

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ОРЕНБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ  
ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.Б.08 Физика

**Направление подготовки 06.03.01 Биология**

**Профиль образовательной программы Микробиология**

**Форма обучения очная**

## СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Конспект лекций**
  - 1.1. Лекция № 1** Введение. Предмет физики. Кинематика поступательного и вращательного движения
  - 1.2. Лекция №2** Динамика поступательного и вращательного движения
  - 1.3. Лекция № 3** Законы сохранения
  - 1.4. Лекция № 4.** Элементы механики сплошных сред
  - 1.5. Лекция № 5.** Молекулярно-кинетическая теория (МКТ)
  - 1.6. Лекция № 6.** Элементы физической кинетики.
  - 1.7. Лекция № 7.** Феноменологическая термодинамика
  - 1.8. Лекция № 8.** Электростатика
  - 1.9. Лекция № 9.** Постоянный электрический ток
  - 1.10. Лекция № 10.** Магнитостатика
  - 1.11. Лекция № 11.** Электромагнитная индукция
  - 1.12. Лекция № 12.** Гармонические колебания
  - 1.13. Лекция № 13.** Волны
  - 1.14. Лекция № 14** Волновая оптика
  - 1.15. Лекция № 15** Квантовая физика
  - 1.16. Лекция № 16** Ядерная физика
- 2. Методические материалы по проведению практических занятий**
  - 2.1. Практическое занятие № ПЗ-1** Физические величины, их измерение и оценка погрешностей
  - 2.2. Практическое занятие № ПЗ-2** Кинематика поступательного и вращательного движения
  - 2.3. Практическое занятие № ПЗ-3.** Динамика поступательного и вращательного движения
  - 2.4. Практическое занятие № ПЗ-4.** Законы сохранения
  - 2.5. Практическое занятие № ПЗ-5.** Элементы механики сплошных сред
  - 2.6. Практическое занятие № ПЗ-6.** Молекулярно-кинетическая теория (МКТ)
  - 2.7. Практическое занятие № ПЗ-7.** Феноменологическая термодинамика
  - 2.8. Практическое занятие № ПЗ-8.** Электростатика
  - 2.9. Практическое занятие № ПЗ-9.** Постоянный электрический ток
  - 2.10. Практическое занятие № ПЗ-10.** Магнитостатика
  - 2.11. Практическое занятие № ПЗ-11.** Электромагнитная индукция
  - 2.12. Практическое занятие № ПЗ-12** Гармонические колебания
  - 2.13. Практическое занятие № ПЗ-13** Волны
  - 2.14. Практическое занятие № ПЗ-14** Волновая оптика
  - 2.15. Практическое занятие № ПЗ-15** Квантовая физика
  - 2.16. Практическое занятие № ПЗ-16** Ядерная физика

# 1.КОНСПЕКТЛЕКЦИЙ

## 1.1Лекция№1(2часа)

Тема:«Введение.Предметфизики.Кинематикапоступательногоиращательногодвижения»

### 1.1.1Вопросылекции:

- 1.Физика в системе естественных наук.
- 2.Общая структура и задачи дисциплины «Физика».
- 3.Экспериментальная и теоретическая физика.
- 4.Основные кинематические характеристики криволинейного движения: скорость и ускорение.
- 5.Нормальноситангенциальноеускорение.
- 6.Кинематикавращательногодвижения:угловаяскоростьиугловоеускорение,ихсвязьслинейнойскоростиюиускорением.

### 1.1.2Краткоесодержаниевопросов

1.Физикавсистемеестественныхнаук.

Физика—

наукаопростейшихивместестемнаиболеебоющихзаконахприроды,оматерии,еёструктуреидвижении

Условновсеннавки,согласноихпредметуизучения,можноразделитьнатрибльшихсистемы:

- общественныенауки(социология,история,обществознание);
- техническиенауки(агрономия,механика,строительство,архитектура);
- естественныенауки(биология,химия,физика)

Естественныенауки—

этосистеманаук,которыеизучаютвлияниевнешнихприродныхявленийнажизнедеятельностьчеловека.Основойестественныхнаукявляетсясоотношениезаконовприродызаконами,которыевывелчеловеквходесвоейдеятельности.

2.Общаяструктураизадачидисциплины«Физика».

Дисциплина«физика»состоитизследующихмодулей:

- 1.Механика.
- 2.Молекулярнаяфизикакитермодинамика.
- 3.Электричествоимагнетизм.
- 4.Колебанияиволны,оптика.
- 5.Квантоваяфизика.
- 6.Ядернаяфизика.
- 7.Физическаякартина мира.

Врезультатеосвоениядисциплины«Физика»студентдолжениизучитьфизическиеявлениязаконыфизики,границыихприменимости,применениезаконовважнейшихпрактическихприложениях;познакомитьсясосновнымифизическимивеличинами,знатыхопределение,смысл,способыиединицыихизмерения;представлятьсебефундаментальныефизическиеопытыихрольвразвитиинауки;знатъназначениеипринципыдействияважнейшихфизическихприборов.

3.Экспериментальнаяитеоретическаяфизика.

Восновесвоейфизика—

экспериментальнаянаука:всееёзаконыитеорииосновываютсяиопираютсянаопытныеданные.Однакозачастуюименноновыетеорииявляютсяпричинойпроведенияэкспериментови,какрезультат,лежатвосновеоткрытый.Поэтомуприняторазличатьэкспериментальнуюитеоретическуюфизику.

Экспериментальнаяфизикаисследуетявленияприродывзаранеподготовленныхусловиях.Веёзадачивходитобнаружениераненеизвестныхявлений,подтверждениилипроверениефизическихтеорий.Многидостижениявфизикебылисделаныблагодаряэкспериментальномуобнаружениюявлений,неописываемыхсуществующимитеориями.

Взадачитеоретическойфизикиходитформулированиеобщихзаконовприродыиобъяснениенаосновеэтихзаконовразличныхявлений,атакжепредсказаниедосихпорнеизвестныхявлений.Верностьлюбойфизическойтеории проверяетсяэкспериментально:еслирезультатыэкспериментасовпадаютспредсказаниемитеории,онасчитаетсяадекватной(достаточноточноописывающейданноеявление).

Приизученииилюбогоявленияэкспериментальныитеоретическиеаспектыодинакововажны.

4.Основныекинематическиехарактеристикикриволинейногодвижения:скоростьиускорение.

Скорость—

векторнаяфизическаявеличина,характеризующаябыстротуперемещенияиправлениедвиженияматериально-йточкиотносительновыбранныйсистемыотсчёта;поопределению,равнапроизводнойрадиус-вектораточкиповремени.Этимжесловомназываютсякалярнуювеличину—либомодульвектораскорости,либоалгебраическуюскоростьточки,т.е.проекциюэтоговекторанакасательнуюоктракторииточки.

Термин«скорость»используютнаукениширокомсмысле,понимаяподнимбыстротуизменениякакой-либовеличины(необязательнорадиус-вектора)взависимостиотдругой(чащеподразумеваютсяизмененияввремени,нотакжевпространствеилилюбой

другой). Так, например, говорят об угловой скорости, скорости изменения температуры, скорости химической реакции, групповой скорости, скорости соединения и т.д. Математически «быстроизменения» характеризуется произведением рассмотриваемой величины.

Ускорение —

физическая величина, определяющая быстроту изменения скорости тела, то есть первая производная от скорости по времени. Ускорение является векторной величиной, показывающей, насколько изменяется вектор скорости тела при движении за единицу времени.

5. Нормальное и тангенциальное ускорение.

Центростремительное ускорение —

компоненты ускорения точки, характеризующая быстроту изменения направления вектора скорости для траектории искривизной (вторая компонента, тангенциальное ускорение, характеризует изменение модуля скорости). Направлен вдоль центра кривизны траектории, чем и обусловлен термин. Повеличину равноквадрату скорости, поделенную на радиус кривизны. Термин «центростремительное ускорение» эквивалент термину «нормальное ускорение». Ту составляющую сумму сил, которая обуславливает это ускорение, называют центростремительной силой.

Тангенциальное ускорение —

компоненты ускорения, направленные по касательной к траектории движения. Характеризует изменение модуля скорости в отрывотличие от нормальной компоненты, характеризующей изменение направления скорости. Тангенциальное ускорение равно произведению единичного вектора, направленного вдоль скорости движения, на производную модуля скорости по времени. Таким образом, направлен в ту же сторону, что и вектор скорости при ускорении (положительная производная) и противоположна при замедлении (отрицательная производная).

6. Кинематика вращательного движения: угловая скорость и угловое ускорение, их связь с линейной скоростью и склонением.

Угловая скорость —

векторная величина, являющаяся аксиальным вектором (псевдовектором) и характеризующая скорость вращения материальной точки вокруг центра вращения. Вектор угловой скорости равен углу поворота точки вокруг центра вращения за единицу времени.

Угловое ускорение —

псевдовекторная физическая величина, равная первой производной от псевдовектора угловой скорости по времени.

## Равномерное движение

$$v = \frac{s}{t}; \quad s = vt$$

$$\omega = \frac{\varphi}{t}; \quad \varphi = \omega t$$

## Неравномерное движение

$$v = \frac{ds}{dt} = s'(t)$$

$$\omega = \frac{d\varphi}{dt} = \varphi'(t)$$

$$a = \frac{dv}{dt} = v'(t) = s'(t)$$

$$\varepsilon = \frac{d\omega}{dt} = \omega'(t) = \varphi'(t)$$

Линейные величины

Путь

Линейная скорость

Линейное ускорение

Угловые величины

Угол поворота

Угловая скорость

Угловое ускорение

### 1.2. Лекция №2 (2 часа)

Тема: «Динамика поступательного и вращательного движения»

#### 1.2.1 Вопросы лекции:

1. Первый закон Ньютона.
2. Второй закон Ньютона.
3. Третий закон Ньютона.
4. Момент инерции.
5. Формула Штейнера.
6. Момент силы.

7. Уравнение вращенияя твердого тела вокруг цепленной оси.

### 1.2.2 Краткое содержание вопросов

#### 1. Первый закон Ньютона.

Законы Ньютона —

три закона, лежащие в основе классической механики и позволяющие записать уравнения движения для любой механической системы, если известны силы, выведенные в результате взаимодействия для составляющих ее тел. Впервые в полной мере сформулированы Исааком Ньютоном в книге «Математическая начальная философия» (1687 год).

Первый закон Ньютона постулирует существование и неравенства материальных систем с учетом массы. Поэтому он также известен как закон инерции. Инерция — это свойство тела сохранять свою скорость движения неизменной (и повеличине, и направлению), когда на него не действует никакие силы. Чтобы изменить скорость движения тела, на него необходимо действовать некоторой силой. Естественно, результат действия одинаковых повеличин неизменен, если тело будет различным. Таким образом, говорят, что тела обладают разной инерционностью. Инерционность — это свойство тела сопротивляться изменениям его скорости. Величина инерционности характеризуется массой тела.

Существуют такие системы счёта, называемые инерциальными, относительными, в которых материальная система, когда на нее не действуют никакие силы (или действуют силы взаимно уравновешенные), находится в состоянии покоя или равномерного прямолинейного движения.

#### 2. Второй закон Ньютона.

Второй закон Ньютона —

дифференциальный закон движения, описывающий взаимосвязь между приложенной к материальной точке силой и получающимся от этого ускорением этой точки. Фактически, второй закон Ньютона вводит массу как меру проявления инерционности материальной точки в выбранной инерциальной системе счёта (ИСО).

В инерциальной системе счёта ускорение, которое получает материальная точка с постоянной массой, пропорционально равной действующей на нее силе и обратно пропорционально её массе.

#### 3. Третий закон Ньютона.

Этот закон описывает, как взаимодействуют две материальные точки.

Материальные точки взаимодействуют друг с другом силами, имеющими одинаковую природу, направленными вдоль прямой, соединяющей эти точки, равными по модулю и противоположными по направлению.

Закон утверждает, что силы возникают лишь попарно, причём любая сила, действующая на тело, имеет источником происхождения в виде другого тела. Иначе говоря, сила всегда есть результат взаимодействия тел.

#### 4. Моменты инерции.

Моменты инерции —

скалярная физическая величина, мера инерционности вращательного движения вокруг оси, подобного тому, как масса является мерой инерционности в поступательном движении. Характеризуется распределением массы тела: момент инерции равен сумме произведений элементарных масс на квадрат их расстояний до базового центра масс (точки, плоскости).

#### 5. Формула Штейнера.

Теорема Гюйгенса —

Штейнера (теорема Гюйгенса, теорема Штейнера): момент инерции тела относительно произвольной неподвижной оси равен сумме момента инерции этого тела относительно параллельной оси, проходящей через центр масс тела, и произведения массы тела на квадрат расстояния между осьми

$$J = J_o + ma^2$$

#### 6. Моменты силы.

Моменты силы (синонимы: крутящий момент, вращательный момент, вращающий момент) — векторная физическая величина, равная векторному произведению радиус-вектора (проведённого от оси вращения) и точечного приложения силы — по определению — на вектор этой силы. Характеризует вращательное действие силы на тело.

Понятия «вращающий» и «крутящий» моменты в общем случае не тождественны, так как в технике понятие «вращающий» момент рассматривается как внешнее усилие, прикладываемое к объекту, а «крутящий» — внутреннее усилие, возникающее в объекте под действием приложенных к нему нагрузок.

