛЕТ № 6

1. Неравномерное движение. Средняя скорость.
2. Кристаллические и аморфные тела. Механические свойства твердых тел.
3. Тележка массой 40 кг движется со скоростью 4 м/с навстречу тележке массой 60 кг, движущейся со скоростью 2 м/с. После неупругого соударения тележки движутся вместе. В каком направлении и с какой скоростью будут двигаться тележки?

### БИЛЕТ № 7

1. Равноускоренное прямолинейное движение тела. Ускорение. ОЗМ для равноускоренного движения.
2. Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение. Капиллярные явления.
3. Вода, массой 1 т в водохранилище, имеет потенциальную энергию, которая равна 800 кДж. Определите высоту плотины.

### БИЛЕТ № 8

1. Графики (скорости, ускорения, координаты) для равноускоренного движения
2. Влажность воздуха. Приборы для измерения влажности воздуха.
3. углекислого газа в баллоне вместимостью 40 л при температуре 288 К и давлении 5,07 МПа.

### БИЛЕТ № 9

1. Скорость и пройденный путь тела при равноускоренном прямолинейном движении.
2. Испарение и конденсация. Насыщенный пар. Кипение.
3. Какую мощность развивает двигатель мотороллера, движущегося со скоростью 57,6 км/ч при силе тяги 245 Н?

### БИЛЕТ № 10

1. Свободное падение. Ускорение свободного падения.
2. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона). Газовые законы.
3. Внутренняя энергия идеального газа 3,2 кДж. Найти изменение температуры, если количество вещества 4 моль?

### БИЛЕТ № 11

1. Равномерное движение по кругу. Период. Частота. Угловая скорость.
2. Газовые законы
3. Подъемник за 0,5 минуты поднимает груз массой 2 т на высоту 60 см. Определите мощность подъемника.

### БИЛЕТ № 12

1. Центробежное ускорение. Взаимосвязь центробежного ускорения с линейной и угловой скоростями.
2. Температура, ее измерение. Абсолютная температурная шкала. Температура - мера средней кинетической энергии молекул.
3. Какую работу совершает сила тяжести при падении камня массой 0,5 кг с высоты 12 м?

### БИЛЕТ № 13

1. Виды механической энергии. Закон сохранения полной механической энергии.
2. Идеальный газ. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.

3. Определите путь, пройденный автомобилем, если при силе тяги 25 кН совершенная работа равна 50 МДж.

#### БИЛЕТ № 14

1. Первый закон Ньютона. Инерциальная система отсчета.
2. Движение искусственных спутников. Невесомость. Первая космическая скорость.
3. Автомобиль, двигаясь с ускорением  $-0,5 \text{ м/с}^2$ , уменьшил свою скорость от 54 до 18 км/ч. Сколько времени ему для этого понадобилось?

#### БИЛЕТ № 15

1. Масса. Сила. Второй закон Ньютона. Сложение сил.
2. Основные положения МКТ. Скорость молекул газа
3. Какой объем занимает 1 кг кислорода при  $0^\circ \text{C}$  и давлении 800 кПа?

#### БИЛЕТ № 16

1. Третий закон Ньютона. Примеры его проявления.
2. Импульс тела. Закон сохранения импульса.
3. Воздушный шар объемом 500 м<sup>3</sup> наполнен гелием под давлением 105 Па. В результате нагрева температура газа в аэростате поднялась от  $10^\circ \text{C}$  до  $25^\circ \text{C}$ . Как увеличилась внутренняя энергия газа?

#### БИЛЕТ № 17

1. Силы упругости. Упругие деформации. Закон Гука.
2. Законы сохранения энергии в механике.
3. Найти концентрацию молекул газа, если в баллоне создано давление 0,5 мкПа при температуре  $27^\circ \text{C}$ ?

#### БИЛЕТ № 18

1. Силы трения, коэффициент трения скольжения. Внутреннее трение.
2. Кинетическая и потенциальная энергия.
3. В капиллярной трубке радиусом 0,5мм эфир поднялся на 28мм. Найти плотность жидкости, если ее коэффициент поверхностного натяжения 30 мН/м. Капилляр установлен на Марсе,  $g = 3,7 \text{ м/с}^2$ .

#### БИЛЕТ № 19

1. Гравитационные силы. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести. Вес тела.
2. Равновесие тел. Момент сил. Условия равновесия тел.
3. Под действием силы 90кН была осуществленная работа 45МДж. На какую высоту было поднятое тело?

#### БИЛЕТ № 20

1. Движение тела под действием силы тяжести по вертикали.
2. Механическая работа. Мощность. КПД



3. Газ имеет концентрацию  $1,2 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$  и температуру равную 600 К. Найдите давление газа. Ответ дайте в кПа.

## Пакет экзаменатора (ПД.03 Физика 1 семестр)

### БИЛЕТ № 1

**1. Физика – наука о природе. Зарождение и развитие физики как науки. Роль физического знания в жизни человека и общественном развитии. Методы научного познания. Шкала прибора. Система единиц.**

Физика – фундаментальная наука, занимающаяся изучением основополагающих и вместе с тем наиболее общих свойств окружающего нас материального мира.

Родоначальником физики был ученый Аристотель (Др. Греция 384-322 г.г. до н. э.). Ученые, жившие еще до нашей эры, Аристотель, Архимед и другие положили начало учению о движении, основываясь на наблюдениях. Но одни наблюдения не могли точно и верно объяснить движение тел.

В XVI – XVII веках ученые переходят к экспериментальным методам. Результатом опытов Х. Гюйгенса, Г. Галилея, Р. Декарта, И. Кеплера и многих других ученых стали законы, описывающие падение тел, движение планет Солнечной системы, поведение тел при столкновениях. Достигнутые опытным путем результаты, получили завершение в работах великого английского ученого-физика Исаака Ньютона (1643 - 1727 г.г.), создавшего теорию классической механики, науки о движении. Но и гениальный Ньютон не до конца рассмотрел особенности движения тел. В XX веке Альберт Эйнштейн (1879 – 1955 г.г.) создает теорию движения, которая механику Ньютона включает в себя как частный случай. Эйнштейн, Ньютон, Аристотель, Архимед И это еще не все. Пока не изучены еще звездные миры, до которых надо добраться. Но как? Это вопрос будущего. И ответ на этот вопрос, может быть, даст еще одна теория движения.

И главная задача физики: открыть физические законы, по которым протекают различные явления; найти закономерности, сравнить и обобщить результаты; объяснить причины явлений и процессов, предположить их развитие; использовать эти законы в жизни и деятельности человека. Законам физики подчиняется все, что находится во Вселенной

Физика основывается на количественных наблюдениях. Основателем количественного подхода является Галилео Галилей.

Материя – объективная реальность, существующая независимо от нас и нашего знания о нем. Материя существует в виде вещества и поля.

Формы материи: пространство, время. Движение – способ существования материи.

Все физические процессы и явления, происходящие в природе, можно объяснить типами фундаментальных взаимодействий: гравитационное взаимодействие; электромагнитное взаимодействие; сильное взаимодействие; слабое взаимодействие.

Естественнонаучное познание происходит по этапам: Наблюдение – Гипотеза – Теория – Эксперимент. Именно эксперимент является критерием правильности теории.

Особенности научного наблюдения: целенаправлено; сознательно организовано; методически обдуманно; результаты можно записать, измерить, оценить; наблюдатель не вмешивается в ход наблюдаемого процесса.

Эксперимент, как исследование каких-либо явлений путем создания новых условий, соответствующих целям исследования, следует различать на мысленный и реальный.

Структура физической теории: основание (фундамент) – ядро – выводы (следствие) – применение. Особенностью фундаментальных физических теории является их преемственность.

Принцип соответствия - утверждение, что любая новая научная теория должна включать старую теорию и её результаты как частный случай.

Гипотеза - предположение, выдвигаемое перед началом наблюдения или эксперимента, которое должно быть проверено в результате их проведения. В ходе эксперимента гипотезу доказывают, превращая её в установленный факт (теорию, теорему, закон), ИЛИ же опровергают.

Одним из важнейших методов исследования является моделирование. Модель – это идеализация реального объекта или явления при сохранении основных свойств, определяющих данный объект или явление. Примеры физических моделей: материальная точка, абсолютно твердое тело, идеальный газ, др.

Для того, чтобы понять и описать эксперимент вводятся физические величины.

С развитием научных знаний появилась необходимость в развитии единой системы единиц измерений. На Генеральной конференции мер и весов в 1968 г. достигнуто соглашение о международной системе единиц - «единиц измерения СИ», согласно которому базовыми единицами измерения являются семь следующих: метр, килограмм, секунда, ампер, кельвин, кандела, моль (грамм-моль).

Измерить величину - это значит сравнить ее с эталоном, с единицей измерения. Прямое измерение - определение значения физической величины непосредственно средствами измерения. Косвенное измерение – определение значения физической величины по формуле, связывающей её с другими физическими величинами, определяемыми прямыми измерениями.

При обработке результатов измерений нужно оценивать, с какой точностью проводится измерение, какую ошибку допускает ваш прибор, то есть определить погрешность измерений и как влияет сам процесс измерения на объект, который вы измеряете.

Объективность получаемых данных обеспечивают различные физические приборы. Следует различать: приборы наблюдения (микроскоп, телескоп, бинокль и др.) и приборы измерения (термометр, барометр, линейка, весы и др.).

Шкала измерительного прибора — это совокупность отметок и цифр на отсчётном устройстве прибора, соответствующая ряду последовательных значений измеряемой величины.

Деление шкалы — промежуток между двумя соседними отметками шкалы.

Чтобы правильно измерить, нужно определить цену деления прибора, узнать, сколько единиц приходится на одно деление. Для этого разность между двумя соседними числами на шкале делят на число делений между этими числами.

## 2. Принцип действия тепловых двигателей. КПД теплового двигателя.

Большая часть двигателей, используемых людьми, - это тепловые двигатели. Принцип действия заключается в том, что энергия топлива переходит во внутреннюю энергию газа (пара), а газ (пар), расширяясь, совершает работу. Так внутренняя энергия газа (пара) превращается в кинетическую энергию поршня. Устройства, превращающие энергию топлива в механическую энергию, называются тепловыми двигателями.



Строение всех тепловых двигателей практически одинаково: нагреватель, холодильник, рабочее тело.

Нагреватель необходим для создания разности давлений в различных частях двигателя. Рабочее тело (обычно газ) приводит в движение поршни в цилиндрах машины. Это движение можно передать подвижным частям механизма.

Энергия топлива нагревателя расходуется на выполнение работы рабочим телом, но часть её передаётся холодильнику.

Если воспользоваться законом сохранения энергии, то работу двигателя можно определить как: Невозможно превратить всю энергию топлива в механическую работу.

Коэффициент полезного действия – физическая величина, показывающая часть полученного количества теплоты, которая идёт на выполнение полезной работы.

КПД теплового двигателя — отношение совершённой полезной работы двигателя к энергии, полученной от нагревателя. КПД теплового двигателя может быть вычислен по следующей формуле:

$$\text{КПД} = \frac{A}{Q_1} 100\% = \frac{Q_1 - Q_2}{Q_1} 100\%.$$

3. **Задача.** Определите число молекул, содержащихся в 24 моль вещества.

Дано:  $\nu = 24$

$N_A = 6,023 \cdot 10^{23} \text{ моль}^{-1}$

Найти:  $n$

**Решение:**

Число молекул  $N$  можно определить, если знать количество вещества  $\nu$ , по формуле:

$$N = \nu N_A \quad (1)$$

где  $N_A$  — число Авогадро.

$N = 24 \cdot 6,023 \cdot 10^{23} = 144,55 \cdot 10^{23}$

Ответ:  $144,55 \cdot 10^{23}$ .

## БИЛЕТ № 2

### 1. Механическое движение. Материальная точка.

Механическим движением тела называется изменение его положения в пространстве относительно других тел с течением времени.

Изучает движение тел механика. Движение абсолютно твердого тела (не деформирующегося при движении и взаимодействии), при котором все его точки в данный момент времени движутся одинаково, называется поступательным движением, для его описания необходимо и достаточно описать движение одной точки тела.

Движение, при котором траектории всех точек тела являются окружностями с центром на одной прямой и все плоскости окружностей перпендикулярны этой прямой, называется вращательным движением.

Тело, формой и размерами которого в данных условиях можно пренебречь, называется материальной точкой. Это пренебрежение допустимо сделать тогда, когда размеры тела малы по сравнению с расстоянием, которое оно проходит или расстоянием данного тела до других тел. Чтобы описать движение тела, нужно знать его координаты в любой момент времени. В этом и заключается основная задача механики.

### 2. Адиабатный процесс. Необратимость тепловых процессов.

Адиабатный процесс — это термодинамический процесс в макроскопической системе, при котором система не обменивается теплотой с окружающим пространством.

Также адиабатным можно считать процесс, когда теплообменом можно пренебречь, например, если процесс происходит за время, в течение которого теплообмен с окружающей средой не успевает произойти.

Необратимость тепловых процессов обусловлена вторым законом термодинамики, который был сформулирован в XIX веке. Согласно этому закону, в процессе теплопередачи количество теплоты может переходить только от более нагретого тела к менее нагретому.

Одна из формулировок второго закона: невозможен такой процесс, единственным результатом которого является переход тепла от менее нагретого тела к более нагретому телу.

3. **Задача.** Определите частоту вращения для наждачного круга диаметром 50 см, если скорость обращения круга 360 км/ч.

Дано:  $D = 50 \text{ см} = 0,5 \text{ м}$   
 $V = 360 \text{ км/ч} = 360 \cdot 1000 / 3600 = 100 \text{ м/с}$   
 Найти:  $n$

Решение:

Скорость движения наждачного круга можно выразить формулой:

$$V = 2\pi \cdot R \cdot n,$$

где  $V$  – скорость вращения наждачного круга,  
 $R$  – радиус наждачного круга ( $R = 0,5D$ ),  
 $n$  – частота вращения наждачного круга.

Выразим и рассчитаем частоту вращения наждачного круга:

$$n = V / (2\pi \cdot 0,5D) = 100 / (2 \cdot 3,14 \cdot 0,5 \cdot 0,5) = 63,7 \text{ об/с}.$$

Ответ: Частота вращения наждачного круга равна 63,7 об/с.

### БИЛЕТ № 3

#### 1. Относительность движения. Закон сложения скоростей в классической механике.

Механическое движение можно наблюдать только относительно других тел.

Тело, относительно которого рассматривается механическое движение, называется телом отсчёта.

В различных системах отсчёта скорость и перемещение, характеризующие движение одного и того же тела, могут иметь разные модули и направления.

Координаты тела, траектория движения, путь зависят от выбора системы отсчёта, то есть для одного и того же тела могут быть разными.

Для описания движения тела необходимо выбрать тело отсчета и связать с ним систему координат. В качестве тела отсчета может выступать любое тело.

В разных системах отсчета будут различны вид траектории, значения скорости, перемещения и других величин. В этом и заключается относительность движения.

**Пример.** Человек идет по палубе парохода со скоростью  $\vec{v}_1$  относительно парохода. Пароход движется поступательно со скоростью  $\vec{v}_2$  относительно берега. Найдем скорость человека относительно берега.

Свяжем неподвижную систему отсчета ( $xOy$ ) с Землей, а подвижную ( $x'O'y'$ ) — с пароходом.

Из рисунка видно, что перемещение

$$\Delta \vec{r} = \Delta \vec{r}_1 + \Delta \vec{r}_2 = \dot{\Delta} \vec{r} \neq \Delta \vec{r}_1$$

где  $\Delta \vec{r}_1$  — перемещение человека относительно парохода,  $\Delta \vec{r}_2$  — перемещение парохода относительно берега, — перемещение человека относительно берега.

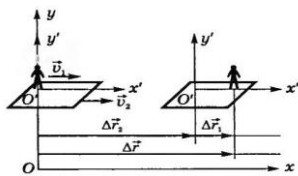


Рис. 1.8

Перемещение человека относительно парохода ( $x'O'y'$ ) и относительно берега ( $xOy$ )

Таким образом, если тело одновременно участвует в нескольких движениях, то результирующее перемещение точки равно векторной сумме перемещений, совершаемых ею в каждом из движений. В

этом состоит установленный экспериментально принцип независимости движений.

Разделив уравнение (2.1) на промежуток времени, за который произошли перемещения человека и парохода, получим закон сложения скоростей:

$$\vec{v} = \vec{v}_1 + \vec{v}_2$$

Скорость тела относительно неподвижной системы отсчета равна геометрической сумме скорости тела относительно подвижной системы отсчета и скорости самой подвижной системы отсчета относительно неподвижной.

Закон сложения скоростей справедлив и для неравномерного движения, только в этом случае  $\vec{v}, \vec{v}_1$  и  $\vec{v}_2$  — мгновенные скорости. Этот закон был установлен Г. Галилеем. Он справедлив только для движений со скоростями, намного меньшими скорости света  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с. Такие скорости в физике называют *нерелятивистскими*.

#### 4. Применение первого закона термодинамики к изопроцессам.

**Изотермический процесс ( $T = \text{const}$ ).** Если температура газа не меняется, то не меняется и его внутренняя энергия:  $\Delta U = 0$ . Тогда формула первого закона термодинамики даёт:  $Q = A$  — всё подведённое к газу тепло идёт на совершение газом работы.

**Изохорный процесс ( $V = \text{const}$ ).** Если объём газа остаётся постоянным, то поршень не перемещается, и потому работа газа равна нулю:  $A = 0$ . Тогда первый закон термодинамики даёт:  $Q = \Delta U$  — всё тепло, переданное газу, идёт на изменение его внутренней энергии.

**Изобарный процесс ( $p = \text{const}$ ).** Подведённое к газу тепло идёт как на изменение внутренней энергии, так и на совершение работы:  $Q = \Delta U + p \Delta V$ .

**Адиабатный процесс.** Процесс идёт без теплообмена с окружающими телами:  $Q = 0$ . Тогда из первого закона термодинамики следует:  $A + \Delta U = 0$ , или  $A = -\Delta U$ . В процессе адиабатного расширения газ совершает положительную работу, поэтому  $\Delta U < 0$  (работа совершается за счёт убыли внутренней энергии) — следовательно, газ охлаждается. Наоборот, в процессе адиабатного сжатия будет  $A < 0$ , поэтому  $\Delta U > 0$ : газ нагревается.

#### 3. Задача. Движение тела задано уравнением $x(t) = 5 + 10t - 0,5t^2$ .

Определите: 1) начальную координату тела; 2) проекцию скорости тела; 3) проекцию ускорения; 4) вид движения (разгоняется тело или тормозит); 5) запишите уравнение проекции скорости; 6) определите значение координаты и скорости в момент времени  $t = 4$  с.

Решение:

$$x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$$

$$x(t) = 5 + 10t - 0,5t^2$$

1)  $x_0 = 5$  (м);

2)  $v_{0x} = 10$  (м/с);

3)  $\frac{a_x}{2} = -0,5$  м/с<sup>2</sup>;  $a_x = -1$  (м/с<sup>2</sup>);

4) тело тормозит, так как проекции скорости и ускорения имеют разные знаки;

5)  $v_x(t) = 10 - t$ ;

6)  $x(4 \text{ с}) = 5 + 10 \cdot 4 - 0,5 \cdot 4^2 = 37$  (м);

$v_x(4 \text{ с}) = 10 - 4 = 6$  (м/с).

### БИЛЕТ № 4

#### 1. Равномерное прямолинейное движение. Скорость движения.

Прямолинейным называется движение, если траектория тела — прямая линия.

Длину траектории называют путем. Путь измеряется в метрах.

Перемещение — это вектор, соединяющий начальное положение тела с его конечным положением. Обозначается  $\vec{s}$ , измеряется в метрах.

Скорость — это векторная величина, равная отношению перемещения за малый промежуток времени к величине этого промежутка. Обозначается  $\vec{v}$ , измеряется в м/с.

Равномерным называется такое движение, при котором тело за любые равные промежутки времени проходит одинаковые пути. При этом скорость тела не меняется.

При этом движении перемещение и скорость вычисляются по формулам:  $\vec{v} = \frac{\vec{s}}{t}$ ,  $\vec{s} = \vec{v}t$ .

#### 2. Внутренняя энергия. Работа в термодинамике.

Внутренняя энергия тела — это суммарная кинетическая и потенциальная энергия всех частиц, входящих в данное тело.

$$U = E_k + E_p$$
$$[U] = [\text{Дж}]$$

Внутренняя энергия идеального газа.

Потенциальная энергия молекул идеального газа стремится к нулю. Значит, внутренняя энергия равна суммарной кинетической энергии всех молекул газа:

$$U = E_k$$

Зависимость средней кинетической энергии молекул от температуры:

$$\overline{E_k} = \frac{3}{2}kT$$

Внутренняя энергия будет равна произведению средней кинетической энергии молекулы и числа молекул:

$$U = N\overline{E_k}$$

В свою очередь, число молекул определяется как произведение количества вещества и числа Авогадро:

$$N = \nu N_A$$

Получим выражение, зависящее только от температуры и от количества вещества:

$$U = \frac{3}{2}\nu N_A kT$$

Напомним, что произведение постоянной Больцмана и постоянной Авогадро — это универсальная газовая постоянная:

$$U = \frac{3}{2}\nu RT$$

Таким образом, мы вывели уравнение, описывающее внутреннюю энергию идеального газа.

**Степень свободы  $i$  — это число возможных независимых движений частиц.**

$$U = \frac{i}{2}\nu RT$$

Минимальное число степеней свободы в трехмерном пространстве — это три.

Для реальных газов внутренняя энергия всё же зависит не только от температуры, но и от объёма.

Существует два способа изменения внутренней энергии системы:

1. Теплообмен, когда тело получает или отдаёт некоторое количество теплоты в процессе теплопередачи. Если в результате теплообмена тело остывает, то его внутренняя энергия уменьшается, если нагревается, то энергия увеличивается.

2. Совершение механической работы. Например, внутренняя энергия металлической монеты может быть увеличена при нагревании её на огне либо за счёт трения о деревянную поверхность.

Работа в термодинамике — это взаимодействие системы с внешними объектами, в результате чего изменяются параметры системы. Работа равна изменению внутренней энергии системы.

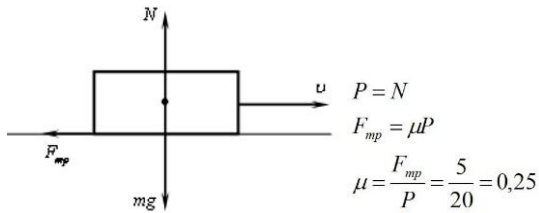
$$A = \Delta U$$

Если работу совершают над телом, то его внутренняя энергия увеличивается, если же тело само совершает работу, это ведёт к уменьшению его внутренней энергии.

3. **Задача.** Тело скользит по горизонтальной плоскости. Найти коэффициент трения, если сила трения равна 5 Н, а сила давления тела на плоскость – 20 Н.

**Решение**

Сила давления тела на плоскость равна силе нормальной реакции опоры.



Ответ: 0,25

## БИЛЕТ № 5

### 1. Равномерное прямолинейное движение. Графики (координаты, пути, скорости) прямолинейного равномерного движения.

Равномерное прямолинейное движение — прямолинейное движение, при котором скорость тела не меняется.

Уравнение движения – уравнение, выражающее зависимость координат от времени, например:  $x = x(t)$ .

Характер изменения основных величин, характеризующих движение:

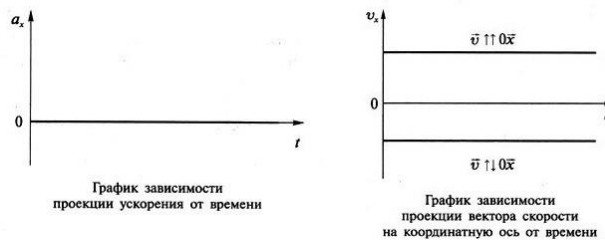
Ускорение. Равно нулю:  $\vec{a} = 0$ .

Скорость. Не равна нулю, постоянна по величине и направлению:  $\vec{v} = \text{const.}$

Для равномерного движения проекция вектора скорости равна отношению изменения координаты (проекции вектора перемещения) к тому промежутку времени, в течение которого это изменение произошло

$$v_x = \frac{x - x_0}{t} = \frac{s_x}{t}.$$

*Физический смысл:* численно равна изменению координаты (проекции вектора перемещения) за 1 с.



Перемещение. Вектор перемещения при равномерном прямолинейном движении прямо пропорционален времени:  $s = vt$ . В проекциях на координатную ось:  $s_x = v_x t$ .

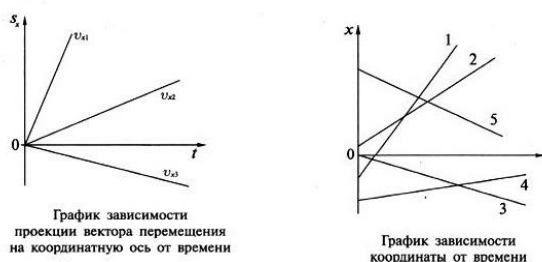
В первом и во втором случае тело движется в направлении координатной оси  $Ox$ . Во втором случае тело движется в направлении, противоположном направлению оси  $Ox$ .

По модулю  $v_1 > v_2 > v_3$  (сравниваем модули перемещения за одинаковые промежутки времени).

Для расчёта проекции вектора перемещения удобно пользоваться графиком зависимости проекции скорости от времени: величина проекции вектора перемещения численно равна площади под графиком зависимости проекции скорости от времени.

Координата. Поскольку  $x = x_0 + s_x$ , зависимость координаты от времени описывается линейной функцией:

$$x = x_0 + v_x t.$$



На графике изображены следующие случаи движения:

1. Движение в направлении оси  $Ox$ , начальная координата отрицательна.
2. Движение в направлении оси  $Ox$ , начальная координата положительна.
3. Движение в направлении, противоположном направлению оси  $Ox$ , начальная координата равна нулю.
4. Движение в направлении оси  $Ox$ , начальная координата отрицательна.
5. Движение в направлении, противоположном направлению оси  $Ox$ , начальная координата положительна.
5. Путь. При равномерном прямолинейном движении в одном направлении равен модулю вектора перемещения:

## 2. Сила тяжести. Вес тела. Невесомость.

Сила тяжести — сила, с которой тела притягиваются к Земле, сила притяжения всех тел к Земле вблизи её поверхности. Сила тяжести прямо пропорциональна массе тела и всегда направлена вертикально вниз, к центру Земли.

Вес тела — это сила, с которой тело в результате притяжения к Земле действует на опору или подвес. В отличие от силы тяжести, являющейся гравитационной силой, приложенной к телу, вес — это упругая сила, приложенная к опоре или подвесу.

Невесомость — состояние тела, при котором оно движется только под действием силы тяжести. Если опора свободно падает вместе с телом, то под действием силы тяжести каждая частица опоры и тела двигается вниз с одним и тем же ускорением. Ни в опоре, ни в теле не возникают сжатия или растяжения, нет сил упругости, а значит, вес тела равен нулю. Если тело покоится на горизонтальной поверхности, или движется равномерно и прямолинейно, то вес тела равен силе тяжести.

Применим второй закон Ньютона:

$$P = N - mg = ma \Rightarrow P = N = m(g + a).$$

Вес тела увеличивается при ускоренном движении опоры вверх. Это явление называется перегрузкой. Действительно, при рывке лифта вверх, мы чувствуем некое давление.

Нетрудно догадаться, что при ускоренном движении вниз, происходит противоположное явление: вес тела уменьшается.

В этом можно убедиться, если вновь применить второй закон Ньютона:

$$P = N - mg = -ma \Rightarrow P = N = m(g - a).$$

Как видно, из уравнения, при движении вниз с ускорением свободного падения, вес тела обратится в ноль:  $a = g \Rightarrow P = 0$ . Это явление называется невесомостью.

3. **Задача.** Определить давление бензина на дно цистерны, если высота столба бензина 2,4 м, а его плотность  $710 \text{ кг/м}^3$ .

ОТВЕТ: 17,04 кПа.

Дано:	Решение:
$h = 2,4 \text{ м}$	$p = \rho gh$
$\rho = 710 \text{ кг/м}^3$	$p = 710 \text{ кг/м}^3 \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 2,4 \text{ м}$
$g = 10 \text{ Н/кг}$	$p = 17040 \text{ Па} = 17,04 \text{ кПа}$
$p = ?$	Ответ: 17,04 кПа



## 1. Неравномерное движение. Средняя скорость.

Неравномерное движение – это движение, при котором за равные промежутки времени тело проходит разные пути.

Средняя путевая скорость – это физическая величина, равная отношению пути, пройденного телом за рассматриваемый промежуток времени, к длительности этого промежутка.

Средняя путевая скорость — скалярная неотрицательная величина.

Средняя скорость тела за промежуток времени  $t$  – это физическая величина, равная отношению перемещения  $\Delta \vec{x}$ , совершённого телом, к длительности этого промежутка времени.

$$\vec{v}_{\text{cp}} = \frac{\Delta \vec{x}}{t}$$

Средняя скорость – вектор. Она направлена туда, куда направлено перемещение тела за рассматриваемый промежуток времени.

Если тело всё время движется в одном направлении, то модуль средней скорости равен средней путевой скорости. Если же в процессе своего движения тело меняет направление движения, то модуль средней скорости меньше средней путевой скорости.

## 2. Кристаллические и аморфные тела. Механические свойства твердых тел.

Кристаллические тела — это твёрдые тела, характеризующиеся упорядоченным и повторяющимся по всему объёму расположением частиц (атомов, ионов, молекул). Различают кристаллические тела двух видов: монокристаллы и поликристаллы.

Аморфные тела — это твёрдые тела, у которых отсутствует кристаллическая структура.

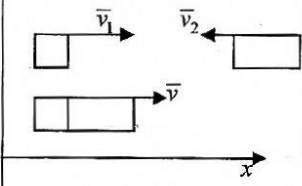
Атомы и молекулы в аморфных телах размещены неупорядоченно, для них характерен ближний порядок со строением аналогичным жидкому состоянию вещества.

Механические свойства твёрдых тел включают способность долгое время сохранять форму и объём (геометрические размеры), а также наличие упругих сил, которые возникают при небольших изменениях объёма от внешнего воздействия (сжатия, растяжения или сдвига).

Деформация — это изменение размеров и формы тела под действием силы. Существует упругая и пластическая деформации:

- Упругая деформация — это деформация, при которой после прекращения действия силы размеры и форма тела восстанавливаются (например, пружина).
- Пластическая деформация — это деформация, при которой после прекращения действия силы тело не восстанавливает свою первоначальную форму и размеры (например, пластилин).

**3. Задача.** Тележка массой 40 кг движется со скоростью 4 м/с навстречу тележке массой 60 кг, движущейся со скоростью 2 м/с. После неупругого соударения тележки движутся вместе. В каком направлении и с какой скоростью будут двигаться тележки ?

<b>Дано:</b> $m_1 = 40$ кг $m_2 = 60$ кг $v_1 = 4$ м/с $v_2 = 2$ м/с $v = ?$		<b>Решение:</b> $m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = (m_1 + m_2) \vec{v}$ ОХ: $m_1 v_1 - m_2 v_2 = (m_1 + m_2) v$ $v = \frac{m_1 v_1 - m_2 v_2}{m_1 + m_2} = \frac{40 \cdot 4 - 60 \cdot 2}{40 + 60} = 0,4$ (м/с) <b>Ответ:</b> 0,4 м/с В сторону движения первой тележки.
---	---	---

БИЛЕТ № 7

# 1. Равноускоренное прямолинейное движение тела. Ускорение. ОЗМ для равноускоренного движения.

Прямолинейное равноускоренное движение – прямолинейное движение, при котором скорость тела изменяется одинаково за любые равные промежутки времени.

Основные величины, характеризующие движение:

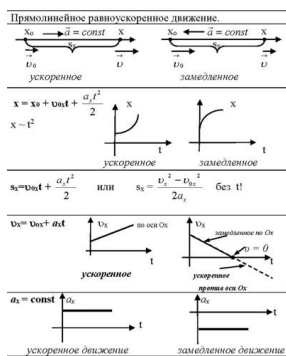
Ускорение. Не меняется, то есть постоянно по величине и направлению:  $\vec{a} = \text{const}$ .

*Физический смысл:* ускорение численно равно изменению скорости за 1 с. Например, ускорение равно  $5 \text{ м/с}^2$  — это значит, что скорость тела изменяется на  $5 \text{ м/с}$  за каждую секунду своего движения.

Мгновенная скорость. Меняется равномерно, увеличиваясь или уменьшаясь одинаково за равные промежутки времени.

Уравнение, описывающее изменение скорости с течением времени:  $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$ , в проекциях  $v_x = v_{0x} + a_x t$ .

Основное кинематическое уравнение (ОЗМ) для равноускоренного движения гласит, что координата тела в любой момент времени определяется суммой начальной координаты и проекции перемещения.



Решение ОЗМ для прямолинейного равноускоренного движения:  $x = x_0 + v_0 t + \frac{a_x t^2}{2}$ , где  $x$  — координата в данный момент времени,  $x_0$  — координата в начальный момент времени,  $t$  — время. 1

Также для расчёта положения точки в любой момент времени при равноускоренном движении можно использовать формулы, которые дают зависимость координат тела от времени:  $x = x_0 + v_0 t + \frac{a_x t^2}{2}$ , где  $x$  — координата в данный момент времени,  $x_0$  — координата в начальный момент времени,  $v_0$  — проекция начальной скорости на выбранную координатную ось,  $a_x$  — ускорение вдоль этой оси. графики (скорости, ускорения, координаты) для равноускоренного движения.

# 2. Свойства жидкостей. Поверхностное натяжение. Капиллярные явления.

**Свойства жидкостей:** текучесть, вязкость, сохранение объёма.

**Поверхностное натяжение** – явление, при котором жидкость стремится приобрести форму с наименьшей возможной площадью поверхности. Обусловлено наличием молекулярного давления в поверхностном слое жидкости из-за различных областей взаимодействия молекул внутри жидкости и на её поверхности.

**Капиллярные явления** – подъём или опускание жидкости в капиллярах (трубках малого диаметра). Если в жидкость опустить капилляр, то поверхность жидкости в капилляре принимает вогнутую форму, близкую к сферической в случае смачивания, и выпуклую в случае несмачивания.

**Смачивание** – искривление поверхности жидкости вблизи твёрдого тела. Возникает из-за взаимодействия молекул жидкости с молекулами твёрдого тела. Количественная характеристика этого явления – угол смачивания.

**3. Задача.** Вода, массой  $1 \text{ т}$  в водохранилище, имеет потенциальную энергию, которая равна  $800 \text{ кДж}$ . Определите высоту плотины.

Решение:

$$E_p = mgh - \text{потенциальная энергия}$$

$$m = 1 \text{ т} = 1000 \text{ кг}$$

$$h = E_p / mg = 800 \cdot 10^3 / (1000 \cdot 10) = 80 \text{ м}$$

Ответ:  $80 \text{ м}$ .

