

государственное автономное профессиональное
образовательное учреждение Самарской области
«Самарский колледж сервиса производственного оборудования
имени Героя Российской Федерации Е.В. Золотухина»



КОМПЛЕКТ ОПОРНЫХ КОНСПЕКТОВ ЛЕКЦИЙ

по дисциплине ФИЗИКА

для всех специальностей ППССЗ

Самара, 2018

Рассмотрены и одобрены на заседании
предметной – цикловой комиссией

Протокол № 1
от « 28 » 08 2018г. .

Председатель ПЦК Бабеева Е.В.

Разработчик(и):
Дырнаева Е.В., преподаватель ГАПОУ СКСПО.

Инструкция к написанию лекций студентами

Лекции в профессиональном колледже – это большой объём сложной многогранной информации. В колледже совершенно иная ситуация – лекции длятся по полтора часа, и преподаватель за это время успевает дать предельно большое количество нового материала, который необходимо не просто прослушать, а верно законспектировать и, затем, выучить. Чтобы успевать за лектором и не упустить ничего важного, можно взять за основу некоторые правила:

1. **Забудьте о приобретении отдельной тетради для каждой дисциплины. Используйте единый блок с кольцами и съёмными страницами.** Дело в том, что в колледже все дисциплины между собой перекликаются и, периодически, приходится обращаться на одном предмете к конспектам по смежной тематике другой дисциплины. К тому же, гораздо удобнее класть в сумку блок в твердом переплете, чем каждый день собирать разные тетради в соответствии с расписанием занятий. Для блока удобнее использовать съёмные листы и разделители страниц, либо самоклеящиеся закладки.

2. **Записывайте текст темы по смысловым блокам:** каждый блок должен соответствовать пункту плана лекции. Используйте при этом чёткую нумерацию и красную строку. Удобно выделять ключевые моменты цветным маркером.

3. **Учитесь грамотно сокращать слова.** Возьмите себе за правило определенные языковые единицы при написании сокращать или использовать аббревиатуру. Речь идет не только о таких лексемах, как: и т.д., и т.п., и др. В соответствии с вашей специальностью в лекционных текстах постоянно будет присутствовать характерный перечень слов.

4. **Научитесь выделять и записывать ключевые моменты темы.** Как правило, преподаватель акцентирует на них внимание при помощи интонации или просит аудиторию записать то или иное конкретное определение или высказывание.

5. **Всё, что пишет лектор на доске по обсуждаемой теме, необходимо в обязательном порядке конспектировать.** Наверняка на зачете или экзамене вас спросят именно эти формулировки ответа, и преподавателю польстит, если вы повторите обозначенный текст, что скажется положительно на вашей итоговой оценке.

6. **Используйте значки,** которые будут подчёркивать важность информации (можно выработать даже свой собственный индивидуальный стиль), к примеру:

! — важно;

!! — очень важно;

? — под вопросом;

ZB — пример (например).

7. **Используйте различные математические обозначения или специальные значки:**

В физике: v – скорость, a – ускорение, в математике ∞ – бесконечность, $\approx$ – приблизительно. Приведем пример наиболее популярных значков:

$+$ (плюс), $=$ (равно),

$\neq$ (не равно),

$<$, $>$, $\leq$, $\geq$, $\ll$, $\gg$ (больше, меньше, намного больше и т.д.),

$\pm$ (погрешность, неточность),

$\Rightarrow$ (следовательно).

9. **Верхом мастерства является умение студентом записывать текст в виде схем, диаграмм или рисунков.**

10. **Говорим «нет» отвлекающим.** Во время лекций старайтесь сосредоточиться на их теме, и не прерываться на переписку по телефону или разговоры с сокурсниками. Если Вы занимаетесь каким-то делом, производительность мозга медленно растёт (первые 15-20 минут) и после этого периода начинается пик его эффективности. Но если что-то или кто-либо Вас отвлекает, то Вам вновь потребуется после этого прерывания ещё 15-20 минут, чтобы войти опять в высокоэффективное состояние – легко усваивать и запоминать новый материал.

Лекция. Введение 1.

План

1. Физика – фундаментальная наука о природе. Естественнонаучный метод познания, его возможности и границы применимости.
2. Эксперимент и теория в процессе познания природы.
3. Моделирование физических явлений и процессов.

1. Физика – фундаментальная наука о природе. Естественнонаучный метод познания, его возможности и границы применимости.

Первые книги о явлениях природы, которые стали достоянием народа, появились в Древней Греции. Это способствовало быстрому развитию науки в этой стране и появлению многих выдающихся ученых. Греческое слово «*фюзис*» в переводе означает *природа*, поэтому науку о природе стали называть физикой. Величайший мыслитель древности Аристотель (384 -322 до н.э.) в смысл слова «физика» (от греч. – природа) вкладывал всю совокупность сведений о природе, все, что было известно о земных и небесных явлениях. Итак, физика - наука, изучающая простейшие и вместе с тем наиболее общие закономерности явлений природы, свойства и строение материи, и законы ее движения.