#### 7. Уравнение вращения твердого тела вокруг цепленной оси.

Угловое ускорение твердого тела, вращающегося вокруг оси, пропорционально моменту силы, относительно оси и обратно пропорционально моменту инерции тела относительно той же оси.

$$\vec{\varepsilon} = \frac{\vec{M}}{J}$$

Если действуют несколько моментов, то  $\vec{M} = \vec{M}_1 + \vec{M}_2 + \dots + \vec{M}_n$

Основное уравнение динамики вращательного движения является аналогом второго закона Ньютона для поступательного движения.

### 1.3. Лекция №3 (2 часа)

Тема: «Законы сохранения»

### 1.3.1 Вопросы лекции:

1. Работа.
2. Мощность.
3. Энергия.
4. Закон сохранения энергии.
5. Импульс.
6. Закон сохранения импульса.
7. Момент импульса.
8. Закон сохранения момента импульса.

### 1.3.2 Краткое содержание вопросов

#### 1. Работа

При прямолинейном движении одной материальной точки в постоянном значении приложенной к ней силы работа (этой силы) равна произведению величины проекции вектора силы на направление движения и величины ско-  
рости.

#### 2. Мощность

Мощность — скалярная физическая величина, равная отношению совершенной работы к промежутку времени, в течение которого она была совершена.

#### 3. Энергия

Энергия — скалярная физическая величина, являющаяся единой мерой различных форм движения и взаимодействия материи, мерой перехода движения материи из одних форм в другие.

#### 4. Закон сохранения энергии

Введение понятия энергии удобно тем, что в случае, если физическая система является замкнутой, то ее энергия сохраняется в этой системе на протяжении времени, в течение которого система будет являться замкнутой. Это утверждение называется законом сохранения энергии.

#### 5. Импульс

Импульс — векторная физическая величина, являющаяся мерой механического движения тела. В классической механике импульстера равен произведению массы этого тела на его скорость, направление импульса совпадает с направлением вектора скорости.

#### 6. Закон сохранения импульса

Закон сохранения импульса утверждает, что векторная сумма импульсов всех тел системы есть величина постоянная, если векторная сумма внешних сил, действующих на систему тел, равна нулю.

#### 7. Момент импульса

Момент импульса материальной точки относительно некоего центра равен произведению радиус-вектора импульса на его модуль.

#### 8. Закон сохранения момента импульса

Векторная сумма моментов импульса относительно любой неподвижной точки (или сумма моментов относительно любой неподвижной оси) для замкнутой системы остается постоянной в течение времени.

### 1.4. Лекция №4 (2 часа)

Тема: «Элементы механики сплошных сред»

### 1.4.1 Вопросы лекции:

1. Общие свойства жидкостей и газов.
2. Стационарное течение и идеальная жидкость.
3. Уравнение Бернулли.
4. Упругие напряжения и деформации в твердом теле.
5. Закон Гука.
6. Модуль Юнга.
7. Коэффициент Пуассона.

### 1.4.2 Краткое содержание вопросов

#### 1. Общие свойства жидкостей и газов.

В механике большей степени точности жидкости и газы рассматриваются как сплошные, непрерывные и спр-  
еделенные системы, связанные с частями пространства.

#### 2. Стационарное течение и идеальная жидкость.

Сжимаемость жидкости и газа в многих задачах может пренебречь и пользоваться единым понятием идеа-  
льной несжимаемой жидкости — жидкости, плотность которой везде одинакова и не изменяется в течение времени.

Течениежидкостипредставляетсобойполескоростей,изображенноеспомощьюлинийитока.Еслиполескоростей,тоестьформаирасположениесоответствующиеемулиниитоканеменяютсястечениемвремени,тодвижениежидкостиназываетсястационарнымилиустановившимся.

### 3.УравнениеБернулли.

$$\frac{\rho v_1^2}{2} + \rho gh_1 + p_1 = \frac{\rho v_2^2}{2} + \rho gh_2 + p_2$$

### 4.Упругиенапряженияидеформациивтврдомтеле.

#### Деформация—

изменениеиззаимногоположениячастицтела,связанноесихперемещениемотносительнодругдруга.Деформацияпредставляетсобойрезультатизменениямежатомныхрасстоянийперегруппировкаблоковатомов.Обычнодеформациясопровождаетсяизменениемвеличинмежатомныхсил,меройкоторогоявляетсяупругомеханическоенапржение.

Деформацииразделяютнаобратимые(упругие)инеобратимые(пластические,ползучести).Упругиедеформацииисчезаютпослеокончаниядействияприложенныхсил,анеобратимые—остаются.Восновеупругихдеформацийлежатобратимыеесмешенияатомовметалловотположенияравновесия(другими словами,атомыневыходятзапределымежатомныхсвязей);восновенеобратимых—необратимыеперемещенияатомовназначительныерасстоянияотисходныхположенийравновесия(тоестьвыходзарамкимежатомныхсвязей,послесятиянагрузкипереориентациявновоеравновесноеположение).

### 5.ЗаконГука.

#### ЗаконГука—

утверждение,согласнокоторомудеформация,возникающаяупругомтеле.пропорциональнаприложеннойкэтомутелусиле.Следуетиметьвиду,чтозаконГука выполняетсятолькопрималыхдеформациях.Припревышенииипределапропорциональностисвязьмеждунапряжениямидеформациямистановитсянелинейной.ДлямногихсредзаконГуканеприменимдажепрималыхдеформациях.

### 6.МодульЮнга.

#### МодульЮнга(модульпродольнойупругости)—

физическаявеличина,характеризующаясвойстваматериаласопротивлятьсярастяжению/сжатиюприупругойдеформации

### 7.КоэффициентПуассона.

#### КоэффициентПуассона—

величинаотношенияотносительногопоперечногосжатиякотносительномупродольномурастяжению.Этоткоэффициентзависитнеотразмеровтела,аотприродыматериала,изкоторогоизготовленобразец.КоэффициентПуассонамодульЮнгаполностьюхарактеризуютупругие свойстваизтропногоматериала.

## 1.5Лекция5(Л-5)(2часа)

**Тема:**«Молекулярно-кинетическаятеория(МКТ)»

### 1.5.1Вопросылекции:

- 1.ОсновныеположенияМКТ.
- 2.ДавлениегазасточкизренияМКТ.
- 3.РаспределениеМаксвелламолекулидеальногогаза.
- 4.ЭкспериментальноеобоснованиераспределенияМаксвелла.

### 1.5.2Краткоесодержаниевопросов

#### 1.ОсновныеположенияМКТ

Молекулярно-кинетическаятеория(сокращённоМКТ)—

теория,возникшаявXIXвекеиисматривающаастроениевещества,восновномгазов,сточкизрениятрёхосновныхприближенноверныхположений:

- всегдасостоитизчастиц:атомовимолекул;
- частицынаходятсявнепрерывномхаотичномдвижении(тепловом);
- частицывзаимодействуютдругсдругомпутёмабсолютноупругихстолкновений.

#### 2.ДавлениегазасточкизренияМКТ.

Давлениегазанастенкусосудаестрезультатударовмолекулгазаобэтустенку.Прикаждомуударемолекулагазадействуетнастенкуспределенный(смакроскопическойточкизрениябесконечномалой)силой.Обратнонаправленнаясила,скоторойдействуетнамолекулустенкасосуда,заставляетмолекулуотражатьсяотстенки.Еслибывсесудодержалосьвсегонесколькоюмолекул,тоихударыследовалибыдругзадругомредкоибеспорядочно,пнельзябылоыговаритьниокакойрегулярнойсиледавления,действующейнастенку.Мыимелибыделосотдельнымипрактическимгновеннымибесконечномалымитолчками,которымвремяотвремениподвергаласьстенка.Еслижечисломолекулвсосудеоченьвелико,тобудетвеликоичислоударовихостенкусосуда.Ударыстанутследоватьнепрерывнодругзадругом.Одновременноостенкусосудабудетударятьсягромадноеколичествомолекул.Бесконечномалыесилияотдельныхударовскладываютсявконечнуюипостояннуюсилу,действующуюнастенку.Этасила,усредненнаяповремени,и есть давлениегаза,скоторымимеетделомакроскопическаяфизика.

#### 3.РаспределениеМаксвелламолекулидеальногогаза.

Распределение Максвелла — распределение вероятности, встречающееся в физике химии. Оно лежит в основании кинетической теории газов, к оторая объясняет многие фундаментальные свойства газов, включая давление и диффузию. Распределение Максвелла применим для атомов и молекул в газах. Он может быть применено для определения скоростей, импульсов, импульса и молекул. Также оно может быть выражено как дискретное распределение множества дискретных уровней энергии, или как непрерывное распределение по некоторому континууму энергии.

Распределение Максвелла может быть получено при помощи статистической механики. Как распределение энергии, оно соответствует самому вероятному распределению энергии в системе, состоящей из большого количества взаимодействующих частиц, в которой квантовые эффекты являются незначительными. Так как взаимодействие между молекулами в газе является обычновесомым, распределение Максвелла даёт довольно хорошие приближения в ситуации, существующей в газе.

#### 4. Экспериментальное обоснование распределения Максвелла.

К началу двадцатого столетия мировая наука достигла статического уровня развития для появления реальных возможностей экспериментальной проверки теории Максвелла. Немецкий физик Отто Штерн в 1920-м году, применив метод молекулярных пучков, который был изобретен французом Луи Дюнайе в 1911-м году, сумел измерить скорость движения газовых молекул серебра. Опыт Штерна не оправдал ожиданий, сделанных Максвеллом. Правда, осадок арактера скоростной градации опыта Штерна мог дать только весьма приблизительные сведения. Более подробной информации науке пришлоось ждать еще девять лет.

Самой точностью закон распределения удалось проверить Ламмерту в 1929-м году, несколько усовершенствовавшему опыт Штерна путем пропускания молекул яркого пучка в воронку, имеющую дисковидные отверстия и смещенные относительно друг друга на определенный угол. Изменяя скорость вращения агрегата из углов между отверстиями, Ламмерт смог выделить из пучка отдельные молекулы, которые обладают различными скоростными показателями. Но именно опыт Штерна положил начало экспериментальным исследованиям в области молекулярной кинетической теории.

#### 1.6. Лекция 6 (1-6) (2 часа)

Тема: «Элементы физической кинетики»

##### 1.6.1 Вопросы лекции:

1. Явления переноса.
2. Диффузия.
3. Теплопроводность.
4. Внутреннеестрение.
5. Броуновское движение.

##### 1.6.2 Краткое содержание вопросов

1. Явления переноса.

В термодинамике и равновесных системах происходят особые обратимые процессы, называемые явлениями переноса, в результате которых осуществляется пространственный перенос массы, импульса, энергии. К явлениям переноса относятся теплопроводность (перенос энергии), диффузия (перенос массы) и внутреннеестрение (перенос импульса).

2. Диффузия.

При диффузии происходит самопроизвольное проникновение и перемешивание частиц двух соприкасающихся газов, жидкостей и даже твердых тел; диффузия есть обмен массами частиц этих тел, при этом явление возникает при одолевании, покасаществует градиент плотности. Явление диффузии для химически однородного газа подчиняется закону Фика.

3. Термопроводность.

Если в первой области газа средняя кинетическая энергия молекул больше, чем во второй, то в следствии этого явлений столкновений молекул в течение времени происходит процесс выравнивания средних кинетических энергий молекул, т.е., выравнивание температур. Перенос энергии и формение теплоты подчиняется закону Фурье.

4. Внутреннеестрение.

Суть механизма возникновения внутреннеестрения между параллельными слоями газа (жидкости), которые движутся с различными скоростями, есть то, что из-за хаотического теплового движения осуществляется обмен молекулами между слоями, в результате чего импульс слоя, который движется быстрее, уменьшается, который движется медленнее — увеличивается, что приводит кormожению слоя, который движется быстрее, и ускорению слоя, который движется медленнее. Сила внутреннеестрения между двумя слоями газа (жидкости) подчиняется закону Ньютона.

5. Броуновское движение.

Броуновское движение —

беспорядочное движение микроскопических видимых, взвешенных в жидкости или газе, частиц твердого вещества, вызываемое тепловым движением частиц жидкости или газа. Броуновское движение не прекращается. Бро

уновскоедвижениесвязаностепловымдвижением,нонеследуетсмешиватьэтопонятия.Броуновскоедвижениеявляетсяследствиемсвидетельствомсуществованиятепловогодвижения.

### 1.7.Лекция7(Л-7)(2часа)

Тема:«Феноменологическаятермодинамика»

#### 1.7.1Вопросылекции:

- 1.Термодинамическоеравновесиесистемпература.Нулевоеначалотермодинамики.
- 2.Эмпирическаятерматурнаяшкала.
- 3.Уравнениесостояниявтермодинамике.
- 4.Квазистатическиепроцессы.Обратимыеинеобретимые процессы.
- 5.Первоначалотермодинамики.
- 6.Теплоемкость.УравнениеМайера.Связьтеплоемкостисчисломстепенейсвободымолекулгаза.
- 7.Преобразованиетеплотывмеханическуюработу.
- 8.ЦиклКарноиегоэффективентполезногодействия.
- 9.Энтропия.

#### 1.7.2Краткоесодержаниевопросов

- 1.Термодинамическоеравновесиесистемпература.Нулевоеначалотермодинамики.