## БИЛЕТ № 8

### 1. Графики (скорости, ускорения, координаты) для равноускоренного движения.

Прямолинейное равноускоренное движение – прямолинейное движение, при котором скорость тела изменяется одинаково за любые равные промежутки времени.

Основные величины, характеризующие движение:

Ускорение. Не меняется, то есть постоянно по величине и направлению:  $\vec{a} = \text{const}$ .

*Физический смысл:* ускорение численно равно изменению скорости за 1 с. Например, ускорение равно  $5 \text{ м/с}^2$  — это значит, что скорость тела изменяется на  $5 \text{ м/с}$  за каждую секунду своего движения.

Мгновенная скорость. Меняется равномерно, увеличиваясь или уменьшаясь одинаково за равные промежутки времени.

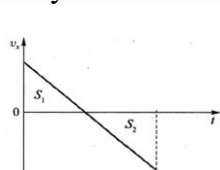
Уравнение, описывающее изменение скорости с течением времени:  $\vec{v} = \vec{v}_0 + \vec{a}t$ , в проекциях  $v_x = v_{0x} + a_x t$ .

**Перемещение.** Зависимость перемещения от времени описывается квадратичной

функцией:  $\vec{s} = \vec{v}_0 t + \frac{\vec{a}t^2}{2}$ .

В проекциях на координатную ось:  $s_x = v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ .

Иногда удобно пользоваться другими формулами для расчёта перемещения, которые получаются из исходной и уравнения зависимости проекции скорости от времени:



$$s_x = \frac{v_{0x} + v_x}{2} t \quad \text{и} \quad s_x = \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}.$$

Для расчёта проекции вектора перемещения удобно пользоваться графиком зависимости проекции скорости от времени.

В случае, изображённом на рисунке:

$$s_x = S_1 - S_2,$$

где  $S_1$ , и  $S_2$  – числовые значения площадей треугольников.

**Координата.** Поскольку  $x = x_0 + s_x$ , зависимость координаты от времени тоже описывается

квадратичной функцией:  $x = x_0 + v_{0x}t + \frac{a_x t^2}{2}$ .

Если использовать другие варианты расчёта ускорения при равноускоренном движении, получаем:

$$x = x_0 + \frac{v_{0x} + v_x}{2} t \quad \text{и} \quad x = x_0 + \frac{v_x^2 - v_{0x}^2}{2a_x}.$$

**Путь.** Если направление движения не меняется, то  $l = s$ . Если направление движения меняется, то  $l = s_1 + s_2$ ,

где  $s_1$  — модуль вектора перемещения до остановки,

$s_2$  — модуль вектора перемещения при движении

### 2. Влажность воздуха. Приборы для измерения влажности воздуха.

В воздухе всегда содержится водяной пар, являющийся продуктом испарения воды. Содержание водяного пара в воздухе характеризует влажность воздуха.

Абсолютной влажностью воздуха ( $p$ ) называют массу водяного пара, содержащегося в  $1 \text{ м}^3$  воздуха, или плотность водяного пара, содержащегося в воздухе. Если влажность равна  $9,41 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3$ , то это означает, что в  $1 \text{ м}^3$  содержится  $9,41 \cdot 10^{-3} \text{ кг}$  водяного пара.

Для того чтобы судить о степени влажности воздуха, вводят величину, называемую относительной влажностью.

Относительная влажность воздуха ( $\phi$ ) – это величина, равная отношению плотности водяного пара ( $p$ ), содержащегося в воздухе (абсолютной влажности), к плотности насыщенного водяного пара ( $p_0$ ) при этой температуре:

$$\phi = \frac{p}{p_0} 100\%$$

Обычно относительную влажность выражают в *процентах*.

Температуру, при которой водяной пар, содержащийся в воздухе, становится насыщенным, называют точкой росы.

Для измерения влажности воздуха используют гигрометры (конденсационные и волосные) или психрометры.

**3. Задача.** Найти массу углекислого газа в баллоне вместимостью 40 л при температуре 288 К и давлении 5,07 МПа.

Решение:

Применим уравнение Клапейрона-Менделеева:

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

В этом уравнении  $R$  – универсальная газовая постоянная, равная 8,31 Дж/(моль·К),  $M$  – молярная масса углекислого газа, равная 0,044 кг/моль. Все величины, входящие в уравнение, кроме искомой массы, известны. Выразим массу  $m$ , тогда получим такую формулу:  $m = \frac{pVM}{RT}$ .

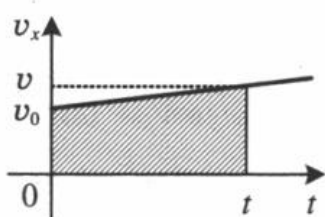
Переведем объем баллона в систему СИ:  $40 \text{ л} = 0,04 \text{ м}^3$

Произведем вычисления:  $m = \frac{5,07 \cdot 10^6 \cdot 0,04 \cdot 0,044}{8,31 \cdot 288} = 3,73 \text{ кг}$ . Ответ: 3,73 кг.

## БИЛЕТ № 9

### 1. Скорость и пройденный путь тела при равноускоренном прямолинейном движении.

Прямолинейное равноускоренное движение — движение по прямой, при котором за любые равные промежутки времени вектор скорости точки изменяется на равную величину.



*Геометрический смысл перемещения* заключается в том, что *перемещение* есть площадь фигуры, заключенной между графиком скорости, осью времени и прямыми, проведенными перпендикулярно к оси времени через точки, соответствующие времени начала и конца движения.

При равноускоренном прямолинейном движении перемещение определяется площадью трапеции, основаниями которой служат проекции начальной и конечной скорости тела, а ее боковыми сторонами — ось времени и график скорости соответственно. Поэтому перемещение (путь) можно вычислить по формуле:

$$s = S_{\text{трап}} = \frac{(v_0 + v)t}{2}$$

Конечная скорость движения тела часто неизвестна. Поэтому при решении задач вместо нее обычно подставляют эту формулу:

$$v = v_0 \pm at$$

В итоге получается формула:

$$s = \frac{(v_0 + v_0 + at)t}{2} = v_0 t \pm \frac{at^2}{2}$$

Если движение *равнозамедленное*, в формуле используется знак «-». Если движение *равноускоренное*, оставляется знак «+».

Если *начальная скорость равна 0* ( $v_0 = 0$ ), эта формула принимает вид:

$$s = \frac{at^2}{2}$$

Если неизвестно время движения, но известно ускорение, начальная и конечная

скорости, то перемещение можно вычислить по формуле:

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{\pm 2a}$$

## 2. Испарение и конденсация. Насыщенный пар. Кипение.

Испарением называется процесс превращения вещества из жидкого состояния в газообразное, происходящий с поверхности жидкости при любой температуре.

Процесс превращения вещества из газообразного состояния в жидкое называется конденсацией.

Пар, образующийся над жидкостью, называется *ненасыщенным*.

Пар, находящийся в состоянии динамического равновесия со своей жидкостью, называется *насыщенным паром*.

Явление превращения вещества из жидкого состояния в газообразное называется парообразованием. Парообразование может осуществляться в виде двух процессов: испарение и кипение

Процесс парообразования, происходящий во всем объеме жидкости при определённой температуре, называют кипением. Температуру, при которой жидкость кипит, называют температурой кипения.

Эта температура зависит от атмосферного давления. При повышении атмосферного давления температура кипения возрастает.

Для превращения разных веществ из жидкого состояния в газообразное требуется разная энергия, эта энергия характеризуется величиной, называемой удельной теплотой парообразования.

Удельная теплота парообразования ( $L$ ) - это величина, равная отношению количества теплоты, которое нужно сообщить веществу массой 1 кг, для превращения его из жидкого состояния в газообразное при температуре кипения.

Единица удельной теплоты парообразования –  $[L] = \text{Дж/кг}$ .

Чтобы рассчитать количество теплоты  $Q$ , которое необходимо сообщить веществу массой  $m$  для его превращения из жидкого состояния в газообразное, необходимо удельную теплоту парообразования ( $L$ ) умножить на массу вещества:  $Q = Lm$ .

При конденсации пара выделяется некоторое количество теплоты, причем его значение равно значению количества теплоты, которое необходимо затратить для превращения жидкости в пар при той же температуре.

3. **Задача.** Какую мощность развивает двигатель мотороллера, движущегося со скоростью 57,6 км/ч при силе тяги 245 Н?

**Дано:**

$$v = 57,6 \text{ км/ч} = 16 \text{ м/с};$$

$$F = 245 \text{ Н}$$

**Найти:**

$$N = ?$$

**Решение:**

Мощность определим по формуле:

$$N = F \cdot v;$$

$$N = 245 \text{ Н} \cdot 16 \text{ м/с} = 3920 \text{ Вт} = 3,920 \text{ кВт}.$$

(Как перевести значение скорости в основные единицы см. стр. 9.)

**Ответ:** Двигатель мотороллера развивает мощность 3920 Вт = 3,920 кВт.

## БИЛЕТ № 10

### 1. Свободное падение. Ускорение свободного падения.

Свободное падение – это движение тела под действием силы тяжести (другие силы — сила сопротивления, выталкивающая сила — отсутствуют либо ими пренебрегают).

Так как сила тяжести направлена вниз, то ускорение, которое она сообщает телу, тоже направлено вниз.

Свободное падение – это равноускоренное движение.

Ускорение, сообщаемое телу силой тяжести, называют ускорением свободного падения. Оно одинаково для всех тел вблизи поверхности Земли и имеет значение  $9,81 \text{ м/с}^2$ .

При решении задач в большинстве случаев это число округляется до  $10 \text{ м/с}^2$ .

При решении задач применяются *формулы равноускоренного движения*.

Для нахождения проекций векторов координатную ось обычно обозначают буквой  $y$ , так как движение происходит по вертикали. Направляют ее вверх или вниз — как удобней при решении конкретной задачи. Скорость свободно падающего тела возрастает

Название величины	Единица измерения	Формула
<i>Время</i>	с	$t = \frac{v_y - v_{0y}}{g_y}$
<i>Проекция начальной скорости</i>	м/с	$v_{0y} = v_y - g_y t$
<i>Проекция мгновенной скорости</i>	м/с	$v_y = v_{0y} + g_y t$
<i>Проекция ускорения</i>	м/с <sup>2</sup>	$g_y = 9,8 \text{ м/с}^2$
<i>Проекция перемещения</i>	м	$s_y = v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$
<i>Координата</i>	м	$y = y_0 + v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$

## 2. Уравнение состояния идеального газа (уравнение Менделеева-Клапейрона). Газовые законы.

Уравнение имеет вид:

где  $p$  – давление,

– объём газа,

– количество вещества в молях

– универсальная газовая постоянная,  $R \approx 8,314 \text{ Дж}/(\text{моль} \cdot \text{К})$ ,

– термодинамическая температура, К.

Уравнение состояния идеального газа можно записать в виде:

где  $m$  – масса,

– молярная масса, (так как количество вещества  $\nu$ ):

или в виде

где  $n$  – концентрация частиц (атомов или молекул)

– количество частиц,

– постоянная Больцмана.

Эта форма записи носит имя уравнения (закона) Клапейрона — Менделеева.

Уравнение, выведенное Клапейроном, содержало некую неуниверсальную газовую постоянную значение которой необходимо было измерять для каждого газа:

Менделеев обнаружил, что  $p$  прямо пропорциональна  $T$ , коэффициент пропорциональности он назвал **универсальной газовой постоянной**.

**3. Задача.** Внутренняя энергия идеального газа 3,2 кДж. Найти изменение температуры, если количество вещества 4 моль?

Решение:

Для идеального газа число степеней свободы равно  $i=3$

Поэтому изменение внутренней энергии равно:

$$\Delta U = \nu(i/2) \cdot R \cdot \Delta T$$

$$\Delta U = \nu \cdot (3/2) \cdot R \cdot \Delta T$$

Отсюда изменение температуры:

$$\Delta T = 2 \cdot \Delta U / (3 \cdot \nu \cdot R) = 2 \cdot 3200 / (3 \cdot 4 \cdot 8,31) \approx 64 \text{ К}$$

## БИЛЕТ № 11

### 1. Равномерное движение по кругу. Период. Частота. Угловая скорость.

**ДВИЖЕНИЕ ПО ОКРУЖНОСТИ**

<p>1) <b>Криволинейное движение</b></p> 	любое криволинейное движение можно представить как движение по отрезкам прямых и дугам окружностей	
<p>2) <b>Угловая скорость</b></p> <p><math>\omega</math> [рад/с]</p> <p><math>\varphi</math> [рад] — угловое перемещение</p>	$\omega = \frac{\varphi}{t}$ $\omega = \frac{2\pi}{T}$ 	это физическая величина (скалярная), показывающая угловое перемещение за единицу времени
<p>3) <b>Линейная скорость</b></p> <p><math>V</math> [м/с]</p> <p>направлена по касательной к окружности</p>	$V = \frac{S}{t}$ $V = \frac{2\pi R}{T}$	это физическая величина, показывающая путь, пройденный телом за единицу времени
<p>4) <b>Период <math>T</math> [с]</b> — время одного полного оборота</p> <p><b>Частота <math>\nu</math> [Гц = 1/с]</b> — число оборотов (<math>N</math>) за единицу времени</p>	$\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi\nu$ $V = \frac{2\pi R}{T} = 2\pi R \cdot \nu$	$T = \frac{t}{N}$ $T = \frac{1}{\nu}$ $\nu = \frac{N}{t}$ $\nu = \frac{1}{T}$ <p>(для равномерного движения по окружности)</p>

### 2. Газовые законы

1. Изотермический процесс – процесс перехода идеального газа из одного состояния в другое без изменения температуры. Закон, описывающий связь между параметрами газа при таком процессе, называется закон Бойля-Мариотта в честь двух учёных, практически одновременно выведших его: англичанина Роберта Бойля и француза Эдма Мариотта. Запишем его: Для начала запишем уравнения состояния идеального газа при постоянном количестве вещества:

$$P \cdot V = \nu \cdot R \cdot T$$

А теперь учитывая:  $\nu = const$  и  $T = const$

Получаем:  $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2 = \dots$  для любых различных состояний газа, или же просто:

$$P \cdot V = const - \text{закон Бойля-Мариотта}$$

Из этого закона очевидно следует обратно пропорциональная связь давления и объёма: при увеличении объёма наблюдается уменьшение давления, и наоборот. График зависимости меняющихся величин в уравнении, то есть  $P$  и  $V$ , имеет следующий вид и называется изотермой (рис. 1):



Графики изотермических процессов в координатах P-V

2. изобарный процесс.

Изобарный (или изобарический) процесс – процесс перехода идеального газа из одного состояния в другое при постоянном значении давления.

Впервые такой процесс рассмотрел французский учёный Жозеф-Луи Гей-Люссак (рис. 4), поэтому закон носит его имя.

$P \cdot V = \nu \cdot R \cdot T$  при:  $\nu = const$  и  $P = const$

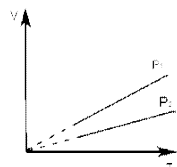
$$\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \dots$$

Получаем: для любых различных состояний газа,

$$\frac{V}{T} = const - \text{закон Гей-Люссака}$$

при увеличении температуры наблюдается увеличение объёма, и наоборот.

График зависимости меняющихся величин в уравнении, то есть  $T$  и  $V$ , называется изобарой



Графики изобарных процессов в координатах V-T

Следует обратить внимание на то, что, поскольку мы работаем в системе СИ, то есть с абсолютной шкалой температур, на графике присутствует область, близкая к абсолютному нулю температур, в которой данный закон не выполняется. Поэтому прямую в области, близкой к нулю, следует изображать пунктирной линией.

1. Изохорный (или изохорический) процесс – процесс перехода идеального газа из одного состояния в другое при постоянном значении объёма. Процесс рассмотрен впервые французом Жаком Шарлем (рис. 6), поэтому закон носит его имя.

Закон Шарля:



уравнение состояния:  $P \cdot V = \nu \cdot R \cdot T$

при  $\nu = const$  и  $V = const$

$$\frac{P_1}{T_1} = \frac{P_2}{T_2} = \dots$$

Получаем: для любых различных состояний газа:

$$\frac{P}{T} = const$$

- закон Шарля

Прямо пропорциональная связь между температурой и давлением: при увеличении температуры наблюдается увеличение давления, и наоборот.

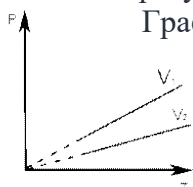


График зависимости меняющихся величин в уравнении, то есть T и P, называется изохорой

Графики изохорных процессов в координатах V-T

В районе абсолютного нуля для графиков изохорного процесса также существует лишь условная зависимость, поэтому прямую также следует доводить до начала координат пунктиром: такая зависимость температуры от давления и объема при изохорных и изобарных процессах соответственно определяет эффективность и точность измерения температуры с помощью газовых термометров.

Обобщение газовых законов

Теперь для сравнения всех изопроецессов мы собрали их в одну таблицу. Графики изопроецессов в координатах, содержащих неизменяющийся параметр, собственно говоря, и выглядят как зависимость константы от какой-либо переменной.

Название процесса	Постоянный параметр	Формула газового закона	Название газового закона	Графическое представление газового закона
Изотермический	T температура	$p \cdot V = const$ $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2 = \dots$	Бойля – Мариотта	
Изобарный	p давление	$\frac{V}{T} = const$ $\frac{V_1}{T_1} = \frac{V_2}{T_2} = \dots$	Гей-Люссака	
Изохорный	V объем	$\frac{p}{T} = const$ $\frac{p_1}{T_1} = \frac{p_2}{T_2} = \dots$	Шарля	

32.

3. **Задача.** Подъемник за 0,5 минуты поднимает груз массой 2 т на высоту 60 см. Определите мощность подъемника.

Дано:

$$t = 0,5 \text{ мин} = 30 \text{ с}$$

$$m = 2 \text{ т} = 2000 \text{ кг}$$

$$h = 60 \text{ см} = 0,6 \text{ м}$$

$N = ?$

Решение:

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

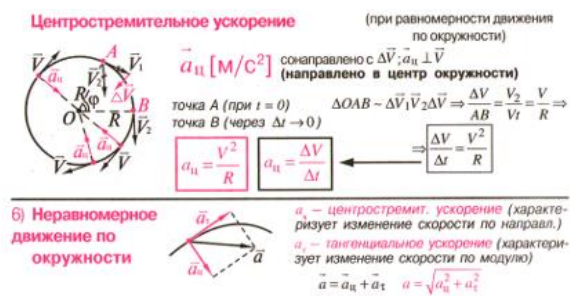
$$A = mgh$$

$$N = \frac{mgh}{t} = \frac{2000 \cdot 9,8 \cdot 0,6}{30} \approx 400 \text{ (Вт)}$$

Ответ:  $N = 400 \text{ Вт}$

БИЛЕТ № 12

# 1. Центробежное ускорение. Взаимосвязь центростремительного ускорения с линейной и угловой скоростями.



Взаимосвязь центростремительного ускорения с линейной и угловой скоростями заключается в следующем:

Линейная скорость. Направление вектора линейной скорости всегда совпадает с касательной к окружности.

Модуль центростремительного ускорения определяется формулой:  $a_n = (v^2) / R$ , где  $v$  — линейная скорость,  $R$  — радиус

окружности.

Угловая скорость. Угловая скорость показывает, на сколько изменяется угол поворота за время. При движении по окружности угловая и линейная скорости связаны соотношением:

$$v = \omega \cdot R.$$

Модуль центростремительного ускорения можно также определить по формуле:

$$a_n = (\omega^2) \cdot R.$$

# 2. Температура, ее измерение. Абсолютная температурная шкала. Температура - мера средней кинетической энергии молекул.

Тепловое равновесие – это такое состояние системы тел, находящихся в тепловом контакте, при котором не происходит теплопередачи от одного тела к другому, и все макроскопические параметры тел остаются неизменными.

Температура – это физический параметр, одинаковый для всех тел, находящихся в тепловом равновесии.

Для измерения температуры используются физические приборы – термометры, в которых о величине температуры судят по изменению какого-либо физического параметра. Для создания термометра необходимо выбрать термометрическое вещество (например, ртуть, спирт) и термометрическую величину, характеризующую свойство вещества (например, длина ртутного или спиртового столбика). В различных конструкциях термометров используются разнообразные физические свойства вещества (например, изменение линейных размеров твердых тел или изменение электрического сопротивления проводников при нагревании).

Термометры должны быть откалиброваны. Для этого их приводят в тепловой контакт с телами, температуры которых считаются заданными. Чаще всего используют простые природные системы, в которых температура остается неизменной, несмотря на теплообмен с окружающей средой – это смесь льда и воды и смесь воды и пара при кипении при нормальном атмосферном давлении. По температурной шкале Цельсия точке плавления льда приписывается температура  $0^\circ C$ , а точке кипения воды:  $100^\circ C$ . Изменение длины столба жидкости в капиллярах термометра на одну сотую длины между отметками  $0^\circ C$  и  $100^\circ C$  принимается равным  $1^\circ C$ .

Английский физик У.Кельвин (Томсон) в 1848 году предложил использовать точку нулевого давления газа для построения новой температурной шкалы (шкала Кельвина). В этой шкале единица измерения температуры такая же, как и в шкале Цельсия, но нулевая точка сдвинута:

$$T_K = T_C + 273$$

При этом изменение температуры на  $1^\circ C$  соответствует изменению температуры на 1 К. Изменения температуры по шкале Цельсия и Кельвина равны. В системе СИ принято единицу измерения температуры по шкале Кельвина называть кельвином и обозначать буквой К. Например, комнатная температура  $T_C = 20^\circ C$  по шкале Кельвина равна  $T_K = 293$  К. Температурная шкала Кельвина называется абсолютной шкалой температур. Она

оказывается наиболее удобной при построении физических теорий.ской энергии поступательного движения молекул.

Для определения температуры как меры средней кинетической энергии молекул имеет смысл обобщить те рассуждения, которые мы приводили в определении абсолютной шкалы температур:

$$P = \frac{1}{3} \cdot n \cdot m_0 \cdot \overline{v_0^2}$$

Итак, как видим, температура и правда является мерой средней кинетической энергией поступательного движения. Конкретное же формульное соотношение вывел австрийский физик Людвиг Больцман (рис. 4):

$$\overline{E_k} = \frac{3}{2} \cdot k \cdot T$$

Здесь  $k$  – так называемый коэффициент Больцмана. Это константа, численно равная:

$$k = 1.38 \cdot 10^{-23} \frac{\text{Дж}}{\text{К}}$$

Зависимость давления идеального газа от температуры.:. Запишем основное уравнение МКТ в следующем виде:

$$P = \frac{2}{3} \cdot n \cdot \overline{E_k}$$

и подставим в эту формулу выражение для связи средней кинетической энергии с температурой. Получим:

$$P = n \cdot k \cdot T$$

3. **Задача.** Какую работу совершает сила тяжести при падении камня массой 0,5 кг с высоты 12 м?

<i>Дано:</i>	<i>Решение:</i>
$m = 0,5 \text{ кг}$	$A = Fs; F = mg; s = h$
$h = 12 \text{ м}$	$A = mgh$
$g = 10 \text{ Н/кг}$	$A = 0,5 \text{ кг} \cdot 10 \text{ Н/кг} \cdot 12 \text{ м}$
$A = ?$	$A = 60 \text{ Дж}$
	<i>Ответ:</i> 60 Дж

## БИЛЕТ № 13

### 1. Виды механической энергии. Закон сохранения полной механической энергии.

Энергия тела – физическая величина, показывающая работу, которую может совершить рассматриваемое тело (за любое, в том числе неограниченное время наблюдения).

Тело, совершающее положительную работу, теряет часть своей энергии. Если же положительная работа совершается над телом, энергия тела увеличивается. Для отрицательной работы – наоборот.

Энергией называют физическую величину, которая характеризует способность тела или системы взаимодействующих тел совершить работу.

Единица энергии в СИ 1 Джоуль (Дж).

Кинетической энергией называется – энергия движущихся тел.

Под движением тела следует понимать не только перемещение в пространстве, но и вращение тела.

Кинетическая энергия тем больше, чем больше масса тела и скорость его движения (перемещения в пространстве и/или вращения).

Кинетическая энергия зависит от тела, по отношению к которому измеряют скорость рассматриваемого тела.

Кинетическая энергия  $E_k$  тела массой  $m$ , движущегося со скоростью  $v$ , определяется по формуле  $E_k = mv^2/2$

Потенциальной энергией называется энергия взаимодействующих тел или частей тела.

Различают потенциальную энергию тел, находящихся под действием силы тяжести, силы упругости, архимедовой силы.

Любая потенциальная энергия зависит от силы взаимодействия и расстояния между взаимодействующими телами (или частями тела). Потенциальная энергия отсчитывается от условного нулевого уровня.

Потенциальной энергией обладают, например, груз, поднятый над поверхностью Земли, и сжатая пружина.

Потенциальная энергия поднятого груза  $E_p = mgh$ .

Кинетическая энергия может превращаться в потенциальную, и обратно.

Механической энергией тела называют *сумму его кинетической и потенциальной энергий*.

Поэтому механическая энергия любого тела зависит от выбора тела, по отношению к которому измеряют скорость рассматриваемого тела, а также от выбора условных нулевых уровней для всех разновидностей имеющихся у тела потенциальных энергий.

Механическая энергия характеризует способность тела или системы тел совершить работу вследствие изменения скорости тела или взаимного положения взаимодействующих тел.

Внутренней энергией называется такая энергия тела, за счёт которой может совершаться механическая работа, не вызывая убыли механической энергии этого тела.

Внутренняя энергия не зависит от механической энергии тела и зависит от строения тела и его состояния.

Закон сохранения и превращения энергии гласит, что энергия ниоткуда не возникает и никуда не исчезает; она лишь переходит из одного вида в другой или от одного тела к другому.

Закон сохранения механической энергии: *если между телами системы действуют только силы тяготения и силы упругости, то сумма кинетической и потенциальной энергии остается неизменной, то есть механическая энергия сохраняется*

Закон сохранения механической энергии: В замкнутой и консервативной системе тел полная механическая энергия сохраняется:  $\Delta W = 0$  или  $W_{п1} + W_{к1} = W_{п2} + W_{к2}$ .

## 2. Идеальный газ.

### Основное уравнение молекулярно-кинетической теории идеального газа.

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).

*Свойства идеального газа*

Расстояние между молекулами значительно больше размеров молекул.

Молекулы газа очень малы и представляют собой упругие шары.

Силы притяжения между молекулами пренебрежимо малы.

Молекулы взаимодействуют только при соударениях.

Молекулы движутся хаотично.

Молекулы движутся по законам Ньютона.

Основная задача МКТ газа заключается в том, чтобы установить соотношение между давлением газа и его микроскопическими параметрами: массой молекул, их средней скоростью и концентрацией. Это соотношение называется основным уравнением МКТ.

В основе молекулярно-кинетической теории лежат три положения.

Все вещества образованы из мельчайших частиц — молекул, которые состоят из атомов.

Молекулы химического вещества могут быть простыми и сложными, то есть состоять из одного или нескольких атомов. Молекулы и атомы представляют собой электрически нейтральные частицы. При определенных условиях молекулы и атомы могут приобретать дополнительный электрический заряд и превращаться в положительные или отрицательные ионы.

Атомы и молекулы находятся в непрерывном хаотическом движении.

Частицы взаимодействуют друг с другом силами, которые имеют электрическую природу.

Гравитационное взаимодействие между частицами пренебрежимо мало.

Причина давления газа на стенки — это удары молекул. Давление напрямую зависит от количества молекул — чем их больше, тем больше ударов о стенки и тем больше давление. А количество молекул в единице объема — это концентрация. Значит, давление газа зависит от концентрации.

Также давление пропорционально квадрату скорости, так как чем больше скорость молекулы, тем чаще она бьется о стенку сосуда.

Расчеты показывают, что основное уравнение МКТ для идеального газа имеет следующий вид.

$$p = nkT$$

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

$p$  — давление газа [Па]

$n$  — концентрация [м<sup>-3</sup>]

$T$  — температура газа [К]

$m_0$  — масса одной молекулы [кг]

$\bar{v}^2$  — средняя квадратичная скорость [м/с]

Коэффициент 1/3 обусловлен трехмерностью пространства: во время хаотического движения молекул все три направления равноправны.

Важный нюанс: средняя квадратичная скорость сама по себе не в квадрате! Ее формула указана выше, а в основном уравнении МКТ (да и не только в нем) она возведена в квадрат. Это значит, что формулу средней квадратичной скорости нужно подставлять не вместо  $v^2$ , а вместо  $v$  — и потом уже возводить эту формулу в квадрат. Это часто провоцирует путаницу.

Мы знаем, что кинетическая энергия вычисляется по следующей формуле:

Кинетическая энергия

$$E_k = mv^2/2$$

$E_k$  — кинетическая энергия [Дж]

$m$  — масса тела [кг]

$v$  — скорость [м/с]

Для молекулы газа формула примет вид:

Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы

$$E_k = m_0 v^2/2$$

$E_k$  — средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы [Дж]

$m_0$  — масса молекулы [кг]

$v$  — скорость молекулы [м/с]

Из этой формулы можно выразить  $m_0 v^2$  и подставить в основное уравнение МКТ. Подставим и получим, что давление идеального газа пропорционально произведению концентрации молекул на среднюю кинетическую энергию поступательного движения молекулы.

Основное уравнение МКТ

$$p = \frac{2}{3}n E$$

$p$  — давление газа [Па]

$n$  — концентрация [м<sup>-3</sup>]

$E$  — средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы [Дж]

3. **Задача.** Определите путь, пройденный автомобилем, если при силе тяги 25 кН совершенная работа равна 50 МДж.

<i>Дано:</i>		<i>Решение:</i>
$F = 25 \text{ кН}$	$25 \cdot 10^3 \text{ Н}$	$A = Fs: \quad s = \frac{A}{F}$
$A = 50 \text{ МДж}$	$50 \cdot 10^6 \text{ Дж}$	$s = \frac{50 \cdot 10^6 \text{ Дж}}{25 \cdot 10^3 \text{ Н}} = 2000 \text{ м} = 2 \text{ км}$
<hr style="width: 100%;"/>		<i>Ответ:</i> 2 км
$s = ?$		

## БИЛЕТ № 14

### 1. Первый закон Ньютона. Инерциальная система отсчета.

Первый закон динамики постулирует существование *инерциальных систем отсчёта*, относительно которых выполняются другие законы динамики.

Первый закон Ньютона:

Существуют такие системы отсчёта (СО), относительно которых материальная точка сохраняет своё состояние покоя или равномерного прямолинейного движения до тех пор, пока остаётся изолированной (то есть на неё не действуют другие тела или их действия скомпенсированы:  $\vec{R} = 0$ ).

Явление сохранения скорости телом при отсутствии или компенсации внешних воздействий называется *инерцией*.

Системы отсчёта, относительно которых выполняется *первый закон Ньютона*, называются инерциальными системами отсчёта (ИСО).

Свойство ИСО: все СО, движущиеся прямолинейно и равномерно относительно данной ИСО, тоже являются инерциальными. СО, движущиеся относительно любой ИСО с ускорением, являются неинерциальными.

Принцип относительности Галилея: Все инерциальные системы отсчёта равноправны: *законы механики одинаковы во всех ИСО*.

### 2. Движение искусственных спутников. Невесомость. Первая космическая скорость.

Движение искусственных спутников планеты происходит под действием только одной силы — силы тяготения. Эта сила сообщает спутнику и всем находящимся на нем телам одинаковое ускорение — ускорение свободного падения. Поэтому все тела на спутниках находятся в состоянии невесомости.

Скорость, которую надо сообщить телу, чтобы оно, преодолев притяжение планеты, стало спутником Солнца, называют второй космической скоростью.

Искусственным спутником Земли может стать любое тело произвольной массы. Важно, чтобы ему сообщили за пределами земной атмосферы горизонтальную скорость, при которой оно начнёт двигаться по окружности вокруг Земли.

Скорость, при достижении которой космический аппарат, запускаемый с Земли, может стать её искусственным спутником, называется первой космической скоростью:

$$v_1 = \sqrt{G \frac{M_3}{R_3 + h}}$$

По этой же формуле мы можем рассчитать и первую космическую скорость спутника для любой планеты, заменив в ней радиус и массу Земли на радиус и массу исследуемой планеты.

Вблизи поверхности Земли первую космическую скорость можно определить, как:

$$v_1 = \sqrt{g_0 R_3}.$$

Приняв радиус равным 6371 км, а ускорение свободного падения — 9,8 м/с<sup>2</sup>, получим, что для Земли первая космическая скорость равна 7,9 км/с.

Именно такую скорость в горизонтальном направлении нужно сообщить телу на небольшой, сравнительно с радиусом Земли, высоте, чтобы оно не упало на Землю, а стало её спутником, движущимся по круговой орбите.

3. **Задача.** Автомобиль, двигаясь с ускорением  $-0,5$  м/с<sup>2</sup>, уменьшил свою скорость от 54 до 18 км/ч. Сколько времени ему для этого понадобилось?

<p><i>Дано:</i></p> <p><math>a_x = -0,5</math> м/с<sup>2</sup></p> <p><math>v_{0x} = 54</math> км/ч</p> <p><math>v_x = 18</math> км/ч</p> <hr/> <p><math>t = ?</math></p>	<p>СИ</p> <p>15 м/с</p> <p>5 м/с</p>		<p><i>Решение:</i></p> $v_{0x} = v_x - a_x t; \quad t = \frac{v_x - v_{0x}}{a_x}$ $t = \frac{5 - 15}{-0,5} = 20 \text{ (с)}$ <p><i>Ответ:</i> 20 с</p>
---	--------------------------------------	--	--

## БИЛЕТ № 15

### 1. Масса. Сила. Второй закон Ньютона. Сложение сил.

Инертность – свойство различных материальных объектов приобретать разные ускорения при одинаковых внешних воздействиях со стороны других тел. Свойство инертности проявляется в том, что для изменения скорости тела необходимо время. Чем труднее изменить скорость тела, тем оно инертнее.

Масса – скалярная положительная величина, являющаяся мерой инертности тела (традиционные обозначения –  $m$ ,  $M$ ). Чем инертнее тело, тем больше его масса.

Единица измерения массы в СИ – килограмм (кг). Наиболее употребляемые производные единицы: 1 мг =  $10^{-6}$  кг, 1 г =  $10^{-3}$  кг, 1 т =  $10^3$  кг.

$$\frac{a_1}{a_2} = \frac{m_2}{m_1}.$$

Опыты по изучению взаимодействия тел устанавливают, что

Поэтому за меру действия на данное тело другого тела принимается

сила – физическая величина, равная произведению массы данного тела на ускорение, приобретённое им в результате взаимодействия с другим телом:

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

где  $F$  – векторная физическая величина, являющаяся мерой взаимодействия тел.