Термодинамическоеравновесие—  
состояниесистемы,прикоторомостаютсянеизменныиповременимакроскопическиевеличиныэтойсистемы(температура,давление,объём,энтропия)вусловияхизолированностиотокружающейсреды.Вобщем,этивеличины неявляютсяпостоянными,онилишьфлуктуируют(колеблются)возлесвоихсреднихзначений.Еслиравновесной системесоответствуетнесколькокосостояний,вкаждомизкоторыхсистемаможетнаходитьсянеопределенодолго,то осистемеговорят,чтоонаходитсявметастабильномравновесии.Всостоянииравновесиявсистемеотсутствуя тпотокиматерииилиэнергии,неравновесныепотенциалы(илидвижущесилы),измененияколичества присутствующихфаз.Отличауттепловое,механическое,радиационное(лучистое)ихимическоеравновесия.Напрактике useловиеизолированностиозначает,что процессыустановленияравновесияпротекаютгораздобыстрее,чемпроисходитизменениянаграницахсистемы(тоестьизменениявнешнихпоотношениюксистемеусловий),иосуществляется яобменсистемысокружениемвеществомиэнергией.Инымисловами,термодинамическоеравновесиедостигаетс я,еслискоростьрелаксационныхпроцессовдостаточновелика(какправило,этоХарактернодлявысокотемпературныхпроцессов)либовеликовремядлядостиженияравновесия(этотслучайимеетместовгеологическихпроцессах)

Вреальныхпроцессахчастореализуетсянеполноеравновесие,однакостепеньэтойнеполнотыможетбытьсущественноинесущественной.Приэтомвозможнытриварианта:

-равновесиедостигаетсявкакой-либочасти(иличастях)относительнобольшойпоразмерамсистемы—  
локальноеравновесие,

неполноеравновесиедостигаетсявследствиеразностискоростейрелаксационныхпроцессов,протекающихвсистеме—частичноеравновесие,

-имеютместоклакальное,такичастичноеравновесие.

Внеравновесныхсистемахпроисходитизмененияпотоковматерииилиэнергии,или,например,фаз.

#### 2.Эмпирическаятермтурнаяшкала.

Эмпирическойтермтурнойшкалойназываетсяшкала,устанавливаемаяспомощьютермометра.

Эмпирическиетемпературныешкилыстроютсянатрехдопущениях:выборразмераградусаиположениянуля,атакжедопущениелинейностиизмененияизмеряемогосвойствастемпературой.Последнеедопущениеявляется необоснованным.

Первоначальноприменявшиесяэмпирическиетемпературныешкилыреализуютсяспомощьюзависящихот температурыразличныххт.Этишкилыразличаютсяначальнымииточкамиитсчетаразмеромиспользуемойединицытемпературы:С(шкалаЦельсия),F(шкалаФаренгейта).

#### 3.Уравнениесостояниявтермодинамике

Уравнениесостояния—  
уравнение,связывающеемежду собойтермодинамические(макроскопические)параметрысистемы,такие,кактемпература,давление,объём,химическийпотенциалидр.Уравнениесостоянияможнонаписатьвсегда,когдаможн оприменятьтермодинамическоеописаниеявлений.Приэтомреальныеуравнениясостоянийреальныхвеществогутбытькрайнесложными.

#### 4.Квазистатическиепроцессы.Обратимыеинеобретимые процессы

Термодинамическийпроцесс—изменениезначенияхтобыодногопараметрасостояниясистемы.

Термодинамическийпроцесс,протекающийсбесконечномалымотклонениемсистемыотравновесногосостояния,называетсяравновесным(идеализация).

Приэтомсистемапроходитрядбесконечноблизкихсостояний,каждоеизкоторыхявляетсяравновесным.Поэтомуравновесныепроцессытакже называютсяквазистатическими.

Равновесныипроцессыможносчитатьмедленнопротекающиепроцессы.

Обратимымназываетсятакойпроцесс,прикоторомпослеегоокончаниякаксистему,такиокружающуюсередуможновернутьв исходноесостояниечрезтежепромежуточныеравновесныесостояния,чтоипримомходе.

## 5. Первое начало термодинамики.

Первое начало термодинамики—

один из трёх основных законов термодинамики, представляет собой закон сохранения энергии для термодинамических систем.

Первое начало термодинамики было сформулировано в середине XIX века в результате работы немецкого учёного Ю.Р. Майера, английского физика Дж.П. Джоуля и немецкого физика Г. Гельмгольца. Согласно первому началу термодинамики, термодинамическая система может совершать работу только за счёт своей внутренней энергии или каких-

либо внешних источников энергии. Первое начало термодинамики часто формулируют так: «невозможность существования вечного двигателя первого рода, который совершал бы работу, не совершая при этом извлечение энергии из какого-либо источника».

## 6. Теплоёмкость. Уравнение Майера. Связь теплоёмкости с числом степеней свободы молекул газа

Теплоёмкость тела (обычно обозначается латинской буквой  $C$ )—

физическая величина, определяемая отношением бесконечного количества теплоты  $\delta Q$ , полученной от тела, к соответствующему приращению его температуры  $\delta T$

$$C = \frac{\delta Q}{\delta T}.$$

Единица измерения теплоёмкости в Международной системе единиц (СИ) — Дж/К.

Для идеального газа справедливо соотношение Майера:

$$C_p - C_v = R,$$

где  $R$  — универсальная газовая постоянная,  $C_p$  — молярная теплоёмкость при постоянном давлении,  $C_v$  — молярная теплоёмкость при постоянном объёме.

Важным параметром идеального газа является числовое значение теплоёмкости  $C$ , определяющее минимальное количество координат, спомощью которых можно однозначно задать положение молекулы в пространстве

Молекулярно-

кинетическая теория позволяет установить связь между числом степеней свободы молекулы газа и его теплоёмкостью  $C$  и  $C_v$ . Согласно закону равновесия пределения на каждой степени свободы (поступательную, вращательную и креновую) в среднем приходится одинаковая кинетическая энергия. Таким образом, энергия одной молекулы может быть записана в виде

$$E = \frac{i}{2} kT$$

## 7. Преобразование теплоты в механическую работу

Преобразование теплоты в механическую энергию в теплосиловых установках основано на способности газа

о-

или парообразного тела совершать механическую работу при изменении его объёма. При этом работает тело (газ или пар) должно совершить замкнутую последовательность термодинамических процессов (цикл). В результате такого цикла от одного или нескольких источников теплоты образуется определённое количество теплоты  $Q_1$  и одновременно несколько теплоотдаётся количеству теплоты  $Q_2$ , меньшее, чем  $Q_1$ , при этом разность  $Q_1 - Q_2$  превращается в механическую работу.

## 8. Цикл Карно и его эффективность полезного действия

В термодинамике цикл Карно —

это обратимый круговой процесс, состоящий из двух адабатических и двух изотермических процессов. В цикле Карно термодинамическая система выполняет механическую работу, при этом меняется теплотой с двух тепловых мириад — первыми, имеющими постоянные, но различающиеся температуры. Резервуары с более высокой температурой называются нагревателем, а с более низкой — холодильником.

Цикл Карно назван в честь французского учёного инженера Сади Карно, который впервые его описал в своём сочинении «О движущей силе гения машинах, способных развивать эту силу» в 1824 году.

Поскольку обратимые процессы могут осуществляться не только с бесконечной скоростью, мощность теплового машины в цикле Карно равна нулю. Мощность реальных тепловых машин не может быть равна нулю, поэтому у реальных процессов могут приближаться к идеальному обратимому процессу Карно только с большей или меньшей степенью точности. В цикле Карно тепловая машина преобразует теплоту в работу с максимальным возможным коэффициентом полезного действия из всех тепловых машин, у которых максимальная и минимальная температуры в рабочем цикле совпадают со соответствующими температурами нагревателя и холодильника в цикле Карно.

## 9. Энтропия.

Энтропия —

широко используемый вестественных и точных науках термин. Впервые введён в рамках термодинамики как функция состояния термодинамической системы, определяющая меру необратимого рассеивания энергии. В статистической физике энтропия является мерой вероятности осуществления какого-

либомакроскопического состояния. Кроме физики, термин широко используется в математике: теории информации и математической статистике. Энтропия может интерпретироваться как мера неопределенности (неупорядоченности) некоторой системы (например, какого-либо опыта (испытания), который может иметь разные исходы, значит, и количество информации). В широком смысле, в каком слово часто используется в быту, энтропия означает меру неупорядоченности системы; чем меньше элементы системы подчинены какому-либо порядку, тем выше энтропия.

## 1.8. Лекция 8 (Л-8) (2 часа)

Тема: «Электростатика»

### 1.8.1 Вопросы лекции:

1. Электрический заряд, его свойства.
2. Закон Кулона.
3. Напряженность и потенциал электростатического поля.
4. Теорема Гаусса в интегральной форме и ее применение для расчета электрических полей.

### 1.8.2 Кратко о содержании вопросов

1. Электрический заряд, его свойства.

Электрический заряд (количество электричества) — это физическая скалярная величина, определяющая способность быть источником электромагнитных полей и принимать участие в электромагнитном взаимодействии. Впервые электрический заряд был введен в законе Кулона в 1785 году.

Единица измерения зарядов Международной системы единиц (СИ) — кулон — электрический заряд, проходящий через проводник при силе тока 1 А за время 1 с

#### Фундаментальные свойства зарядов

1. Электрический заряд может быть двух типов: положительный и отрицательный. Тела, имеющие электрический заряд одного знака, отталкиваются друг от друга, тела с зарядами противоположных знаков — притягиваются.

2. Носителями электрического заряда являются заряженные элементарные частицы с элементарным зарядом  $e = 1,602 \cdot 10^{-19}$  Кл

— протон — носитель положительного заряда;

— электрон — носитель отрицательного заряда.

Заряд любого другого тела составляется из элементарного электрического заряда.

3. Фундаментальный закон сохранения электрического: в любой электрической изолированной системе алгебраическая сумма зарядов не изменяется.

4. Электрический заряд является релятивистским инвариантным: его величина не зависит от системы отсчета, значит, независит от того, движется он или покойится.

2. Закон Кулона.

Закон Кулона —

это закон, описывающий силы взаимодействия между неподвижными точечными электрическими зарядами.

Сила взаимодействия двух точечных зарядов в вакууме направлена вдоль прямой, соединяющей эти заряды, пропорциональна их величинам и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Она является силой притяжения, если знаки зарядов разные, и силой отталкивания, если знаки одинаковы.

3. Напряженность и потенциал электростатического поля.

Напряженность электрического поля —

векторная физическая величина, характеризующая электрическое поле в данной точке и численно равная отношению силы, действующей на единицу подвижной точечный заряд, помещенный в данную точку поля, к величине этого заряда.

Электростатический потенциал —

скалярная энергетическая характеристика электростатического поля, характеризующая потенциальную энергию, которой обладает единичный положительный пробный заряд, помещенный в данную точку поля. Единица измерения потенциала Международной системы единиц (СИ) является вольт.

4. Теорема Гаусса в интегральной форме и ее применение для расчета электрических полей.

Теорема Гаусса —

один из основных законов электродинамики, входит в систему уравнений Максвелла. Выражает связь (а именно равенство) сточных (одинаковых) коэффициентов (для потоков напряженности и электрического поля) в вакууме, кинетической энергии и потенциала. Применяется для вычисления электростатических полей.

Аналогичная теорема, также входящая в число уравнений Максвелла, существует для магнитного поля.

Также теорема Гаусса верна для любых полей, для которых верен закон Кулона или его аналог (например, для инерционной гравитации). При этом она является, как правило, более фундаментальной, так как позволяет в частностях вывести степень расстояния в законе Кулона «из первых принципов», а не постулировать ее (или не находить экспериментально).

В этом можно видеть фундаментальное значение теоремы Гаусса в теоретической физике.

Существуют аналоги (обобщения) теоремы Гаусса и для более сложных полевых теорий, чем электродинамика.

## 1.9. Лекция 9 (Л-9) (2 часа)

Тема: «Постоянный электрический ток»

### 1.9.1 Вопросы лекции:

1. Сила и плотность тока.
2. Уравнение непрерывности для плотности тока.
3. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах.
4. Закон Джоуля-Ленца.
5. Закон Видемана-Франца.
6. Электродвижущая сила источника тока.
7. Правила Кирхгофа.

### 1.9.2 Краткое содержание вопросов

1. Сила и плотность тока.

Сила тока —

физическая величина, равная отношению количества заряда, прошедшего через некоторую поверхность за время, к величине этого промежутка времени.

Плотность тока —

векторная физическая величина, имеющая смысл силы тока, протекающего через элемент поверхности единичной площади.

2. Уравнение непрерывности для плотности тока.

Уравнение непрерывности гласит, что если зарядуходит из дифференциального объема (то есть в вергентии плотности тока положительна), то количество заряда, давнутри объема, уменьшается. В этом случае приращение плотности заряда отрицательно.

3. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах.

Закон Ома —

эмпирический физический закон, определяющий связь электродвижущей силы источника или электрического напряжения с силой тока и сопротивлением проводника, установлен в 1826 году, и называемый первооткрывателем Генрихом Ома.

4. Закон Джоуля-Ленца.

Закон Джоуля-Ленца —

физический закон, дающий количественную оценку теплового действия электрического тока. Установлен в 1841 году Джеймсом Джоулем и независимо от него в 1842 году Эмилием Ленцем.

5. Закон Видемана-Франца.

Закон Видемана-Франца —

это физический закон, утверждающий, что для металлов отношение коэффициента теплопроводности к удельной электрической проводимости пропорционально температуре.

6. Электродвижущая сила источника тока.

Электродвижущая сила (ЭДС) —

скалярная физическая величина, характеризующая работу, которую совершают противодействующие силы, чтобы перенести заряд из одного конца цепи в другой. В замкнутом проводящем контуре ЭДС равна работе, затраченной на перемещение единичного заряда вдоль всего контура.

7. Правила Кирхгофа.

Правила Кирхгофа —

соотношения, которые выполняются между токами и напряжениями на участках любой электрической цепи. Правила Кирхгофа позволяют рассчитывать любые электрические цепи постоянного, переменного и квазистационарного тока. Имеют свое значение в электротехнике из-за своей универсальности, так как пригодны для решения многих задач теории электрических цепей и практических расчетов сложных электрических цепей. Применение правил Кирхгофа в линейной электрической цепи позволяет получить систему линейных уравнений относительных токов или напряжений, что соответственно, найдет значение токов везде в цепи и в семи узлах. Сформулированы Густавом Кирхгофом в 1845 году. Название «Правила» корректно, потому что эти правила являются фундаментальными законами природы, а вытекают из фундаментальных законов сохранения заряда и безвихревости электростатического поля (третье уравнение Максвелла при неизменном магнитном поле).

Для формулировки правил Кирхгофа вводятся понятия узел, ветвь контура и электрической цепи. Ветвь — это участок любой двухполюсной цепи, входящий в цепь. Узлы называются точками соединения трех и более ветвей. Контур — замкнутый цикл из ветвей. Термин «замкнутый контур» означает, что, начав с некоторого узла, можно вернуться к исходному узлу. Ветви узлы, проходящие по контуру, принадлежат различным контурам. При этом нужно иметь в виду, что ветви узлы могут принадлежать одновременно нескольким контурам.

В терминах данных определений правила Кирхгофа формулируются следующим образом.

Первоначально Кирхгоф гласит, что алгебраическая сумма токов в каждом узле любой цепи равна нулю. При этом направленный кузел считается положительным, а направленный от узла — отрицательным. Иными словами, сколько токов входит в узел, столько же из него вытекает. Это правило следует из функционального закона сохранения заряда.

ВтороеправилоКирхгофа(правило напряжений Кирхгофа) гласит, что алгебраическая сумма падений напряжений в схемах, принадлежащих любому замкнутому контуру цепи, равна алгебраической сумме ЭДС (идеализированных генераторов напряжения), то суммарное падение напряжений равно нулю.

Иными словами, при полном обходе контура потенциал, изменяясь, возвращается к исходному значению. Частным случаем второго правила является закон Ома для этой цепи. При составлении уравнения напряжений для контура нужно выбрать положительное направление обхода контура. При этом падение напряжения не вписывается в положительным, если направление обхода данной ветви совпадает с ранее выбранным направлением тока в ветви, и отрицательным — в противном случае.

Правила Кирхгофа справедливы для линейных и нелинейных цепей при любом характере изменения во времени токов в напряжениях.

### 1.10. Лекция 10 (Л-10) (2 часа)

Тема: «Магнитостатика»

#### 1.10.1 Вопросы лекции:

1. Магнитно-взаимодействие постоянных токов.
2. Вектор магнитной индукции.
3. Закон Ампера.
4. Сила Лоренца.
5. Движение зарядов в электрических и магнитных полях.
6. Закон Био-Савара-Лапласа.
7. Теорема о циркуляции (закон полного тока).

#### 1.10.2 Краткое содержание вопросов

1. Магнитно-взаимодействие постоянных токов.

Опыт показывает, что, подобному, как в пространстве, окружающем электрические заряды, возникает эле ктростатическое поле, так в пространстве, окружающем токи и постоянные магниты, возникает силовое поле, назыв аемое магнитным. Наличие магнитного поля обнаруживается по силовому действию на несенные вне проводника истоком или постоянными магнитами. Особенность магнитного поля: действует только конадвижущиеся заряды. Опыт показывает, что характер воздействия магнитного поля на ток различен в зависимости от формы проводника, покоторо му течет ток, от расположения проводника относительно направления тока. Следовательно, чтобы характеризовать магнитное поле, надо рассмотреть его действие на определенный ток. Подобному, как при исследовании электростатического поля, использовались точечные заряды, при исследовании магнитного поля используется замкнутый плоский контур стоком (рамкастоком), размеры которого малы по сравнению с расстоянием между точками, образующими магнитное поле. Ориентация контура в пространстве характеризуется направлением нормали к контуру. В качестве положител ьного направления нормали принимается направление, связанное с током правилом правого винта, т.е. заположите льное направление нормали принимается направлением поступательного движения винта, головка которого вращае тся в направлении тока, текущего в рамке.

Опыты показывают, что магнитное поле оказывает на рамку ориентирующее действие, поворачивая ее определенным образом. Этот результат связывается с определенным направлением магнитного поля. Занаправлением магнитного поля вданной точке принимается направление, вдоль которого располагается положительная нормаль к рамке. Занаправлением магнитного поля может быть также принятонаправление, совпадающее с направлением силы, которая действует на северный полюс магнитной стрелки, помещенной в данную точку. Так как оба полюса магнитной стрелки лежат вблизи точек поля, то силы, действующие на оба полюса, равны друг другу. Следовательно, на магнитную стрелку действует пара сил, поворачивающая ее так, чтобы ось стрелки, соединяющая южный полюс с северным, совпадала с направлением поля. Рамкастоком можно воспользоваться так же для качественного описания магнитного поля. Так как рамкастоком испытывает ориентирующее действие поля, то на нее в магнитном поле действует пара сил.

2. Вектор магнитной индукции.

Магнитная индукция  $\vec{B}$  — векторная величина, являющаяся силовой характеристикой магнитного поля (его действия на заряженные частицы) в данной точке пространства. Определяется, сколько силой  $\vec{F}$  магнитное поле действует на заряд  $q$ , движущийся с скоростью  $\vec{v}$ .

3. Закон Ампера.

Закон Ампера — закон взаимодействия электрических токов. Впервые был установлен Андреем Марием Ампером в 1820 для постоянного тока. Из закона Ампера следует, что параллельные проводники с электрическими токами, текущими в одном направлении, притягиваются, а противоположных —

отталкиваются. Законом Ампера называется также закон, определяющий силу, скоторой магнитное поле действует на малый отрезок проводника стоком.

#### 4. Сила Лоренца.

Сила Лоренца — сила, скоторой электромагнитное поле согласно классической (неквантовой) электродинамике действует на точечную заряженную частицу. Иногда силой Лоренца называют силу, действующую на движущийся со скоростью  $\mathbf{V}$  заряд  $q$  лишь с одной стороны магнитного поля, нередко же полную силу — с обеих сторон магнитного поля.

#### 5. Движение зарядов в электрических и магнитных полях.

Попадая в электрическое и магнитное поля, заряженные частицы оказываются под действием определенных сил, которые изменяются со временем и движением. Изучая эти движения, можно определить отношение заряда к массе и получить ценные сведения о природе этих частиц. Воздействие на потоки электронов и ионов электрическими и магнитными полями можно управлять этими потоками, т.е. изменять их силу и направление движения, это лежит в основе действия различных важных электронных приборов (осциллографов, электронных микроскопов, ускорителей заряженных частиц, телевизионных трубок и др.).

#### 6. Закон Био-Савара-Лапласа.

Закон Био-Савара-Лапласа — физический закон для определения вектора индукции магнитного поля, порождаемого постоянным электрическим током. Был установлен экспериментально в 1820 году Био и Саваром и сформулирован в общем виде Лапласом. Лаплас показал также, что спомощью этого закона можно вычислить магнитное поле движущегося яичного заряда (считая движение яйца заряженной частицы током).

#### Закон Био-Савара-

Лаплас считает, что из закона Кулона в электростатике. Закон Био-Савара-Лапласа можно считать главным законом магнитостатики, получая из него остальные его результаты.

#### В современной формулировке закон Био-Савара-

Лапласа чаще рассматривают как следствие двух уравнений Максвелла для магнитного поля при условии постоянства электрического поля, т.е. в современной формулировке уравнения Максвелла выступают как более фундаментальные (прежде всего из-за того, что формула Био-Савара-Лапласа не является просто обобщением случайных полей, зависящих от времени).

#### 7. Теорема о циркуляции (закон полного тока).

##### Полный ток —

это алгебраическая сумма токов, проходящих через ограниченную замкнутым контуром поверхность.

Определение закона полного тока: магнитодвижущая сила вдоль замкнутого контура равна полному току, пронизывающему поверхность, ограниченную данным контуром.

#### 1.11. Лекция 11 (Л-11) (2 часа)

Тема: «Электромагнитная индукция»

##### 1.11.1 Вопросы лекции:

1. Феноменология электромагнитной индукции.
2. Правило Ленца.
3. Уравнение электромагнитной индукции.
4. Самоиндукция.
5. Индуктивность катушки.
6. Работа при перемещении контура в магнитном поле.
7. Энергия магнитного поля.

##### 1.11.2 Краткое содержание вопросов

1. Феноменология электромагнитной индукции.

##### Электромагнитная индукция —

явление, которое возникает при изменении магнитного потока, проходящего через контур. Электромагнитная индукция была открыта Майклом Фарадеем 29 августа 1831 года. Он обнаружил, что электродвижущая сила, возникающая в замкнутом проводящем контуре, пропорциональна скорости изменения магнитного потока, а также времени изменения потока — изменение магнитного поля или движение контура (или его части) в магнитном поле. Электрический ток, вызванный этой ЭДС, называется индукционным током.

##### 2. Правило Ленца.

Правило Ленца определяет направление индукционного тока и гласит: индукционный ток всегда имеет такое направление, чтобы оно слабило действие причины, возбуждающей этот ток.

Правило сформулировано в 1833 году Э.Х. Ленцем. Позднее он был обобщен на все физические явления в работах Л. Шателье (1884 год) и Брауна (1887 год), это обобщение известно как принцип Л. Шателье — Брауна.

Правило Ленцаносит обобщённый характер и справедлив в различных физических ситуациях, которые могут отличаться конкретным физическим механизмом возбуждения индукционного тока. Так, если изменение магнитного потока вызвано изменением площади контура (например, засчёт движения одной из сторон прямоугольного

онтура), то индукционный ток возбуждается силой Лоренца, действующей на электроны, перемещающиеся в проводнике в постоянном магнитном поле. Если же изменение магнитного потока связано с изменением величины внешнего магнитного поля, то индукционный ток возбуждается вихревым электрическим полем, появляющимся при изменении магнитного поля. Однако в обоих случаях индукционный ток направлен так, чтобы скомпенсировать изменение потока магнитного поля через контур.

Если в нее магнитное поле, пронизывающее неоднородный электрический контур, создаётся током, текущим в другом контуре, то индукционный ток может оказаться направлен как в том же направлении, что и внешний, так и в противоположном: это зависит от того, уменьшается или увеличивается внешний ток. Если внешний ток увеличивается, то растёт создаваемое им магнитное поле и его поток, что приводит к появлению индукционного потока, уменьшающего это увеличение. В этом случае индукционный ток направлен в сторону, противоположную основному. Во втором случае, когда внешний ток уменьшается со временем, уменьшением магнитного потока приводят к возбуждению индукционного потока, стремящегося увеличить поток, и этот ток направлен в ту же сторону, что и внешний ток.

### 3. Уравнение электромагнитной индукции.

$$\mathcal{E} = -\frac{d\Phi_B}{dt}$$

где

$\mathcal{E}$  — электродвижущая сила, действующая вдоль произвольной замкнутой контура,

$$= \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S},$$

$\Phi_B$  — магнитный поток через поверхность, ограниченную этим контуром;

$dt$  — время.

Знак «минус» в формуле отражает правило Ленца.

### 4. Самоиндукция.

Самоиндукция —

это явление возникновения ЭДС индукции в проводящем контуре при изменении протекающего через него тока.

При изменении тока в контуре пропорционально меняется магнитный поток через поверхность, ограниченную этим контуром. Изменение этого магнитного потока, вследствие закона электромагнитной индукции, приводит к возбуждению в этом контуре индуктивной ЭДС.

Это явление называется самоиндукцией. (Понятие «самоиндукция» является как бы о частных случаях).

Направление ЭДС самоиндукции всегда оказывается таким, что приводит к току в цепи ЭДС самоиндукции, препятствуя этому возрастанию (направлено против тока), а при убывании тока — убыванию (сопротивлено током). Этим свойством ЭДС самоиндукции и отличается от индуктивной.

Величина ЭДС самоиндукции пропорциональна скорости изменения силы тока.

### 5. Индуктивность соленоида.

Соленоид —

разновидность катушки индуктивности. Обычно под термином «соленоид» подразумевается цилиндрическая обмотка из провода, причём длина катушки обмотки кратна длине провода, превышающей её диаметр.

Конструктивно длины соленоидов выполняются как виде однолинейных намоток, так и многослойных.

Если длина намотки значительно превышает диаметр намотки, то полость соленоида при подаче в неё электрического тока порождается магнитное поле, близкое к однородному.

Также частично соленоиды называются электромеханическими исполнительными механизмами, обычно совмещающими ферромагнитным сердечником. В таком применении соленоид почтительно называется магнитным ярмом.