Единица измерения силы в СИ – ньютон (Н); сила равна одному ньютону, если под действием этой силы тело массой 1 кг приобретает ускорение 1 м/с<sup>2</sup>:  $[F] = \text{кг} \cdot \frac{\text{м}}{\text{с}^2} = \text{Н}$

Для характеристики силы надо знать:

- 1) модуль; 2) направление; 3) точку приложения.

Векторы ускорения и силы всегда сонаправлены!

Второй закон Ньютона:

Равнодействующая сил, приложенных к телу, равна произведению массы этого тела на

сообщаемое ему ускорение:  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N = m\vec{a}.$

Второй закон Ньютона справедлив для сил любой природы. При этом следует помнить, что сила (равнодействующая сил) определяет только ускорение тела. Величины скорости и перемещения могут быть любыми в зависимости от начальных условий.

Принцип суперпозиции (сложения) сил:

Если на данное тело действуют одновременно несколько других тел силами  $\vec{F}_1, \vec{F}_2$  и т.д., то результат их совместного действия таков, как будто на тело действует одна (равнодействующая) сила; её чаще всего обозначают  $R$  и она равна векторной сумме всех действующих на тело сил:

$$\vec{R} = \sum_{i=1}^n \vec{F}_i = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_n$$

Складывать можно только силы, приложенные к одному телу!

Силу можно рассчитать:

- 1) как произведение массы тела на сообщаемое ему ускорение;
- 2) с помощью частных законов, характеризующих особенности отдельных сил.

Силу можно измерить динамометром.

## 2. Основные положения МКТ. Скорость молекул газа

- Все вещества состоят из частиц, между которыми есть промежутки.
- Частицы движутся хаотично и непрерывно.
- Частицы взаимодействуют друг с другом силами притяжения и отталкивания.

Скорость теплового движения молекул определяется температурой вещества. Для идеального газа эта зависимость выражается простыми формулами для средней квадратичной скорости движения молекул газа:

$$v_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3kT}{m_0}} \quad v_{\text{кв}} = \sqrt{\frac{3RT}{M}}$$

где:  $k = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К – постоянная Больцмана,  $T$  – абсолютная температура. Сразу же оговоримся, что далее во всех задачах Вы должны, не задумываясь, переводить температуру в кельвины из градусов Цельсия (кроме задач на уравнение теплового баланса).

Закон трех постоянных:

$$kN_A = R$$

где:  $R = 8,31$  Дж/(моль·К) – универсальная газовая постоянная. Следующей важной формулой является формула для средней кинетической энергии поступательного движения молекул газа:

$$\langle \varepsilon \rangle = \frac{3}{2} kT$$

3. **Задача.** Какой объем занимает 1 кг кислорода при 0° С и давлении 800 кПа?

**Решение:**

Запишем уравнение Клапейрона-Менделеева:

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



Молярная масса кислорода  $M$  равна  $0,032$  кг/моль. Поскольку все входящие в уравнение величины, кроме объема, известны, то можем сразу выразить искомый объем  $V$ :

$$V = \frac{mRT}{pM}$$

Переведем температуру  $t$  в шкалу абсолютных температур:

$$0^\circ \text{C} = 273 \text{ K}$$

Посчитаем ответ:

$$V = \frac{1 \cdot 8,31 \cdot 273}{800 \cdot 10^3 \cdot 0,032} = 0,0886 \text{ м}^3 = 88,6 \text{ л}$$

Ответ: 88,6 л.

## БИЛЕТ № 16

### 1. Третий закон Ньютона. Примеры его проявления.

Любые два тела взаимодействуют силами одной природы, направленными вдоль одной прямой, равными по величине и противоположными по направлению:

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

где  $F_{12}$  – сила, с которой первое тело действует на второе,  $F_{21}$  – сила, с которой второе тело действует на первое.



Две силы, возникающие при взаимодействии, приложены к разным телам, поэтому их нельзя складывать! Они не могут уравновешивать друг друга!

**Третий закон Ньютона** часто используется для расчёта сил, действующих на одно из двух взаимодействующих тел, если известны силы, действующие на другое тело.

### 2. Импульс тела. Закон сохранения импульса.

Импульсом тела называется величина, равная произведению массы тела на его скорость.

Для замкнутой системы тел выполняется закон сохранения импульса:

в замкнутой системе векторная сумма импульсов тел до взаимодействия равна векторной сумме импульсов тел после взаимодействия.

Закон сохранения импульса лежит в основе реактивного движения.

Реактивное движение – это такое движение тела, которое возникает после отделения от тела его части.

**ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА**

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

$\vec{p} \uparrow \vec{v}$

СИ:  $[p] = [1 \text{ кг} \cdot \text{м/с}]$

$p$  – импульс тела

**ЗАКОН СОХРАНЕНИЯ ИМПУЛЬСА**

*векторная сумма импульсов тел, составляющих замкнутую систему, не меняется с течением времени при любых движениях и взаимодействиях этих тел.*

до взаимодействия

взаимодействие

после взаимодействия

по третьему закону Ньютона:  
 $\vec{F}_{1,2} = -\vec{F}_{2,1}$

по второму закону Ньютона:  
 $m_1 \vec{a}_1 = -m_2 \vec{a}_2$

$$\vec{a}_1 = \frac{\vec{u}_1 - \vec{v}_1}{t} \quad \vec{a}_2 = \frac{\vec{u}_2 - \vec{v}_2}{t}$$

$$m_1 \frac{\vec{u}_1 - \vec{v}_1}{t} = -m_2 \frac{\vec{u}_2 - \vec{v}_2}{t}$$

$$m_1 \vec{u}_1 - m_1 \vec{v}_1 = -m_2 \vec{u}_2 + m_2 \vec{v}_2$$

$m_1 \vec{v}_1 + m_2 \vec{v}_2 = m_1 \vec{u}_1 + m_2 \vec{u}_2$

$\Sigma m \vec{v}_{до} = \Sigma m \vec{u}_{после}$

**закон сохранения импульса**

3. **Задача.** Воздушный шар объёмом 500 м<sup>3</sup> наполнен гелием под давлением 105 Па. В результате нагрева температура газа в аэростате поднялась от 10 °С до 25 °С. Как увеличилась внутренняя энергия газа?

**Решение**

Для решения будем использовать формулу внутренней энергии идеального газа:

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

$$\Delta U = U_2 - U_1 = \frac{3}{2} \frac{m}{M} R(T_2 - T_1)$$

Массу гелия выразим из уравнения Клапейрона-Менделеева:

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

$$\frac{pV}{T_1} = \frac{m}{M} R$$

Тогда можно записать:

$$\Delta U = \frac{3}{2} pV \left( \frac{T_2}{T_1} - 1 \right)$$

$$\Delta U = \frac{3}{2} \cdot 105 \cdot 5 \cdot 10^2 \left( \frac{298}{283} - 1 \right) \approx 4 \cdot 10^6 \text{ Дж}$$

**Ответ:** 4 МДж.

## БИЛЕТ № 17

### 1. Силы упругости. Упругие деформации. Закон Гука.

Упругость — это свойство твёрдых материалов возвращаться в свою первоначальную форму и размер после устранения сил, которые применялись при деформации. Виды упругих деформаций: растяжение, сжатие, кручение, изгиб, сдвиг, срез.

Силы упругости — силы, возникающие при деформации тела и направленные в сторону, противоположную деформации.

При небольших деформациях растяжения или сжатия силу упругости можно определить по закону Гука:  $F_{\text{упр}} = -kx$ , где  $x$  — удлинение/сжатие тела (всегда положительное значение),  $k$  — коэффициент пропорциональности (коэффициент упругости), названный *жесткостью* тела. Знак «минус» в законе означает, что сила упругости всегда направлена в сторону, противоположную деформации. Единицы измерения жесткости тела в СИ: 1 Н/м.

Или Закон Гука выражают формулой  $F_{\text{упр}} = k \cdot \Delta l$ .

$\Delta l$  — удлинение/сжатие тела (всегда отрицательное значение),  $k$  — коэффициент упругости (жесткость) тела.

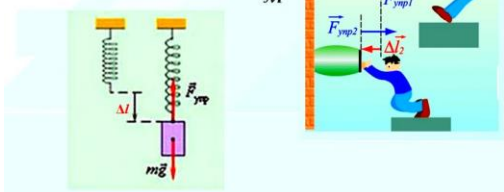
Иногда, силу упругости, возникающую при деформации опоры, называют *силой реакции опоры* и обозначают буквой  $N$ . Силу упругости, возникающую при деформации нити или каната, называют *силой натяжения нити (каната)* и обозначают буквой  $T$ .

### Закон Гука

Сила упругости, возникающая при упругой деформации тела, прямо пропорциональна величине деформации  $\Delta l$  и направлена в сторону противоположную перемещению частиц тела при деформации.

$$F_{\text{упр}} = k \cdot \Delta l$$

$\Delta l$  — удлинение, м  
 $k$  — коэффициент жесткости,  $\frac{H}{M}$



**Модуль Юнга** (модуль упругости) — это физическая величина, которая характеризует свойства какого-либо материала сгибаться или растягиваться под воздействием силы; по сути именно от этого зависит жёсткость тела. Низкое значение модуля Юнга означает, что изучаемое твёрдое тело является *эластичным*. Высокое значение модуля Юнга означает, что изучаемое твёрдое тело является *неэластичным* или жёстким.

## 2. Законы сохранения энергии в механике.

Тела, взаимодействующие только друг с другом, образуют замкнутую систему тел. Она может обладать кинетической и потенциальной энергией, которые могут изменяться с течением времени.

Если тела, составляющие замкнутую механическую систему, взаимодействуют между собой только посредством сил тяготения и упругости, то работа этих сил равна изменению потенциальной энергии тел, взятому с противоположным знаком.

$$A = -(E_{p2} - E_{p1}),$$

где  $E_{p2}$  — потенциальная энергия в конечный момент времени;  $E_{p1}$  — потенциальная энергия в начальный момент времени.

По теореме о кинетической энергии эта работа равна изменению кинетической энергии тел.

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

где  $E_{k2}$  — кинетическая энергия в конечный момент времени;  $E_{k1}$  — кинетическая энергия в начальный момент времени.

Приравняем два выражения:

$$E_{k2} - E_{k1} = -(E_{p2} - E_{p1})$$

Из данной формулы видно, что кинетическая и потенциальная энергия системы изменяются синхронным образом, то есть увеличение одной приведёт к уменьшению другой, и эти изменения равны друг другу с точностью до знака (происходит превращение энергии из одной разновидности в другую). Следовательно, сумма потенциальной и кинетической энергии является величиной постоянной, называемой **полной механической энергией**.

$$E_{k2} + E_{p2} = E_{p1} + E_{k1} = E_{\text{полн}}$$

3. **Задача.** Найти концентрацию молекул газа, если в баллоне создано давление 0,5 мкПа при температуре 27° С?

**Решение:**

Связи давления газа  $p$  с концентрацией молекул  $n$  и абсолютной температурой  $T$ :

$$p = nkT$$

$k$  – постоянная Больцмана, равная  $1,38 \cdot 10^{-23}$  Дж/К. Откуда концентрация  $n$  равна:

$$n = \frac{p}{kT}$$

Переведем температуру из градусов Цельсия в Кельвины:

$$27^\circ \text{C} = 300 \text{ K}$$

Посчитаем ответ:

$$n = \frac{0,5 \cdot 10^{-6}}{1,38 \cdot 10^{-23} \cdot 300} = 1,207 \cdot 10^{14} \text{ м}^{-3} = 1,207 \cdot 10^5 \text{ мм}^{-3}$$

Ответ:  $1,207 \cdot 10^5 \text{ мм}^{-3}$ .

## БИЛЕТ № 18

### 1. Силы трения, коэффициент трения скольжения. Внутреннее трение.

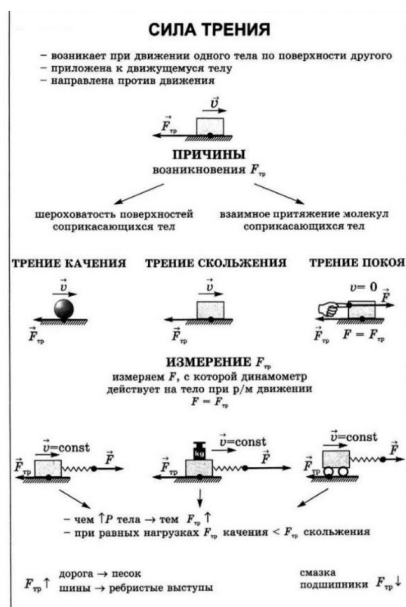
Трение – физическое явление, сопровождающее всякое движение на Земле. При любом механическом движении тела соприкасаются либо друг с другом, либо с окружающей их сплошной жидкой или газообразной средой. В результате соприкосновения возникает сила трения, которая препятствует движению.

Силами трения называют силы, возникающие при соприкосновении поверхностей двух тел или частей одного тела и препятствующие их взаимному перемещению. Они приложены к телам (или к их частям) вдоль поверхности соприкосновения и всегда направлены в сторону, противоположную относительной скорости движения. 1

Коэффициент трения скольжения — это отношение силы трения к нормальной силе, которая прижимает трущиеся тела друг к другу. 4 Он зависит от природы и состояния трущихся поверхностей. 1

Внутреннее трение – это вязкое трение, которое возникает между различными частями одного и того же тела (например, в жидкостях и газах), скорости слоёв которых непрерывно меняются от слоя к слою. При движении тел в жидкостях и газах на них действуют силы внутреннего (вязкого) трения и силы нормального давления со стороны среды. 1

Существуют сухие и не сухие виды трения. Сухой вид трения возникает при соприкосновении твердых тел.



Сила трения — это сила, возникающая при соприкосновении двух тел и препятствующая их относительному движению. Причиной возникновения трения является *шероховатость трущихся поверхностей и взаимодействие молекул этих поверхностей*. Изучением процессов трения занимается раздел физики, который называется «механикой фрикционного взаимодействия» (трибология).

Сила трения возникает при движении одного тела по поверхности другого. Существуют следующие *виды сил трения*: сухое и жидкое (вязкое).

**Сухое трение** – трение, возникающее при соприкосновении двух твердых тел при отсутствии между ними жидкой или газообразной прослойки. Силы сухого трения всегда направлены по касательной к соприкасающимся поверхностям. Сухое трение бывает *трех видов*:

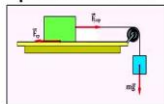
2. трение покоя — сухое трение, возникающее при относительном покое тел;
3. трение скольжения — сухое трение, возникающее при относительном движении тел;
4. трение качения возникает, когда одно тело катится по поверхности другого тела.

**Сила, возникающая на границе соприкосновения тел при отсутствии относительного движения тел, называется силой трения покоя.**

**Модуль максимальной силы трения покоя пропорционален силе нормального давления.**

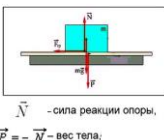
**Особенности силы трения покоя**

1. Сила трения покоя всегда равна по величине внешней силе и направлена в противоположную сторону. ( $v = 0$ )  $\vec{F}_{тр.п} = -\vec{F}_{вн.п}$ .



2. Сила трения покоя не может превышать некоторого максимального значения  $(F_{тр.п})_{max}$ .

$$F_{тр.п} = (F_{тр.п})_{max} = \mu N$$



**Сила трения скольжения**

Сила, возникающая в плоскости касания тел при их относительном перемещении.

$F_{тр} = \mu N$

Модуль силы трения скольжения пропорционален модулю силы реакции опоры.

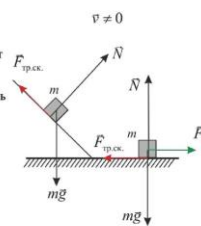
- Трение скольжения – трение, возникающее при поступательном перемещении одного тела по поверхности другого.

- Сила трения скольжения возникает при перемещении (скольжении) соприкасающихся тел друг относительно друга, направлена вдоль поверхности соприкасающихся тел.

- Модуль силы трения равен (закон Амонтона - Кулона):

$$\vec{F}_{тр.ск} = \mu \vec{N}$$

Здесь  $\mu$  – коэффициент трения скольжения,  $N$  – модуль силы нормальной реакции опоры.



При решении стандартных физических задач принимается, что максимальная сила трения покоя равна силе трения скольжения и рассчитывается по формуле  $F_{тр.п} = \mu N$ , где  $N$  – сила реакции опоры;  $\mu$  – коэффициент трения.

Коэффициент трения ( $\mu$ ) – это безразмерная величина. Он зависит от свойств соприкасающихся поверхностей и не зависит от силы давления (соответственно, и от силы реакции опоры, так как это силы, описываемые третьим законом Ньютона) и от площади соприкасающихся поверхностей.

**Сила трения скольжения  $F_{тр}$**

Название силы	Сила трения
Природа взаимодействия	Электромагнитная
Формула	<b><math>F_{тр} = \mu N</math></b>
Направление	Противоположно направлению вектора скорости
Условия применимости	Формула $F_{тр} = \mu N$ выполняется приблизительно, т.к. сила сухого трения зависит от скорости

$\mu = \tan \alpha$

$N$  – сила нормального давления;  
 $\mu$  – коэффициент трения скольжения

**Определение коэффициента трения скольжения**

Оценка границ интервала, внутри которого может оказаться верный результат, полученный учеником, рассчитывается методом границ. Учитывая погрешность измерения динамометра, получаем:  
 $F_{тяги} = (0,4 \pm 0,1) \text{ Н}$ ;  
 $P = (2,0 \pm 0,1) \text{ Н}$ . Так как  $\mu = \frac{F_{тяги}}{P}$  – то нижняя граница коэффициента трения скольжения  $\mu_{г}(\mu) = 0,3 \text{ Н} / 2,1 \text{ Н} = 0,14$ .  
Верхняя граница  $\mu_{в}(\mu) = 0,5 \text{ Н} / 2,1 \text{ Н} = 0,26$ .

Образец возможного решения

- 1) Схема экспериментальной установки
- 2)  $F_{тяги} = F_{тр}$  (при равномерном движении);  
 $F_{тр} = \mu N$ ;  $N = P = mg \Rightarrow F_{тр} = \mu P \Rightarrow \mu = F_{тяги} / P$ ;
- 3)  $F_{тяги} = 0,4 \text{ Н}$ ;  $P = 2,0 \text{ Н}$ ;
- 4)  $\mu = 0,2$ .

Вывод: в ходе выполнения экспериментального задания коэффициент трения скольжения оказался равным 0,2.

**2. Кинетическая и потенциальная энергия.**

Энергия – это универсальная количественная мера, характеризующая движение и взаимодействие тел. Энергия в механике может быть двух видов – потенциальная и кинетическая.

Потенциальная энергия – это энергия взаимодействия. Потенциальная энергия тела, поднятого над землей, определяется массой тела, ускорением свободного падения и расположением тела относительно земли:

$$E_{п} = m \cdot g \cdot h, \quad [E_{п}] = \text{Дж},$$

где  $m$  – масса тела, кг;  $h$  – высота тела над землей, м;  $g$  – ускорение свободного падения,  $9,81 \text{ м/с}^2$ .

Потенциальная энергия в общем случае зависит от выбранной системы отсчета. Ведь высоту мы можем отсчитывать не только от поверхности Земли, но и от условно выбранной какой-то точки или какого-либо уровня.

Кинетическая энергия – энергия движения тела. Она определяет запас энергии тела, которое обладает скоростью.

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

$$[E_k] = \text{Дж},$$

где  $m$  – масса тела,  $[m] = \text{кг}$ ;  $v$  – скорость тела,  $[v] = \frac{\text{м}}{\text{с}}$ .

Так как скорость тела зависит от выбранной системы отсчета, то кинетическая энергия тоже зависит от того, в какой системе отсчета происходит движение тел.

Полученная формула для кинетической энергии справедлива лишь для скоростей, много меньших скорости света в вакууме ( $c = 300\,000 \frac{\text{км}}{\text{с}}$ ). При скоростях, близких к световой, в дело вступает теория относительности, созданная Эйнштейном.

**3. Задача.** В капиллярной трубке радиусом 0,5 мм эфир поднялся на 28 мм. Найти плотность жидкости, если ее коэффициент поверхностного натяжения 30 мН/м. Капилляр установлен на Марсе,  $g = 3,7 \text{ м/с}^2$ .

Пояснение к задаче:

Со стороны жидкости на линию соприкосновения с трубкой, длина которой равна  $2\pi r$ , действует сила поверхностного натяжения  $F_{\text{пов}}$

, действующая вниз. Она равна:  $F_{\text{пов}} = 2\pi r \cdot \sigma$

По третьему закону Ньютона на жидкость со стороны трубки действует такая же по величине, но противоположная по направлению сила. Эта сила и вызывает подъем некоторого столбика жидкости. Если принять за  $m$

$m$  — массу поднятого столбика, то очевидно, что справедливо равенство:

$$F_{\text{пов}} = mg \quad (1)$$

Выразим массу  $m$  через плотность  $\rho$  и объем  $V$ :  $m = \rho V$ ,  $V = \pi r^2 \cdot h$

Тогда:  $m = \rho \pi r^2 h$

Равенство (1) примет такой вид:  $2\pi r \cdot \sigma = \rho \pi r^2 h g$  Отсюда  $\rho = \frac{2\sigma}{rgh}$

Дано:	Решение:
$r = 5 \cdot 10^{-4} \text{ м};$	1) Высота столбика подъема жидкости:
$h = 1,1 \cdot 10^{-2} \text{ м};$	$h = \frac{2\sigma}{\rho g r}$ , отсюда $\rho = \frac{2\sigma}{rgh}$ ;
$\sigma = 0,022 \text{ Н/м};$	
Найти:	2) Подставим числовые значения:
$\rho = ?;$	$\rho = \frac{2 \cdot 0,022}{5 \cdot 10^{-4} \cdot 9,8 \cdot 1,1 \cdot 10^{-2}} = 8,16 \cdot 10^3 \text{ кг/м}^3 =$ $= 820 \text{ кг/м}^3;$

Ответ:  $\rho = 820 \text{ кг/м}^3$ .

## БИЛЕТ № 19

**1. Гравитационные силы. Закон всемирного тяготения. Сила тяжести. Вес тела.**

Закон всемирного тяготения гласит: *сила гравитационного притяжения двух материальных точек прямо пропорциональна произведению их масс и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними.*

Коэффициентом пропорциональности служит *гравитационная постоянная.*

Модули гравитационных сил (сил всемирного тяготения), действующих между двумя любыми частицами вещества, находятся по закону:

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

где  $m_1$  и  $m_2$  — массы тел или частиц вещества,  $R$  — расстояние между ними,  $G$  — гравитационная постоянная, или постоянная всемирного тяготения.

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

Эта формула выражает закон всемирного тяготения. Сила притяжения тела к Земле называется *силой тяжести*. Это одно из проявлений силы всемирного тяготения. Ускорение, сообщаемое телу силой тяжести, — это ускорение свободного падения  $g$ .

$$F = mg$$

— сила тяжести.

Вблизи поверхности Земли  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

На высоте  $h$  над Землей ускорение свободного падения можно определить по формуле:

$$g = G \cdot \frac{M_3}{(R_3 + h)^2},$$

где  $M_3$  — масса Земли;  $R_3$  — радиус Земли.

## 2. Равновесие тел. Момент сил. Условия равновесия тел.

Условия равновесия тела:

а) Поступательно движущееся тело находится в состоянии равновесия (покоится или

движется прямолинейно и равномерно), если  $\vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots + \vec{F}_N = 0$ , ( $\vec{a} = 0$ ).

б) Вращающееся тело, имеющее неподвижную ось вращения, находится в покое или равномерно вращается, если  $M_1 + M_2 + M_3 + \dots + M_N = 0$ ,

где  $M$  — момент силы — произведение силы на её плечо.

**3. Задача.** Под действием силы 90кН была осуществленная работа 45МДж. На какую высоту было поднятое тело?

Решение:

$$90 \text{ кН} = 90\,000 \text{ Н.}$$

$$45 \text{ МДж} = 45\,000\,000 \text{ Дж.}$$

$$A = F \cdot S.$$

$$S = h.$$

$$h = 45\,000\,000 / 90\,000 = 500 \text{ м.}$$

## БИЛЕТ № 20

### 1. Движение тела под действием силы тяжести по вертикали.

Движение тела под действием силы тяжести по вертикали называется свободным падением. Это движение под действием одной силы тяжести, частный случай равноускоренного движения.

Ускорение свободного падения одинаково для всех тел в данной точке планеты, направлено к центру планеты и равно  $g \sim 10 \text{ м/с}^2$ .

Название величины

Единица измерения

Формула

Время	с	$t = \frac{v_y - v_{0y}}{g_y}$
Проекция начальной скорости	м/с	$v_{0y} = v_y - g_y t$
Проекция мгновенной скорости	м/с	$v_y = v_{0y} + g_y t$
Проекция ускорения	м/с <sup>2</sup>	$g_y = 9,8 \text{ м/с}^2$
Проекция перемещения	м	$s_y = v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$
Координата	м	$y = y_0 + v_{0y} t + \frac{g_y t^2}{2}$

## 2. Механическая работа. Мощность. КПД

Механическая работа (или работа силы над телом) – физическая величина, равная по модулю произведению силы на путь, пройденный телом вдоль направления этой силы.

Если вектор силы перпендикулярен направлению движения тела, то совершаемая этой силой *работа равна нулю*; если вектор силы сонаправлен с направлением движения тела, то *работу силы считают положительной*; если вектор силы противоположен направлению движения тела, то *работу силы считают отрицательной*.

В случае, когда точка приложения силы перемещается в направлении действия силы, механическая работа  $A$  равна произведению модуля  $F$  силы на путь  $s$ , пройденный точкой приложения силы:

$$A = Fs.$$

Единица работы в СИ 1 Джоуль (Дж) = 1 Нм.

Мощность действия – физическая величина, равная отношению механической работы ко времени, за которое она была совершена.

Мощность характеризует быстроту (скорость) совершения работы.

Мощность принято вычислять только для тех действий, в которых механическая работа положительна.

Мощностью  $N$  называют отношение совершенной работы  $A$  к промежутку времени  $t$ , за который эта работа совершена:  $N = A/t$

Единица мощности в СИ 1 ватт (Вт) = 1 Дж/с.

Мощность можно выразить через силу и скорость  $s$  помощью формулы  $N = Fv$ .

Коэффициент полезного действия (КПД) – физическая величина, равная отношению полезной работы к полной совершённой работе. КПД показывает долю полезной работы от полной и, как и все доли, всегда имеет положительный знак и не имеет «своей» единицы для измерения. Значение КПД обычно выражают в *процентах*, которое нужно переводить в десятичную дробь для дальнейших вычислений.



Коэффициентом полезного действия (КПД) механизма называют отношение полезной работы  $A_{\text{пол}}$  к совершенной  $A_{\text{сов}}$ , выраженное в процентах:

$$\eta = A_{\text{пол}}/A_{\text{сов}} \cdot 100\%.$$

КПД любого реального механизма меньше 100 % (из-за трения и из-за того, что сами механизмы и их части имеют некоторую массу).

**3. Задача.** Газ имеет концентрацию  $1,2 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3}$  и температуру равную 600 К. Найдите давление газа. Ответ дайте в кПа.

**Решение:**

Запишем формулу для расчета давления газа:

$$p = nkT \quad (1)$$

где  $n$  — это концентрация газа,  $k$  — постоянная Больцмана,  $T$  — температура газа в Кельвинах.

$$p = 1,2 \cdot 10^{24} \text{ м}^{-3} \cdot 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ Дж} \cdot \text{К}^{-1} \cdot 600 \text{ К} = 9,936 \text{ кПа}$$

Ответ: 9,936

## 1 КУРС, 2 СЕМЕСТР

### 4.1. Перечень вопросов и задач к экзамену по ПД.03 Физика для оценивания результатов обучения в виде ЗНАНИЙ. ОК02

#### Экзаменационные вопросы:

1. Взаимодействие заряженных тел. Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда
2. Закон Кулона
3. Электрическое поле. Напряженность поля.
4. Потенциал поля. Разность потенциалов
5. Проводники в электрическом поле
6. Электрическая емкость. Конденсатор
7. Диэлектрики в электрическом поле
8. Постоянный электрический ток. Определение электрического тока. Действие тока. Сила тока
9. Постоянный электрический ток. Условия, необходимые для существования электрического тока
10. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление. Вольтамперная характеристика проводника
11. Последовательное и параллельное соединение проводников
12. ЭДС источника тока. Закон Ома для полной цепи
13. Электрический ток в металлах. *Сверхпроводимость*
14. Электрический ток в полупроводниках
15. Электрический ток в жидкостях. Законы электролиза
16. Электрический ток в вакууме
17. Взаимодействие токов. Магнитное поле и его свойства
18. Вектор индукции магнитного поля. Направление вектора магнитной индукции. Линии магнитной индукции
19. Действие магнитного поля на проводник с током
20. Действие магнитного поля на движущуюся заряженную частицу.
21. Самоиндукция. Индуктивность. Единица индуктивности. Аналогия между самоиндукцией и инерцией. Энергия магнитного поля.
22. Гармонические колебания. Характеристики колебаний: амплитуда, период, частота, фаза колебаний
23. Электромагнитные колебания. Колебательный контур. Формула Томсона.
24. Волновые явления. Поперечные и продольные волны. Энергия волны. Распространение волн. Длина волны, скорость волны
25. Электромагнитные волны. Распространение электромагнитных взаимодействий
26. Электромагнитные волны. Характеристики электромагнитных волн.
27. Электромагнитные волны. Принцип радиосвязи
28. Законы отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение.
29. Переменный ток. Условия возникновения вынужденных электромагнитных колебаний в электрической цепи.
30. Переменный ток. Мгновенное значение силы и напряжения переменного тока. Частота переменного тока. Активное сопротивление. Действующее значение силы тока и напряжения
31. Генератор переменного тока. Генерирование электрической энергии. Устройство и принцип действия генератора переменного тока
32. Производство, передача и потребление электрической энергии. Трансформаторы
33. Свет как электромагнитная волна. Интерференция и дифракция света. Дисперсия света.
34. Законы отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение.

35. Гипотеза Планка о квантах. Фотоэффект. Фотон. Волновые и корпускулярные свойства света
36. Развитие взглядов на строение вещества. Закономерности в атомных спектрах водорода.
37. Технические устройства, основанные на использовании фотоэффекта
38. Естественная радиоактивность. Законы радиоактивного распада. Способы наблюдения и регистрации заряженных частиц
39. Эффект Доплера и обнаружение «разбегания» галактик. Большой взрыв
40. Эволюция и энергия горения звезд. Термоядерный синтез

### Экзаменационные задачи

1. **Какова сила тока в резисторе, если его сопротивление 12 Ом, а напряжение на нем 120 В?**
2. На сколько уменьшилась энергия атома, если при переходе из одного энергетического состояния в другое атом излучил свет длиной волны  $6,56 \cdot 10^{-7}$  м?
3. На каком расстоянии  $r_2$  от точечного заряда напряженность электрического поля этого заряда в жидком диэлектрике с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_2 = 81$  (вода) такая же, как на расстоянии  $r_1 = 9$  см от этого заряда в воздухе?
4. Два шарика, расположенных на расстоянии  $r = 20$  см друг от друга, имеют одинаковые по модулю заряды и взаимодействуют в воздухе с силой  $F = 0,3$  мН. Найти число нескомпенсированных электронов  $N$  на каждом шарике.
5. В каком диапазоне длин волн может работать приёмник, если ёмкость конденсатора в его колебательном контуре плавно изменяется от  $C_1 = 50$  пФ до  $C_2 = 500$  пФ, а индуктивность катушки постоянна и равна  $L = 20$  мкГн?
6. **Какое количество теплоты выделит за 30 мин спираль электроплитки, если сила тока в цепи 2 А, а напряжение 220 В?**
7. На экране с помощью тонкой линзы, фокусное расстояние которой равно 36,5 см, получено изображение предмета с десятикратным увеличением. Необходимо найти расстояние от линзы до изображения.
8. Определите число электронов, протонов и нейтронов в атоме кислорода  ${}^{17}_8\text{O}$ .
9. Предмет высотой 3 сантиметра находится на расстоянии 40 сантиметров от собирающей тонкой линзы. Определить высоту изображения, если известно, что оптическая сила линзы составляет 4 диоптрии.
10. Перед тонкой собирающей линзой поместили предмет, в результате такого размещения увеличение получилось равным 2. Когда предмет передвинули относительно линзы, то увеличение стало равно 10. Определить на сколько передвинули предмет и в каком направлении, если первоначальное расстояние от линзы до предмета составляло 6 сантиметров.
11. **Лампы и амперметр включены так, как показано на рисунке. Во сколько раз отличаются показания амперметра при разомкнутом и замкнутом ключе? Сопротивления ламп одинаковы. Напряжение поддерживается постоянным.**
12. Определите расстояние от Земли до Луны в момент локации, если посланный сигнал вернулся через 2,56 с.
13. **Две лампы соединены параллельно. Напряжение на первой лампе 220 В, сила тока в ней 0,5 А. Сила тока в цепи 2,6 А. Определите силу тока во второй лампе и сопротивление каждой лампы.**
14. Какую работу совершит электрический ток в электродвигателе вентилятора за 20 мин, если сила тока в цепи 0,2 А, а напряжение 12 В?
15. Радиостанция работает на волне длиной 25 м. Какова частота излучаемых колебаний?
16. **Два проводника сопротивлением 20 Ом и 30 Ом соединены последовательно. Напряжение на концах первого проводника 12 В. Определить сопротивление цепи, силу тока в цепи, напряжение на втором проводнике и полное напряжение.**
17. **Две лампы соединены параллельно. Напряжение на первой лампе 220 В, сила тока в ней 0,5 А. Сила тока в цепи 2,6 А. Определите силу тока во второй лампе и сопротивление каждой лампы.**

18. Какова длина математического маятника, совершающего гармонические колебания с частотой 0,5 Гц на поверхности Луны? Ускорение свободного падения на поверхности Луны  $1,6 \text{ м/с}^2$ .
19. Определите расстояние от Земли до Луны в момент локации, если посланный сигнал вернулся через 2,56 с.
20. Два проводника сопротивлением 20 Ом и 30 Ом соединены последовательно. Напряжение на концах первого проводника 12 В. Определить сопротивление цепи, силу тока в цепи, напряжение на втором проводнике и полное напряжение.

### Список экзаменационных билетов по ПД.03 физика 1 курс 2 семестр

#### Билет №1

1. Взаимодействие заряженных тел. Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда.
2. Законы отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение.
3. Задача. Какова сила тока в резисторе, если его сопротивление 12 Ом, а напряжение на нем 120 В?