Индуктивность соленоида выражается следующим образом:

$$L = \mu_0 n^2 V = \frac{\mu_0}{4\pi} \frac{z^2}{l},$$

где  $\mu_0$  — магнитная проницаемость вакуума,  $n = N/l$  — числовитков на единицу длины соленоида,  $N$  — числовитков,  $V = Sl$  — объём соленоида,  $z = \pi d N$  — длина проводника, намотанного на соленоид,  $S = \pi d^2/4$  — площадь поперечного сечения соленоида,  $l$  — длина соленоида,  $d$  — диаметр витка.

### 6. Работа при перемещении контура стоком в магнитном поле.

На проводник стоком в магнитном поле действуют силы, которые определяются с помощью закона Ампера. Если проводник не закреплен (например, одна из сторон контура сделана из подвижной перемычки, то под действием силы Ампера он в магнитном поле будет перемещаться. Значит, магнитное поле совершил работу при перемещении проводника стоком.

$$dA = Id\Phi$$

Работа при перемещении проводника стоком в магнитном поле равна произведению силы тока на магнитный поток, пересеченный движущимся проводником. Данная формула справедлива для произвольного направления вектора  $B$ .

## 7. Энергия магнитного поля.

Магнитное поле обладает энергией. Подобному, как заряженном конденсаторе имеется запас электрической энергии, в катушке, повитой изолированной проволокой, имеется запас магнитной энергии.

Если включить электрическую цепь, то при размыкании ключа наблюдается кратковременная вспышка лампы. Ток в цепи возникает под действием ЭДС самоиндукции. Источником энергии, выделяющейся при этом в электрической цепи, является магнитное поле катушки.

### 1.12.1.2 Лекция 12 (Л-12)

Тема: «Гармонические колебания»

#### 1.12.1.1 Вопросы лекции:

1. Идеальный гармонический осциллятор.
2. Уравнение идеального осциллятора и его решение.
3. Амплитуда, частота и фаза колебания. Энергия колебаний.
4. Примеры колебательных движений различной физической природы.
5. Свободные и затухающие колебания осциллятора с потерями.
6. Вынужденные колебания.
7. Сложение колебаний (биения, фигуры Лиссажу).
8. Анализ синтеза колебаний, понятие о спектре колебаний.
9. Связанные колебания.

#### 1.12.1.2 Кратко содержание вопросов

1. Идеальный гармонический осциллятор.

Гармонический осциллятор —

система, которая при смещении из положения равновесия испытывает действие возвращающей силы  $F$ , пропорциональной смещению.

Если  $F =$

единственная сила, действующая на систему, то система называется простым или консервативным гармоническим осциллятором. Свободные колебания такой системы представляют собой периодическое движение около положения равновесия (гармонические колебания). Частота и амплитуда при этом постоянны, причём частота не зависит от амплитуды.

2. Уравнение идеального осциллятора и его решение.

$$\ddot{x} + \omega_0^2 x = 0.$$

Это дифференциальное уравнение описывает поведение консервативного гармонического осциллятора. Коэффициент  $\omega_0$  называют циклической частотой осциллятора. (имеется в виду круговая частота, измеряющаяся в радианах в секунду). Чтобы перевести её в частоту, выраженную в герцах, надо разделить круговую частоту на  $2\pi$ .

$$x(t) = A \sin(\omega t + \varphi).$$

Здесь  $A$  — амплитуда,  $\omega$  — частота колебаний,  $\varphi$  — начальная фаза.

3. Амплитуда, частота и фаза колебания. Энергия колебаний.

Амплитуда —

максимальное значение смещения или изменения переменной величины от среднего значения при колебательном движении. Неотрицательная скалярная величина, размерность которой совпадает с размерностью определяемой физической величины.

Частота —

физическая величина, характеристика периодического процесса, равная количеству повторений или возникновения явлений (процессов) в единицу времени. Рассчитывается, как отношение количества повторений или возникновения явлений (процессов) к промежутку времени, за которое они совершины.

Фаза колебаний — аргумент периодической функции, описывающей колебательный или волновой процесс.

При гармонических колебаниях любых физических систем непрерывно и периодически происходит превращение кинетической энергии в потенциальную и обратно.

Например, при колебаниях физического или математического маятника в крайних положениях потенциальная энергия максимальна, а при прохождении положения равновесия максимальна кинетическая энергия.

4. Примеры колебательных движений различной физической природы.

Колебательные движения бывают:

1. Механические (звук, вибрация)
2. Электромагнитные (свет, радиоволны, тепловые)
3. Смешанного типа — комбинации вышеуперечисленных

5. Свободные и затухающие колебания осциллятора с потерями.

Затухание колебаний называется постепенное ослабление колебаний со временем, обусловленное потерей энергии колебательной системы. Свободные колебания в реальных системах всегда затухают. Затухание свободных

одных механических колебаний вызывается главным образом трением в возбуждении вокругающей среды и пружин. Закон затухания колебаний зависит от свойств колебательной системы.

#### 6. Вынужденные колебания.

Вынужденные колебания — колебания, происходящие под воздействием внешних периодических сил.

#### 7. Сложение колебаний (биения, фигуры Лиссажу).

Нередки случаи, когда система одновременно участвует в двух или в нескольких колебательных системах. В этих случаях образуется сложное колебательное движение, которое создается путем наложения (сложения) колебаний друг на друга. Случаи сложения колебаний могут быть весьма разнообразны. Они зависят не только от числа складываемых колебаний, но и от параметров колебаний, от их частот, фаз, амплитуд, направлений.

##### Биения —

явление, возникающее при наложении двух периодических колебаний, например, гармонических, близких по частоте, выражющееся в периодическом уменьшении и увеличении амплитуды суммарного сигнала. Частота изменена амплитуды суммарного сигнала равна разности частот исходных сигналов.

Биения возникают оттого, что один из двух сигналов линейно во времени меняется оттого, что другого в фазе, и, в том числе, когда колебания происходят синфазно, суммарный сигнал оказывается максимальен, а в моменты, когда два сигнала оказываются противофазе, они взаимно гасят друг друга. Этим моментам периодически меняются друг друга, омертвляя, как нарастает отставание.

Биения звуками можно слышать при настройке музыкальных инструментов, например, струнных и покамертона. Если частота струны неизменна, то она отличается от частоты камертона, то слышно, что звук пульсирует — это и есть биения. Струны для настройки вибруют, и они должны подтаягиваться или ослабляться так, чтобы частота биений уменьшалась. Присоединив высоту звука к стоячим волнам, биения полностью исчезают.

Эффект биений используется в электронике для вычитания частот сигналов.

##### Фигуры Лиссажу —

замкнутые траектории, прорезываемые точкой, совершающей одновременно два гармонических колебания в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Впервые изучены французским ученым Жюлем Антуаном Лиссажу. Вид фигуры зависит от соотношения между периодами (частотами), фазами и амплитудами обоих колебаний. В простейшем случае равенства обоих периодов фигура представляется собой эллипсы, которые при разности фаз  $0$  или  $\pi$

$\frac{\pi}{2}$

вырождаются в отрезки прямых, а при разности фаз  $\frac{\pi}{2}$

равенство амплитуд превращаются в окружность. Если периоды обоих колебаний не точечно совпадают, то разность фаз с течением времени меняется, вследствие чего эллипсы с течением времени деформируются. Присутствуют различные периоды фазы фигуры Лиссажу не наблюдаются. Однако, если периоды относятся как целые числа, то с течением времени, равными наименьшему кратному обоих периодов, движущаяся точка вновь возвращается в то же положение — получается фигура Лиссажу более сложной формы. Фигуры Лиссажу записываются в прямом угольнике, центр которого соединяется с началом координат, а стороны параллельны осям координат и расположены по обе стороны от них на расстояниях, равных амплитудам колебаний.

#### 8. Анализ синтез колебаний, понятие о спектре колебаний.

Гармоническим синтезом называют получение колебаний сложной формы путем суммирования их гармонических составляющих (гармоник).

Спектром времененной зависимости (функции)  $f(t)$  называется совокупность всех гармонических составляющих, образующих ряд Фурье.

Спектральный анализ периодических функций заключается в нахождении амплитуд фаз гармоник (косинусоид) ряда Фурье. Задача, обратная спектральному анализу, называется спектральным синтезом.

Под фильтрацией подразумевается выделение полезного сигнала из его смеси с мешающим сигналом (шумом). Наиболее распространенный тип фильтрации — частотная фильтрация. Если известна область частот, занимаемых полезным сигналом, достаточно выделить эту область и подавить ее в области, которые заняты шумом.

Обертоном называется любая собственная частота выше первой, самой низкой (основной тона), а те обертоны, частоты которых относятся к частоте основного тона как целые числа, называются гармониками, причем основной он считается первой гармоникой.

Если звук содержит в своем спектре только гармоники, то их сумма является периодическим процессом из звуков, дает четкое ощущение высоты. При этом субъективно ощущаемая высота звука соответствует наименьшему общему кратному частот гармоник.

Совокупность обертонов, составляющих сложный звук, называют спектром этого звука.

Разложение сложного звука на простейшие составляющие называют спектральным анализом, осуществляя его с помощью математического преобразования Фурье.

Любой сложный периодический звуковой сигнал может быть представлен в виде суммы простых гармонических сигналов, соответствующих им амплитудами и фазами. Совокупность всех амплитуд на шкале частот называется спектром, совокупность всех фаз — фазовым спектром. При этом, несмотря на то, что ряд Фурье может быть бесконечным, предлагаемая им форма записи оказывается очень удобной при проведении анализа и обработки.

#### 9. Связанные колебания.

**Связанные колебания-**  
свободные колебания связанных систем, состоящих из взаимодействующих одиночных колебательных систем.  
Связанные колебательные системы влияют друг на друга. Колебания таких систем между собой не зависят, поскольку системы обмениваются энергией. Связь может быть обусловлена: упругостью, трением, инерцией.  
Если одна из систем сообщили энергию одной из систем, то оно передаст колебательное движение, а другая система оно передаст свою энергию в другой системе. Скорость передачи энергии зависит от того, насколько сильна связь.

### **1.13. Лекция 13 (Л-13) (2 часа)**

**Тема: «Волны»**

#### **1.13.1 Вопросы лекции:**

1. Волновое движение.
2. Плоская гармоническая волна.
3. Длинные волны, волновое число, фазовая скорость.
4. Уравнение волны. Одномерное волновое уравнение.
5. Упругие волны в газах, жидкостях и твердых телах.
6. Эффект Доплера.

#### **1.13.2 Краткое содержание вопросов**

1. Волновое движение.

Волновой процесс (волна) — это процесс распространения колебаний в сплошной среде.

2. Плоская гармоническая волна.

Гармоническая волна —

волна, при которой каждая точка колеблющейся среды или полевая точка пространства совершает гармонические колебания.

3. Длинные волны, волновое число, фазовая скорость.

Длинные волны —

расстояние между двумя ближайшими друг другу точками в пространстве, в которых колебания происходят в одинаковой фазе.

Волновое число — это отношение  $2\pi$  радиан к длине волны: пространственный аналог круговой частоты

Фазовая скорость —

скорость перемещения точки, обладающей постоянной фазой колебательного движения в пространстве, вдоль заданного направления.

4. Уравнение волны. Одномерное волновое уравнение.

Волновое уравнение —

линейно-дифференциальное уравнение частных производных, задающее малые поперечные колебания тонкой мембрани или струны, а также колебательные процессы в сплошных средах (акустика, преи мущественно линейная: звуки в газах, жидкостях и твердых телах) и электромагнетизме (электродинамика). Находит применение в других областях теоретической физики, например при описании гравитационных волн. Является одномерным основным уравнением математической физики.

5. Упругие волны в газах, жидкостях и твердых телах.

Упругие волны —

упругие возмущения, распространяющиеся в твердой, жидкой и газообразных средах, например, волны, возникающие в земной коре при землетрясениях, звуки в газах, звуки в жидкостях, газах и твердых телах. При распространении упругой волны в среде возникают механические деформации и сжатия, которые передаются волной из одной точки в другую. При этом имеется местное перенос энергии в упругой деформации и отсутствует потеря энергии (исключая случаи, например, акустических и течений). Всякая гармоническая упругая волна характеризуется амплитудой колебательного смещения частицы среды и направлением колебательной скорости, а также, переменным механическим напряжением деформацией, частотой колебаний частицы среды, длиной волны, фазовой и групповой скоростями, а также законом распределения смещений и напряжений по фронту волны.

В жидкостях и газах, которые обладают упругостью объема, но не обладают упругостью формы, могут распространяться лишь продольные волны разрежения — сжатия, где колебания частицы среды происходят в направлении распространения волны.

6. Эффект Доплера

Эффект Доплера —

изменение частоты, соответственно, длины волны излучения, воспринимаемое наблюдателем (приемником), вследствие движения источника излучения и/или движения наблюдателя (приемника). Эффект назван в честь австрийского физика Кристиана Доплера.

### **1.14. Лекция 14 (Л-14) (2 часа)**

**Тема: «Волновая оптика»**

#### **1.14.1 Вопросы лекции:**

1. Интерференция.
2. Дифракция.
3. Поляризация.

#### 4. Дисперсия.

##### 1.14.2 Краткое содержание вопросов

###### 1. Интерференция.

Если в некоторой однородной изотропной среде дифракционные источники возбуждают сферические волны, то произвольной точке пространства может происходить наложение волн в соответствии с принципом суперпозиции (наложения): каждая точка среды, куда приходят две или несколько волн, принимает участие в колебаниях, вызванных каждой волной в отдельности. Таким образом, волны не взаимодействуют друг с другом и распространяются независимо друг от друга.

Интерференция волн — взаимное усиление или уменьшение результирующей амплитуды двух или нескольких когерентных волн при их наложении друг на друга. Она сопровождается чередованием максимумов (пучностей) и минимумов (узлов) интенсивности в пространстве. Результат интерференции (интерференционная картина) зависит от разности фаз на гладких волнах.

Интерферировать могут все волны, однако устойчивая интерференционная картина будет наблюдаться только в том случае, если волны имеют одинаковую частоту колебания в них и неортогональны. Интерференция может быть стационарной и нестационарной. Стационарную интерференционную картину могут давать только когерентные волны. Например, две сферические волны на поверхности воды, распространяющиеся от двух когерентных точечных источников, при интерференции дают результатирующую волну, фронт которой будет сферой.

При интерференции энергия волн передается в пространстве. Это не противоречит закону сохранения энергии, потому, что в среднем, для большой области пространства, энергия результирующей волны равна сумме энергий, интегрирующих волн.

###### 4. Дифракция.

Дифракция волн — явление, которое проявляется, как отклонение от законов геометрической оптики при распространении волн. Она представляет собой общий универсальный явление, характеризующееся однинимением и законом наблюдения волновых полей разной природы.

Так, именно явлением дифракции является предел разрешающей способности любого оптического прибора, создающего изображение, который невозможен превзойти принципиально при заданной ширине спектра излучения, используемого для построения изображения.

Изначально явление дифракции трактовалось какгибание волной препятствия, то есть проникновение волн в область геометрической тени. Сточкозрения современной науки определило дифракцию какгибания светом препятствия, признается недостаточным (слишком узким) и не вполне адекватным. Так, с дифракцией связываются машировки, круглявления, возникающие при распространении волн (в случае учёта их пространственного ограничения) вне однородных средах.

Дифракция волн может проявляться:

— в преобразовании пространственной структуры волн. В одних случаях такое преобразование можно рассматривать как «огибание» волнами препятствий, в других случаях —

как расширение угла распространения волновых пучков или их отклонение в пределённом направлении;

- в разложении волн по их частотному спектру;
- в преобразовании поляризации волн;
- в изменении фазовой структуры волн.

Наиболее хорошо изучена дифракция электромагнитных (в частности, оптических) и акустических волн, а также гравитационно-капиллярных волн (волны на поверхности жидкости).

###### 3. Поляризация.

Поляризованным называется свет, в котором направления колебаний светового вектора упорядочены каким-либо образом. Вестественном свете колебания различных направлений быстро беспорядочно меняются друг друга.

Плоскополяризованный свет можно получить из естественного с помощью поляризаторов. Это приборы, которые свободно пропускают колебания, параллельные плоскости поляризатора, и полностью или частично задерживают колебания, перпендикулярные ей плоскости. Поляризатор, частично задерживающий перпендикулярные ему колебания, называют несовершенным. Привычные из такогополяризатора колебания одногонаправления преобладают над колебаниями других направлений световой волны. Такой свет называют частично поляризованным.

###### 4. Дисперсия.

Электромагнитные волны могут распространяться не только в вакууме, но и в различных средах. Но только в акустике скорость распространения волн постоянна и не зависит от частоты. В остальных средах скорость распространения волн различной частоты неодинакова. Так как абсолютный показатель преломления зависит от скорости распространения в веществе, то экспериментально наблюдается зависимость показателя преломления от длины волны — дисперсия света.

Поглощение электромагнитного излучения — процесс спотери энергии потоком электромагнитного излучения в следствии взаимодействия света с веществом.

## 1.15.Лекция15(Л-15)(2часа)

Тема:«Квантоваяфизика»

### 1.15.1Вопросылекции:

- 1.Квантовые свойства электромагнитного излучения.
- 2.Тепловое излучение и люминесценция.
- 3.Спектральные характеристики теплового излучения.
- 4.Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана и закон смещения Вина.
- 5.Абсолютно чёрного тела.
- 6.Формула Релея-Джинса и «ультрафиолетовая катастрофа». Гипотеза Квантов. Формула Планка.
- 7.Квантовое объяснение законов теплового излучения.
- 8.Корпускулярно-волновой дуализм света.

### 1.15.2Краткое содержание вопросов

#### 1.Квантовые свойства электромагнитного излучения

Квантовые свойства электромагнитного излучения относятся: фотоэффект, эффект Комптона, дифракция электронов.

#### 2.Тепловое излучение и люминесценция.

Тепловое излучение — электромагнитное излучение, возникающее за счёт внутренней энергии тела. Имеет сплошной спектр, расположенный в интенсивности максимумом, который зависит от температуры тела.

Причиной этого, что вещества излучают электромагнитные волны, является устройство атомов и молекул из разреженных частиц, из-за чего вещества пронизаны электромагнитными полями. В частности, при столкновениях атомов и молекул происходит их ударное возбуждение, сопровождающееся вылучением света.

Люминесценция — не тепловое излучение вещества, происходящее после поглощения им энергии возбуждения. Впервые люминесценция была описана в XVIII веке.

Первоначально явление люминесценции использовалось для изготовления светящихся красок и световых схем, оставив основу для так называемых фосфоров, для нанесения на шкалы приборов, предназначенные для использования в темноте. Особое внимание в СССР люминесценции привлекало с 1948 года, когда советский учёный С.И. Вавилов на сессии Верховного Совета предложил начать изготовление экономичных люминесцентных ламп для использования люминесценции в химических веществах. В частности, в 1950 году впервые было получено излучение люминесценции, используя лампы «дневного света» и электронно-лучевые трубки кинескопов. На использование явления люминесценции основано явление усиления света, экспериментально подтверждённое работами В.А. Фабриканта и лежащее в основе научно-технического направления квантовой электроники, конкретно находящееся в применении в усиителях света и генераторах стимулированного излучения (лазерах).

#### 3.Спектральные характеристики теплового излучения.

Поглощающая способность тела —  $a_{\omega, T}$  — функция частоты температуры, показывающая, какая часть энергии электромагнитного излучения, падающей на тело, поглощается телом в определённой частоте  $d\omega$  вблизи  $\omega$ .

Отражающая способность тела —  $b_{\omega, T}$  — функция частоты температуры, показывающая, какая часть энергии электромагнитного излучения, падающей на тело, отражается от него в определённой частоте  $d\omega$  вблизи  $\omega$ .

#### 4.Законы Кирхгофа, Стефана-Больцмана и закон смещения Вина.

Закон излучения Кирхгофа — физический закон, установленный немецким физиком Кирхгофом в 1859 году. В современной формулировке закон звучит следующим образом: отношение излучательной способности любоготелакогопоглощающей способности:

$$I = \frac{c}{4\pi} \int_{\lambda}^{\infty} \sigma(\lambda) \lambda^3 d\lambda$$

где  $I$  — интенсивность излучения,  $c$  — константа,  $\sigma(\lambda)$  — спектральная плотность излучения,  $\lambda$  — длина волны.

Закон Стефана-Больцмана — интегральный закон излучения абсолютно чёрного тела. Определяет зависимость плотности излучения от температуры тела. В словесной форме закон может быть сформулирован следующим образом: полная объёмная плотность равновесного излучения пропорциональна температуре тела и зависит от длины волны.

Закон смещения Вина устанавливает зависимость длины волны, на которой поток излучения энергии чёрного тела достигает своего максимума, от температуры чёрного тела.

#### 5.Абсолютно чёрного тела

Абсолютно чёрного тела, которое при любой температуре поглощает все падающее на него электромагнитное излучение во всех диапазонах. Таким образом, для абсолютно чёрного тела поглощающая способность (отношение поглощённого излучения к излучению) равна единице.

ойэнергиикэнергиипадающегоизлучения)равна1приизлученияхвсехчастот,направленийраспространенияиполяризаций.

Несмотрянаназвание,абсолютночёрноетелосамоможетиспускатьэлектромагнитноизлучениелюбочастотыивизуальноиметьцвет.Спектризлученияабсолютночёрноготелаопределяетсятолькоегемпературой.

6.ФормулаРелея-Джинса«ультрафиолетоваякатастрофа».Гипотезаквантов.ФормулПланка

ЗаконРэля—Джинса—законизлучениядляравновеснойплотностиизлучения  $u(\omega, T)$   
идляиспускательнойспособности  $f(\omega, T)$   
абсолютночёрноготела,которыйполучилиРэлейиДжинсврамкахклассическойстатистики(теоремаоравнораспределенииэнергиипостепенямсвободыи представлениеобэлектромагнитномполекакбесконечномернойдинамическойсистеме).

Правильноописывалнизкочастотнуючастьспектра,присреднихчастотахприводилкрезкомурасхождениекоэкспериментом,апривысоких—  
кабсурдномурезультату,означавшемуудовлетворительностьклассическойфизики.

Этотрезультат,получившийназваниеультрафиолетовойкатастрофы,очевидно,входитвпротиворечиескспериментом.Логичнопределенение,чтонесогласиесэкспериментомвызванонекимизакономерностями,которыенессовместимысклассическойфизикой.ЭтиакономерностибылиопределеныМаксомПланком:в1900годусемуудалосьнайтивидфункции  $u(\omega, T)$ ,соответствующийопытнымданным,вдальнейшемназываемойформулойПланка.

ГипотезаПланка—

гипотеза,выдвинутая14декабря1900годаМаксомПланкомизаключающейсяявлением,чтопритепловомизлучениииэнергияиспускаетсяипоглощаетсяненепрерывно,аотдельнымиквантами(порциями).

ФормулаПланка— выражениедляспектральнойплотностимощностиизлучения(спектральнойплотностиэнергетическойсветимости)иабсолютночёрноготела,котороебылополученоМаксомПланкомдляплотностиэнергииизлучения  $u(\omega, T)$ .

$$u(\omega, T) = \frac{\omega^2}{\pi^2 c^3} \frac{\hbar\omega}{e^{\frac{\hbar\omega}{kT}} - 1}$$

ФормулаПланка(«форма»зависимости  $u$  отчастотыимпературы)первоначальнобыла«выведена»эмпирически.ФормулаПланкабылаполученапоследогоКаксталоясно,чтоформулаРэля— Джинса,котораяследуетизклассическойтеорииэлектромагнитногополя,удовлетворительноописываетизлучениеитольковобластидлинныххволн.СубываниемдлинволнформулаРэля—  
Джинсасильнорасходитсясэмпирическими данными.Болеетого,впределонадаётрасхождение— бесконечнуююэнергиюизлучения(ультрафиолетоваякатастрофа).ВсвязисэтимПланкв1900годусделалпредположение,противоречащеклассическойфизике,отом,чтоэлектромагнитноизлучениеиспускаетсявидеотдельныхпорцийэнергии(квантов),величинакоторыхсвязанасчастотойизлучениявыражением:

$$\epsilon = \hbar\omega$$

Коэффициентпропорциональности  $\hbar$

впоследствииназвалипостояннойПланка.Этотпредположениепозволилообъяснитьнаблюдаемыйспектризлучениеитеоретически.

7.Квантовоеобъяснениезаконовтепловогоизлучения

ПравильностьформулыПланкаподтверждаетсянетольконепосредственнайэмпирической проверкой,но иследствиямиизданнойформулы,вчастностиизнейследуетзаконСтефана-Больцмана,такжеэмпирическийподтверждённый.Крометого,изнейвыводятсятакжеиприблизительныеформулы,полученныедоформулыПланка,—формулаВинаиформулаРэля-Джинса.

8.Корпускулярно-волновойдуализмсвета.

Корпускулярно-волновойдуализм(илиКвантово-волновойдуализм)— принцип,согласнокоторомулюбойфизическийобъектможетбытьописанкаксиспользованиемматематического аппарата,основанногонаволновыхуравнениях,такиспомощьюформализма,основанногона представлениииобъектекакчастицеиликаксистемечастиц.Вчастности,волновоеуравнениеШрёдингеранакладываетограниченийнамассуописываемыххимчастиц,исследовательно,любойчастице,какмикро-,такимакро-,можетбытьпоставленавсоответствиеволнадеБройля.Вэтоммыслелюбойобъектможетпроявлятькакволновые,такикорпускулярные(квантовые)свойства.

Идеяокорпускулярно-волновомудуализмебылаиспользованаприразработкеквантовоймеханикидляинтерпретациивлений,наблюдаемыхвмикромире,сточкизренияклассическихконцепций.ВсоответствиистоеческойЭренфестаквантовыенаналогисистемыканоническихуравненийГамильтонадлямакрочастицприводяткобычнымуравнениямклассической механики.Дальнейшимразвитиемпринципакорпускулярно-волновогодуализмасталаконцепцияквантованныхполейквантовойтеориииполя.

Как классический пример, свет может трактоваться как поток корпускул (фотонов), которые вомногих физических эффектах проявляют свойства электромагнитных волн. Свет демонстрирует свойства волн, выявления хифа кции и интерференции при масштабах, сравнимых с длиной световой волны. Например, даже одиночные фотографии, проходящие через зеркальную щель, создают на экране интерференционную картину, определяемую уравнениями Максвелла. Характер решаемой задачи зависит от выбранного подхода: корпускулярного (фотоэффект, эффект Комптона), волнового или термодинамического.