#### Билет №2

1. Закон Кулона.
2. Электромагнитные волны. Характеристики электромагнитных волн
3. Задача. На сколько уменьшилась энергия атома, если при переходе из одного энергетического состояния в другое атом излучил свет длиной волны  $6,56 \cdot 10^{-7} \text{ м}$ ?

#### Билет №3

1. Электрическое поле. Напряженность поля. Потенциал поля. Разность потенциалов.
2. Электромагнитные колебания. Колебательный контур. Формула Томсона.
3. Задача. На каком расстоянии  $r_2$  от точечного заряда напряженность электрического поля этого заряда в жидком диэлектрике с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_2 = 81$  (вода) такая же, как на расстоянии  $r_1 = 9 \text{ см}$  от этого заряда в воздухе?

#### Билет №4

1. Проводники в электрическом поле.
2. Законы отражения и преломления света. Полное внутреннее отражение.
3. Задача. Два шарика, расположенных на расстоянии  $r = 20 \text{ см}$  друг от друга, имеют одинаковые по модулю заряды и взаимодействуют в воздухе с силой  $F = 0,3 \text{ мН}$ . Найти число нескомпенсированных электронов  $N$  на каждом шарике.

#### Билет №5

1. Электрическая емкость. Конденсатор.
2. Свет как электромагнитная волна. Интерференция и дифракция света. Дисперсия света.
3. Задача. В каком диапазоне длин волн может работать приёмник, если ёмкость конденсатора в его колебательном контуре плавно изменяется от  $C_1 = 50 \text{ пФ}$  до  $C_2 = 500 \text{ пФ}$ , а

индуктивность катушки постоянна и равна  $L = 20 \text{ мкГн}$ ?

### Билет №6

1. Диэлектрики в электрическом поле.
2. Гипотеза Планка о квантах. Фотоэффект. Фотон. Волновые и корпускулярные свойства света
3. **Задача.** Какое количество теплоты выделит за 30 мин спираль электроплитки, если сила тока в цепи 2 А, а напряжение 220 В?

### Билет №7

1. Постоянный электрический ток. Определение электрического тока. Действие тока. Сила тока.
2. Производство, передача и потребление электрической энергии. Трансформаторы
3. **Задача.** На экране с помощью тонкой линзы, фокусное расстояние которой равно 36,5 см, получено изображение предмета с десятикратным увеличением. Необходимо найти расстояние от линзы до изображения.

### Билет №8

1. Постоянный электрический ток. Условия, необходимые для существования электрического тока.
2. Самоиндукция. Индуктивность. Единица индуктивности. Аналогия между самоиндукцией и инерцией. Энергия магнитного поля.
3. **Задача.** Определите число электронов, протонов и нейтронов в атоме кислорода  $^{17}_8\text{O}$ .

### Билет №9

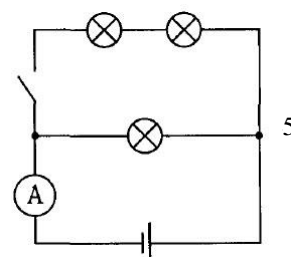
1. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление. Вольтамперная характеристика проводника.
2. Генератор переменного тока. Генерирование электрической энергии. Устройство и принцип действия генератора переменного тока
3. **Задача.** Предмет высотой 3 сантиметра находится на расстоянии 40 сантиметров от собирающей тонкой линзы. Определить высоту изображения, если известно, что оптическая сила линзы составляет 4 диоптрии.

### Билет №10

1. Последовательное и параллельное соединение проводников
2. Волновые явления. Поперечные и продольные волны. Энергия волны. Распространение волн. Длина волны, скорость волны
3. **Задача.** Перед тонкой собирающей линзой поместили предмет, в результате такого размещения увеличение получилось равным 2. Когда предмет передвинули относительно линзы, то увеличение стало равно 10. Определить на сколько передвинули предмет и в каком направлении, если первоначальное расстояние от линзы до предмета составляло 6 сантиметров.

### Билет №11

1. ЭДС источника тока. Закон Ома для полной цепи.
2. Переменный ток. Условия возникновения вынужденных электромагнитных колебаний в электрической цепи.
3. **Задача.** Лампы и амперметр включены так, как показано на



рисунке. Во сколько раз отличаются показания амперметра при разомкнутом и замкнутом ключе? Сопротивления ламп одинаковы. Напряжение поддерживается постоянным.

#### Билет №12

1. Электрический ток в металлах. *Сверхпроводимость*.
2. Переменный ток. Мгновенное значение силы и напряжения переменного тока. Частота переменного тока. Активное сопротивление. Действующее значение силы тока и напряжения
3. **Задача.** Определите расстояние от Земли до Луны в момент локации, если посланный сигнал вернулся через 2,56 с.

#### Билет №13

1. Электрический ток в полупроводниках.
2. Электромагнитные волны. Принцип радиосвязи
3. **Задача.** Две лампы соединены параллельно. Напряжение на первой лампе 220 В, сила тока в ней 0,5 А. Сила тока в цепи 2,6 А. Определите силу тока во второй лампе и сопротивление каждой лампы.

#### Билет №14

1. Электрический ток в жидкостях. Законы электролиза.
2. Электромагнитные волны. Распространение электромагнитных взаимодействий.
3. **задача.** Какую работу совершит электрический ток в электродвигателе вентилятора за 20 мин, если сила тока в цепи 0,2 А, а напряжение 12 В?

#### Билет №15

1. Электрический ток в вакууме.
2. Развитие взглядов на строение вещества. Закономерности в атомных спектрах водорода.
3. **задача.** Радиостанция работает на волне длиной 25 м. Какова частота излучаемых колебаний?

#### Билет №16

1. Электрический ток в газах. Плазма.
2. Технические устройства, основанные на использовании фотоэффекта
3. **задача.** Два проводника сопротивлением 20 Ом и 30 Ом соединены последовательно. Напряжение на концах первого проводника 12 В. Определить сопротивление цепи, силу тока в цепи, напряжение на втором проводнике и полное напряжение.

#### Билет №17

1. Взаимодействие токов. Магнитное поле и его свойства.

2. Естественная радиоактивность. Законы радиоактивного распада. Способы наблюдения и регистрации заряженных частиц
3. **задача.** Две лампы соединены параллельно. Напряжение на первой лампе 220 В, сила тока в ней 0,5 А. Сила тока в цепи 2,6 А. Определите силу тока во второй лампе и сопротивление каждой лампы.

### Билет №18

1. Вектор индукции магнитного поля. Направление вектора магнитной индукции. Линии магнитной индукции.
2. Эффект Доплера и обнаружение «разбегания» галактик. Большой взрыв.
3. **задача.** Какова длина математического маятника, совершающего гармонические колебания с частотой 0,5 Гц на поверхности Луны? Ускорение свободного падения на поверхности Луны  $1,6 \text{ м/с}^2$ .

### Билет №19

1. Действие магнитного поля на проводник с током
2. Эволюция и энергия горения звезд. Термоядерный синтез
3. **Задача.** Определите расстояние от Земли до Луны в момент локации, если посланный сигнал вернулся через 2,56 с.

### Билет №20

1. Действие магнитного поля на движущуюся заряженную частицу.
2. Гармонические колебания. Характеристики механических колебаний: амплитуда, период, частота, фаза колебаний
3. **Задача** Два проводника сопротивлением 20 Ом и 30 Ом соединены последовательно. Напряжение на концах первого проводника 12 В. Определить сопротивление цепи, силу тока в цепи, напряжение на втором проводнике и полное напряжение.

# Пакет экзаменатора (ПД.03 Физика 1 семестр)

## Билет №1

### 1. Взаимодействие заряженных тел. Электрический заряд. Закон сохранения электрического заряда.

**Взаимодействие заряженных тел называется электрическим взаимодействием.**

**Электрический заряд** – это физическая величина, отвечающая за электрическое взаимодействие.

Сила взаимодействия зарядов рассчитывается с помощью **формулы закона Кулона**

$$F_{1,2} = k \cdot q_1 \cdot q_2 / r^2.$$

Если заряды имеют одинаковые знаки, то сила взаимодействия является силой отталкивания, а если знаки разные — силой притяжения. Сила направлена вдоль прямой, соединяющей центры зарядов.

Закон сохранения заряда был открыт в 1747 г. Б. Франклином.

Электрон – частица, входящая в состав атома. Модель строения атома, позволяющая объяснить явление *электризации*, была предложена Э. Резерфордом. На основании проделанных опытов он сделал вывод о том, что в центре атома находится положительно заряженное ядро, вокруг которого по орбитам движутся отрицательно заряженные электроны.

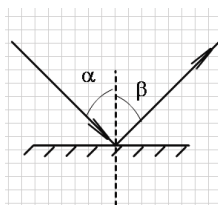
При этом алгебраическая сумма электрических зарядов до и после электризации остаётся постоянной:

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

Алгебраическая сумма зарядов пластин до и после электризации равна нулю - равенство выражает фундаментальный закон природы - закон сохранения электрического заряда.

Как и любой физический закон, он имеет определённые границы применимости: он справедлив для *замкнутой системы тел*, т.е. для совокупности тел, изолированных от других объектов.

### 2. Законы отражения 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  $\alpha$  между направлением падающего луча и перпендикуляром к границе раздела двух сред, восстановленным в точке падения.

*Угол отражения* - угол  $\beta$  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  $\beta$  между тем же перпендикуляром и направлением преломленного луча.

Скорость света в вакууме  $c = 3 \cdot 10^8$  м/с. Скорость света в среде  $V < c$

Абсолютный показатель преломления среды показывает, во сколько раз скорость свет  $v$  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  $c$ , поэтому Абсолютный показатель преломления для воздуха будем считать равным 1.

Относительный показатель преломления показывает, 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.

С учетом показателя преломления закон преломления света можно записать в виде

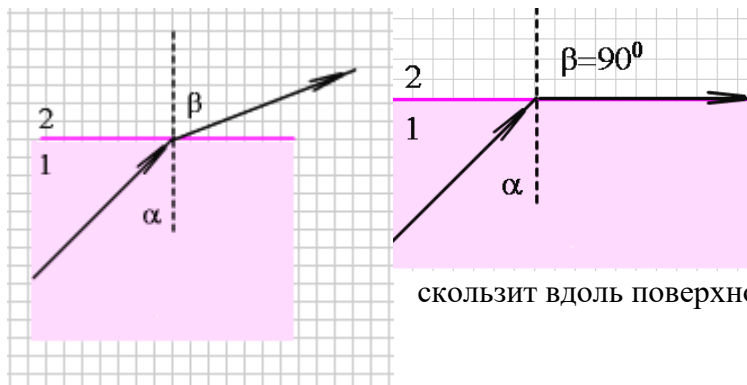
$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{или} \quad \frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}$$

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  $\alpha_{\text{пр}}$ , когда преломленный луч заскользит по границе раздела двух сред и не попадет во вторую среду, Угол преломления  $\beta = 90^\circ$ , при этом вся световая энергия отражается от границы раздела.



Предельным углом полного внутреннего отражения  $\alpha_{\text{пр}}$  называется угол, при котором преломленный луч

скользит вдоль поверхности двух

$$\sin \alpha_{\text{пр}} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{сред,}$$

При переходе из среды оптически менее плотной в среду более плотную полное внутреннее отражение невозможно.

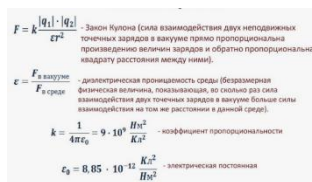
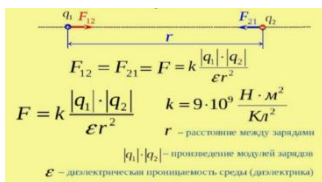
3. Задача. Какова сила тока в резисторе, если его сопротивление 12 Ом, а напряжение на нем 120 В?

Дано:	Решение:
$R = 12 \text{ Ом}$	$I = \frac{U}{R}$
$U = 120 \text{ В}$	$I = \frac{120 \text{ В}}{12 \text{ Ом}} = 10 \text{ А}$
$I = ?$	Ответ: 10 А

## Билет №2

### 1. Закон Кулона.

Закон Кулона описывает взаимодействие точечных неподвижных зарядов, то есть зарядов, которые находятся в статическом положении друг относительно друга.



**Сила взаимодействия двух неподвижных точечных электрических зарядов в вакууме прямо пропорциональна произведению их модулей и обратно пропорциональна квадрату расстояния**

**между ними.**

Она направлена вдоль прямой, соединяющей заряды, и является силой притяжения, если заряды разноименные, и силой отталкивания, если заряды одноименные.

## 2. Электромагнитные волны. Характеристики электромагнитных волн

Электромагнитная волна – это процесс распространения в пространстве периодических колебаний электрического и магнитного полей (колебаний напряженности  $E$  и  $B$ ). Эта волна переносит энергию электромагнитного поля.

Электромагнитные волны включают: радиоволны, микроволны, инфракрасное излучение, видимый свет, ультрафиолет, рентгеновские и гамма-лучи.

Основные характеристики:

Длина волны  $\lambda$

Период/Частота волны  $T/\nu$

Скорость волны  $V$

Поляризация волны

Энергия волны – энергия, заключенная в электромагнитном поле

Импульс волны.

При протекании электрического тока в проводнике возникает магнитное поле вокруг проводника, и если электрический ток течет то в одну, то в другую сторону, или его интенсивность увеличивается или уменьшается, то магнитное поле, создаваемое этим электрическим током, будет переменным.

Если в каком-либо месте возникает переменное магнитное поле, то сразу же появится переменное электрическое поле. Именно так эти поля переносятся в пространстве.

Электромагнитные волны были открыты Генрихом Герцем в 1886 году. Теория Максвелла была подтверждена.

Для того чтобы возбудить электромагнитную волну, необходимо где-то индуцировать изменение магнитного или электрического поля. Электромагнитная волна, создаваемая переменными электрическим и магнитным полями, вызывает электрический ток в замкнутой цепи приемника.

Свойства электромагнитных волн.

**Среда распространения.** Электромагнитные волны могут распространяться не только в вакууме, но и в газах, таких как воздух, в жидкостях, таких как вода, или в твердых телах, таких как стекловолокно. Такое разнообразие сред распространения позволяет использовать электромагнитные волны для многих технологических и нетехнологических применений.

**Скорость распространения.** Электромагнитные волны распространяются в вакууме со скоростью около  $c = 3 \cdot 10^8$  м / с. Это также скорость, с которой распространяется свет. Свет является электромагнитным излучением.

**Тип распространения.** Электромагнитные волны являются поперечными волнами. Благодаря этому свойству электромагнитное излучение может быть поляризовано. Магнитное поле всегда перпендикулярно электрическому полю.

**Цвет.** Каждая электромагнитная волна имеет длину волны. Длина волны и частота волны могут быть преобразованы друг в друга. Определенный цвет соответствует определенной длине волны (определенной частоте). Эта взаимосвязь между длиной волны и цветом иллюстрируется электромагнитным спектром.

В вакууме все типы электромагнитных волн распространяются с одинаковой скоростью (с).

В любой другой среде считаем, что электромагнитные волны распространяются со скоростью  $v$ .

Если обозначить длину волны через  $\lambda$ , а частоту через  $n$ , то получится следующее:  $c = \lambda \cdot n$ ,

где  $c$  — скорость света.

Длина волны показывает пространственное расстояние между двумя гребнями или впадинами волны, [ м ].

Обратная величина частоты дает временное расстояние между двумя гребнями или впадинами. Частота  $n$  имеет единицу измерения  $c^{-1}$ .

Между энергией  $E$  волны и ее частотой  $n$  действует соотношение:  $E = h \cdot n$ , где  $h$  — постоянная Планка.

Отсюда,  $n = c / \lambda$ .  $E = h \cdot c / \lambda = (h \cdot c) / \lambda$  [Дж].

Виды электромагнитных волн и их диапазоны длин

Вид волны	Длина волны
Радиоволны	Более 1 м
Микроволны	От 1 мм до 1 м
Инфракрасные	от 700 нм до 1 мм
Видимый свет	от 380 нм до 700 нм
Ультрафиолетовые	от 10 нм до 380 нм
Рентгеновские лучи	от 5 пм до 10 нм

Волны располагаются в порядке возрастания частоты и уменьшения длины, поскольку чем длиннее волна, тем ниже ее частота. Волны с высокой частотой, т.е. ультрафиолетовые, рентгеновские и гамма-лучи, несут в себе высокую энергию. Взаимодействие этих волн с живыми организмами может привести к повреждению клеток или даже смерти (при высокой дозе излучения).

3. задача. Задача. На сколько уменьшилась энергия атома, если при переходе из одного энергетического состояния в другое атом излучил свет длиной волны  $6,56 \cdot 10^{-7}$  м?

Дано:	Решение:
$\lambda = 6,56 \cdot 10^{-7}$ м	$E = h \cdot \nu; \nu = \frac{c}{\lambda}; E = \frac{hc}{\lambda};$ $E = \frac{6,62 \cdot 10^{-34} \text{ Дж} \cdot 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}}{6,56 \cdot 10^{-7} \text{ м}} \approx 3 \cdot 10^{-19} \text{ Дж.}$
$h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ Дж · с	
$c = 3 \cdot 10^8$ м/с	
$E = ?$	

Энергия атома уменьшится на  $3 \cdot 10^{-19}$  Дж.

### Билет №3

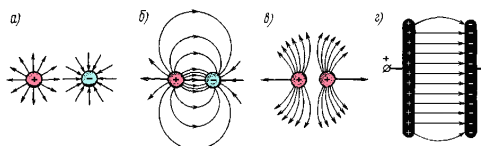
#### 1. Электрическое поле. Напряженность поля. Потенциал поля. Разность потенциалов.

Электрическое поле – пространство, в котором на электрически заряженные частицы и тела действует сила.

**Характеристики электрического поля:**

1. **Напряжённость**  $E$ – это сила, с которой электрическое поле действует на заряд, помещённый в данную точку. Единица измерения – вольт на метр.
2. **Потенциал** – работа, которая производится силами электрического поля при перемещении единицы положительного заряда из данной точки в бесконечность (в точку с нулевым потенциалом). Единица измерения — вольт.
3. **Напряжение** – разность потенциалов двух точек электрического поля. Единица измерения – вольт.

В пространстве вокруг электрически заряженного тела существует электрическое



поле, представляющее собой один из видов материи. Электрическое поле обладает энергией, которая

проявляется в виде сил, действующих на находящиеся в поле заряженные тела.

Рис. 3. Простейшие электрические поля: а) - одиночных положительного и отрицательного зарядов; б) - двух разноименных зарядов; в) - двух разноименных зарядов; г) - двух разноименно заряженных пластин - однородное поле.

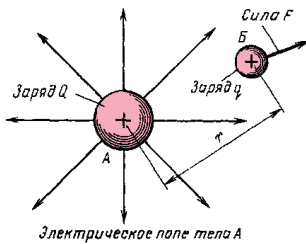


Рис. 4. Действие электрического поля на внесенный в него электрический заряд q.

Электрическое поле условно изображают в виде силовых линий, которые направлены в ту сторону, в которую двигалась бы в поле положительно заряженная частица.

Напряженность поля. Электрическое поле действует на внесенный в него заряд  $q$  (рис. 4) с некоторой силой  $F$ . Следовательно, об

интенсивности электрического поля можно судить по значению силы, с которой притягивается или отталкивается некоторый электрический заряд. В электротехнике интенсивность поля характеризуют *напряженностью электрического поля  $E$* , под которой понимают отношение силы  $F$ , действующей на заряженное

тело в данной точке поля, к заряду  $q$  этого тела:  $E = F/q$

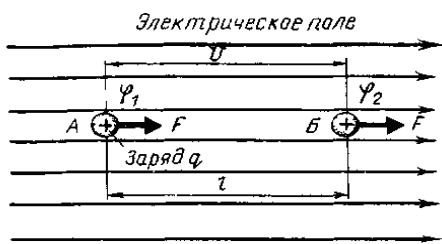
По мере удаления от заряженного тела силовые линии электрического поля располагаются реже, т. е. напряженность поля  $E$  уменьшается (рис. 3, а, б и в).

Только в однородном электрическом поле (рис. 3, г) напряженность одинакова во всех его точках.

Электрическое поле обладает определенным запасом энергии, т. е. способностью совершать работу, которая может быть реализована, если внести в него какой-либо заряд. Этот заряд будет перемещаться по направлению силовых линий, совершая определенную работу. Для характеристики энергии, запасенной в каждой точке электрического поля, введено специальное понятие – *электрический потенциал*. Электрический потенциал  $\phi$  поля в данной точке равен работе, которую могут совершить силы этого поля при перемещении единицы положительного заряда из этой точки за пределы поля.

За нулевой потенциал условно принимают потенциал, который имеет поверхность земли.

Разные точки электрического поля обладают разными потенциалами. Обычно нас мало интересует абсолютная величина потенциалов отдельных точек электрического поля, важнее знать разность потенциалов  $\phi_1 - \phi_2$  между двумя точками поля А и В (рис. 5).



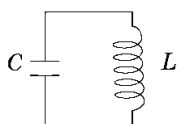
Разность потенциалов  $\phi_1$  и  $\phi_2$  двух точек поля характеризует собой работу, затрачиваемую силами поля на перемещение заряда из одной точки поля с большим потенциалом в другую - точку с меньшим потенциалом и носит название

*электрического напряжения*. Электрическое напряжение обозначают буквой  $U$ .

Единицей электрического напряжения служит Вольт (В).

## 2. Электромагнитные колебания. Колебательный контур. Формула Томсона.

**Электромагнитные колебания** — это повторяющийся процесс взаимного превращения электрических и магнитных полей. Электромагнитные колебания возникают в колебательном контуре.



**Колебательный контур** — это цепь, состоящая из конденсатора и катушки индуктивности.

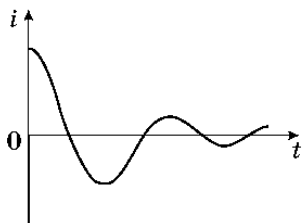
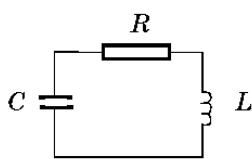
Если сопротивлением проводов контура можно пренебречь, то такой контур называется *идеальным*.

При зарядке конденсатора в идеальном колебательном контуре возникают свободные, незатухающие электромагнитные колебания заряда и напряжения на обкладках конденсатора, а также силы тока и ЭДС в катушке индуктивности. Электромагнитные колебания в идеальном колебательном контуре являются *высокочастотными* и *гармоническими*.

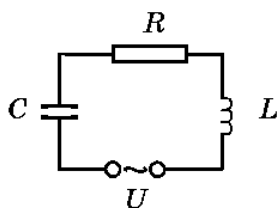
Электромагнитные колебания бывают двух видов — свободные и вынужденные.

Свободными колебаниями называют колебания, возникающие в колебательной системе за счет первоначально сообщенной этой системе энергии.

Вынужденные колебания — это периодические изменения заряда, силы тока и напряжения в цепи под действием переменной электродвижущей силы от внешнего источника.



Всякий реальный колебательный контур имеет сопротивление проводов  $R$ . Если ему один раз сообщить энергию, например, зарядив конденсатор  $C$ , то колебания в нем будут затухающими из-за потерь энергии на джоулево тепло. График затухающих колебаний силы тока изображен на рисунке.



Электромагнитные колебания являются *затухающими*, потому что происходят потери энергии. Часть энергии расходуется на преодоление сопротивления контура и превращается во внутреннюю энергию. Поэтому суммарная энергия электрического и магнитного полей с течением времени уменьшается и колебания затухают. Чтобы колебания были *незатухающими*, колебательный контур надо пополнять энергией, например, включив в него источник переменного напряжения.

Если частота пополнения контура энергией будет равна собственной частоте колебаний контура, то в контуре возникнет электрический **резонанс** — явление резкого возрастания максимальной силы тока в контуре (**амплитуды** силы тока), когда частота пополнения контура энергией становится равной собственной частоте колебаний в контуре.

**Формула Томсона** — математическое выражение, которое связывает собственную частоту, индуктивность и ёмкость электрических или электромагнитных колебаний в электрическом колебательном контуре. Названа в честь английского физика и математика Уильяма Томсона, который вывел её в 1853 году.

Формула Томсона выглядит следующим образом:

$$T_0 = 1/n_0 = 2\pi L/C,$$

где:  $T_0$  — период собственных колебаний;

$n_0$  — частота собственных колебаний;

$\omega_0$  — угловая частота собственных колебаний;

$L$  — индуктивность;

$C$  — ёмкость.

**3. Задача.** На каком расстоянии  $r_2$  от точечного заряда напряженность электрического поля этого заряда в жидком диэлектрике с диэлектрической проницаемостью  $\epsilon_2 = 81$  (вода) такая же, как на расстоянии  $r_1 = 9$  см от этого заряда в воздухе?

Дано:  
 $\epsilon_1 = 1$   
 $\epsilon_2 = 81$   
 $E_1 = E_2$   
 $r_1 = 9 \text{ см}$   
 $r_2 = ?$

Обозначим  $\epsilon_1$  диэлектрическую проницаемость воздуха,  $E_1$  – напряженность поля в воздухе,  $E_2$  – напряженность поля в диэлектрике.  
 Решение. Напряженность поля точечного заряда  $q$  в воздухе и в диэлектрике определяется формулами

$$E_1 = k \frac{q}{\epsilon_1 r_1^2} \text{ и } E_2 = k \frac{q}{\epsilon_2 r_2^2}.$$

Поскольку  $E_1 = E_2$ , то  $k \frac{q}{\epsilon_1 r_1^2} = k \frac{q}{\epsilon_2 r_2^2}$ ,

$$\epsilon_1 r_1^2 = \epsilon_2 r_2^2, \text{ откуда } r_2 = r_1 \sqrt{\frac{\epsilon_1}{\epsilon_2}}$$

Произведем вычисления:  $r_2 = 9 \sqrt{\frac{1}{81}} \text{ см} = 1 \text{ см}.$

Ответ:  $r_2 = 1 \text{ см}.$

## Билет №4

### 1. Проводники в электрическом поле.

Проводниками называют вещества, проводящие электрический ток. Типичными проводниками являются металлы.

Основная особенность проводников – наличие свободных зарядов (в металлах это электроны), которые участвуют в тепловом движении и могут перемещаться по всему объему проводника.

В отсутствие внешнего поля в любом элементе объема проводника отрицательный свободный заряд компенсируется положительным зарядом ионной решетки.

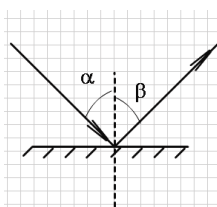
Явление перераспределения зарядов внутри проводника под действием внешнего электрического поля называется электростатической индукцией.

Заряды, появляющиеся на поверхности проводника, называются индукционными зарядами.

Индукционные заряды создают свое собственное поле  $\vec{E}^i$ , которое компенсирует внешнее поле  $\vec{E}_0$  во всем объеме проводника:  $\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}^i = 0$  (внутри проводника).

Полное электростатическое поле внутри проводника равно нулю, а потенциалы во всех точках одинаковы и равны потенциалу на поверхности проводника.

### 2. Законы отражения 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.

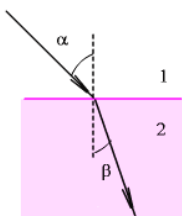
Угол падения – угол  $\alpha$  между направлением падающего луча и перпендикуляром к границе раздела двух сред, восстановленным в точке падения.

Угол отражения – угол  $\beta$  между этим перпендикуляром и направлением отраженного луча.

Законы отражения света:

Луч падающий, перпендикуляр к границе раздела двух сред в точке падения и луч отраженный лежат в одной плоскости.

3. Угол отражения равен углу падения.



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

*Угол преломления* - угол  $\beta$  между тем же перпендикуляром и направлением преломленного луча.

Скорость света в вакууме  $c = 3 \cdot 10^8$  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  $c$ , поэтому Абсолютный показатель преломления для воздуха будем считать равным 1.

Относительный показатель преломления показывает, во сколько раз изменяется скорость света при переходе луча из первой среды во вторую.

Законы преломления света:

Луч падающий, перпендикуляр к границе раздела двух сред в точке падения и преломленный луч лежат в одной плоскости.

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.

С учетом показателя преломления закон преломления света можно записать в виде

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

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = n_{21}$$

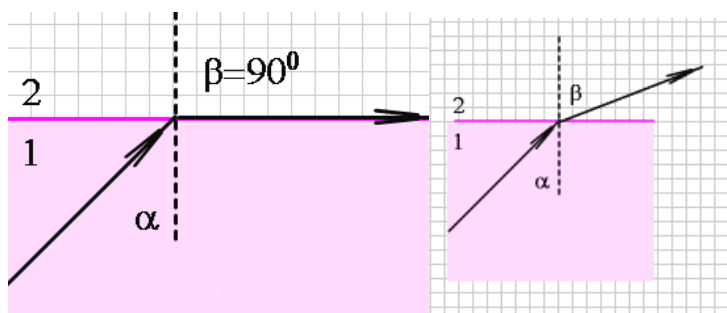
или

где  $n_{21}$  – *относительный показатель преломление* 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  $\alpha_{\text{пр}}$ , когда преломленный луч



заскользит по границе раздела двух сред и не попадет во вторую среду, Угол преломления  $\beta = 90^\circ$ , при этом вся световая энергия отражается от границы раздела.

Предельным углом полного внутреннего отражения  $\alpha_{\text{пр}}$  называется угол, при котором преломленный луч скользит вдоль поверхности двух сред,

$$\sin \alpha_{\text{пр}} = n_{21} = \frac{n_2}{n_1}$$

При переходе из среды оптически менее плотной в среду более плотную полное внутреннее отражение невозможно.

**3. Задача.** Два шарика, расположенных на расстоянии  $r = 20$  см друг от друга, имеют одинаковые по модулю заряды и взаимодействуют в воздухе с силой  $F = 0,3$  мН. Найти число нескомпенсированных электронов  $N$  на каждом шарике.

Дано:  
 $r = 20 \text{ см}$   
 $F = 0,3 \text{ мН}$   
 $\varepsilon = 1$   
 $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$   
 $k = 9 \cdot 10^9 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}^2}{\text{Кл}^2}$   
 $N = ?$

Решение. По закону Кулона  
 $F = k \frac{q^2}{\varepsilon r^2}$ , где  $q = eN$  – модуль  
 заряда каждого шарика,  $e =$   
 $= 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ Кл}$  – элементарный  
 заряд  $q$ . С учетом этого  
 $F = k \frac{(eN)^2}{\varepsilon r^2}$ , откуда

$$eN = \sqrt{\frac{\varepsilon r^2 F}{k}} \quad \text{и} \quad N = \frac{r}{e} \sqrt{\frac{\varepsilon F}{k}}$$

Переведем все единицы в СИ:  $20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$ ,  $0,3 \text{ мН} =$   
 $= 0,3 \cdot 10^{-3} \text{ Н} = 3 \cdot 10^{-4} \text{ Н}$ .

Произведем вычисления:

$$N = \frac{0,2}{1,6 \cdot 10^{-19}} \sqrt{\frac{3 \cdot 10^{-4}}{9 \cdot 10^9}} = 2,3 \cdot 10^{11}$$

Ответ:  $N = 2,3 \cdot 10^{11}$ .

## Билет №5

### 1. Электрическая емкость. Конденсатор.

Емкостью (электрической емкостью) проводников называется физическая величина, характеризующая способность проводника или системы проводников накапливать электрический заряд.

Емкость находится как отношение заряда  $q$  одного из проводников к разности потенциалов  $\Delta\varphi$  между ними:

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

В системе СИ единица емкости называется фарад [Ф]:  $1\text{Ф} = \frac{1\text{Кл}}{1\text{В}}$

Величина емкости 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.

Емкость 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, емкость конденсатора увеличивается в  $\varepsilon$  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  $\epsilon$ , выражаются формулами:

$$C = 4\pi\epsilon_0\epsilon \frac{R_1 R_2}{R_2 - R_1} \text{ - сферический конденсатор}$$

$$C = 2\pi\epsilon_0\epsilon \frac{L}{\ln R_2/R_1} \text{ - цилиндрический конденсатор}$$

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  $q_1 = C_1 U$  и  $q_2 = C_2 U$ .

Такую систему можно рассматривать как единый конденсатор электроемкости  $C$ , заряженный

$$C = \frac{q_1 + q_2}{U}$$

зарядом  $q = q_1 + q_2$  при напряжении между обкладками равном  $U$ . Отсюда следует 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  $U_1 = \frac{q}{C_1}$

$$\text{и } U_2 = \frac{q}{C_2}$$

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  $C_{\text{общ}} = nC$

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

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**.

## 2. Свет как электромагнитная волна. Интерференция и дифракция света. Дисперсия света.

**Свет – это электромагнитное излучение, воспринимаемое человеческим глазом.**

Свет может рассматриваться либо как **электромагнитная волна**, скорость распространения в вакууме которой постоянна, либо как **поток фотонов** – частиц, обладающих определённой энергией, импульсом, собственным моментом импульса и нулевой массой.

Скорость света в вакууме равна 299 792 458 м/с.

Электромагнитная природа света получила признание после опытов Г. Герца (1887–1888 гг.) по исследованию электромагнитных волн. В начале XX века после опытов П. Н. Лебедева по измерению светового давления (1901 г.) электромагнитная теория света превратилась в твердо установленный факт.

**Интерференция:** сложение световых волн, при котором обычно наблюдается характерное пространственное распределение интенсивности света (интерференционная картина) в виде чередующихся светлых и тёмных полос вследствие нарушения принципа сложения интенсивностей. Некоторые явления И. с. наблюдались ещё И. Ньютоном, но не могли быть объяснены с точки зрения его корпускулярной теории. Правильное объяснение И. с. как типично волнового явления было дано в начале 19 в. Т. Юнгом и О. Френелем.

**Дисперсия:** для узкого цветного пучка, выделенного из спектра, показатель преломления имеет вполне определенное значение, тогда как преломление белого света можно только приблизительно охарактеризовать одним каким то значением этого показателя. Сопоставляя подобные наблюдения, Ньютон сделал вывод, что существуют простые цвета, не разлагающиеся при прохождении через призму, и сложные, представляющие совокупность простых, имеющих разные показатели преломления. В частности, солнечный свет есть такая совокупность цветов, которая при помощи призмы разлагается, давая спектральное изображение щели. Таким образом, в основных опытах Ньютона заключались два важных открытия:

1) Свет различного цвета характеризуется различными показателями преломления в данном веществе (дисперсия)

2) Белый цвет есть совокупность простых цветов

**Дифракция:** у световой волны не происходит изменения геометрической формы фронта при распространении в однородной среде. Однако если распространение света осуществляется в неоднородной среде, в которой, например, находятся не прозрачные экраны, области пространства со сравнительно резким изменением показателя преломления и т. п., то

наблюдается искажение фронта волны. В этом случае происходит перераспределение интенсивности световой волны в пространстве. При освещении, например, непрозрачных экранов точечным источником света на границе тени, где согласно законам геометрической оптики должен был бы проходить скачкообразный переход от тени к свету, наблюдается ряд тёмных и светлых полос, часть света проникает в область геометрической тени. Эти явления относятся к дифракции света.

Дифракция света - явление огибания светом контура непрозрачных тел и попадание света в область геометрической тени - всякое отклонение от прямолинейного распространения, если оно не может быть объяснено как результат отражения, преломления или изгибания световых лучей в средах с непрерывно меняющимся показателем преломления.

Поляризация света, одно из фундаментальных свойств оптического излучения (света), состоящее в неравноправии различных направлений в плоскости, перпендикулярной световому лучу (направлению распространения световой волны).

3. **Задача.** В каком диапазоне длин волн может работать приёмник, если ёмкость конденсатора в его колебательном контуре плавно изменяется от  $C_1 = 50$  пФ до  $C_2 = 500$  пФ, а индуктивность катушки постоянна и равна  $L = 20$  мкГн?

► Решение.

Скорость электромагнитной волны в вакууме:  $c = \lambda \cdot \nu$ ,

Длина волны и её частота связаны друг с другом

$$\text{соотношением } c = \lambda \cdot \nu = \frac{\lambda}{T}.$$

Длина волны, воспринимаемая радиоприёмником  $\lambda = 2\pi c \sqrt{LC}$ .

Минимальная длина волны соответствует ёмкости конденсатора  $C_1$ , максимальная — ёмкости  $C_2$ .

► Ответ.  $\lambda_{\min} = 60$  м,  $\lambda_{\max} = 188$  м.

## Билет №6

### 1. Диэлектрики в электрическом поле.

Диэлектриками (изоляторами) называют вещества, не проводящие электрического тока.

В отличие от проводников, в диэлектриках (изоляторах) нет свободных электрических зарядов. Они состоят из нейтральных атомов или молекул. Заряженные частицы в нейтральном атоме связаны друг с другом и не могут перемещаться под действием электрического поля по всему объёму диэлектрика.

При внесении диэлектрика во внешнее электрическое поле  $\vec{E}_0$  в нем возникает некоторое перераспределение зарядов, входящих в состав атомов или молекул. В результате такого перераспределения на поверхности диэлектрического образца появляются избыточные нескомпенсированные **связанные** заряды. Все заряженные частицы, образующие макроскопические связанные заряды, по-прежнему входят в состав своих атомов.

Связанные заряды создают электрическое поле  $\vec{E}'$ , которое внутри диэлектрика направлено противоположно вектору напряженности внешнего поля  $\vec{E}_0$ . Этот процесс называется **поляризацией диэлектрика**.

**Электрической поляризацией** называют особое состояние вещества, при котором электрический момент некоторого объёма этого вещества не равен нулю.

В результате полное электрическое поле внутри диэлектрика  $\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}'$  оказывается по модулю меньше внешнего поля  $\vec{E}_0$ .

Физическая величина, равная отношению модуля напряженности внешнего электрического поля в вакууме  $\vec{E}_0$  к модулю напряженности полного поля в однородном диэлектрике  $\vec{E}$ , называется **диэлектрической проницаемостью вещества**.

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E}$$

Диэлектрическая проницаемость среды показывает, во сколько раз напряженность поля в вакууме больше, чем в диэлектрике. Это величина безразмерная (нет единиц измерения).

При поляризации неоднородного диэлектрика связанные заряды могут возникать не только на поверхностях, но и в объеме диэлектрика. В этом случае электрическое поле связанных зарядов  $\vec{E}'$  и полное поле  $\vec{E}$  могут иметь сложную структуру, зависящую от геометрии диэлектрика. Утверждение о том, что электрическое поле  $\vec{E}$  в диэлектрике в  $\varepsilon$  раз меньше по модулю по сравнению с внешним полем  $\vec{E}_0$  строго справедливо только в случае однородного диэлектрика, заполняющего все пространство, в котором создано внешнее поле.

Если в однородном диэлектрике с диэлектрической проницаемостью  $\varepsilon$  находится точечный заряд  $q$ , то напряженность поля  $\vec{E}$ , создаваемого этим зарядом в некоторой точке, и потенциал  $\varphi$  в  $\varepsilon$  раз меньше, чем в вакууме:

$$\vec{E} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r^2} \quad \varphi = \frac{1}{4\pi\varepsilon_0} \cdot \frac{q}{r}$$

Существует несколько механизмов поляризации диэлектриков. Основными из них являются ориентационная, электронная и ионная поляризации. Ориентационная и электронная механизмы проявляются главным образом при поляризации газообразных и жидких диэлектриков, ионная – при поляризации твердых диэлектриков.

## 2. Гипотеза Планка о квантах. Фотоэффект. Фотон. Волновые и корпускулярные свойства света

**Гипотеза Планка о квантах** гласит, что нагретое тело испускает и поглощает свет не непрерывно, а определёнными конечными порциями энергии — квантами. Энергия каждой порции прямо пропорциональна частоте излучения.

$E = h \cdot \nu$ , где  
 $h = 6,63 \cdot 10^{-34}$  Дж · с — постоянная Планка.  
 $E = n \cdot h \cdot \nu$  — интенсивность света  
 (поверхностная плотность потока излучения),  
 при  $S = 1 \text{ м}^2$  и  $t = 1 \text{ с}$

1. Энергия каждой порции прямо пропорциональна частоте излучения.
2. Универсальная Планка ( $h$ ) – постоянная универсальная величина.  
 Энергия квантов разного цвета имеет разное значение

**Фотоэффект** - это вырывание электронов из вещества под действием света.

Изучил экспериментально и сформулировал законы фотоэффекта русский физик Александр Григорьевич Столетов

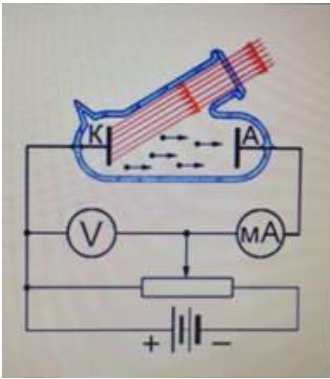
При *внешнем фотоэффекте* фотоэлектроны покидают поверхность тела. При *внутреннем фотоэффекте* фотоэлектроны остаются внутри вещества.

Внутренний фотоэффект – это эффект, при котором оторванные от своих атомов электроны остаются внутри вещества и становятся свободными. Такой фотоэффект можно наблюдать в полупроводниках и некоторых диэлектриках.

Были проведены экспериментальные исследования: В стеклянный баллон, из которого был выкачан воздух, помещаются два электрода. На один из электродов поступает свет через кварцевое окошко, прозрачное не только для видимого света, но и для ультрафиолетового. На электроды подается напряжение, которое можно менять с помощью потенциометра и измерять вольтметром. К освещаемому электроду подключают отрицательный полюс батареи. Под действием света этот электрод испускает электроны, которые образуют электрический ток. При

малых напряжениях не все вырванные светом электроны достигают другого электрода. Если, не меняя интенсивности излучения, увеличивать разность потенциалов между электродами, то сила тока возрастает. При некотором значении напряжения она достигает максимального значения, после чего перестает увеличиваться.

Ток насыщения ( $I_n$ ) – максимальное значение силы тока. Ток насыщения определяется числом электронов, испущенных за 1 секунду освещаемым электродом.



Изменяя интенсивность излучения, удалось установить, что сила тока насыщения прямо пропорциональна интенсивности светового излучения, падающего на поверхность тела. При увеличении интенсивности излучения источника света в два раза, сила тока насыщения тоже увеличивается в два раза.

Если изменить полярность батареи, то сила тока будет уменьшаться, и при некотором напряжении обратной полярности она станет равна нулю. Электрическое поле тормозит вырванные электроны до полной остановки, а затем возвращает их на электрод. Такое напряжение – задерживающее напряжение

Измеряя задерживающее напряжение и применяя теорему о кинетической энергии, можно найти значение кинетической энергии фотоэлектронов:

$$U_{3e} = \frac{m \cdot v^2}{2}$$

При изменении интенсивности света задерживающее напряжение не меняется. Это значит, что не меняется кинетическая энергия фотоэлектронов.

Второй закон Столетова: максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов линейно возрастает с частотой света и не зависит от его интенсивности

Красная граница фотоэффекта – это минимальная частота света для данного вещества, при которой наблюдается явление фотоэффекта.

**Работа выхода** – минимальная работа, которую нужно совершить для выхода электрона из металла.

*Законы внешнего фотоэффекта:*

- Фототок насыщения прямо пропорционален интенсивности света, падающего на вещество.
- Максимальная кинетическая энергия фотоэлектронов увеличивается при увеличении частоты падающего на вещество излучения и не зависит от интенсивности света.
- Для каждого вещества существует максимальная длина электромагнитной волны  $\lambda_{max}$  (красная граница фотоэффекта), за которой начинается фотоэффект. Облучение вещества световыми волнами большей длины фотоэффект не вызывают.

Явление фотоэффекта и его законы были объяснены А. Эйнштейном с помощью *квантовой теории света*. Каждый фотон взаимодействует только с одним электроном. Закон сохранения энергии называют **уравнением Эйнштейна для внешнего фотоэффекта:**

**Энергия фотона идет на совершение работы выхода и на сообщение выбитому**

$$h \cdot \nu = A_{\text{вых}} + \frac{m_0 \cdot v^2}{2}$$

**фотоэлектрону кинетической энергии.**

**Давление света** – это давление, которое создает электромагнитная волна, падая на поверхность тела. Давление света на зеркальную поверхность в два раза больше, чем на черную (поглощающую) поверхность. Изменение импульса фотона при отражении от зеркальной поверхности  $\Delta p = 2p_0$ . Изменение импульса фотона при поглощении есть  $\Delta p = -p_0$ .

Если коэффициент отражения энергии препятствием равен  $R$ , а число падающих фотонов на единицу поверхности препятствия, при интенсивности света  $I$  равно:

$$N = I / (h \cdot \nu)$$

то из них  $N \cdot R$  фотонов отразится, а  $N \cdot (1 - R)$  – поглотится поверхностью препятствия.

$$P_{\text{полн}} = \frac{I}{c} + R.$$

**Полное давление света на поверхность препятствия равно:**

**Корпускулярно-волновой дуализм** – это проявление в поведении одного и того же объекта как корпускулярных, так и волновых свойств.

Свет обладает одновременно как волновыми свойствами (интерференция, дифракция, поляризация) так и корпускулярными свойствами (давление света, фотоэффект), т. е. ведет себя как корпускула (частица).

Сами по себе волновая и корпускулярная модели света являются односторонними, имеющими ограничения. В совокупности они позволяют подойти к более полному описанию реального мира.

**3. Задача. Какое количество теплоты выделит за 30 мин спираль электроплитки, если сила тока в цепи 2 А, а напряжение 220 В?**

<p><i>Дано:</i>  <math>t = 30 \text{ мин}</math>  <math>U = 220 \text{ В}</math>  <math>I = 2 \text{ А}</math>  <math>Q - ?</math></p>	<p>1800 с</p>	<p><i>Решение:</i>  <math>Q = I^2 R t; U = IR; Q = I U t</math>  <math>Q = 2 \text{ А} \cdot 220 \text{ В} \cdot 1800 \text{ с} =</math>  <math>= 792000 \text{ Дж} = 792 \text{ кДж}</math>  <i>Ответ:</i> 792 кДж</p>
--	---------------	---

### Билет №7

**1. Постоянный электрический ток. Определение электрического тока. Действие тока. Сила тока.**

**Электрический ток** называют постоянным, если сила тока и его направление не меняются с течением времени. *Электрический ток* – это упорядоченное движение заряженных частиц (электронов и ионов). За направление тока условно принято направление движения положительных зарядов, т.е. от «плюса» к «минусу».

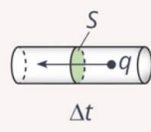
*Условия, необходимые для существования электрического тока:*

- Наличие свободных заряженных частиц;
- Наличие электрического поля, действующего на заряженные частицы с силой в определенном направлении;
- Наличие замкнутой электрической цепи.

**Действие тока:**

1. *Тепловое:* проводник по которому течет ток нагревается.
2. *Химическое:* электрический ток может изменять химический состав проводника (электролита).
3. *Магнитное:* ток оказывает силовое воздействие на соседние токи и намагниченные тела. Вокруг проводника с током существует магнитное поле.

**Сила тока** – это физическая величина, равная отношению заряда, прошедшего через поперечное сечение проводника, к промежутку времени, за который этот заряд прошёл.

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


Единица измерения силы тока — ампер (в честь французского физика Андре-Мари Ампера).

**2. Производство, передача и потребление электрической энергии. Трансформаторы**

Генерация (производство) электрической энергии — это получение электроэнергии из неэлектрических видов энергии (механическая, солнечная, тепловая, химическая).

Основной способ производства генерации— использование индукционных генераторов, в которых в результате вращения ротора механическая работа преобразуется в электрическую энергию. Частота тока, генерируемого электростанциями, в России составляет 50 герц, а напряжение — 10-20 киловольт.

Электродгенераторы устанавливаются на различных типах электростанций, где они приводятся в движение разными источниками энергии. На гидроэлектростанциях генераторы запускаются силой падающей воды с высоты. На атомных электростанциях генераторы вращаются паровыми турбинами, которые используют тепловую энергию, выделяющуюся при делении ядер. На теплоэлектростанциях генераторы приводятся в движение паровыми турбинами, которые используют энергию, полученную от сгорания ископаемых топлив, таких как уголь, газ и мазут. Приливные электростанции используют энергию морских приливов, а ветряные электростанции — энергию ветра.

Возможна генерация и без использования электромеханических генераторов. Широкое распространение получили солнечные батареи, основанные на фотоэлементах, непосредственно преобразующих солнечную энергию в электрическую. Применяются химические источники тока, в которых электричество получается в результате химической реакции.

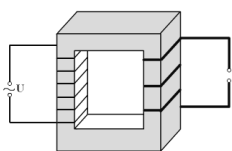
Для того, чтобы обеспечить поступление электрической энергии переменного тока от производителя потребителю, используются линии электропередач (ЛЭП).

В большинстве случаев линии электропередач объединены в сети, соединяющие огромное количество производителей и потребителей электроэнергии. Как в линиях электропередач, так и у различных потребителей различается напряжение переменного тока, с которым они работают.

Трансформатор — это устройство, служащее для преобразования силы и напряжения переменного тока при неизменной частоте.

При передаче электроэнергии на большие расстояния приходится повышать напряжение тока, получаемого от генераторов. Это осуществляется при помощи трансформаторов.

День рождения трансформатора переменного тока считается 30 ноября 1876 года — это дата получения патента Павлом Николаевичем Яблочковым на устройство, предназначенное для питания изобретённых им же электрических свечей — нового в то время источника света.



Трансформатор — это устройство, преобразующее переменный ток одного напряжения в переменный ток той же частоты, но другого напряжения.

Трансформатор был изобретён в 1878 г. русским учёным Яблочковым.

Работа трансформаторов основана на явлении электромагнитной индукции.

Устройство трансформатора:

Трансформатор состоит из ферромагнитного сердечника, на который надеты две катушки.

Первичной обмоткой называется катушка, подключенная к источнику переменного напряжения  $U_1$ .

Вторичной обмоткой называется катушка, которую можно подключать к приборам, потребляющим электрическую энергию.

Приборы, потребляющие электрическую энергию, выполняют роль нагрузки, и на них создается переменное напряжение  $U_2$ .

Если  $U_1 > U_2$ , то трансформатор называется понижающим, а если  $U_2 > U_1$  - то повышающим.

Принцип работы

В первичной обмотке создается переменный ток, следовательно, в ней создается переменный магнитный поток. Этот поток замыкается в ферромагнитном сердечнике и пронизывает каждый виток обеих обмоток. В каждом из витков обеих обмоток появляется одинаковая ЭДС индукции  $e_{i0}$ ,

Если  $N_1$  и  $N_2$  - число витков в первичной и вторичной обмотках.

Отношение напряжений на обмотках пропорционально отношению витков в обмотках:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

Коэффициент трансформации  $k$  равен отношению числа витков первичной обмотки  $N_1$  к числу витков во вторичной обмотке  $N_2$ :

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

Потребление электрической энергии: Электрическая энергия используется для освещения, обогрева, совершения механической работы.

**3. Задача.** На экране с помощью тонкой линзы, фокусное расстояние которой равно 36,5 см, получено изображение предмета с десятикратным увеличением. Необходимо найти расстояние от линзы до изображения.

*Дано:*  $\Gamma = 10$  – увеличение;

$F = 36,5 \text{ см} = 36,5 \cdot 10^{-2} \text{ м}$  – фокусное расстояние линзы

*Найти:*  $f$  – расстояние от линзы до изображения

*Решение*

Формула тонкой линзы:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f},$$

где  $d$  – расстояние от линзы до предмета.

Увеличение линзы определяется по формуле:

$$\Gamma = \frac{f}{d}$$

Выразим из этой формулы расстояние от линзы до предмета и подставим полученное значение в формулу тонкой линзы:

$$d = \frac{f}{\Gamma}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{\frac{f}{\Gamma}} + \frac{1}{f}$$

$$\frac{1}{F} = \frac{\Gamma}{f} + \frac{1}{f} = \frac{\Gamma + 1}{f}$$

Отсюда расстояние от линзы до изображения равно:

$$f = F(\Gamma + 1)$$

Подставим в данное выражение известные значения:

$$f = 36,5 \text{ см} \cdot (10 + 1) = 4,015 \text{ м}$$

*Ответ:*  $f = 4,015 \text{ м}$ .

## Билет №8

### **I. Постоянный электрический ток. Условия, необходимые для существования электрического тока.**

*Электрический ток – это упорядоченное движение заряженных частиц (электронов и ионов).*

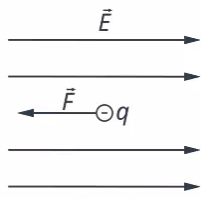
За направление тока условно принято направление движения положительных зарядов, т.е. от «+» к «-».

*Условия, необходимые для существования электрического тока:*

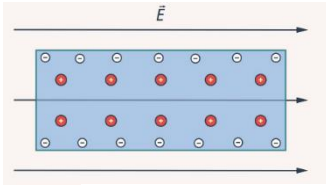
- Наличие свободных заряженных частиц;
- Наличие электрического поля, действующего на заряженные частицы с силой в определенном направлении;



• **Наличие замкнутой электрической цепи.**

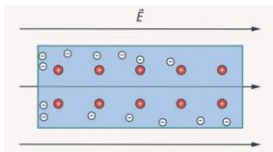


Первое условие очевидно: чтобы существовало движение частиц, для этого нужно, чтобы были свободные частицы, способные передвигаться. В проводниках такими носителями тока являются свободные электроны. Что заставляет частицу двигаться? Электрический заряд взаимодействует с электрическим полем, и на него действует сила  $\vec{F} = q\vec{E}$  (см. рис.). Эта сила и заставит электрон двигаться.



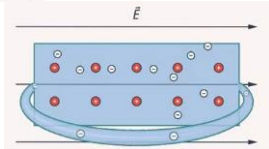
Второе условие существования электрического тока – наличие электрического поля в проводнике, которое характеризуется потенциалом в каждой точке или разностью потенциалов между двумя точками. Достаточно ли этого? Проверим. Предположим, что у нас есть проводник со свободными носителями заряда и в проводнике есть электрическое поле (см.

рис).



Свободные электроны будут двигаться в сторону, противоположную вектору напряженности электрического поля, и будут скапливаться у одного из краев проводника, он станет заряжен отрицательно (см. рис.).

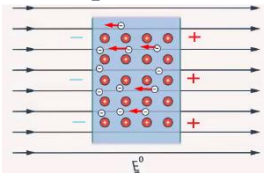
У



противоположного края при том же количестве атомов электронов будет меньше, поэтому он будет заряжен положительно. Этот процесс подробнее рассмотрен в ответвлении, скопившиеся заряды образуют свое

электрическое поле, направленное противоположно внешнему и ослабляющее его. При ослаблении поля уменьшится и сила, которая разносит заряды по краям проводника, пока поля не уравниваются. Эти процессы протекают быстро, и ток, как видим, быстро исчезает. Для его поддержания нужно, очевидно, чтобы электроны не накапливались на одном из краев проводника, а возвращались на противоположный край, т. е. цепь нужно замкнуть

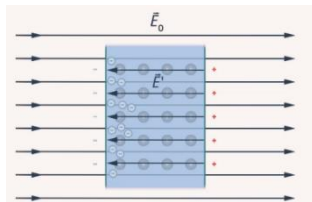
**Проводник во внешнем электрическом поле**



Возьмем твердое тело – проводящую пластину – и поместим ее в однородное электрическое поле.

В первый момент, после внесения пластины в поле, возникнет электрический ток. Свободные носители заряда под действием силы со стороны внешнего электрического поля начнут движение и переместятся в соответствующую сторону проводника. Таким образом, один край пластины заряженным положительно, другой – отрицательно (см.

сторону окажется рис.).



Если бы мы находилась в

разделили пластину на две части в момент, когда она электрическом поле, то обе половинки оказались бы заряженными. Одна – положительно, другая –

отрицательно. Эти области скопления зарядов создают свое электрическое поле, которое будет направлено в противоположную от внешней сторону и будет стремиться скомпенсировать его. Движение носителей заряда прекратится лишь в тот момент, когда внутреннее и внешнее поле станут равны по модулю напряженности. То есть суммарное поле внутри проводника станет равно нулю:

$$\vec{E} = \vec{E}_0 + \vec{E}^i = 0$$

Таким образом, внутри проводников электрическое поле отсутствует. На этом факте основана электростатическая защита. Приборы, которые необходимо защитить от электрического поля, помещают в специальные металлические ящики.

Итак, мы разобрали три условия возникновения электрического тока: наличие свободных носителей заряда; электрическое поле, которое будет вызывать движение заряженных частиц, и замкнутая цепь.

## 2. Самоиндукция. Индуктивность. Единица индуктивности. Аналогия между самоиндукцией и инерцией. Энергия магнитного поля.

**Явление самоиндукции** - это частный случай явления электромагнитной индукции в цепи, по которой уже идет ток. В этом случае индукционный ток (ток самоиндукции) порождается изменением основного тока в цепи. При изменении силы тока изменяется магнитный поток, порождаемый этим током, который пропорционален току в цепи:  $\Phi = LI$

Коэффициент пропорциональности  $L$  называется *индуктивностью контура (коэффициентом самоиндукции)*.

*Индуктивность* - одна из основных характеристик цепи переменного тока. Индуктивность зависит от: формы и размеров соленоида; магнитных свойств окружающей среды

$$L = \mu\mu_0 \frac{N^2 S}{l}$$

где  $S$  - площадь поперечного сечения соленоида,  $l$  - длина катушки,  $N$  - количество витков,  $\mu$  - относительная магнитная проницаемость среды.

В СИ единицей индуктивности является *генри* (Гн):  $1 \text{ Гн} = 1 \text{ Вб}/(1 \text{ А})$

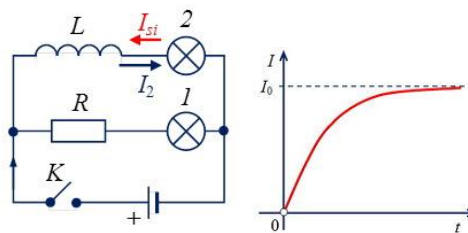
**Самоиндукция** - явление возникновения тока в цепи в результате изменения силы тока

Возникающая ЭДС называется ЭДС самоиндукции:

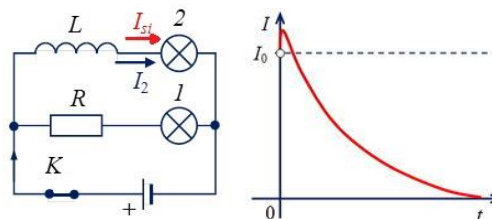
$$\mathcal{E}_{si} = -L \frac{dI}{dt}$$

*Направление тока самоиндукции* определяется по правилу Ленца: ток самоиндукции всегда направлен так, что он противодействует изменению основного тока. Если основной ток возрастает, то ток самоиндукции направлен против направления основного тока, если уменьшается, то направления основного тока и тока самоиндукции совпадают.

При замыкании ключа ток в цепи нарастает, поэтому индукционный ток имеет противоположное направление.



При размыкании ключа ток убывает, следовательно, индукционный ток имеет то же направление, то есть поддерживает внешний ток. Значения токов складываются и может наблюдаться повышение суммарного тока по сравнению с номинальным.



### Аналогия между самоиндукцией и инерцией

Явление самоиндукции подобно явлению инерции в механике. Так, инерция приводит к тому, что под действием силы тело не мгновенно приобретает определенную скорость, а постепенно. Тело нельзя мгновенно затормозить, как бы велика ни была тормозящая сила. Точно так же за счет самоиндукции при замыкании цепи сила тока не сразу приобретает определенное

значение, а нарастает постепенно. Выключая источник, мы не прекращаем ток сразу. Самоиндукция поддерживает его некоторое время, несмотря на сопротивление цепи.

Масса	Индуктивность
Характеризует инертность тела., способность тела влиять на быстроту установления скорости тела. Обнаруживает себя при попытке изменить скорость тела	Характеризует способность проводника влиять на быстроту установления тока в цепи. Обнаруживает себя в цепях с изменяющимся током
$m = \frac{F\Delta t}{\Delta v}; m = \frac{p}{v}$	$L = \frac{\mathcal{E}_{is} \Delta t}{\Delta I}; L = \frac{\Phi}{I}$
Масса – одна из основных характеристик любого материального объекта, являющаяся мерой его инертности и гравитации	Индуктивность проводника – это скалярная физическая величина численно равная отношению магнитного потока, созданного током в соленоиде к силе тока в нем
Масса препятствует изменению скорости тела	Индуктивность препятствует изменению тока в проводнике
$\downarrow \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{F}{m} \uparrow$	$\downarrow \frac{\Delta I}{\Delta t} = \frac{\mathcal{E}_{is}}{L} \uparrow$
Масса зависит от рода вещества, размеров и формы тела	Индуктивность соленоида зависит от его размеров, формы и магнитных свойств среды внутри соленоида
$m = \rho V = \rho Sl$	$L = \frac{\mu\mu_0 N^2 S}{l}$

### Энергия магнитного поля

Если в контуре с индуктивностью  $L$  течет ток силой  $I$ , то в нем при размыкании цепи возникает индукционный ток и им совершается работа.

$$dA = \mathcal{E}_{si} I dt$$

Уменьшение энергии магнитного поля равно работе тока.

$$W_m = \int_t^0 dA = \frac{LI^2}{2}$$

Энергия магнитного поля *зависит* от индуктивности контура и силы тока, протекающего по нему.

3. **Задача** Определите число электронов, протонов и нейтронов в атоме кислорода  ${}^8_{17}\text{O}$ .

Дано:	Решение:
${}^8_{17}\text{O}$	$Z = 8; e = 8; N = A - Z = 17 - 8 = 9$
Z – ?	Ответ: 8 электронов, 8 протонов, 9 нейтронов.
N – ?	
e – ?	

### Билет №9

#### 1. Закон Ома для участка цепи. Сопротивление. Вольтамперная характеристика проводника.

Под участком цепи подразумевается однородный участок цепи без источника тока с ЭДС.

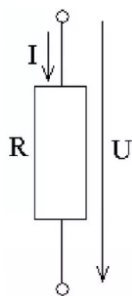
*Закона Ома для участка цепи:* сила тока  $I$  на участке электрической цепи прямо пропорциональна напряжению  $U$  на концах участка и обратно пропорциональна его сопротивлению  $R$ .

$$I = U/R$$

Сила тока – это физическая величина, которая показывает, какой электрический заряд проходит через поперечное сечение проводника за 1с. Обозначение:  $I$ , Единица измерения – ампер (А).

Напряжение – это физическая величина, которая характеризует действие электрического поля на заряженные частицы. Обозначение:  $U$ , Единица измерения – вольт (В).

Сопротивление – это свойство проводника оказывать сопротивление электрическому току, проходящему через него. Обозначение: R, Единица измерения – Ом.



Выразим напряжение и сопротивление в виде формул:  $I=U/R \Rightarrow U=IR, R=U/I$

Закон Ома для участка цепи связывает величину тока через сопротивление с приложенным к нему напряжением.

Исходя из уравнения закона, можно сделать вывод:

1. Чем больше напряжение и меньше сопротивление, тем больше сила тока.
2. Чем больше сила тока и сопротивление, тем больше напряжение.
3. Чем больше напряжение и меньше сила тока, тем больше сопротивление.

Кроме математической записи и словесного утверждения, закон Ома можно представить в виде графика:

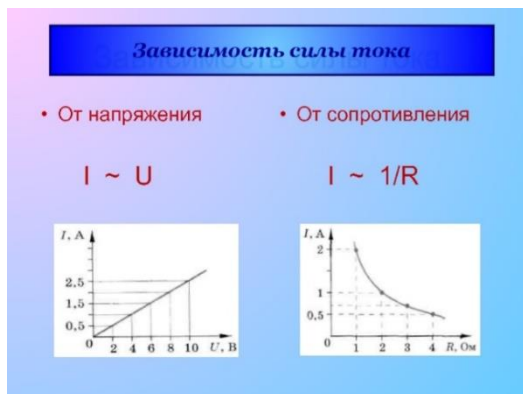


График зависимости силы тока от напряжения называется вольт-амперной характеристикой.

Свободные электроны при движении по проводнику встречают на своем пути ионы кристаллической решетки и другие электроны и, взаимодействуя с ними, неизбежно теряют часть своей энергии. Различные металлические проводники, имеющие различное атомное строение, оказывают различное сопротивление электрическому току.

Чем больше сопротивление проводника, тем хуже он проводит электрический ток.

Сопротивление различных проводников зависит от материала, из которого они изготовлены, их длины, геометрической формы и температуры. Для характеристики электрического сопротивления различных материалов введено понятие так называемого удельного сопротивления.

**Удельным сопротивлением** называется сопротивление проводника длиной 1 м и площадью поперечного сечения 1 м<sup>2</sup>.

Обозначение –  $\rho$ , единица измерения в СИ – Ом·м.

Каждый материал, из которого изготавливается проводник, обладает своим удельным сопротивлением.

Электрическое сопротивление проводника прямо пропорционально длине проводника и обратно пропорционально площади поперечного сечения проводника.

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

Сопротивление проводника увеличивается с ростом температуры. Удельное сопротивление зависит от температуры:  $\rho = \rho_0(1 + \alpha \Delta T)$ ,

где  $\rho_0$  – удельное сопротивление при  $T_0 = 293 \text{ K}$  ( $20^\circ\text{C}$ ),  $\Delta T = T - T_0$ ,

$\alpha$  – температурный коэффициент сопротивления.

Единица измерения температурного коэффициента сопротивления –  $\text{K}^{-1}$ .

При нагревании увеличивается интенсивность движения частиц вещества. Это создает трудности для направленного движения электронов. Увеличивается число столкновений свободных электронов с ионами кристаллической решетки.

Свойство изменения сопротивления при изменении температуры используется в термометрах сопротивления. Эти приборы могут измерять температуру, основываясь на зависимости сопротивления от температуры. У термометров сопротивления высокая точность измерений.

## 2. Генератор переменного тока. Генерирование электрической энергии. Устройство и принцип действия генератора переменного тока

**Генератор переменного тока** – электрическая машина, преобразующая механическую энергию в электрическую энергию переменного тока.

**Принцип работы генератора заключается в преобразовании механической энергии в электрическую путём вращения проволочной катушки в магнитном поле.**

Электрический ток вырабатывается, когда силовые линии движущегося магнита пересекают витки проволочной катушки. Электроны перемещаются по направлению к положительному полюсу магнита, а электрический ток течёт от положительного полюса к отрицательному.

Пока источник механической энергии вращает проводник (или магнитное поле), генератор будет вырабатывать переменный электрический ток.

Генератор представляет собой установку по выработке электрического тока путем преобразования механической энергии. Независимо от типа, конструкции и энергоресурса, заставляющего привод двигаться, все электрогенераторы работают в соответствии с законом электромагнитной индукции. При этом возможно 2 варианта взаимодействия:

1. Через проводник пропускается вращающееся магнитное поле.
2. В неподвижном магнитном поле вращается проводник.

На практике распространение получил первый вариант. Объясняется это, прежде всего, тем, что ток, получаемый от вращаемого проводника значительно меньше, тока, выдаваемого от неподвижной обмотки. Кроме того, снимать напряжение с неразрывной цепи легче, чем через систему щеток и колец подвижного ротора.

**Устройство электрогенератора по выработке переменного тока:** Электромеханический индукционный генератор переменного тока по сути состоит из того же, из чего сделан классический электродвигатель (иногда и внешне выглядит также) – неподвижной части или статора и вращаемого вала или ротора, также называемого якорем. При этом каждая его часть имеет свою функцию:

**Корпус или рама.** К ней крепятся статорные обмотки, а также все остальные элементы механизма. Для обеспечения устойчивости и стабильности работы, а также защиты от внешних факторов кожух изготавливается из прочного толстостенного металла.

**Статор.** На нем закрепляет обмотка, в которой под действием вращающегося электромагнита возникает электродвижущая сила. Изготавливается из ферромагнитного стального сплава.

**Ротор.** По сути, представляет собой сердечник с обмоткой, посредством вала приводимый во вращение внешней механической силой. Назначение – создание вращающегося магнитного поля.

**Возбудитель.** Это блок для питания электромагнита ротора постоянным электротоком.

Механизм действия установки сводится к следующему:

1. Вал ротора приводится во вращение внешней механической силой, например, двигателем внутреннего сгорания.
2. При вращении ротора с сердечником, по которому движется постоянный ток, образуется переменное магнитное поле.
3. Проникая в неподвижную статорную обмотку, оно создает электродвижущую силу.
4. В результате на выходах из статора возникает переменный электрический ток.

3. **Задача.** Предмет высотой 3 сантиметра находится на расстоянии 40 сантиметров от собирающей тонкой линзы. Определить высоту изображения, если известно, что оптическая сила линзы составляет 4 диоптрии.

*Решение;*

Дано:	СИ
$h = 3 \text{ см}$	$0,4 \text{ м}$
$d = 40 \text{ см}$	$3 \cdot 10^{-2} \text{ м}$
$D = 4 \text{ дптр}$	
$H = ?$	
Ответ: $H = 5 \text{ см} = 0,05 \text{ м}$ .	

Решение:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \Gamma = \frac{H}{h} = \frac{|f|}{|d|}; D = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; H = h \cdot \frac{|f|}{|d|}$$

$$\frac{1}{f} = D - \frac{1}{d}; f = \frac{d}{D \cdot d - 1};$$

$$H = h \cdot \frac{1}{D \cdot d - 1} = 0,05 [\text{м}]$$

## Билет №10

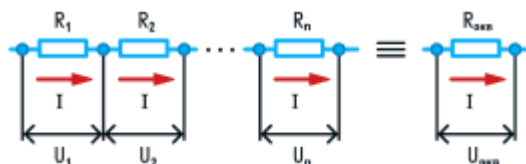
### 1. Последовательное и параллельное соединение проводников

**Последовательное соединение проводников** – это способ соединения, при котором проводники подключены друг за другом, и сила тока через каждый из них одинакова. Пример: лампочки в гирлянде.