Тем не менее, эксперимент показывает, что фотон не есть короткий импульс электромагнитного излучения, например, он не может быть разделён на несколько копий отдельных лучей, что на глядно показал эксперимент, проведённый французскими физиками Гранже, Роже и Аспэ в 1986 году. Корпускулярные свойства света проявляются при фотоэффекте и в эффекте Комптона. Фотон ведет себя как частица, которая излучается или поглощается целиком объектами, размеры которых намного меньше длины волн (например, атомными ядрами), или в общем могут считаться точечными (например, электроном).

Сейчас концепция корпускулярно-волнового дуализма представляет лишь исторический интерес, так как, во-первых, некорректно сравнивать или противопоставлять материальный объект (электромагнитное излучение, например) и способ его описания (корпускулярный или волновой); и, во-вторых, способ описания материального объекта может быть больше двух (корпускулярный, волновой, термодинамический, ...), так что сам термин «дуализм» становится неверным. Намного интереснее вспоминать о концепции корпускулярно-волнового дуализма как способом интерпретировать поведение квантовых объектов, подбирая аналогии из классической физики. Надеяния на классическую физику не являются ни классическими волнами, ни классическими частицами, приобретая свойства первых или вторых лишь в некотором приближении. Методологически более корректной является формулировка как квантовой теории, итерирующейся в интегральном потраекториям, свободная от использования классических понятий.

## 1.16. Лекция 16 (Л-16) (2 часа)

Тема: «Ядерная физика»

### 1.16.1 Вопросы лекции:

1. Состав атомного ядра.
2. Характеристики ядра: заряд, масса, энергия связи и нуклонов.
3. Радиоактивность. Виды изонон радиоактивного излучения. Ядерные реакции. Деление ядер. Синтез ядер.
4. Детектирование ядерных излучений. Понятие о дозиметрии и защите.

### 1.16.2 Краткое содержание вопросов

1. Состав атомного ядра.

Атомное ядро —

центральная часть атома, в которой сосредоточена основная масса (более 99,9%). Ядро заряжено положительно, заряд ядра определяет химический элемент, к которому относится атом. Размеры ядер различных атомов составляют несколько фемтometров, чтобы ее членить на 10 тысяч раз, меньшие размеры самого атома.

Атомное ядро состоит из нуклонов — положительно заряженных протонов и нейтральных нейтронов, которые связаны между собой притяжением (силой притяжения), равной  $\hbar/2 = h/4\pi$

и связанные с ним магнитным моментом. Единственный стабильный атом, не содержащий нейтронов в ядре — лёгкий водород (протий).

Атомное ядро, рассматриваемое как классическая частица с определённым числом протонов и нейтронов, принято называть нуклидом.

В некоторых случаях могут образовываться короткоживущие экзотические атомы, в которых вместо нуклонов ядро служат иные частицы.

Количество протонов в ядре называется его зарядовым числом  $Z$  — это число, равное порядковому номеру элемента, к которому относится атом, в таблице Менделеева. Количество протонов в ядре определяет структуру электронной оболочки атома, таким образом, химические свойства атома соответствуют элемента. Количество нейтронов в ядре называется его изотопическим числом  $N$ . Ядро с одинаковым числом протонов и разным числом нейтронов называются изотопами. Ядро с одинаковым числом нейтронов, но разным числом протонов — называется изотонами. Термин изотоп используется также применительно к атомам, содержащим указанные ядра, а также для характеристики химических разновидностей одного химического элемента. Полноеклическое количество протонов в ядре называется его массовым числом  $A$  ( $A = N + Z$ ) и приблизительно равно средней массе атома, указанной в таблице Менделеева. Нуклиды с одинаковым массовым числом, но разным протон-нейтронным составом называются изобарами.

Как и любая квантовая система, ядро может находиться в метастабильном возбуждённом состоянии, причём отдельных случаев времени жизни такого состояния исчисляется годами. Такие возбуждённые состояния ядер называются ядерными изомерами.

2. Характеристики ядра: заряд, масса, энергия связи, нуклонов.

Числопротонов в ядре  $Z$

определяет непосредственно его электрический заряд, а изотопов одинаково количество протонов, но разноеколи чествонейтронов. Ядерные свойства изотопов элементов отличаются от химических, могут различаться чрезвычайно разнообразно [1].

Впервые заряды ядер определил Генри Мозли в 1913 году. Свои экспериментальные наблюдения учёный интерпретировал зависимостью длины волн от генератора константы  $Z$ , изменяющейся на единицу от элемента как элементу равной единице для водорода:

$$\sqrt{1/\lambda} = aZ - b, \text{ где } a \text{ и } b \text{ — постоянные.}$$

Из чего Генри Мозли сделал вывод, что найденная в его опытах константа атома, определяющая длину волн ядра, есть характеристика ядра, определяющаяся излучением от некоторой константы  $Z$ , изменяющейся на единицу от элемента как элементу равной единице для водорода.

Из-за разницы в численности ядерных зарядов  $A - Z$  изотопы элементов имеют разную массу  $M(A, Z)$

, которая является важной характеристикой ядра. В ядерной физике массу ядра приравнивают к атомной единице химической массы (а.е.м.), заодно а.е.м. принимают 1/12 часть массы нуклида  $^{12}\text{C}$ . Следует отметить, что стандартная масса, которую обычно приводят для нуклида —

это масса ядра атома. Для определения массы ядра нужно из массы атома вычесть сумму масс всех электронов (более точно значение получится, если учесть, что и энергия связи и масса ядра включены в массу атома).

Анализ распада ядер с помощью ядерной физики показывает, что ядро имеет собственные моменты, в том числе:

$$R = r_0 A^{1/3}, \text{ где } r_0 \text{ — константа.}$$

Так как радиус ядра является чисто геометрической характеристикой и связан с радиусом ядра, то и ядерные силы, т.е. значение  $r_0$  зависит от процесса, при анализе которого получено значение  $R$ , у средненое значение  $r_0 = 1,23 \cdot 10^{-15}$  м.

Как и составляющие его нуклоны, ядро имеет собственные моменты.

Поскольку нуклоны обладают собственным механическим моментом, или спином, равным  $1/2$ , то и ядро должно иметь механические моменты. Кроме того, нуклоны участвуют в ядерном движении, которое также характеризуется определённым моментом количества движения, как и для нуклона. Орбитальные моменты принимают только целочисленные значения  $\hbar$  (постоянная Дирака). Всем механическим моментам нуклонов, как спины, так и орбитальные, суммируются алгебраически и составляют спин ядра.

Несмотря на то, что численность ядерных спин может быть очень велика, спины ядер обычного невелики и составляют не более нескольких  $\hbar$ , что объясняется особенностями взаимодействия одноимённых нуклонов. Всепарные протоны и нейтроны взаимодействуют только так, что их спины взаимно компенсируются, то есть пары всегда взаимодействуют сантитипараллельными спинами. Суммарный орбитальный момент пары ядер всегда равен нулю. В результате ядра, состоящие из четырёх числа протонов и четырёх числа нейтронов, не имеют механического момента. Отличие от нуля спины существует только у ядер, имеющих в своём составе парные нуклоны, спин которых суммируется с его орбитальным моментом и имеет какое-либо целочисленное значение:  $1/2, 3/2, 5/2$ . Ядро с чётно-нечётным составом имеет целочисленные спины:  $1, 2, 3$  и т.д.

Измерения спинов стали возможны благодаря наличию непосредственно связанных с ними магнитных моментов. Они измеряются магнитомахиура различными ядерными магнитами. Из-за относительной величины массы нуклонов и магнитных моментов ядер очень малы, поэтому для сравнения с магнитным моментом тяжёлых ядер, имеющих в своём составе парные нуклоны, необходимо использовать специальные спектроскопические методы, наилучшим образом магнитного резонанса.

Магнитный момент чётно-нечётных пар, как и спин, равен нулю. Магнитные моменты ядер с парными нуклонами образуются собственным образом, а не с помощью спинами, связанными с орбитальным движением непарного протона.

Большая энергия связи нуклонов, входящих в ядро, говорит о существовании ядерных сил, поскольку известны гравитационные силы, слишком малы, чтобы преодолеть взаимное электростатическое отталкивание протонов в ядре. Связь нуклонов существует чрезвычайно коротко, живущими силами, которые возникают в следствии неупорядоченного обмена частицами, называемыми пи-мезонами, между нуклонами в ядре.

Экспериментально было обнаружено, что для ядер с одинаковыми массами и одинаковыми составляющими их нуклонами, взятых по отдельности. Эта разница называется дефектом массы или избыtkом массы и определяется соотношением:

$$\Delta M(Z, A) = Zm_p + (A - Z)m_n - M(Z, A),$$

где  $m_p$  и  $m_n$  — массы свободного протона и нейтрона,  $M(Z, A)$  — масса ядра.

Согласно принципу эквивалентности массы энергии и дефекта массы представляется собой массу, эквивалентную работе, затраченной ядерными силами, чтобы собрать все нуклоны вместе при образовании ядра. Это величина равна изменению потенциальной энергии нуклонов в результате их объединения в ядро.

Энергия, эквивалентная дефекту массы, называется энергией связывания ядра и равна:

$$E_c = (Zm_p + (A - Z)m_n - M(Z, A))c^2,$$

где  $c$  — скорость света в вакууме.

Другим важным параметром ядра является энергия связи, приходящаяся на один нуклон ядра, которую можно вычислить, разделив энергию связывания ядра на число содержащихся в нем нуклонов:

$$\varepsilon = \frac{E_c}{A}$$

Эта величина представляет собой среднюю энергию, которую нужно затратить, чтобы удалить один нуклон из ядра, или среднее изменение энергии связывания ядра, когда свободный протон или нейtron поглощается в нем.

### 3. Радиоактивность. Виды изоаконов радиоактивного излучения. Ядерные реакции. Деление ядер. Синтез ядер.

Радиоактивный распад —

спонтанное изменение состава (заряда  $Z$ , массового числа  $A$ ) или внутреннего строения нестабильных атомных ядер путем спускания элементарных частиц, гамма-квантов и/или ядерных фрагментов. Процессы радиоактивного распада называются радиоактивностью, а соответствующие ядра (нуклиды, изотопы химических элементов) — радиоактивными. Радиоактивные изоаконы называются так же веществами, содержащими радиоактивные ядра.

Установлено, что радиоактивные химические элементы спорядковым номером, большим 82 (то есть начиная с висмута), и некоторые более легкие элементы (прометий, технеций) не имеют стабильных изотопов, а у некоторых элементов, например индия, калия, рубидия или кальция, одни природные изотопы стабильны, другие же радиоактивны.

Естественная радиоактивность — самопроизвольный распад атомных ядер, встречающихся в природе.

Искусственная радиоактивность —

самопроизвольный распад атомных ядер, полученных искусственным путем через соответствующие ядерные реакции.

Ядро, испытывающее радиоактивный распад, и ядро, возникающее в результате этого распада, называются соответствующим материнским и дочерним ядрами. Изменение массового числа за ядро-дочернее ядро в отношении к материнскому описывается правилом смещения Содди.

Распад, сопровождающийся испусканием альфа-частиц, называется альфа-распадом; распад, сопровождающийся испусканием бета-частиц, называется бета-распадом (в настоящее время известно, что существуют типы бета-распада без испускания бета-частиц, однако бета-распад всегда сопровождается испусканиемнейтрона или антинейтрона). Термин «гамма-распад» применяется редко; испускание ядерного гамма-кванта называется обычной изомерной переходом. Гамма-излучение часто сопровождается другими типами распада, когда результат первого этапа распада возникает дочерне ядро в возбужденном состоянии, затем испытывает переход в основное состояние и испускает гамма-кванты.

Энергетические спектры  $\gamma$ -частиц —

квантов, излучаемых радиоактивными ядрами, прерывистые («дискретные»), а спектр  $\beta$ -частиц — непрерывный.

В настоящее время, кроме альфа-, бета- и гамма-распадов, обнаружены распады с испусканиемнейтрона, протона (атак же двух протонов), кластерная радиоактивность, спонтанное деление. Электронный захват, позитронный распад (или  $\beta^+$ -распад), атак же двойной бета-распад (и его виды) обычно считаются различными типами бета-распада.

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

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

что означает, что число распадов за интервал времени  $\Delta t$  пропорционально числу  $N$  имеющихся в ядре радиоактивных атомов данного типа.

В этом математическом выражении  $\lambda$  —

постоянная распада, которая характеризует вероятность радиоактивного распада за единицу времени и имеет размерность  $\text{с}^{-1}$ . Знак минус указывает на то, что числа радиоактивных ядер сокращаются со временем. Закон выражает зависимость распада радиоактивных ядер друг от друга в отсутствии: вероятность распада данного ядра в единицу времени не зависит от времени, прошедшего с начала эксперимента, и от количества ядер, оставшихся в ядре.

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

Константараспада радиоактивного ядра большинство случаев практика не зависит от окружающих условий (температуры, давления, химического состава вещества и т. п.). Например, твёрдый тритий  $T_2$  при температуре вне сколько кельвинов распадается со скоростью, что газообразный тритий при комнатной температуре или при температуре выше 1500 К распадается со скоростью, что и в составе триированного говядины. Слабые изменения константы распада в лабораторных условиях обнаружены лишь для электронного захвата — доступные в лаборатории температуры давления, а также изменения химического состава способны не сколько изменять плотность электронного облака вокруг ядра, что приводит к изменению скорости распада на доли процента. Однако достаточно чётких условиях (высокая ионизация атома, высокая плотность электронов, высокий химический потенциал нейтрона, сильные магнитные поля), градиенты распада могут изменять свою вероятность.