**Параллельное соединение проводников** – это способ соединения, при котором проводники подключены к одним и тем же узлам, и напряжение на них одинаково. Пример: лампочки в люстре.

Параллельное соединение используют в тех случаях, когда необходимо подключать электроприборы независимо друг от друга. Например, если отключить чайник, то холодильник будет продолжать работать.

Законы последовательного соединения проводников



При последовательном соединении сила тока в любых частях цепи одна и та же:

$$I = I_1 = I_2 = \dots = I_n.$$

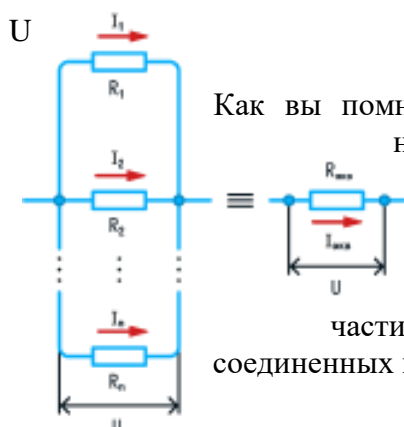
Если в цепи с последовательным способом соединения одна из ламп выйдет из строя и через нее не будет протекать электрический ток, то и через оставшиеся лампы ток проходить не будет.

При последовательном соединении общее сопротивление цепи равно сумме сопротивлений отдельных проводников:  $R_{\text{эkv}} = R_1 + R_2 + \dots + R_n$ .

При последовательном соединении общее напряжение цепи равно сумме напряжений на отдельных участках:  $U_{\text{эkv}} = U_1 + U_2 + \dots + U_n$ .

Параллельное соединение проводников:

Напряжение при параллельном соединении в любых частях цепи одинаково:



$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n.$$

Как вы помните, все бытовые электроприборы рассчитаны на одинаковое номинальное напряжение 220 В. Да и согласитесь, куда проще делать все розетки одинаковыми, а не рассчитывать напряжение для каждого прибора при их последовательном соединении.

Сила тока при параллельном соединении (в неразветвленной части цепи) равна сумме сил тока в отдельных параллельно соединенных проводниках:

$$I_{\text{экв}} = I_1 + I_2 + \dots + I_n.$$

Электрический ток растекается по ветвям обратно пропорционально их сопротивлениям. Если сопротивления в ветвях равны, то и ток при параллельном соединении делится между ними поровну.

Общее сопротивление цепи определяется по формуле:

$$1 / R_{\text{экв}} = 1 / R_1 + 1 / R_2 + \dots + 1 / R_n.$$

Для двух параллельно соединенных проводников формулу можно записать иначе:

$$R_{\text{экв}} = (R_1 \cdot R_2) / (R_1 + R_2).$$

Если  $n$  одинаковых проводников, каждый из которых имеет сопротивление  $R_1$ , соединены параллельно, то общее сопротивление участка цепи можно найти, разделив сопротивление одного из проводников на их количество:

$$R_{\text{экв}} = R_1 / n.$$

## **2. Волновые явления. Поперечные и продольные волны. Энергия волны. Распространение волн. Длина волны, скорость волны**

Процесс распространения колебаний в пространстве с течением времени называется волновым процессом. А последовательное возникновение колебаний в точках, удалённых от источника, называется волной.

Одно из важнейших свойств волн: при возбуждении волны происходит процесс распространения колебаний, но не перенос вещества.

Колеблющееся тело, возбуждающее волновое движение частиц среды, называется *источником волны или вибратором*.

Механизм образования волны: Источник колебаний (например, камертон) воздействует на частицы упругой среды, соприкасающиеся с ним, и заставляет их совершать вынужденные колебания. Среда вблизи источника деформируется, и в ней возникают силы упругости, препятствующие деформации. Если частицы среды сближаются, то возникающие силы их отталкивают, а если удаляются друг от друга, то, наоборот, притягивают. Постепенно силы будут действовать на все более удалённые от источника частицы среды, приводя их в колебательное движение. В результате оно будет распространяться в виде волны.

В зависимости от направления колебаний частиц по отношению к направлению, в котором распространяется волна, различают два вида волн: продольные и поперечные.

**Продольные волны** – это волны, в которых колебания происходят вдоль направления распространения волны. Они приводят к появлению слоёв сжатия и разрежения частиц среды.

**Поперечные волны** – это волны, в которых колебания происходят перпендикулярно направлению распространения волны. Они приводят к сдвигу частиц и слоёв среды относительно друг друга.

При распространении механической волны движение передается от одних частиц среды к другим. С передачей движения связана передача энергии.

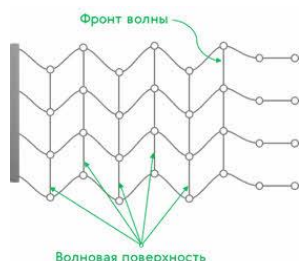
Энергия поступает от источника, возбуждающего колебания начала шнура, струны и т. д., и распространяется вместе с волной. Через любое поперечное сечение, например шнура, передается энергия. Эта энергия складывается из кинетической энергии движения частиц среды и потенциальной энергии их упругой деформации. Постепенное уменьшение амплитуды колебаний частиц при распространении волны связано с превращением части механической энергии во внутреннюю.

Скорость волны – это скорость распространения колебаний в пространстве. Она равна произведению длины волны на частоту колебаний.

Волны любой природы не распространяются в пространстве мгновенно. Их скорость конечна. Волны на поверхности воды удобны для наблюдения, так как скорость их распространения сравнительно невелика. В твердых телах скорость продольных волн больше скорости поперечных волн.

Длина волны – это расстояние между двумя ближайшими точками, движущимися в любой момент времени с одинаковыми по модулю и направлению скоростями.

Все время, пока существует волна, частицы среды совершают колебания около своих положений равновесия и смещаются от него не более чем на амплитуду. При этом различные частицы колеблются со сдвигом по фазе, за исключением тех, положения равновесия которых находятся друг от друга на расстоянии  $\nu T$ . Расстояние между ближайшими частицами, колеблющимися в одинаковой фазе, называется длиной волны. Длина волны равна тому расстоянию, на которое распространяется волна за период:  $\lambda = \nu T$ .



В действительности колеблются не только частицы, расположенные вдоль оси, а совокупность частиц, заключённых в некотором объёме. Распространяясь от источника колебаний, волновой процесс охватывает все новые и новые части пространства. Геометрическое место точек, до которых доходят колебания к данному моменту времени, называется фронтом волны (или волновым фронтом). Он представляет собой ту поверхность, которая отделяет часть пространства, уже вовлечённую в волновой процесс, от области, в которой колебания ещё не возникли.

Геометрическое место точек, колеблющихся в одинаковой фазе, образуют волновую поверхность. Её можно провести через любую точку пространства, охваченного волновым процессом. Поэтому волновых поверхностей существует бесконечное множество, в то время как волновой фронт в каждый момент времени только один. Кроме этого, волновой фронт всё время движется в то время, как волновые поверхности остаются неподвижными.

3. **Задача.** Перед тонкой собирающей линзой поместили предмет, в результате такого размещения увеличение получилось равным 2. Когда предмет передвинули относительно линзы, то увеличение стало равно 10. Определить на сколько передвинули предмет и в каком направлении, если первоначальное расстояние от линзы до предмета составляло 6 сантиметров.

Дано:

$$d_1 = 6 \text{ см}$$

$$\Gamma_1 = 2$$

$$\Gamma_2 = 10$$

$$F = 4 \text{ см}$$

$$\Delta d = ?$$

Решение:

$$\Gamma = \frac{H}{h} = \frac{f}{d}; \frac{1}{F} = \frac{1}{d} + \frac{1}{f}; \Gamma_1 = \frac{f_1}{d_1};$$

$$f_1 = \Gamma_1 \cdot d_1 \cdot \frac{1}{F} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{\Gamma_1 \cdot d_1};$$

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{d_2} + \frac{1}{\Gamma_2 \cdot d_2}; d_2 = 4,4 \text{ см}; \Delta d = d_1 - d_2 = 1,6 \text{ [см]}$$

Ответ:  $\Delta d = 1,6 \text{ см}$ .

Из этих двух уравнений мы и будем искать решение. Выразим расстояние от линзы до изображения в первом случае, зная увеличение и расстояние. Подставив значения в формулу тонкой линзы, мы получим значение фокуса  $F = 4 \text{ см}$ . Далее все повторяем для второго случая, когда увеличение составляет 10. Получим расстояние от линзы до предмета во втором случае, когда предмет передвинули,  $d_2 = 4,4 \text{ см}$ . Мы видим, что предмет был передвинут ближе к фокусу, так как фокус составляет 4 сантиметра, в этом случае увеличение составляет 10, то есть увеличивается изображение в 10 раз. Окончательный ответ  $\Delta d = 1,6 \text{ см}$ , сам предмет был передвинут ближе к фокусу линзы и таким образом увеличение стало больше в 5 раз.



## 1. ЭДС источника тока. Закон Ома для полной цепи.

Для существования постоянного тока в цепи необходимо непрерывно разделять электрические заряды, которые под действием сил Кулона стремятся соединиться. Для этого необходимы сторонние силы. ЭДС характеризует действие этих сторонних сил. А сама эта работа осуществляется внутри источников ЭДС. Электрические заряды внутри источников ЭДС движутся против кулоновских сил под воздействием сторонних сил.

Внутри источника тока происходит разделение зарядов из-за процессов, происходящих внутри источника, например, химических процессов.

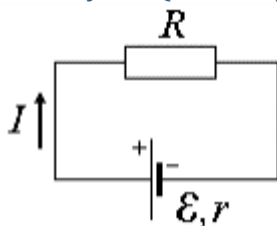
*Гальванический элемент* - химический источник тока, основанный на взаимодействии двух металлов и (или) их оксидов в электролите (батарейки, аккумуляторы).

*Генераторы* - создают ток за счет расходования механической энергии.

*Термоэлементы* - используют энергию теплового движения заряженных частиц.

*Фотоэлементы* - создают ток за счет энергии света.

**Замкнутая (полная) электрическая цепь состоит из источника тока и сопротивления.**



Источник тока имеет ЭДС ( $\mathcal{E}$ ) и сопротивление ( $r$ ), которое называют *внутренним*. ЭДС (*электродвижущая сила*) - работа сторонних сил по перемещению положительного заряда по замкнутой цепи (физический смысл аналогичен напряжению, потенциалу). Полное сопротивление цепи -  $R+r$ .

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R+r}$$

$I$  - сила тока в цепи  
 $\mathcal{E}$  - ЭДС источника тока  
 $R$  - внешнее сопротивление цепи  
 $r$  - внутреннее сопротивление источника  
 $[I]=1A$      $[R]=1\Omega$      $[r]=1\Omega$      $[\mathcal{E}]=1B$

1) Напряжение на зажимах источника, а соответственно и во внешней цепи

$$U = IR = \frac{\mathcal{E}R}{R+r} = \mathcal{E} - Ir$$

где величина  $Ir$  - падение напряжения внутри источника тока.

2) Если внешнее сопротивление замкнутой цепи равно нулю, то такой режим источника тока называется *коротким замыканием*.

$$I_{к.з.} = \frac{\mathcal{E}}{r}$$

3) Для полной цепи закон Джоуля-Ленца

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

**Коэффициент полезного действия:**

Мощность, выделяемая на внешнем участке цепи, называется *полезной*

$$P_{\text{полезн}} = I^2 R = \frac{\mathcal{E}^2 R}{(R+r)^2}$$

$P_{\text{полезн}}$  - мощность тока во внешней цепи  
 $I$  - сила тока  
 $\mathcal{E}$  - ЭДС источника тока  
 $R$  - внешнее сопротивление цепи  
 $r$  - внутреннее сопротивление источника  
 $[I]=1A$      $[R]=1\Omega$      $[r]=1\Omega$      $[\mathcal{E}]=1B$      $[P]=1Bm$

При условии  $R=r$  мощность, выделяемая во внешней цепи, максимальная для данного источника и равна

$$P_{\text{max}} = \frac{\mathcal{E}^2}{4r}$$

Полная мощность - сумма полезной и терпяемой мощности

$$P = I^2 R + I^2 r = \frac{\varepsilon^2}{R+r}$$

Коэффициент полезного действия источника тока - отношение полезной мощности к полной

$$\eta = \frac{P_{\text{полезн}}}{P}$$

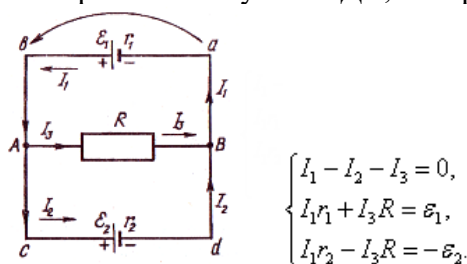
$P_{\text{полезн}}$  - мощность тока во внешней цепи  
 $P$  - полная мощность тока  
 $\eta$  - КПД  
 $R$  - внешнее сопротивление цепи  
 $r$  - внутреннее сопротивление источника

$$\eta = \frac{R}{R+r}$$

$[\eta]$  - безразмерная       $[R] = 1 \text{ Ом}$        $[r] = 1 \text{ Ом}$        $[P] = 1 \text{ Вт}$

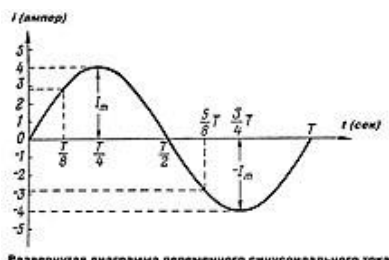
Для расчета сложных разветвленных цепей, которые нельзя свести к эквивалентной цепи, используют правила Кирхгофа:

- 1) Алгебраическая сумма сил токов, сходящихся в узле равна нулю.
- 2) Алгебраическая сумма падений напряжений в любом простом замкнутом контуре равна алгебраической сумме ЭДС, которые есть в этом контуре.



## 2. Переменный ток. Условия возникновения вынужденных электромагнитных колебаний в электрической цепи.

Переменный ток – электрический ток, который с течением времени изменяется по величине, обычно и по направлению в электрической цепи.



Развёрнутая диаграмма переменного синусоидального тока

Так как переменный ток в общем случае меняется в электрической цепи не только по величине, но и по направлению, то одно из направлений переменного тока в цепи условно считают положительным, а другое отрицательным. В соответствии с этим и величину мгновенного значения переменного тока в первом случае считают положительной, а во втором случае – отрицательной.

Сила переменного тока – величина скалярная, знак её определяется тем, в каком направлении ток протекает в цепи в рассматриваемый момент времени – в положительном или отрицательном.

Величина переменного тока, соответствующая данному моменту времени, называется мгновенным значением переменного тока.

Максимальное мгновенное значение переменного тока, которого он достигает в процессе своего изменения, называется амплитудой тока .

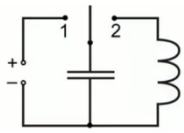
График зависимости силы переменного тока от времени называется развёрнутой диаграммой переменного тока.

На рисунке приведена развёрнутая диаграмма переменного тока, изменяющегося с течением времени по величине и направлению. На горизонтальной оси — оси времени — в определённом масштабе отложены отрезки времени, а по вертикальной оси — сила тока, причём в направлении вверх выбрано положительное направление, а вниз — отрицательное.

В начальный момент времени сила тока равна нулю . Затем она с течением времени растёт в положительном направлении, в момент времени достигает максимального значения, после чего убывает и в момент времени становится равной нулю. Затем, пройдя через нулевое значение, ток меняет своё направление на противоположное, то есть сила тока становится отрицательной, затем она растёт по абсолютной величине (стремясь вниз), достигает максимума (по абсолютной величине) при , а после этого убывает (по абсолютной величине), стремясь к нулю, и при становится равной нулю.

**Условия возникновения вынужденных электромагнитных колебаний в электрической цепи:**

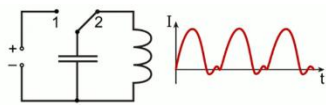
- Наличие колебательного контура.** Например, системы, состоящей из конденсатора и катушки индуктивности, присоединённой к его обкладкам.
- Очень маленькое электрическое сопротивление.** Это необходимо, чтобы компенсировать потери энергии в контуре из-за наличия сопротивления.
- Периодическое сообщение конденсатору дополнительной энергии.** Это нужно, чтобы возникли незатухающие колебания.



Вынужденные электромагнитные колебания возникают под действием периодически изменяющейся синусоидальной (переменной) электродвижущей силы (ЭДС) от внешнего источника. При этом к контуру подводится энергия, необходимая для компенсации потерь энергии в контуре из-за наличия

сопротивления.

Для того чтобы возникли незатухающие колебания – вынужденные колебания, нам в колебательном контуре каждый раз придется сообщать конденсатору дополнительную энергию.



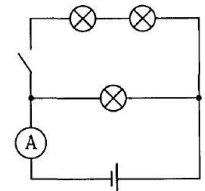
В данном случае изображен колебательный контур, конденсатор которого снабжен ключом. Ключ может переключаться в положение 1 или положение 2. При подключении в положение 1 конденсатор

подключается к источнику напряжения и получает заряд, то есть конденсатор заряжается. При подключении в положение 2 начинаются колебания в этом колебательном контуре, график этого колебательного контура будет иметь следующий вид.

При подключении ключа в положение 2 электрический ток нарастает, меняет свое направление и идет к затуханию, при переключении ключа в положение 1 и потом в положение 2 происходит следующий период колебаний. В результате мы наблюдаем картину вынужденных электромагнитных колебаний, протекающих в контуре.

Самым распространенным видом вынужденных электромагнитных колебаний является рамка, вращающаяся в магнитном поле. Это устройство называется генератором переменного тока, а сам переменный ток является вынужденными электромагнитными колебаниями.

3. Задача. Лампы и амперметр включены так, как показано на рисунке. Во сколько раз отличаются показания амперметра при разомкнутом и замкнутом ключе? Сопротивления ламп одинаковы. Напряжение поддерживается постоянным.



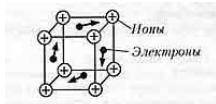
<b>Дано:</b>	<b>Решение:</b>
$R_1 = R_2 = R_3$	$I_1 = \frac{U}{R_1}; I_2 = \frac{U}{R}; R = \frac{2R_1 \cdot R_1}{R_1 + 2R_1} = \frac{2R_1}{3};$
$I_2/I_1 = ?$	$I_2 = \frac{3U}{2R_1} = 1,5 \frac{U}{R_1} = 1,5 I_1.$

То есть сила тока увеличится в 1,5 раза.

**Билет №12**

1. Электрический ток в металлах. *Сверхпроводимость.*

Носители свободных зарядов в металлах являются свободные электроны, которые упорядоченно перемещаются вдоль проводника под действием эл. поля, с постоянной средней скоростью (из-за тормозного действия положительно заряженных ионов кристаллической решетки).

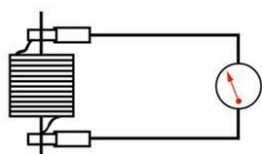


Металлы обладают электронной проводимостью.

Металлы являются самой распространенной средой, проводящей

электрический ток. И носителями зарядов являются свободные электроны. В связи с этим существует особая терминология, в соответствии с которой проводимость металлов называется электронной проводимостью, а сами электроны металла – электронами проводимости.

Этот факт ни в коей мере не постулировался, а был проверен и доказан независимо многими учеными разными методами. Например, немецкий физик Карл Рикке проводил опыт по пропусканию тока в 0,1 А в течении года через три отполированных цилиндра: одного алюминиевого и двух медных. По истечению эксперимента (а за это время по цепи прошел огромный заряд в  $3,5 \cdot 10^6 \text{ Кл}$ ) никаких изменений в структуре цилиндров не произошло, за исключением небольшой диффузии. А если бы носителями заряда были не электроны, а ионы, то тогда был бы перенос вещества одного цилиндра в вещество другого, и, конечно же, в результате столь длительного эксперимента, химическое строение цилиндров изменилось бы.



Еще одним опытом по подтверждению электронной проводимости металлов стал опыт 1912 года российских ученых Мангельштама и Папалекси, спустя небольшое время проведенный также англичанами Стюартом и Толменом. В ходе этого опыта катушка с большим количеством витков быстро вращалась, а затем резко тормозилась. В результате чего замкнутый вместе с ней в цепь гальванометр показывал наличие

небольшого тока.

Дело в том, что вместе с раскручиваемой катушкой вращаются, конечно же, и находящиеся в металле электроны. Когда же катушка тормозится, электроны некоторое время продолжают двигаться внутри катушки по инерции, производя таким образом ток.

**Сверхпроводимость** — свойство некоторых материалов обладать строго нулевым электрическим сопротивлением при достижении ими критической температуры. Явление свойственно не только некоторым металлам, но и сплавам, полупроводникам и полимерам.

Зависимость сопротивления проводника  $R$  от температуры:

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

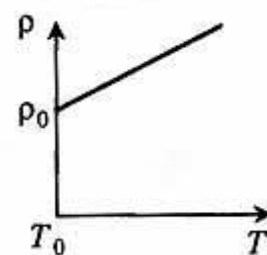
При нагревании размеры проводника меняются мало, а в основном меняется удельное сопротивление.

Удельное сопротивление проводника зависит от температуры где  $\rho_0$  - удельное сопротивление при 0 градусов,  $t$  - температура,

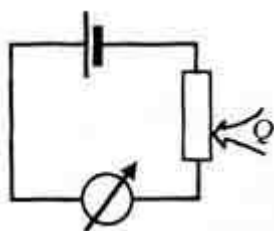
$\alpha$  - температурный коэффициент сопротивления ( т.е. относительное изменение удельного сопротивления проводника при нагревании его на один градус)

Для металлов и сплавов  $\alpha > 0$  Обычно для чистых металлов принимается  $\alpha = \frac{1}{273} \text{ K}^{-1}$ .

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha t)$$



Таким образом, для металлических проводников с ростом температуры



увеличивается удельное сопротивление, увеличивается сопротивление проводника и уменьшается эл.ток в цепи.

Сопротивление проводника при изменении температуры можно рассчитать по формуле:

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

где  $R_0$  - сопротивление проводника при 0 градусов Цельсия  $t$  - температура проводника

$\alpha$  - температурный коэффициент сопротивления

Явление сверхпроводимости

Открытие низкотемпературной сверхпроводимости: 1911г. - голландский ученый Камерлинг - Оннес наблюдается при сверхнизких температурах (ниже 25 К) во многих металлах и сплавах; при таких температурах удельное сопротивление этих веществ становится исчезающе малым.

В 1957 г. дано теоретическое объяснение явления сверхпроводимости: Купер (США), Боголюбов (СССР) 1957г. опыт Коллинза: ток в замкнутой цепи без источника тока не прекращался в течение 2,5 лет.

## 2. Переменный ток. Мгновенное значение силы и напряжения переменного тока. Частота переменного тока. Активное сопротивление. Действующее значение силы тока и напряжения

Переменный ток - электрический ток, который периодически изменяется по модулю и направлению. Переменный ток меняет своё направление с определенной частотой. Согласно гармоническому закону ток и напряжение меняются по закону синуса или косинуса.

$$\varepsilon(t) = \varepsilon_m \sin \omega t$$

Величину, равную корню квадратному из среднего за период значения квадрата силы переменного тока, называют действующим (эффективным) значением переменного тока.

**Частота переменного тока** – это число колебаний переменного тока за одну секунду.

За единицу измерения частоты переменного тока принят **1 герц (Гц)**. Частота переменного тока равна одному герцу, если период тока равен одной секунде (один полный цикл за одну секунду).

Стандартная частота переменного тока, применяемого в промышленности и осветительной сети в России и многих других странах, равна **50 Гц**.

Частота в 50 Гц означает, что на протяжении 1 секунды ток 50 раз течёт в одну сторону и 50 раз в другую. В авиации и военной технике, чтобы снизить массу устройств или повысить частоту вращения электродвигателей переменного тока, применяется частота **400 Гц**.

Переменными называют токи и напряжения, значения которых изменяются по времени. Наиболее важное практическое значение имеют переменные токи, изменяющиеся по гармоническому закону:

$$U = U_m \sin \omega t, \quad I = I_m \sin(\omega t + \phi)$$

Значения напряжения  $U$  и силы тока  $I$ , определяемые в различные моменты времени  $t$ , называют *мгновенными* значениями, их максимальные величины  $U_m$  и  $I_m$  называются *амплитудными* значениями напряжения и тока, соответственно.

Циклическая частота  $\omega = 2\pi\nu = 2\pi/T$  (где  $\nu$  – линейная частота,  $T$  – период) тока и напряжения всегда одинакова. Разность фаз  $\phi$  между током и напряжением называется *фазовым сдвигом* и зависит от вида нагрузки, включенной в конкретную электрическую цепь.

Усредненные по периоду значения модулей переменных токов  $I_{\text{эф}}$  и напряжений  $U_{\text{эф}}$  определяют их действие и называются *эффективными* или *действующими*. Они связаны с амплитудными значениями простыми соотношениями:

$$I_{\text{эф}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}}, \quad U_{\text{эф}} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$$

Средняя мощность  $P$ , выделяемая в цепи переменного тока, определяется формулами:

$$P = I_{\text{эф}} U_{\text{эф}} \cos \phi \quad \text{или} \quad P = \frac{1}{2} I_m U_m \cos \phi$$

и существенно зависит от сдвига фаз  $\phi$  между током и напряжением, поэтому множитель  $\cos \phi$  часто называют *коэффициентом мощности*.

Рассмотрим различные виды нагрузок в цепи переменного тока, полагая, что подаваемое напряжение всегда изменяется по закону  $U = U_m \sin \omega t$ .

Действующее значение силы переменного тока равно силе такого постоянного тока, который выделяет в одном и том же проводнике за одинаковое время то же количество теплоты, что и переменный ток.

Активное сопротивление – сопротивление электрической цепи или её участка, обусловленное необратимыми превращениями электрической энергии в другие виды энергии (в тепловую

энергию). Реактивное сопротивление - это сопротивление проводников переменного тока с учётом поверхностного эффекта.

$$Z = R + jX$$

Емкостное сопротивление - величина, характеризующая сопротивление, оказываемое переменному току электрической емкостью цепи (или ее участка).

$$X_C = \frac{1}{\omega C} = \frac{1}{2\pi f C}$$

Индуктивное сопротивление обусловлено возникновением ЭДС самоиндукции в элементе электрической цепи. Изменение тока и, как следствие, изменение его магнитного поля вызывает препятствующее изменению этого тока ЭДС самоиндукции. Величина индуктивного сопротивления зависит от индуктивности, элемента и частоты, протекающего тока

$$X_L = \omega L = 2\pi f L$$

**Действующее значение силы переменного тока** — это величина, равная квадратному корню из среднего значения квадрата силы тока.

**Действующее значение переменного напряжения** определяется аналогично действующему значению силы тока.

Именно действующие значения силы тока и напряжения регистрируют амперметры и вольтметры переменного тока. Кроме того, действующие значения удобнее мгновенных значений ещё и потому, что именно они непосредственно определяют среднее значение мощности переменного тока.

3. **Задача.** Определите расстояние от Земли до Луны в момент локации, если посланный сигнал вернулся через 2,56 с.

*Дано:*

$$t = 2,56 \text{ с}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$s = ?$$

*Решение:*

$$2s = ct;$$

$$s = \frac{ct}{2} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 2,56}{2} = 3,84 \cdot 10^8 \text{ (м)} = 384 \text{ 000 (км)}$$

*Ответ:* 384 000 км

### Билет №13

#### 1. Электрический ток в полупроводниках.

**Электрический ток в полупроводниках** обусловлен как движением свободных электронов, так и движением связанных электронов – дырок. Поэтому различают электронную и дырочную проводимости.

Полупроводники, имеющие преимущественно электронную проводимость, называются полупроводниками **n-типа**. Полупроводники, имеющие преимущественно дырочную проводимость, называются полупроводниками **p-типа**.

Проводимость полупроводников сильно зависит от температуры. С увеличением температуры проводимость полупроводников увеличивается, а сопротивление уменьшается.

Проводимость полупроводников сильно зависит от примесей и называется примесной проводимостью. Чтобы увеличить проводимость, к чистому полупроводнику добавляют примесь.

К **полупроводникам** относятся материалы проводимости, которых больше, чем у диэлектриков, меньше, чем у проводников. К полупроводникам относят кремний (Si), фосфор (P), германий (Ge), индий (In), мышьяк (As).

Полупроводники имеют ряд особенностей:

1. Электрический ток в полупроводниках обусловлен как движением свободных электронов, так и движением связанных электронов, так называемых дырок. Поэтому различают электронную и дырочную проводимости. Место, покинутое электронами условно положительно заряжено – дырка. Полупроводники, имеющие преимущественно электронную

проводимость, называются полупроводниками (-)n-типа. Полупроводники, имеющие преимущественно дырочную проводимость, называются полупроводниками (+)р-типа.

2. Проводимость полупроводников очень сильно зависит от температуры, эта зависимость в десятки раз больше, чем у металлов. С увеличением температуры проводимость полупроводников увеличивается, а сопротивление уменьшается, т.к. увеличивается количество пар носителей зарядов  $\bar{e}$  и дыр.

3. Проводимость полупроводников сильно зависит от примесей и называется примесной проводимостью. Проводимость чистых полупроводников совсем невелика, чтобы увеличить проводимость к чистому полупроводнику добавляют примесь.

Примесь может увеличить во много раз либо число свободных электронов, либо дырок.

В первом случае (примесь выполняет роль донора (отдает электроны) – проводимость n – типа, а во втором – роль акцептора (отбирает электроны) – проводимость р – типа.

Полупроводниковый диод р-n переход.

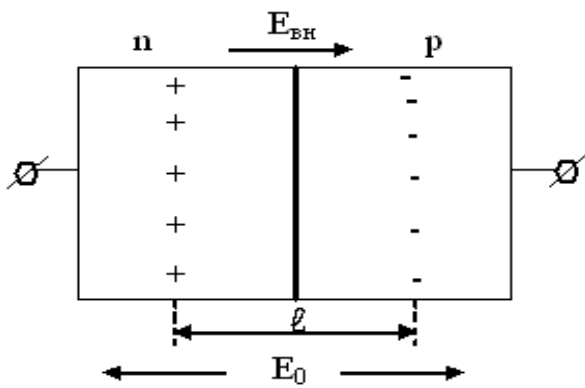


Рис. 31

Полупроводниковый прибор, имеющий одностороннюю проводимость, основанный на работе р-n перехода. Ток через диод может проходить только в одном направлении.

На границе раздела двух полупроводников с разной проводимостью, вследствие разной концентрации электронов и дырок, возникает диффузия, в результате которой образуется разность потенциалов (в области n– типа возникает (+) заряд, а в области р – типа (-) заряд). Имеет место напряженность поля  $E_{вн}$ . Если приложить к р – n– переходу внешнее поле  $E_0$ , то в зависимости от его направления, будет

следующее:

1.  $E_0$  совпадает по направлению с  $E_{вн}$ ;  $E = E_0 + E_{вн}$ , размеры  $l$  увеличатся и тока не будет

2. Если  $E_0$  противоположно  $E_{вн}$ , то  $E = E_{вн} - E_0$ ;  $E_{вн} = E_0$ ;  $E = 0$  через переход будет протекать электрический ток.

**Вольт-амперная характеристика полупроводникового диода.**

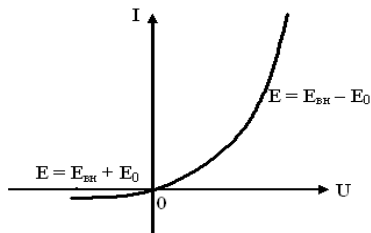
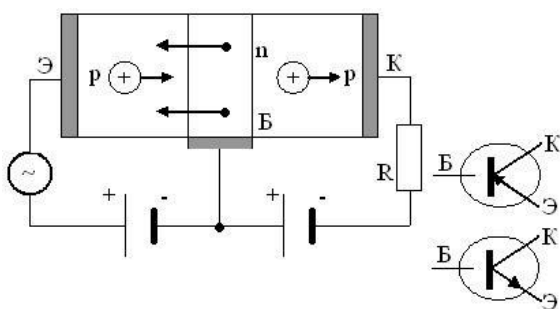


Рис. 32

Полупроводниковый триод



Полупроводниковый триод состоит из двух полупроводников одного типа проводимости разделенных тонким слоем полупроводника другого типа проводимости (р-n-р) или (n-p-n).

Ток в этой системе регулируется за счет напряжения между базой и эмиттером, изменение тока в цепи эмиттера будет вызывать изменение тока в цепи коллектора, причем изменение напряжения будет значительным (усиление напряжения).

П/n триоды (транзисторы) так же как и электронные лампы – триоды применяются для усиления и генерирования электрических колебаний. Транзисторы имеют ряд преимуществ

перед электронными лампами - не требуют питания для накала катода, виброустойчивы, малогабаритны и др., однако их характеристики зависят от температуры.

## 2. Электромагнитные волны. Принцип радиосвязи

**Электромагнитные** волны – это электромагнитные колебания, распространяющиеся в пространстве с конечной скоростью.

**Точечный** источник излучения – это источник, размеры которого много меньше расстояния, на котором оценивается его действие, и он посылает электромагнитные волны по всем направлениям с одинаковой интенсивностью.

Электромагнитное излучение (электромагнитные волны) – распространяющееся в пространстве возмущение (изменение состояния) электромагнитного поля (то есть, взаимодействующих друг с другом электрического и магнитного полей).

Среди электромагнитных полей вообще, порожденных электрическими зарядами и их движением, принято относить собственно к излучению ту часть переменных электромагнитных полей, которая способна распространяться наиболее далеко от своих источников – движущихся зарядов, затухая наиболее медленно с расстоянием.

К электромагнитному излучению относятся радиоволны (начиная со сверхдлинных), инфракрасное излучение, видимый свет, ультрафиолетовое, рентгеновское и жесткое (гамма-)излучение (см. ниже, см. также рисунок).

Электромагнитное излучение способно распространяться в вакууме (пространстве, свободном от вещества), но в ряде случаев достаточно хорошо распространяется и в пространстве, заполненном веществом (несколько изменяя при этом свое поведение).

Характеристики электромагнитного излучения

Основными характеристиками электромагнитного излучения принято считать частоту, длину волны и поляризацию.