Постоянство константы радиоактивного распада позволяет измерять возраст различных природных ядерных объектов, варьируя температуру и давление, а также изменение химического состава вещества. Разработан ряд методов радиоизотопного датирования, позволяющих измерять возраст объектов в диапазоне от единиц до миллиардов лет; среди них наиболее известны радиоуглеродный метод, уран-свинцовый метод, уран-гелиевый метод, калий-аргоновый метод и др.

**Ядерная реакция** — это процесс взаимодействия атомного ядра с другим ядром или элементарной частицей, сопровождающийся изменением состава и структуры ядра. Последствием взаимодействия может стать деление ядра, испускание элементарных частиц или фотонов. Кинетическая энергия вновь образованных частиц может быть гораздо выше, чем первоначальной, при этом говорят о делении энергии ядерной реакции.

Впервые ядерную реакцию наблюдал Резерфорд в 1919 году, бомбардируя альфа-частицы ядрами атомов азота, он был способен фиксировать появление вторичных ионизирующих частиц, имеющих пребывание в газе большее, чем пробег альфа-частиц. Впоследствии спомощью камеры Вильсона были получены фотографии этого процесса.

Помеханизму взаимодействия ядерные реакции делятся на два вида:

— реакции образования и состава ядра, это двухстадийный процесс, протекающий при не очень большом кинетическом энергии и сталкиваний ядерных частиц (примерно до 10 МэВ).

— прямые ядерные реакции, проходящие за короткое время, необходимое для того, чтобы частицы пересекли ядро. Главным образом такая реакция проявляется при больших энергиях бомбардирующих частиц.

Если после столкновения сохраняются исходные ядерные частицы, они рождаются новыми, то реакция называется ядерной. Если же ядерные частицы разрушаются, то реакция называется ядерной.

**Ядерная реакция деления** — процесс расщепления атомного ядра на два (реже три) ядра с близкими массами, называемыми сколками деления.

**Ядерная реакция синтеза** — процесс образования более крупного ядра из более мелких частиц.

4. Детектирование ядерных излучений. Понятие дозиметрии излучения.

Детектирование любоговидимого излучения сводится к детектированию заряженных частиц, основанное на регистрации эффектов, вызываемых заряженной частицей при ее прохождении в веществе, проявляющихся в виде излучения различной природы (излучение Вавилова — Черенкова, звук, тормозное излучение и т. п.), генерируемых частицами, выхodящими из трека ядерного излучения, возможно, из объема детектора.

**Дозиметрия** — область прикладной физики, в которой изучаются физические величины, характеризующие действие ионизирующих излучений на объекты живой и неживой природы, в частности дозы излучения, а также методы приборов для измерения этих величин.

Развитие дозиметрии. Первоначально определялось необходимость защиты человека от ионизирующих излучений. Вскоре после открытия рентгеновских лучей было замечено, что они вызывают различные биологические эффекты, возникающие при облучении человека. Появилась необходимость количественной оценки степени радиационной опасности. В качестве основного критерия был принят экспозиционная доза, измеряемая в Рентгенах. Определение дозы в Рентгенах определяется

## 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ПРОВЕДЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

## **2.1 Практическое занятие №1 (2 часа).**

**Тема:** «Физические величины, их измерение и оценка погрешностей»

### **2.1.1 Задание для работы:**

1. Физика в системе естественных наук.
2. Общая структура задач и дисциплины «Физика».
3. Краткая история физических идей, концепций и открытий.
4. Классическая и неklassическая физика.
5. Физика и научно-технический прогресс.
6. Экспериментальная и теоретическая физика.
7. Физические величины, измерение физических величин.
8. Погрешность измерений. Систематические и случайные погрешности.
9. Абсолютная и относительная погрешность. Погрешности коэффициентов измерений.
10. Системы единиц физических величин. Международная система единиц (СИ).

### **2.1.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

### **2.1.3 Результаты и выводы:**

Усвоено место физики в системе естественных наук. Изучено основной материал физических величин и их измерений.

## **2.2 Практическое занятие №2 (2 часа).**

**Тема:** «Кинематика поступательного и вращательного движения»

### **2.2.1 Задание для работы:**

1. Системы координат.
2. Система отсчета.
3. Основные кинематические характеристики криволинейного движения: скорость и ускорение.
4. Нормальное и тангенциальное ускорение.
5. Кинематика вращательного движения: угловая скорость и угловое ускорение, их связь с линейской скоростью и ускорением.

### **2.2.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

### **2.2.3 Результаты и выводы:**

Усвоены понятия, определения и законы кинематики поступательного и вращательного движения.

## **2.3 Практическое занятие №3 (2 часа).**

**Тема:** «Динамика поступательного и вращательного движения»

### **2.3.1 Задание для работы:**

1. Инерциальные системы отсчета.
2. Неинерциальные системы отсчета.
3. Первый закон Ньютона.
4. Масса.
5. Сила.
6. Второй закон Ньютона.
7. Третий закон Ньютона.
8. Момент инерции, теорема Штейнера.

9. Момент силы.
10. Уравнение вращения твердого тела вокруг закрепленной оси.

**2.3.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

**2.3.3 Результаты и выводы:**

Усвоены понятия, определения и законы динамики поступательного и вращательного движения.

**2.4 Практическое занятие №4 (2 часа).**

**Тема:** «Законы сохранения»

**2.4.1 Задание для работы:**

1. Работа.
2. Мощность.
3. Энергия.
4. Закон сохранения энергии.
5. Импульс.
6. Закон сохранения импульса.
7. Момент импульса.
8. Закон сохранения момента импульса.

**2.4.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

**2.4.3 Результаты и выводы:**

Законы сохранения играют очень важную роль в физике и науках, т.к. говорят о величинах, значение которых сохраняется (неизменяется) со временем. Так же законы сохранения относятся к тем немногим законам, которые практически не имеют границ применимости.

**2.5 Практическое занятие №5 (2 часа).**

**Тема:** «Элементы механики сплошных сред»

**2.5.1 Задание для работы:**

1. Общие свойства жидкостей и газов.
2. Стационарное течение идеальной жидкости.
3. Уравнение Бернулли.
4. Упругие напряжения и деформации в твердом теле.
5. Закон Гука.
6. Модуль Юнга.
7. Коэффициент Пуассона.

**2.5.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

**2.5.3 Результаты и выводы:**

Усвоены понятия, определения и законы течения жидкостей и деформации твердых тел.

Х.

**2.6 Практическое занятие №6 (2 часа).**

**Тема:** «Молекулярно-кинетическая теория (МКТ)»

**2.6.1 Задание для работы:**

1. Основные положения МКТ.
2. Давление газа за сточку из рения МКТ.
3. Распределение Максвелла молекул идеального газа.
4. Экспериментальное обоснование распределения Максвелла.

**2.6.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

**2.6.3 Результаты и выводы:**

Усвоены понятия, определения и законы молекулярно-кинетической теории.

**2.7 Практическое занятие № 7 (2 часа).**

**Тема:** «Элементы физической кинетики»

**2.7.1 Задания для работы:**

1. Явления переноса.
2. Диффузия.
3. Теплопроводность.
4. Внутреннее трение.

**2.7.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

**2.7.3 Результаты и выводы:**

Усвоены понятия, определения и законы неравновесных систем.

**2.8 Практическое занятие № 8 (2 часа).**

**Тема:** «Феноменологическая термодинамика»

**2.8.1 Задания для работы:**

1. Термодинамическое равновесие и температура. Нульвоеначало термодинамики.
2. Эмпирическая температурная шкала.
3. Уравнение состояния в термодинамике.
4. Квазистатические процессы. Обратимые и необратимые процессы.
5. Первоначало термодинамики.
6. Теплоемкость. Уравнение Майера. Связь теплоемкости с числом степеней свободы молекул газа.
7. Преобразование теплоты в механическую работу.
8. Цикл Карно и его коэффициент полезного действия.
9. Энтропия.

**2.8.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

**2.8.3 Результаты и выводы:**

Усвоены понятия, определения и законы термодинамики.

**2.9 Практическое занятие № 9 (2 часа).**

**Тема:** «Электростатика»

**2.9.1 Задания для работы:**

1. Электрический заряд, его свойства.
2. Закон Кулона.

3. Напряженность и потенциал электростатического поля.
4. Теорема Гаусса интегральной формы и ее применение для расчета электрических полей.

### **2.9.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

### **2.9.3 Результаты и выводы:**

Усвоены понятия, определения и законы электростатики.

### **2.10 Практическое занятие №10 (2 часа).**

**Тема:** «Постоянный электрический ток»

#### **2.10.1 Задание для работы:**

1. Сила и плотность тока.
2. Уравнение непрерывности для плотности тока.
3. Закон Ома в интегральной и дифференциальной формах.
4. Закон Джоуля-Ленца.
5. Закон Видемана-Франца.
6. Электродвижущая сила источника тока.
7. Правила Кирхгофа.

### **2.10.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

### **2.10.3 Результаты и выводы:**

Усвоены понятия, определения и законы электрического тока.

### **2.11 Практическое занятие №11 (2 часа).**

**Тема:** «Магнитостатика»

#### **2.11.1 Задание для работы:**

1. Магнитное взаимодействие постоянных токов.
2. Вектор магнитной индукции.
3. Закон Ампера.
4. Сила Лоренца.
5. Движение зарядов в электрических и магнитных полях.
6. Закон Био-Савара-Лапласа.
7. Теорема о циркуляции (закон полного тока).

### **2.11.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

### **2.11.3 Результаты и выводы:**

Усвоены понятия, определения и законы магнитного поля.

### **2.12 Практическое занятие №12 (2 часа).**

**Тема:** «Электромагнитная индукция»

#### **2.12.1 Задание для работы:**

1. Феноменология электромагнитной индукции.
2. Правило Ленца.

3. Уравнение электромагнитной индукции.
4. Самоиндукция.
5. Индуктивность катушки.
6. Работа при перемещении контура в магнитном поле.
7. Энергия магнитного поля.

### **2.12.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

### **2.12.3 Результаты и выводы:**

Усвоены понятия, определения и законы явления электромагнитной индукции.

### **2.13 Практическое занятие №13 (2 часа).**

**Тема:** «Гармонические колебания»

#### **2.13.1 Задания для работы:**

1. Идеальный гармонический осциллятор.
2. Уравнение идеального осциллятора и его решение.
3. Амплитуда, частота и фаза колебания. Энергия колебаний.
4. Примеры колебательных движений различной физической природы.
5. Свободные и затухающие колебания осциллятора с потерями.
6. Вынужденные колебания.
7. Сложение колебаний (бения, фигуры Лиссажу).
8. Анализ синусоидальных колебаний, понятие о спектре колебаний.
9. Связанные колебания.

### **2.13.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

### **2.13.3 Результаты и выводы:**

Усвоены понятия, определения и законы колебательного движения.

### **2.14 Практическое занятие №14 (2 часа).**

**Тема:** «Волны»

#### **2.14.1 Задания для работы:**

1. Волновое движение.
2. Плоская гармоническая волна.
3. Длина волны, волновое число, фазовая скорость.
4. Уравнение волны. Одномерное волновое уравнение.
5. Упругие волны в газах, жидкостях и твердых телах.
6. Эффект Доплера.

### **2.14.2 Краткое описание проводимого занятия:**

Беседа по вопросам занятия; решение задач по теме занятия.

### **2.14.3 Результаты и выводы:**

Усвоены понятия, определения и законы волнового движения.

### **2.15 Практическое занятие №15 (2 часа).**

**Тема:** «Волновая оптика»

#### **2.15.1 Задания для работы:**

1. Интерференция.

- 2.Дифракция.
- 3.Поляризация.
- 4.Дисперсия.

**2.15.2Краткоеописаниепроводимогозанятия:**

Беседаповопросамзанятия;решениезадачпотемезанятия.

**2.15.3Результатыивыводы:**

Усвоеныпонятия,определенияизаконовволновойоптики.

**2.16Практическоезанятие№16(2часа).**

**Тема:**«Квантоваяфизика»

**2.16.1Заданиедляработы:**

- 1.Квантовые свойстваэлектромагнитногоизлучения.
- 2.Тепловоеизлучениеилюминесценция.
- 3.Спектральныехарактеристикитепловогоизлучения.
- 4.ЗаконыКирхгофа,Стефана-БольцманаизаконсмещенияВина.
- 5.Абсолютночертноетело.
- 6.ФормулаРелея-Джинсаик«ультрафиолетоваяякатастрофа».Гипотезаквантов.ФормулаПланка.
- 7.Квантовоеобъяснениезаконовтепловогоизлучения.
- 8.Корпускулярно-волновойдуализмсвета.

**2.16.2Краткоеописаниепроводимогозанятия:**

Беседаповопросамзанятия;решениезадачпотемезанятия.

**2.16.3Результатыивыводы:**

Рассмотреныосновныезакономерноститепловогоизлучения

**2.17Практическоезанятие№17(2часа).**

**Тема:**«Ядернаяфизика»

**2.17.1Заданиедляработы:**

1. Составатомногоядра.
2. Характеристикиядра:заряд,масса,энергиясвязиинуклонов.
3. Радиоактивность.Видыизаконырадиоактивногоизлучения.
4. Ядерныереакции.Делениеядер.Синтезядер.

**2.17.2Краткоеописаниепроводимогозанятия:**

Беседаповопросамзанятия;решениезадачпотемезанятия.

**2.17.3Результатыивыводы:**

Рассмотреныпроцессы,происходящиеиватомномуядре