Свойства электромагнитных волн:

1. Электромагнитная волна представляет собой распространение в пространстве с течением времени переменных (вихревых) электрических и магнитных полей.
2. Электромагнитные волны излучаются зарядами, которые движутся с ускорением, например, при колебаниях. Причем, чем больше ускорение колеблющихся зарядов, тем больше интенсивность излучения волны.
3. Векторы  $\vec{E}$  и  $\vec{B}$  в электромагнитной волне перпендикулярны друг другу и перпендикулярны направлению распространения волны.
4. Электромагнитная волна является поперечной.

### Принципы радиосвязи

**Радиосвязь** - это разновидность беспроводной связи, у которой в качестве сигнала используются, распространяемые в пространстве, радиоволны.

Принципы радиосвязи далеко не новы. За это время радиосредства прошли путь от первых передатчиков сигналов азбуки Морзе до систем спутниковой связи. Радиоэфир наполнился музыкой радиостанций, сигналами далеких галактик и нашими разговорами. Однако с тех пор не изменилось главное - радиоволны.

Г. Герц в 1888 г. экспериментально доказал существование электромагнитных волн.

А. С. Попов повторил эти опыты и в апреле 1895 г. создал первый приемник. 7 мая 1895 г. демонстрация прибора на заседании Русского физико-химического общества. Дальность — 250 м; 1899 г.— 20 км; 1901 г. — 150 км. Попов впервые использовал когерер и приемную антенну.

Принцип радиосвязи основан на передаче сигнала от *передающего устройства*, содержащего передатчик и передающую антенну, путем перемещения радиоволн в открытом пространстве, *приемному устройству*, содержащему приемную антенну и радиоприемник.

*Микрофон передатчика* под воздействием звуковых колебаний вырабатывает слабый электрический ток низкой частоты. Этот сигнал поступает в *усилитель низкой частоты* (УНЧ). С УНЧ сигнал поступает в *модулятор*. *Генератор высокой частоты* (ГВЧ) вырабатывает незатухающие колебания высокой частоты (ВЧ), которые также поступают в *модулятор*, где

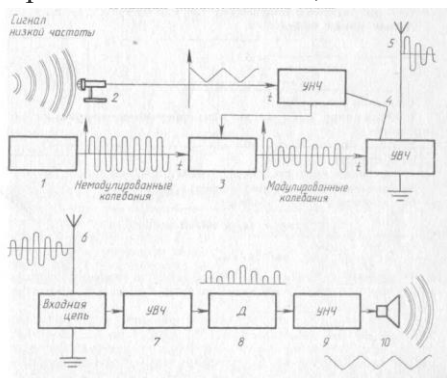


они модулируются по амплитуде колебаниями низкой частоты и поступают в *антенну*. Антенна излучает в окружающее пространство электромагнитные волны, амплитуда которых также модулирована по низкой частоте. Частота ГВЧ является несущей, она и определяет частоту (и волну) передающей станции. Гармонические колебания с несущей частотой, принадлежащей какому-либо диапазону радиочастот, подвергаются модуляции в соответствии с передаваемым сообщением. *Модулированные радиочастотные колебания* представляют собой **радиосигнал**, а модулированные электромагнитные волны представляют собой **радиоволну**.

Свободно перемещаясь, радиоволны достигают приёмной антенны и возбуждают в ней электрические колебания, которые поступают далее в радиоприёмник. В антенне приёмника радиоволны (реально ведь передатчиков много) возбуждают переменные ЭДС индукции разных частот. Для выделения частоты нужной радиостанции применяется входной колебательный контур, который может иметь конденсатор переменной ёмкости или катушку с изменяемой индуктивностью. В любом случае изменение ёмкости или индуктивности приводит к изменению собственной частоты входного контура и, в тот момент, когда эта частота совпадает с несущей частотой радиостанции, наблюдается *резонанс*. Этот эффект позволяет выделить сигнал какой-то определённой радиостанции среди других. Тем не менее, сигнал остаётся очень слабым и его усиливает *усилитель высокой частоты* (УВЧ) приёмника. Принятый радиосигнал после усиления *демодулируется*.

Детектор выделяет одну половинку амплитудно-модулированного сигнала, фильтр сглаживает пульсации, превращая его в низкочастотный сигнал. УНЧ усиливает НЧ-сигнал, а громкоговоритель преобразует усиленный электрический сигнал в звуковые колебания.

Выделяется сигнал, аналогичный сигналу, которым были модулированы колебания в радиопередатчике. Сигнал преобразуется при помощи соответствующего воспроизводящего устройства в сообщение, аналогичное исходному.



1. *Задающий генератор* (генератор высокой частоты) вырабатывает гармонические колебания высокой частоты ВЧ (несущая частота более 100 тыс. Гц).
2. *Микрофон* преобразует механические звуковые колебания в электрические той же частоты.
3. *Модулятор* изменяет (модулирует) по частоте или амплитуде высокочастотные колебания с помощью электрических колебаний низкой частоты НЧ.
4. Усилители высокой и низкой частоты *УВЧ* и *УНЧ* усиливают по мощности высокочастотные и звуковые (низкочастотные) электрические колебания.
5. *Передающая антенна* излучает модулированные электромагнитные волны.

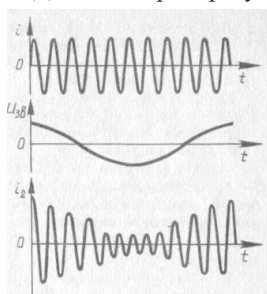
6. *Приемная антенна* принимает электромагнитные волны. Электромагнитная волна, достигшая приемной антенны, индуцирует в ней переменный ток той же частоты, на которой работает передатчик.

7. УВЧ.

8. *Детектор* выделяет из модулированных высокочастотных колебаний низкочастотные колебания.

9. УНЧ.

10. *Динамик* преобразует электромагнитные колебания в механические звуковые колебания.

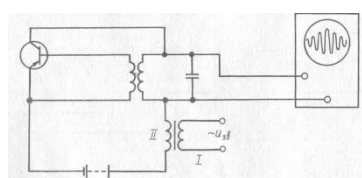


частоты. На индуцируется ЭДС напряжением между эмиттером и

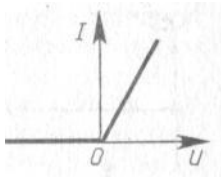
### Амплитудная модуляция

Изменение амплитуды колебаний высокой (несущей) частоты колебаниями низкой (звуковой) частоты называется **амплитудной модуляцией**.

Для получения амплитудно-модулированных электромагнитных колебаний в цепь транзисторного генератора последовательно с колебательным контуром включают катушку трансформатора. На первичную обмотку трансформатора подается напряжение звуковой

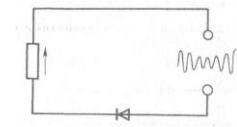


вторичной обмотке трансформатора той же частоты и складывается с постоянным источником тока. Изменение напряжения коллектором транзистора приводит к



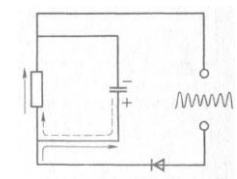
изменению звуковой частотой, амплитуды колебаний тока высокой частоты в колебательном контуре генератора. В результате амплитуда колебаний в контуре генератора будет изменяться в такт с изменением напряжения низкочастотного сигнала на транзисторе. При изменении амплитуды сигнала НЧ меняется глубина модуляций.

### Детектирование (демодуляция)



детектор.

Выделение колебаний низкой звуковой частоты из промодулированных колебаний высокой частоты называют **детектированием (демодуляцией)**. Детектирование осуществляется устройством, содержащим элемент с односторонней проводимостью: вакуумный или полупроводниковый диод —



Уменьшается

Через нагрузку воспроизводит

Вольтамперная характеристика диода показывает, что ток в цепи течет преимущественно в одном направлении, являясь пульсирующим током.

Этот ток сглаживается с помощью фильтра.

Когда диод пропускает ток, то часть его проходит через нагрузку, а другая часть ответвляется на конденсатор.

Если диод заперт, то конденсатор частично разряжается через нагрузку.



пульсация тока.

течет ток звуковой частоты, форма колебаний форму низкочастотного сигнала.

**3. Задача. Две лампы соединены параллельно. Напряжение на первой лампе 220 В, сила тока в ней 0,5 А. Сила тока в цепи 2,6 А. Определите силу тока во второй лампе и сопротивление каждой лампы.**

Дано:	Решение:
$U_1 = 220 \text{ В}$	$I = I_1 + I_2; I_2 = I - I_1 = 2,6 \text{ А} - 0,5 \text{ А} = 2,1 \text{ А}$
$I_1 = 0,5 \text{ А}$	$R_1 = \frac{U}{I_1} = \frac{220 \text{ В}}{0,5 \text{ А}} = 440 \text{ Ом}; R_2 = \frac{U}{I_2} = \frac{220 \text{ В}}{2,1 \text{ А}} = 105 \text{ Ом}$
$I = 2,6 \text{ А}$	
$I_2 - ? R_1 - ?$	Ответ: 2,1 А; 440 Ом; 105 Ом
$R_2 - ?$	

## Билет №14

### 1. Электрический ток в жидкостях. Законы электролиза.

Электрический ток – это движение зарядов в веществе. Вещество может иметь различные состояния – твердое, жидкое, газообразное, плазменное, и каждый из этих случаев имеет свои особенности. Рассмотрим кратко электрический ток в жидкостях, а также механизм проводимости жидкостей.

Для того, чтобы вещество могло проводить электрический ток, оно должно содержать некоторую концентрацию заряженных частиц, способных двигаться под действием электрического поля. Как и в твердых телах, такие частицы имеются не во всех жидкостях, поэтому жидкости также, как и твердые тела, могут быть проводниками и диэлектриками. Например, химически чистая вода практически не содержит носителей заряда, и является диэлектриком.

Однако, проводимость жидкостей, содержащих свободные заряженные частицы, существенно отличается от проводимости твердых тел. Если в твердых телах атомы выстраиваются в

плотную кристаллическую решетку, и электроны могут достаточно свободно перемещаться между атомами, обеспечивая металлическую проводимость, то в жидкостях свободных электронов нет. Молекулы жидкости располагаются на достаточно больших расстояниях, и электроны не могут свободно покидать ядра. Поэтому проводимость жидкостей обеспечивается исключительно за счет наличия в ней заряженных ионов.

Ион – это часть молекулы, число электронов в которой не равно числу протонов в ядрах его атомов, и, таким образом, ион всегда имеет некоторый заряд.

Химическая связь, возникающая за счет образования ионов, называется ионной. Такая связь имеется практически во всех кислотах, солях и щелочах.

Если вещество, молекулы которого образованы ионной связью расплавить, то сперва молекулы за счет температуры удаляются друг от друга все дальше, а потом наступает определенный момент, когда и ионы, образующие молекулы, тоже удаляются настолько далеко друг от друга, что им становится возможным образовывать ионные связи с другими ионами. Таким образом, в расплаве вещества за счет температуры появляются подвижные заряженные частицы, способные двигаться под действием внешнего электрического поля.

Воздействие температуры можно заменить воздействием растворителя. Если молекулы растворителя являются диполем (например, обычная вода), то эти молекулы могут взаимодействовать с ионами кристаллической решетки растворяемого вещества, унося их в раствор. В растворе появляются заряженные частицы, способные двигаться под действием электрического поля. Происходит это, как правило, при более низких температурах. Например, если расплав поваренной соли требует температуры более 800°C, то растворение соли происходит при комнатной температуре.

Распад вещества на ионы с образованием проводящего электролита под действием температуры или растворителя называется электролитической диссоциацией.

Таким образом, жидкость может проводить электрический ток, если она, либо сама состоит из ионов, либо является раствором вещества с ионной связью.

**Законы электролиза** были сформулированы английским физиком Майклом Фарадеем в 1833г.

**Первый закон Фарадея:** Масса вещества, выделяющегося на электродах, пропорциональна заряду, прошедшему через электролит.

**Второй закон Фарадея** касается измерения электрохимического эквивалента через другие константы для конкретно взятого электролита.

Электролиз позволяет получать из растворов вещества в достаточно чистом виде, поэтому его применяют для получения редких материалов, таких как натрий и кальций.

## **2. Электромагнитные волны. Распространение электромагнитных взаимодействий. Излучение электромагнитных волн.**

**Электромагнитные волны** это распространение колебаний электрического и магнитного полей в пространстве.

**Примеры электромагнитных волн:** радиоволны; микроволны; инфракрасное излучение; видимый свет; ультрафиолетовые лучи; рентгеновские лучи; гамма-лучи.

Электромагнитные волны могут распространяться в вакууме и различных средах.

Электрическое и магнитное поле не могут существовать в отдельности.

Электромагнитная волна — это распространение электромагнитного поля.

Электрическое поле колеблется (меняет свое значение и направление вектор напряженности электрического поля), магнитное поле колеблется (меняет значение и направление вектор магнитной индукции), эти колебания распространяются, и получается электромагнитная волна.

К электромагнитным волнам относятся радио, Wi-Fi и даже свет – (корпускулярно-волновой дуализм).

Характеристики электромагнитной волны:

Длина волны -это расстояние между двумя точками этой волны, колеблющихся в одной фазе;- расстояние между двумя «гребнями». Обозначается буквой  $\lambda$  и измеряется в метрах.

Длина волны - расстояние, пройденное волной, за один период колебания.

Период — это время, за которое происходит одно колебание.  $T = t/N$

где  $T$  — период [с],  $t$  — время [с],  $N$  — количество колебаний

Для электромагнитных волн есть целая шкала длин волн. Она показывает длину волны и частоту для разных типов электромагнитных волн.

Частота — это величина, обратно пропорциональная периоду. Она определяет, сколько колебаний в единицу времени совершила волна.

$$\nu = N/t = 1/T$$

где  $\nu$  — частота [Гц],  $t$  — время [с],  $N$  — количество колебаний,  $T$  — период [с].

Важной характеристикой распространения волны является ее скорость:  $v = S/t$

где  $v$  — скорость [м/с],  $S$  — путь [м],  $t$  — время [с].

Переходя к волнам, можно провести следующие аналогии:

путь — длина волны; время — период.

Скорости волны  $v = \lambda/T$

где  $\lambda$  — длина волны [м],  $T$  — период [с]

Для электромагнитной волны скорость равна скорости света —  $v = 3 \cdot 10^8$  м/с. Поэтому формулу скорости чаще всего используют для нахождения из нее длины волны или периода.

Механические волны не могут распространяться в вакууме, т.е. для их существования необходимо наличие упругой среды: газа, жидкости или твердого тела.

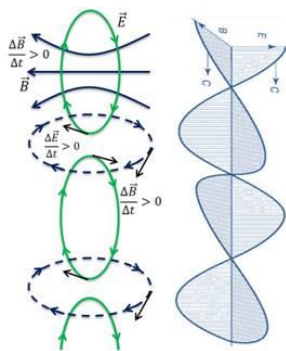
Электромагнитные волны и не нуждаются в наличии какого-либо вещества, могут существовать и в вакууме.

Впервые гипотезу о существовании электромагнитных волн высказал шотландский физик Джеймс Клерк Максвелл в 1864 году. В своих работах он показал, что источниками электрического поля могут быть как электрические заряды, так и магнитные поля, изменяющиеся со временем.

В свою очередь магнитные поля могут возбуждаться либо движущимися электрическими зарядами (т.е. электрическим током), либо переменными электрическими полями.

Совокупность связанных друг с другом периодически изменяющихся электрического и магнитного полей называют электромагнитным полем.

Из теории электромагнитного поля Максвелла вытекает, что по своей природе электромагнитное поле не может быть локализовано в месте зарождения, а распространяется в пространстве. При этом данный процесс распространяется в пространстве по всем направлениям.



Распространяющееся в пространстве периодически изменяющееся электромагнитное поле и представляет собой электромагнитную волну.

Количественной характеристикой магнитного поля является вектор магнитной индукции, а количественной характеристикой электрического поля служит его напряженность. Когда говорится о том, что магнитное и электрическое поля меняются, то понимается, что меняются соответственно вектор индукции магнитного поля и вектор напряженности электрического поля.

Свойства электромагнитной волны:

1) скорость электромагнитных волн распространения в вакууме зависит только от диэлектрической и магнитной постоянных, т.е. равна скорости света.

$$c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}} \approx 3 \cdot 10^8 \frac{\text{м}}{\text{с}}$$

А в среде эта скорость меньше и зависит как от диэлектрической, так и от магнитной проницаемостей среды.

Колебания векторов напряженности электрического поля и индукции магнитного поля происходят перпендикулярно вектору скорости распространения электромагнитной волны.

2) Электромагнитная волна — это поперечная волна.

3) Колебания векторов напряженности электрического поля и индукции магнитного поля в каждой точке электромагнитной волны происходят в одинаковых фазах и по двум взаимно перпендикулярным направлениям.

4) Вектора напряженности электрического поля и индукции магнитного поля образуют с вектором скорости распространения, так называемую, правовинтовую систему.

Т.е. если расположить головку правого винта в плоскости векторов напряженности электрического поля и индукции магнитного поля и будем ее поворачивать по кратчайшему пути в направлении от вектора  $\vec{E}$  к вектору  $\vec{B}$ , то поступательное движение острия винта укажет нам направление вектора скорости в данный момент времени. Это есть четвертое свойство электромагнитной волны.

5) Период электромагнитной волны равен периоду колебаний источника электромагнитных волн.

6) Электромагнитная волна является носителем энергии, причем перенос энергии совершается в направлении распространения волны.

$$W_{\text{ЭМ}} = W_{\text{Э}} + W_{\text{М}} = \frac{\varepsilon\varepsilon_0 E^2}{2} V + \frac{B^2}{2\mu\mu_0} V = \varepsilon\varepsilon_0 E^2 V = \frac{B^2}{\mu\mu_0} V$$

где  $V$  — объем среды, в котором сосредоточена электромагнитная волна.

При этом переносимая электромагнитной волной энергия пропорциональна четвертой степени частоты. В связи с этим, источником интенсивных электромагнитных волн, т.е. волн, способных переносить энергию на большие расстояния, должны быть электромагнитные колебания с частотой порядка  $10^6$  Гц.

Источником интенсивных электромагнитных волн такой частоты может быть только колебательный контур, циклическая частота колебаний которого, согласно формуле, будет тем больше, чем меньше индуктивность и емкость контура.

$$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

7) электромагнитные волны в однородной среде распространяются прямолинейно, при переходе из одной среды в другую испытывают преломление и отражаются от преград.

Все электромагнитные волны разделены по длинам волн (и, соответственно, по частотам) на шесть основных диапазонов.

Границы этих диапазонов весьма условны, потому как в большинстве случаев соседние диапазоны несколько перекрывают друг друга.

Электромагнитные волны разных частот отличаются друг от друга проникающей способностью, скоростью распространения в веществе, видимостью, цветностью и некоторыми другими свойствами.

Электромагнитные волны, а следовательно, и свет, излучаются при ускоренном движении заряженных частиц.

**Виды излучений:** тепловое излучение, электро- и катодоллюминесценция, хемиллюминесценция, фотоллюминесценция.

**Основные диапазоны электромагнитных волн:** низкочастотные излучения, радиоизлучения, инфракрасные лучи, видимый свет, ультрафиолетовые лучи, рентгеновские лучи, гамма-излучение.

В настоящее время электромагнитные волны находят широкое применение в науке и технике:

- плавка и закалка металлов, изготовление постоянных магнитов;
- телевидение и радиосвязь;
- мобильная связь и радиолокация;
- сварка, резка и плавка металлов лазерами, приборы ночного видения;
- освещение и голография;

- люминесценция в газоразрядных лампах и закаливание живых организмов;
- рентгенотерапия;
- дефектоскопия и исследование внутренней структуры атомов;
- и многое-многое другое.

3. **задача.** Какую работу совершит электрический ток в электродвигателе вентилятора за 20 мин, если сила тока в цепи 0,2 А, а напряжение 12 В?

<b>Дано:</b> $t = 20 \text{ мин}$ $I = 0,2 \text{ А}$ $U = 12 \text{ В}$ $A = ?$	$1200 \text{ с}$	<b>Решение:</b> $A = IUt$ $A = 0,2 \text{ А} \cdot 12 \text{ В} \cdot 1200 \text{ с} = 2880 \text{ Дж}$ <b>Ответ:</b> 2880 Дж
--	------------------	--

### Билет №15

#### 1. Электрический ток в вакууме.



**Электрический ток в вакууме не может существовать самостоятельно, так как вакуум является диэлектриком.**

Создать ток в вакууме можно с помощью **термоэлектронной эмиссии**. Это явление, при котором электроны выходят из металлов при нагревании.

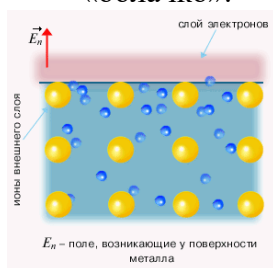
Электрический ток в вакууме используется в различных электронных приборах, например, в вакуумном диоде.

Американский изобретатель Эдисон в 1879 г., экспериментируя с лампой накаливания добавил в нее металлический электрод(анод) и обнаружил, что при нагревании нити накала(катод) до высокой температуры в вакууме образуется электрический ток. Но

электрический ток существует, если анод подключен к положительному полюсу источника тока.

**Вакуум** – это такая степень разрежения газа, при которой вероятность столкновения молекул очень мала. Вакуум не пропускает электрический ток, т.к. нет носителя заряда.

Источником заряженных частиц в вакууме может являться нагретая до высокой температуры металлическая спираль (электрод). При этом вокруг спирали образуется электронное «облачко».



Явление выхода электронов с поверхности металла при его нагревании называется **термоэлектронной эмиссией**.

Работу, которую необходимо совершить электрону для вылета из металла в вакуум, называют работой выхода.

$$\frac{mv^2}{2} \geq A_{\text{вых}}$$

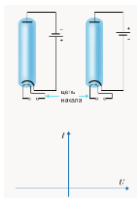
– условие, при котором электрон покидает металл.

При подключении электродов двухэлектродной электронной лампы к источнику тока появляется электрическое поле, под действием которого электроны покидают электронное облако и движутся к аноду. В электрической цепи устанавливается электрический ток.

Таким образом ток в вакууме осуществляется за счет термоэлектронной эмиссии и представляет собой поток электронов от катода к аноду.

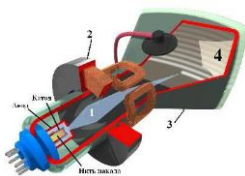
Основное свойство вакуумного диода: пропускать ток в одном направлении. Это свойство используется для преобразования переменного тока в постоянный.

Если в аноде электронной лампы сделать отверстие, то часть электронов, ускоренная электрическим полем, пролетит в отверстие, образуя за анодом электронный пучок.



Электронным пучком можно управлять, поместив между катодом и анодом дополнительный электрод и изменяя его потенциал.

1. Электронный пучок в месте падения нагревает металл. Это свойство используется для электронной плавки сверхчистых металлов в вакууме и для резки металлов электронным лучом.
  2. Электрическое и магнитное поля оказывают действие на движущиеся электроны, изменяя направление их движения. Это свойство используется для управления электронным пучком в вакуумных приборах.
  3. При попадании на вещество происходит торможение быстрых электронов, что приводит к возникновению рентгеновского излучения.
  4. Некоторые вещества (люминофоры) при бомбардировке электронами светятся.
- Экспериментальным доказательством является создание приборов, в основе работы которых лежит теория электрического тока в вакууме.



**Электронно-лучевая трубка (ЭЛТ)** является основным элементом осциллографа — прибора для исследования быстропеременных процессов в электрических цепях. Трубка представляет собой вакуумный баллон, одна из стенок которого является экраном. В узкой части трубки находится электронная пушка, состоящая из нити накала, катода и анода в виде цилиндра с отверстием.



Такая конструкция позволяет получить узкий электронный пучок, который на пути к экрану проходит последовательно между двумя парами пластин, расположенных вертикально и горизонтально. При подаче напряжения на пластины пучок отклоняется в электрическом поле, что позволяет перемещать светящуюся точку по экрану в любом направлении.

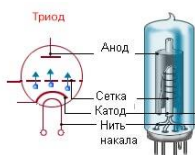
Электронно-лучевая трубка также используется в телевизионных приемниках и мониторах ЭВМ. В такой ЭЛТ (кинескопе) управление электронным пучком(1) осуществляется магнитным полем катушки(2) на горловине кинескопа(3).



**Вакуумный диод**, обладая односторонней проводимостью, находит применение в выпрямителях переменного тока.

**Вакуумный**

можно  
управлять



**триод** (трехэлектродная электронная лампа) имеет дополнительный электрод – сетку. Изменяя потенциал сетки управлять потоком электронов, идущих от катода к аноду, т.е. анодным током в цепи. Используется как усилитель тока в радиоэлектронных устройствах.

## 2. Развитие взглядов на строение вещества. Закономерности в атомных спектрах водорода.

Изучение атомных спектров послужило ключом к познанию строения атомов. Было замечено, что **линии в спектрах расположены не беспорядочно, а сериями**. Расстояние между линиями в серии закономерно уменьшается по мере перехода от длинных волн к коротким.

**Атом водорода** – простейшая атомная система, содержащая 1 электрон. **Спектр излучения водорода** (спектр излучения разряженного газа — спектр излучения отдельных атомов) **линейчатый (дискретный)** и описывается формулой Бальмера.

Развитие взглядов на строение вещества. Опыт Э.Резерфорда по рассеянию - частиц  
Гипотеза о том, что все вещества состоят из большого числа атомов, зародилось свыше 2000 лет тому назад.

Сторонники атомистической теории рассматривали атом как мельчайшую неделимую частицу и считали, что все многообразие мира есть не что иное, как сочетание неизменных частиц – атомов.

Атом – мельчайшая, но все еще делимая частица материи.

Атомистические представления о строении вещества связаны с именами Демокрита (около 460 – 370 г.г. до н.э) и Эпикура ( 341 – 270 г.г. до н.э.) (с греч. «атом» – неделимый)

В период становления естествознания в 17 – 18 веках атомистический подход в различных формах развивали И. Кеплер, Р. Декарт, И. Ньютон, М. В. Ломоносов (1711 – 1765 г.) и другие. Однако эти представления носили гипотетический характер, и лишь в середине 19 в. экспериментальные исследования свойств вещества, проведенные Д. Дальтоном, А. Авогадро, Я. Берцелиусом (1719 – 1848 г.), позволили рассмотреть атом как мельчайшую частицу каждого отдельного химического элемента.

Становление и развитие современной физики атомов и молекул стало возможным благодаря ряду важнейших открытий конца 19 века. Это, прежде всего обнаружение рентгеновских лучей в 1895 г. немецким физиком К.Рентгеном (1845 — 1923) и радиоактивности в 1896 г. французским физиком А.Беккерелем (1852 – 1908), а также открытие электрона в 1897г. – английским физиком Д.Томсоном (1856 — 1940).

В 1903 г. английские ученые Э.Резерфорд (1871 – 1937 г.) и Ф.Содди (1877-1956 г.), изучая явление радиоактивности, объясняли его, как процесс химического превращения элементов, т.е. использовали предположение о делимости и изменяемости атомов.

Первые экспериментальные данные, подтвердившие сложную структуру атома, были получены в 1911 г. Э. Резерфордом и интерпретированы в 1913 г., на основе квантовых представлений, датским физиком Н. Бором.

На основе полученных данных Э.Резерфорд сделал выводы, которые были положены в основу планетарной модели атома:

Существует ядро, в котором сосредоточены практически вся масса атома и весь его положительный заряд, причем размеры ядра значительно меньше, чем размеры самого атома;

Электроны, которые входят в состав атома, движутся вокруг ядра по круговым орбитам.

Исходя из этих двух предпосылок и предполагая, что взаимодействие между налетающей – частицей и положительно заряженным ядром определяется кулоновскими силами, Резерфорд установил, что атомные ядра имеют размеры  $(10^{-15} \div 10^{-14})$  м, т.е. они в  $(10^4 \div 10^5)$  раз меньше размеров атомов.

Модель атома, предложенная Резерфордом, напоминает Солнечную систему, т.е. в центре атома находится ядро («Солнце»), а вокруг него по орбитам движутся электроны - «планеты». Именно поэтому модель Резерфорда получила название планетарной модели атома.

Эта модель стала шагом вперед к современному представлению о строении атома. Лежащее в ее основе понятие атомного ядра, в котором сосредоточены весь положительный заряд атома и практически вся его масса, сохранило свое значение до настоящего времени.

Движение электронов по круговым орбитам атом водорода является устойчивой и «долгоживущей» электромеханической системой.

Важную роль в развитии планетарной модели атома сыграли эмпирические закономерности, полученные для линейчатого спектра атома водорода.

В 1885г. швейцарский физик И. Бальмер (1825-1898гг.) установил, что частоты девяти линий в видимой области спектра водорода удовлетворяют соотношению:

$$\nu = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (1)$$

(1) – формула Бальмера, где:

$\nu$  - частота световой волны;

R - постоянная Ридберга ( $R = 3.29 \cdot 10^{15} \text{ c}^{-1}$  или  $R = 1,1 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$ );

n – 3,4,5,...,11.

Все спектральные линии, удовлетворяющие соотношению (1) при любых целочисленных значениях  $n \geq 3$ , называются линиями серии Бальмера.

Максимальное значение частоты в серии Бальмера, получены при  $n = \infty$ , называется границей серии Бальмера.

В начале 20-го века в спектре водорода был обнаружен еще ряд спектральных линий, которые группируются в серии.

В УФ области спектра находится серия Лаймана:

$$\nu = R \left( \frac{1}{1^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad (2)$$

m=2,3,...



В ИК области расположены еще 4 серии:

$$\nu = R\left(\frac{1}{3^2} - \frac{1}{n^2}\right), \text{ где } n = 4, 5, \dots$$

- серия Пашена (3)

$$\nu = R\left(\frac{1}{4^2} - \frac{1}{n^2}\right), \text{ где } n = 5, 6, \dots$$

- серия Бреккетта (4)

$$\nu = R\left(\frac{1}{5^2} - \frac{1}{n^2}\right), \text{ где } n = 6, 7, \dots$$

- серия Пфунда (5)

$$\nu = R\left(\frac{1}{6^2} - \frac{1}{n^2}\right), \text{ где } n = 7, 8, \dots$$

- серия Хэмфри (6)

Все экспериментально найденные серии спектрах линий атома водорода могут быть описаны одной формулой:

$$\nu_{mn} = R\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2}\right) \text{ – обобщенная формула Бальмера (7)}$$

Для каждой серии число  $m$  принимает одно из 6-ти значений (1, 2, ..., 6), а  $n$  пробегает весь бесконечный ряд целочисленных значений. Эмпирические формулы (1-6) неопровержимо указывали на особую роль целых чисел в спектральных закономерностях, которые, как оказались в дальнейшем, связаны с энергетическими уровнями атома водорода.

3. **Задача.** Радиостанция работает на волне длиной 25 м. Какова частота излучаемых колебаний?

*Дано:*

$$\lambda = 25 \text{ м}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$\nu = ?$

*Решение:*

$$\nu = \frac{c}{\lambda}$$

$$\nu = \frac{3 \cdot 10^8}{25} = 12 \cdot 10^6 \text{ (Гц)} = 12 \text{ (МГц)}$$

*Ответ:* 12 МГц

## Билет №16

### 1. Электрический ток в газах. Плазма.

Электрический ток в газах, как и ток в любой другой среде, требует наличия свободных электрических зарядов. В нормальном состоянии газа таких зарядов там нет, поэтому их необходимо создать искусственно. Существует два способа это сделать.

Первый – это расщепить нейтральные атомы газа на электроны и положительные ионы.

Второй – привнести в газ эти свободные носители извне.

Ионизация – процесс расщепления нейтральных молекул на ионы и электроны. Для протекания процесса ионизации необходимо каким-либо способом придать частицам дополнительную энергию, чтобы они смогли разорвать внутримолекулярные связи. Для этого используется либо некоторое излучение (например световое), либо нагревание. После ионизации газа, если приложить некоторую разность потенциалов, разноименно заряженные частицы начнут движение в противоположных направлениях, что будет означать протекание тока.

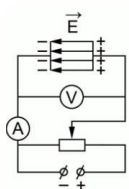
Процесс ионизации происходит сложным образом: в результате него образуются как положительные ионы, так и отрицательные ионы, так и свободные электроны. Проводимость газов – ионная.

Протекание тока в газах – скоротечное движение большого количества ионов между электродами. Такое протекание тока называется газовым разрядом. В случае, если такой ток будет слишком мал и его можно засечь только очень точными приборами, такой разряд называется тихим.

Электрические разряды в газе можно разделить на два вида: самостоятельные и несамостоятельные.

Несамостоятельные разряды – разряды, которые происходят только при наличии внешнего ионизатора и прекращаются при его устранении.

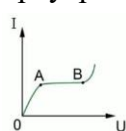
Самостоятельные разряды – разряды, происходящие и при отсутствии ионизаторов. Примером самостоятельного разряда является шаровая молния



Для полной оценки механизма протекания тока в газах необходимо построить вольтамперную характеристику тока. Для этого необходимо собрать установку из резервуара с газом, источника тока, реостатом вольтметром и амперметром (рисунок).

Изменяя положение ползунка реостата, меняем напряжение на концах газового резервуара. В результате увеличения напряжения и снятия показателей амперметра

в начальной области (от начала кривой до точки А) наблюдается почти линейная зависимость. То есть для небольших газов выполняется закон Ома.



Однако при дальнейшем увеличении напряжения происходит насыщение (участок графика АВ). Сила тока достигает значения тока насыщения и практически перестает расти даже с ростом напряжения. Это вызвано тем, что все свободные ионы достигли соответствующих электродов, и больше свободным зарядам неоткуда взяться.

При дальнейшем увеличении напряжения может наступить момент, когда сила тока опять начнет увеличиваться (начиная от точки В на кривой вольтамперной характеристики). Свободные электроны разогнаны электрическим полем до такой степени, что самостоятельно ионизируют нейтральные атомы, выбивая из них электроны. Такое явление называется ионизацией ударом.

Существует также вероятность так называемой вторичной ионизации ударом, когда разогнанный электрон врывается в электрод и уже из него выбивает новые свободные носители заряда. В этом случае количество этих свободных носителей будет так велико, что необходимость во внешнем ионизаторе отпадает, и разряд становится самостоятельным.

Газ в обычном своем состоянии является диэлектриком, так как в нем мало свободных носителей заряда. Однако, как мы уже знаем, при ионизации газа он может уже проводить электрический ток. Также нам известно, что при увеличении температуры степень ионизации значительно повышается. И возможно достигнуть так называемого четвертого состояния вещества – плазмы.

Плазма – состояние вещества, когда в целом оно электронейтрально, но содержит в свободном состоянии и положительно, и отрицательно заряженные носители заряда.

Плазма по степени ионизации делится на:

- Частично ионизованную
- Средне ионизованную
- Полностью ионизованную

Также существует деление по температурам:

- Низкотемпературная плазма (температуры порядка тысяч градусов)
- Высокотемпературная плазма (температуры порядка миллиона градусов)

Плазма обладает рядом свойств, которые отличают ее, например, от обычного ионизированного газа:

- В плазме находится большое количество заряженных частиц, и они достаточно подвижны
- Выравнивание зарядов плазмы происходит достаточно быстро, поэтому могут легко возбуждаться колебания и волны
- У плазмы чрезвычайно высокая электропроводность, что делает ее практически сверхпроводником

Плазма находит очень широкое применение в современной науке и технике. Низкотемпературная плазма используется в первую очередь в лампах рекламных вывесок.

Высокотемпературная плазма применяется в таких устройствах, как магнетогидродинамический генератор, плазмотрон (для резки и сварки твердых материалов).

Также плазма используется в различных реактивных двигателях, так как с ее помощью можно достигать огромных реактивных скоростей порядка  $10^5$  м/с. Благодаря высокой своей температуре, плазма используется как катализатор для некоторых химических реакций, протекающих только при такой температуре.

Самым распространенным применением газового разряда в технике является электрическая дуга, которая используется для электросварки и освещения

Впервые электрическая дуга была получена в 1802 году русским физиком Петровым, а первое освещение улиц с помощью дуговых ламп было предложено и спроектировано русским инженером Яблочковым

## 2. Технические устройства, основанные на использовании фотоэффекта

**Фотоэлектронные приборы** – это электровакуумные или полупроводниковые устройства, которые преобразуют электромагнитное излучение оптического диапазона (в основном видимого– 380–780 нм) в электрический ток или напряжение либо преобразуют изображения в невидимых (например, инфракрасных) лучах в видимые изображения.

Действие фотоэлектронных приборов основано на использовании фотоэффектов: внешнего (фотоэлектронной эмиссии) или внутреннего (фотопроводимости).

К фотоэлектронным приборам относятся:

- различные фотоэлементы;
- фотоэлектронные умножители;
- фоторезисторы;
- фотодиоды;
- электронно-оптические преобразователи;
- передающие электронно-лучевые приборы и другие устройства.

На явлении фотоэффекта основано действие фотоэлектронных приборов, получивших разнообразное применение в разных областях науки и техники.

*Фотоэлементы* – приемники излучения, работающие на основе фотоэффекта и преобразующие энергию излучения в электрическую.

В зависимости от вида осуществляемого фотоэффекта, фотоэлементы можно разделить на три группы:

**1. Фотоэлементы с внешним фотоэффектом.** Простейшим из них является вакуумный фотоэлемент. Он представляет собой откачанный стеклянный баллон, внутренняя поверхность которого (за исключением окна для доступа излучения) покрыта фоточувствительным слоем, служащим фотокатодом. В качестве анода обычно используется кольцо или сетка, помещаемая в центре баллона. Выводы катода и анода, вмонтированные в пластмассовый цоколь, присоединяются к источнику напряжения. Если на фотокатод подействовать светом, способным вырывать электроны, то по цепи пойдет фототок, интенсивность которого увеличивается при наличии между катодом и анодом ускоряющего напряжения.

Вакуумные фотоэлементы безынерционны, для них наблюдается пропорциональность между фототоком и интенсивностью излучения. Эти свойства позволяют использовать вакуумные фотоэлементы в качестве фотометрических приборов (например, фотоэлектрический экспонометр, люксметр – измеритель освещенности, и т.д.).

Для увеличения интегральной чувствительности вакуумных фотоэлементов баллон заполняется разреженным газом (Ag или Ne при давлении  $\sim 1 \div 10$  Па). Такой фотоэлемент называется *газонаполненным*. Фототок в таком элементе усиливается вследствие столкновительной ионизации молекул газа фотоэлектронами.

**2. Фотоэлементы с внутренним фотоэффектом, называемые полупроводниковыми фотоэлементами или фотосопротивлениями (фоторезисторами),** обладают гораздо большей интегральной чувствительностью, чем вакуумные. Для их изготовления используют PbS, CdS, PbSe и некоторые другие полупроводники. Если фотокатоды вакуумных фотоэлементов имеют красную границу фотоэффекта не выше 1,1 мкм, то применение фотосопротивлений позволяет проводить измерения в дальней

инфракрасной области спектра (до 3-4 мкм), а также в областях рентгеновского и гамма-излучений. Кроме того, они малогабаритны и имеют низкое напряжение питания. Недостаток фотосопротивлений – их заметная инерционность, поэтому они непригодны для регистрации быстропеременных световых потоков.

**3. Фотоэлементы с вентильным фотоэффектом, называемые вентильными фотоэлементами (фотоэлементами с запирающим слоем),** обладая (подобно элементам с внешним фотоэффектом) строгой пропорциональностью фототока интенсивности излучения, имеют большую по сравнению с ними интегральную чувствительность и не нуждаются во внешнем источнике э.д.с. К числу вентильных фотоэлементов относятся германиевые, кремниевые, селеновые, купоросные, сернисто-серебряные и др. Кремниевые и другие вентильные фотоэлементы применяются для создания солнечных батарей, непосредственно преобразующих световую энергию в электрическую.

**4. Фотоэлектронные умножители (ФЭУ),** в которых сочетается внешний фотоэффект с эффектом вторичной электронной эмиссии, происходящей на нескольких динодах. Эти приборы обладают чувствительностью, на несколько порядков большей, чем у фотоэлементов.

*Основными характеристиками фотоэлемента являются:*

1. Вольтамперная характеристика – зависимость силы фототока от напряжения на фотоэлементе при неизменной освещенности фотокатода.
2. Спектральная характеристика – зависимость силы фототока от длины волны падающего излучения при неизменной освещенности и неизменном напряжении на фотоэлементе.
3. Световая характеристика – зависимость силы фототока от величины светового потока данной длины волны при неизменном напряжении на фотоэлементе.
4. Интегральная чувствительность – отношение силы фототока с суммарной мощности излучения в выбранном диапазоне длин волн.

*Вольтамперная характеристика фотоэлемента с внешним фотоэффектом*

**Вольтамперная характеристика вакуумного фотоэлемента,** соответствующая двум различным освещенностям фотокатода (частота падающего света в обоих случаях одинакова). По мере увеличения напряжения фототок постепенно возрастает, т.е. все большее число фотоэлектронов достигает анода. Пологий характер кривых показывает, что электроны вылетают из катода с различными скоростями. Максимальное значение фототока  $I_{нас}$  – *фототок насыщения* – определяется таким значением напряжения, при котором все электроны, испускаемые катодом, достигают анода.  $I_{нас} = e \cdot n$  ( $n$  - число электронов, испускаемых фотокатодом в ед. времени).

Из вольтамперной характеристики следует, что при напряжении, равном нулю, фототок не исчезает, т.к. электроны, выбитые светом из катода, обладают некоторой начальной кинетической энергией и могут достигнуть анода без внешнего поля. Для того, чтобы фототок стал равным нулю, необходимо приложить *задерживающее напряжение*  $U_0$ .

При  $U = U_0$  ни один из электронов, даже обладающий при вылете из катода максимальной скоростью  $v_{max}$ , не может преодолеть задерживающего поля и достигнуть анода.

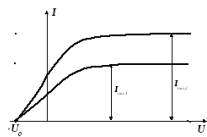


Рис. 2 Вольтамперные характеристики вакуумного фотоэлемента для разных освещенностей фотокатода

$$\frac{mv_{max}^2}{2} = eU_0$$

Следовательно,

Таким образом, измерив  $U_0$ , можно найти максимальное значение скорости и кинетической энергии фотоэлектронов.  $eU_0 = h(\nu - \nu_0)$ .

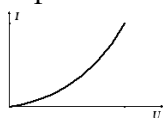
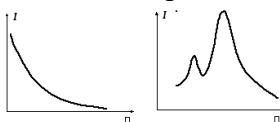


Рис. 3 Вольтамперная характеристика газонаполненного фотоэлемента

объясняется процессом ионизации инертного газа, находящегося внутри колбы фотоэлемента.



Вольтамперные характеристики газонаполненных фотоэлементов резко отличаются от характеристик вакуумных фотоэлементов. Для газонаполненных фотоэлементов вольтамперная характеристика не имеет тока насыщения (кривая зависимости силы фототока от напряжения пологая вначале, затем круто поднимается вверх). Это объясняется процессом ионизации инертного газа, находящегося внутри колбы фотоэлемента.

В зависимости от вида спектральной характеристики различают нормальный и селективный (избирательный) фотоэффект.

Фотоэффект называется нормальным, если величина фототока убывает

с увеличением длины волны.

Селективным или избирательным называется фотоэффект, при котором сила фототока имеет резко выраженные максимумы для определенных длин волн, характерных для данного вещества фотокатода. По спектральной характеристике можно судить, с каким источником лучистой энергии наиболее целесообразно использовать данный фотоэлемент.

**3. задача.** Два проводника сопротивлением 20 Ом и 30 Ом соединены последовательно. Напряжение на концах первого проводника 12 В. Определить сопротивление цепи, силу тока в цепи, напряжение на втором проводнике и полное напряжение.

**ОТВЕТ:** 50 Ом; 18 В; 0,6 А; 30 В.

<i>Дано:</i> $R_1 = 20 \text{ Ом}$ $R_2 = 30 \text{ Ом}$ $U_1 = 12 \text{ В}$	<i>Решение:</i> $I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{12 \text{ В}}{20 \text{ Ом}} = 0,6 \text{ А}$ $U_2 = IR_2 = 0,6 \text{ А} \cdot 30 \text{ Ом} = 18 \text{ В}$ $U = U_1 + U_2 = 12 \text{ В} + 18 \text{ В} = 30 \text{ В}$ $R = \frac{U}{I} = \frac{30 \text{ В}}{0,6 \text{ А}} = 50 \text{ Ом}$ <i>Ответ:</i> 50 Ом; 18 В; 0,6 А; 30 В
$R - ? \quad U_2 - ?$	
$I - ? \quad U - ?$	

### Билет №17

#### 1. Взаимодействие токов. Магнитное поле и его свойства.

Взаимодействие токов – явление, которое вызывается их магнитными полями.

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.

Магнитное взаимодействие параллельных проводников с током используется в Международной системе единиц (СИ) для определения единицы силы тока — ампера.

**Магнитное поле** – это особый вид материи, посредством которой осуществляется взаимодействие между движущимися заряженными частицами.

**Основные свойства магнитного поля:**

1. Магнитное поле материально, то есть существует независимо от наших знаний о нём.
2. Порождается только движущимся электрическим зарядом: вокруг любого движущегося заряженного тела существует магнитное поле.
3. Магнитное поле может быть создано и магнитом, но и там причиной появления поля является движение электронов.
4. Магнитное поле может быть создано и переменным электрическим полем.
5. Обнаружить магнитное поле можно по действию на движущийся электрический заряд (или проводник с током) с некоторой силой.
6. Магнитное поле распространяется в пространстве с конечной скоростью, равной скорости света в вакууме.

**Источниками магнитного поля являются электрические движущиеся заряды (токи) и изменяющееся во времени электрическое поле.**

Магнитное поле, в отличие от электрического, не оказывает действия на покоящийся заряд. Сила возникает лишь тогда, когда заряд движется.

#### 2. Естественная радиоактивность. Законы радиоактивного распада. Способы наблюдения и регистрации заряженных частиц

**Естественная радиоактивность** – это явление самопроизвольного излучения атомных ядер.

**Закон радиоактивного распада** – физический закон, описывающий зависимость интенсивности радиоактивного распада от времени и от количества радиоактивных атомов в образце.

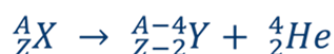
Он был открыт Фредериком Содди и Эрнестом Резерфордом, каждый из которых впоследствии был награждён Нобелевской премией.

**Законы радиоактивного распада** включают следующие основные положения:

1. Существуют три вида радиоактивных излучений: альфа-распад, бета-распад и гамма-излучение.
2. Альфа-распад характеризуется испусканием ядер гелия (два четыре).
3. Бета-распад характеризуется испусканием электрона и антинейтрино.
4. При гамма-излучении ядро не претерпевает никаких изменений. Изменяется только состояние ядра, и это изменение сопровождается испусканием гамма-кванта.
5. При радиоактивном распаде сохраняется суммарный электрический заряд и приближенно сохраняется относительная масса ядер.
6. Законом радиоактивного распада определяется число оставшихся активных ядер в определенный момент времени.
7. Период полураспада — это промежуток времени, за который количество активных ядер уменьшается вдвое.

Альфа-распад характеризуется испусканием ядер гелия два четыре  ${}^4_2\text{He}$ . При этом, образуется новое ядро с массовым числом на четыре меньше и с зарядовым числом – на два меньше, чем у исходного ядра.

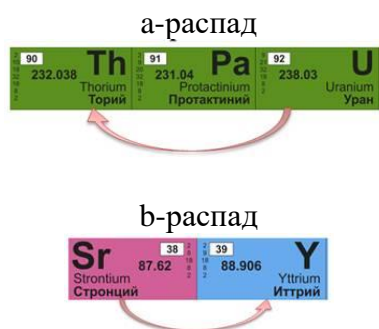
Этот вид радиоактивного распада наблюдается для тяжелых ядер (с массовым числом более двухсот). Для различных ядер энергия частиц может составлять от 2...9 МэВ. Скорости частиц в одном потоке мало отличаются.



Бета-распад характеризуется самопроизвольным испусканием электрона. Однако детальное изучение бета-распада показало, что в нем часть энергии как будто бесследно исчезает. Дело в том, что в процессе бета-распада рождается ещё одна частица, обладающая нулевым зарядом и ничтожно малой (возможно даже нулевой) массой. Такую частицу назвали нейтрино (её часто не указывают в уравнениях соответствующих реакций). Таким образом, при бета-распаде образуется новое ядро с тем же массовым числом и зарядовым числом на единицу больше, чем у исходного ядра. Этот вид радиоактивного распада наблюдается как для тяжелых, так и для средних ядер. В зависимости от того, какое ядро распалось, скорости испускаемых электронов сильно отличаются. Отметим, что некоторые электроны достигают скорости, равной 0,999 скорости света. При такой скорости из-за релятивистских эффектов масса электрона увеличивается в десятки раз.



Исходя из закономерностей и особенностей альфа- и бета-распада, Фредерик Содди вывел общее правило, которое называется *правилом смещения*. При альфа-распаде ядро теряет положительный заряд  $2e$  и его масса убывает примерно на  $4a.e.m$ . В результате элемент смещается на две клетки к началу периодической системы. При бета-распаде ядро приобретает положительный заряд равный  $e$ , в результате чего смещается на одну клетку ближе к концу периодической системы.



Гамма-излучение испускается не атомом, а самим ядром при его переходах между возбужденными состояниями. При этом заряд ядра не изменяется, а масса ядра меняется ничтожно мало. Гамма-излучение является видом электромагнитного излучения с очень малой длиной волны (от  $10^{-13}$  до  $10^{-10}$  метров). Гамма-квантами являются фотоны с высокой энергией (от десятков кэВ до нескольких МэВ).



Вывод, что при радиоактивном распаде сохраняется суммарный электрический заряд и приближенно сохраняется относительная масса ядер.

Законом радиоактивного распада определяется число оставшихся активных ядер в определенный момент времени.

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

Период полураспада – это промежуток времени, за который количество активных ядер уменьшается вдвое.

– закон радиоактивного распада.

$$N(t) = N_0 2^{-\frac{t}{T}}$$

Для наблюдения и регистрации заряженных частиц используются следующие методы:

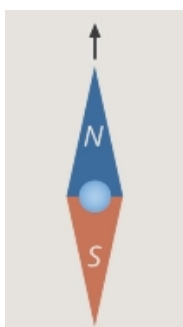
1. **Счётчик Гейгера.** Действие основано на ударной ионизации.
2. **Пузырьковая камера.** Заполнена жидким водородом под высоким давлением. При резком уменьшении давления жидкость переводят в перегретое состояние.
3. **Метод толстослойных фотоэмульсий.** Используется для регистрации заряженных частиц. Пролетающая сквозь фотоэмульсию быстрая заряженная частица действует на зёрна бромистого серебра и образует скрытое изображение.

**3. Задача.** Две лампы соединены параллельно. Напряжение на первой лампе 220 В, сила тока в ней 0,5 А. Сила тока в цепи 2,6 А. Определите силу тока во второй лампе и сопротивление каждой лампы.

<i>Дано:</i>	<i>Решение:</i>
$U_1 = 220 \text{ В}$	$I = I_1 + I_2; I_2 = I - I_1 = 2,6 \text{ А} - 0,5 \text{ А} = 2,1 \text{ А}$
$I_1 = 0,5 \text{ А}$	$R_1 = \frac{U}{I_1} = \frac{220 \text{ В}}{0,5 \text{ А}} = 440 \text{ Ом}; R_2 = \frac{U}{I_2} = \frac{220 \text{ В}}{2,1 \text{ А}} = 105 \text{ Ом}$
$I = 2,6 \text{ А}$	
$I_2 - ? R_1 - ?$	<i>Ответ:</i> 2,1 А; 440 Ом; 105 Ом
$R_2 - ?$	

### Билет №18

**1. Вектор индукции магнитного поля. Направление вектора магнитной индукции. Линии магнитной индукции.**



Магнитная индукция  $\vec{B}$  – векторная величина, являющаяся силовой характеристикой магнитного поля в данной точке пространства. За направление магнитного поля в какой-либо точке принято направление, которое укажет северный полюс N магнитной стрелки после переориентации

Полную и наглядную картину магнитного поля можно получить, если построить так называемые силовые линии магнитного поля.

Это линии, показывающие направление вектора магнитной индукции (то есть направления полюса N магнитной стрелки) в каждой точке пространства. С помощью магнитной стрелки, таким образом, можно получить картину силовых

линии различных магнитных полей. Вот, например, картина силовых линий магнитного поля постоянного магнита

Магнитное поле существует в каждой точке, но линии мы изображаем на некотором расстоянии друг от друга. Это просто способ изображения магнитного поля, аналогично мы поступали с напряженностью электрического поля .

Чем более плотно нарисованы линии – тем больше модуль магнитной индукции в данной области пространства. Как видите, силовые линии выходят из северного полюса магнита и входят в южный полюс. Внутри магнита силовые линии поля также продолжают. В отличие от силовых линий электрического поля, которые начинаются на положительных зарядах и заканчиваются на отрицательных, силовые линии магнитного поля замкнутые. Поле, силовые линии которого замкнуты, называется вихревым векторным полем.

Электростатическое поле не является вихревым, оно потенциальное.

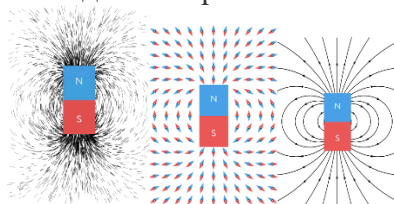
Принципиальное различие вихревых и потенциальных полей в том, что работа потенциального поля на любом замкнутом пути равна нулю, для вихревого поля это не так.

Земля тоже является огромным магнитом, она обладает магнитным полем, которое мы обнаруживаем с помощью стрелки компаса.

Линии, касательные к которым совпадают с направлением вектора индукции магнитного поля, называются **силовыми линиями магнитного поля**.



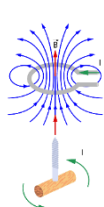
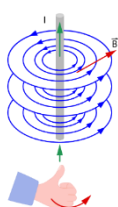
С помощью таких линий можно наглядно изображать магнитные поля.



Модуль магнитной индукции определяется как отношение максимальной силы, с которой магнитное поле действует на проводник единичной длины  $m$ , к силе тока в проводнике

$$B = \frac{F}{I \cdot l}$$

СИ единицей индукции магнитного поля является 1 Тесла (Тл).



Магнитное поле создается движущимися электрическими зарядами (токами). Для определения направления вектора индукции магнитного поля в проводнике с током применяют **правило буравчика, или правило правой руки**:

- для прямого проводника с током правило правой руки имеет следующий вид: большой палец правой руки, отставленный на , направляем по току , тогда четыре согнутых пальца, обхватывающих проводник, укажут направление вектора индукции магнитного поля ;
- для витка (катушки) с током правило правой руки имеет следующий вид: четыре согнутых пальца правой руки, обхватывающих виток (катушку), направляем по току , тогда большой палец, отставленный на , укажет направление вектора индукции магнитного поля в центре витка.

## 2. Эффект Доплера и обнаружение «разбегания» галактик. Большой взрыв.

**Эффект Доплера** заключается в том, что если источник и приёмник движутся друг относительно друга в направлении распространения волн (то есть отдаляются или приближаются), то волна, принятая приёмником, будет иметь длину волны, отличную от длины волны, испускаемой источником.

Источник, двигаясь к приёмнику, как бы сжимает пружину – волну.

**Наблюдаемое разбегание галактик** объясняется эффектом Доплера и расширением Вселенной.



Некоторые видят в этом разбегании аналогию с разлётом вещества во время взрыва. Данный эффект наблюдается при распространении звуковых волн (акустический эффект) и электромагнитных волн (оптический эффект).

Если галактики разбегаются, это значит, что раньше они были ближе друг к другу. Иначе вся Вселенная была сжата, а потом последовал «большой взрыв».

Зная скорость разбегания галактик после «большого взрыва», можно подсчитать и время, которое прошло со времени «взрыва».

Учёные сходятся на времени от 13 до 20 миллиардов лет.

3. **задача.** Какова длина математического маятника, совершающего гармонические колебания с частотой 0,5 Гц на поверхности Луны? Ускорение свободного падения на поверхности Луны  $1,6 \text{ м/с}^2$ .

**Дано:**

$$\nu = 0,5 \text{ Гц};$$

$$g = 1,6 \text{ м/с}^2$$

**Найти:**

$$l - ?$$

**Решение:**

Период колебаний математического маятника

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

По определению  $\nu = \frac{1}{T}$ , откуда  $T = \frac{1}{\nu}$

$$\text{Получим, } \frac{1}{\nu} = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Выразим длину маятника. Возведем обе части равенства в квадрат:

$$\frac{1}{\nu^2} = 4\pi^2 \cdot \frac{l}{g} \Rightarrow l = \frac{g}{4\pi^2 \nu^2}; l = \left[ \frac{\text{м}}{\text{с}^2 \cdot \text{Гц}^2} = \frac{\text{м}}{\text{с}^2 \cdot 1/\text{с}^2} = \frac{\text{с}^2 \cdot \text{м}}{\text{с}^2} = \text{м} \right]$$

$$l = \frac{1,6}{4 \cdot 3,14^2 \cdot 0,5^2} \approx 0,16 \text{ м}$$

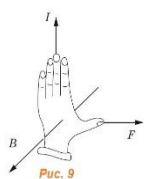
**Ответ:**  $l \approx 0,16 \text{ м}$

## Билет №19

### 1. Действие магнитного поля на проводник с током

Опытным путем было установлено, что на проводник с током в магнитном поле действует сила.

В однородном поле прямолинейный проводник длиной  $l$ , по которому течет ток  $I$ , расположенный перпендикулярно вектору поля  $B$ , испытывает действие силы:  $F = I l B$ . – сила Ампера



Направление силы определяется **правилом левой руки:**

**Если четыре вытянутых пальца левой руки расположить по направлению тока в проводнике, а ладонь — перпендикулярно вектору  $B$ , то отставленный большой палец укажет направление силы, действующей на проводник (рис. 9).**

проводник (рис. 9).

Сила, действующая на проводник с током в магнитном поле, направлена не по касательной к его силовым линиям, подобно электрической силе, а перпендикулярна им. На проводник, расположенный вдоль силовых линий, магнитная сила не действует.

Уравнение  $F = I l B$  позволяет дать количественную характеристику индукции магнитного поля.

$$B = \frac{F}{I \cdot l}$$

Отношение  $B = \frac{F}{I \cdot l}$  не зависит от свойств проводника и характеризует само магнитное поле.

Модуль вектора магнитной индукции  $B$  численно равен силе, действующей на расположенный перпендикулярно к нему проводник единичной длины, по которому течет ток силой один ампер.

В системе СИ единицей индукции магнитного поля служит тесла (Тл):

$$[B] = T_{л} = \frac{H}{A \cdot m}$$

## 2. Эволюция и энергия горения звезд. Термоядерный синтез

Любая эволюция происходит под действием некоторых факторов, заставляющих систему меняться. Для звезд основными факторами являются два: гравитация и энергия термоядерных реакций в недрах. Теория учит, что состояние любой звезды определяется их балансом.

В результате глобальных космологических процессов во Вселенной образовались неоднородности вещества: в одних областях его почти нет, а в других вещество образует разреженные облака газа. Поскольку наиболее распространенным элементом во Вселенной является водород, то эти облака в основном состоят из него.

### Образование конвективной звезды

Под действием гравитации облака начинают сгущаться, образуя область с повышенной плотностью, которая называется «протозвезда».

Чем больше вещества собирается в протозвезде, тем больше ее гравитация, тем быстрее происходит образование плотного объекта.

По мере сжатия газа его температура, в соответствии с газовыми законами, возрастает. В протозвезде образуется заметная неоднородность температуры, которая приводит к интенсивной конвекции газа. Горячий газ из ядра поднимается к поверхности, а остывший газ опускается к ядру. Источником энергии на этом этапе является в основном гравитационное сжатие.

### Звезда главной последовательности

Когда температура в ядре достигает нескольких миллионов градусов, тепловой энергии атомных ядер становится достаточно, чтобы преодолевать кулоновские силы отталкивания и сблизиться настолько, чтобы начались термоядерные реакции слияния ядер водорода в ядра гелия. Такие реакции идут с выделением большого количества энергии, и силы гравитации оказываются уравновешены. Звезда «зажигается» и начинает свой основной этап эволюции.

Светимость звезды и ее спектральный класс при этом, как правило, тесно связаны, в результате на графике этих величин (диаграмме Герцшпрунга — Рассела) звезда занимает одно из мест на длинной диагональной области, называемой «главной последовательностью». Отсюда и название этапа эволюции звезд.

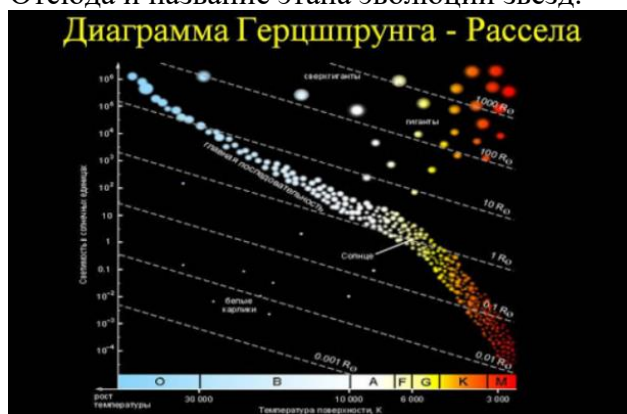


Рис. 1. Диаграмма Герцшпрунга — Рассела.

Длительность этапа главной последовательности зависит от массы звезды. Чем больше масса звезды, тем быстрее она «сжигает» водород. Самые тяжелые звезды находятся на главной последовательности всего лишь несколько миллионов лет. Самые легкие звезды могут находиться на этом этапе триллионы лет.

## Красный гигант

По мере истощения запаса водорода давление внутри звезды падает, и она теряет устойчивость. Внутреннее ядро снова начинает сжиматься, что приводит к «зажиганию» новых термоядерных реакций слияния ядер гелия в ядра углерода, неона, кислорода и, наконец, железа.

В средней части звезды температура меньше, и реакции «горения» гелия в ней начинаются позже. За счет этой энергии верхние слои звезды расширяются. В результате в звезде одновременно формируется более тяжелое компактное ядро и раздувающиеся верхние оболочки с низкой плотностью. Звезда становится красным гигантом.

Типичный красный гигант имеет размер 100–1000 солнечных радиусов. Если поместить такую звезду в солнечную систему, ее поверхность может находиться около орбиты Юпитера. Однако средняя плотность красного гиганта зачастую меньше плотности воздуха.



Рис. 2. Размеры красных гигантов.

## Завершающие стадии эволюции

Стадия красного гиганта со всё более уплотняющимся ядром и раздувающейся внешней оболочкой продолжается от 10 до 100 млн лет. Далее в зависимости от конкретных условий внешние слои могут просто разлететься, а могут взорваться, образуя туманность различной формы.

В центре туманности остается ядро – белый карлик, нейтронная звезда или черная дыра, в зависимости от массы. Это конечный этап эволюции звезды.



Рис. 3. Стадии эволюции Солнца.

3. Определите расстояние от Земли до Луны в момент локации, если посланный сигнал вернулся через 2,56 с.

Дано:

$$t = 2,56 \text{ с}$$

$$c = 3 \cdot 10^8 \text{ м/с}$$

$$s - ?$$

Решение:

$$2s = ct;$$

$$s = \frac{ct}{2} = \frac{3 \cdot 10^8 \cdot 2,56}{2} = 3,84 \cdot 10^8 \text{ (м)} = 384 \text{ 000 (км)}$$

Ответ: 384 000 км

## Билет №20

### 1. Действие магнитного поля на движущуюся заряженную частицу.

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.

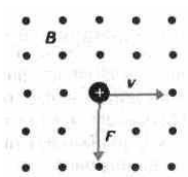


Рис. 169

На рисунке 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.

Модуль силы Лоренца равен  $F=QvB\sin\alpha$ ,

где  $\alpha$  — 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.

### 2. Гармонические колебания. Характеристики механических колебаний: амплитуда, период, частота, фаза колебаний

**Гармонические колебания** — это колебания, при которых физическая величина изменяется с течением времени по гармоническому (синусоидальному, косинусоидальному) закону.

$$x = A\cos(\omega t + \varphi_0),$$

$$y = A\cos(\omega t + \varphi_0).$$

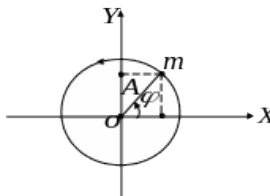


Рис.79.

Примеры гармонических колебаний:

1. При равномерно  $m$  движении точки по окружности гармоническое колебание совершает проекция этой точки на любую прямую, лежащую в той же плоскости.
2. Колебания, близкие к гармоническим, совершает под действием силы тяготения маленький грузик, подвешенный на тонкой длинной нити — математический маятник — при малых амплитудах.

3. Гармонические колебания под действием силы упругости совершает закреплённый между двумя пружинами на горизонтальной направляющей грузик.

Механические колебания – движения тела, которые точно или почти точно повторяются через равные интервалы времени.

Механические колебания возникают в системах, имеющих положение устойчивого равновесия. Согласно с принципом минимума потенциальной энергии, в положении устойчивого равновесия потенциальная энергия системы минимальна. Когда тело выводят из положения устойчивого равновесия, его потенциальная энергия возрастает. При этом возникает сила, направленная к положению равновесия (возвращающая сила), и чем дальше от положения равновесия отклоняется тело, тем больше его потенциальная энергия и тем больше модуль возвращающей силы.

Например, при отклонении пружинного маятника от положения равновесия, роль возвращающей силы играет сила упругости, модуль которой изменяется пропорционально отклонению, где  $x$  отклонение маятника от положения равновесия. Потенциальная энергия пружинного маятника изменяется пропорционально квадрату смещения.

Аналогично возникают колебания нитяного маятника и шарика, движущегося по дну сферической чаши радиуса  $R$ , который можно рассматривать как нитяной маятник с длиной нити равной радиусу чаши.

Амплитуда механических колебаний – максимальное отклонение тела от положения равновесия. В общем случае колебаний амплитуда есть максимальное значение, которое принимает периодически изменяющаяся физическая величина.

Период колебания – минимальный интервал времени, через который происходит повторение движения, или интервал времени, в течение которого происходит одно полное колебание. Период ( $T$ ) измеряется в секундах.

Частота колебаний - определяет число полных колебаний, совершаемых за одну секунду.

Частота и период связаны соотношением

$$\nu = \frac{1}{T}, \quad T = \frac{1}{\nu}.$$

Частота измеряется в герцах (Гц). Один герц – одно полное колебание, совершаемое за одну секунду ( $1 \text{ Гц} = 1 \text{ с}^{-1}$ ).

Циклическая частота или круговая частота  $\omega$  определяет число полных колебаний,


совершаемых за секунду 
$$\omega = 2\pi\nu = \frac{2\pi}{T}.$$

Частота – величина положительная  $\nu > 0$ ,  $\omega > 0$ .

Фаза гармонического колебания – величина  $(\omega t + \varphi_0)$ , стоящая под знаком синуса или косинуса. Фаза определяет значение колеблющейся величины в данный момент времени,

$\varphi_0$  – начальная фаза, т.е. в момент начала отсчёта времени ( $t = 0$ ).

Простейшим примером гармонических колебаний является колебание проекции на ось координат точки  $m$  движущейся равномерно по окружности ( $\omega = \text{const}$ ) радиуса  $A$  в плоскости  $XOY$ , центр которой совпадает с началом координат



Для простоты положим  $\varphi_0 = 0$ , т.е.  $\varphi = \omega t$  тогда

$$x = A \cos \omega t,$$

$$y = A \sin \omega t.$$

Многие известные колебательные системы можно лишь приближенно считать гармоническими лишь приближенно при очень малых отклонениях.

Рис. 79.

Главным условием гармонического колебания является постоянство циклической частоты и амплитуды. Например, при колебаниях нитяного маятника, угол отклонения от вертикали изменяется неравномерно, т.е. циклическая частота не постоянна.

Если отклонения очень малы, то движение маятника происходит очень медленно и неравномерностью движения можно пренебречь, полагая  $\omega = const$ . Чем медленнее движение, тем меньше сопротивление среды, тем меньше потери энергии и меньше изменения амплитуды.

**3. Задача** Два проводника сопротивлением 20 Ом и 30 Ом соединены последовательно. Напряжение на концах первого проводника 12 В. Определить сопротивление цепи, силу тока в цепи, напряжение на втором проводнике и полное напряжение.

<i>Дано:</i>	<i>Решение:</i>
$R_1 = 20 \text{ Ом}$	$I = \frac{U_1}{R_1} = \frac{12 \text{ В}}{20 \text{ Ом}} = 0,6 \text{ А}$
$R_2 = 30 \text{ Ом}$	$U_2 = IR_2 = 0,6 \text{ А} \cdot 30 \text{ Ом} = 18 \text{ В}$
$U_1 = 12 \text{ В}$	$U = U_1 + U_2 = 12 \text{ В} + 18 \text{ В} = 30 \text{ В}$
$R - ? \quad U_2 - ?$	$R = \frac{U}{I} = \frac{30 \text{ В}}{0,6 \text{ А}} = 50 \text{ Ом}$
$I - ? \quad U - ?$	<i>Ответ:</i> 50 Ом; 18 В; 0,6 А; 30 В

1.

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 технических дисциплин  
протокол № 7 от «14» марта 2023 г.

Председатель ПЦК

  
(подпись)

Бирюкова Т.С.