2,3 Роль эксперимента и теории в процессе познания природы; моделирование явлений и объектов природы. Основоположителем научного метода исследований природы был Г. Галилей. В экспериментальном методе выявление существенных свойств и признаков объекта производится путем целенаправленного воздействия на этот объект, явления природы исследуются в контролируемых и управляемых условиях. Экспериментальный метод включает в себя теоретическую и практическую подготовку эксперимента: а) формулирование гипотезы; б) постановку вопроса; в) выдвижение познавательной задачи; г) создание экспериментальной установки или экспериментального оборудования; д) проведение эксперимента в необходимых исследователю условиях; е) фиксация результатов, проведение нужных измерений; ж) анализ данных эксперимента, описание открытого явления и его свойств, формулирование научного вывода или положения.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение физики.
2. В чем различие между теорией познания и метода научного познания?

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. - М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

Лекция. Введение 2

План

1. Физическая величина. Погрешности измерений физических величин.
2. Физические законы. Границы применимости физических законов.

1. Физическая величина. Погрешности измерений физических величин.

Физическая величина – это свойство материального объекта, качественно общее множеству объектов, но количественно индивидуальное для каждого из них. Под измерением физической величины понимают ее сравнение с однородной величиной, принятой за единицу измерения. Число, полученное в результате измерения, называют числовым значением физической величины. Измерения подразделяют на **прямые, косвенные, совокупные и совместные**. **Прямые** измерения проводят с помощью приборов, которые измеряют саму исследуемую величину. Так, массу тела можно измерить с помощью весов, длину – измерить линейкой, а время – секундомером. При **косвенных** измерениях искомую величину определяют на основе результатов прямых измерений других величин, которые связаны с измеряемой величиной известной функциональной зависимостью. Примерами косвенных измерений являются определение плотности тел по их массе и объему, сопротивления резистора на основе прямых измерений силы тока через резистор и падения напряжения на нем. **Совокупными** называют измерения нескольких однородных величин, значения которых определяют путем решения системы уравнений, получаемых при измерениях различных сочетаний этих величин. Например, измерение, при котором массы отдельных гирь набора находят по известной массе одной из них и результатам сравнения масс различных сочетаний гирь данного набора. **Совместные измерения** – это производимые одновременно измерения двух или нескольких величин для нахождения зависимости между ними. Примером совместных измерений может служить измерение параметров некоторой прямой по данным измерений ее координат.

Границы применимости физических законов и теорий

Все физические законы и теории являются *приближением* к действительности, поскольку при построении теорий используется определенная *модель* явлений и процессов. Поэтому как законы, так и теории имеют определенные *границы применимости*. Например, классическая механика, основанная на трех законах Ньютона и законе всемирного тяготения, справедлива только при движении тел со скоростями, намного меньшими скорости света. Если же скорости тел становятся сравнимыми со скоростью света (например, удаленные от нас космические объекты или элементарные частицы в ускорителях), предсказания классической механики становятся неправильными.

Контрольные вопросы

1. Дайте определения физической величины.
2. Какие бывают погрешности, назовите их и приведите формулы для их определения?

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

Лекция. Введение 3.

План

1. Понятие о физической картине мира.

2. Значение физики при освоении профессий СПО и специальностей СПО.

1. Познавая окружающий мир, человек создает в своем сознании его определенную модель - картину мира. Естественно-научная картина мира представляет собой систематизированное и достоверное знание о природе, исторически сформировавшееся в ходе развития естествознания. В эту картину мира входят знания, полученные из всех естественных наук, включая их фундаментальные идеи и теории. В то же время история науки свидетельствует, что большую часть содержания естествознания составляют преимущественно физические знания. Именно физика была и остается наиболее развитой и систематизированной естественной наукой. Рассмотрим применение ФКМ к разделам физики:

Физическая картина мира	Примерное время существования	Ученые, внесшие вклад в развитие	Основные законы, теории, принципы
Механическая	XVI – XVIII	Демокрит, Галилей, Декарт, Ньютон	Принцип относительности, законы динамики, закон всемирного тяготения, законы сохранения
Электро динамическая	XIX – начало XX в.	Фарадей, Максвелл, Эйнштейн	Закон Кулона, закон электромагнитной индукции, уравнения Максвелла, специальная теория относительности
Квантово-полевая	Начало XX – середина XX в.	Планк, Эйнштейн, Бор, Резерфорд, де Бройль, Гейзенберг, Шредингер	Гипотеза Планка, идеи Эйнштейна, постулаты Бора, корпускулярно-волновой дуализм

2. Значение физики при освоении профессий СПО и специальностей СПО

9 самых популярных профессий, связанных с физикой:

- физик-инженер;
- физик-механик;
- инженер-нефтяник;
- специалист по информатике и компьютерным наукам;
- специалист в машино-, авиа-, ракетостроении;
- специалист в медицинской и биологической физике;
- инженер по ядерной технике;
- инженер-конструктор;
- инженер-технолог

Профессии для девушек, связанные с физикой:

- инженер-аналитик;
- преподаватель физики;
- инженер-сметчик;
- инженер по ТБ;
- инженер-эколог;
- инженер по геоинформационным системам;
- технолог; лаборант;
- нанотехнолог; монтажник;
- авиадиспетчер и др.



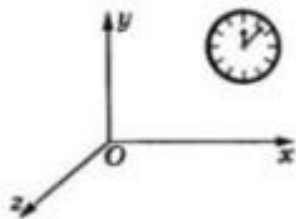
Раздел. Механика
Лекция №1. Кинематика
План

1. Механическое движение.
2. Перемещение. Путь. Скорость.
3. Равномерное прямолинейное движение.

1. Механическое движение.

Механическим движением тела называют изменение его положения в пространстве относительно других тел с течением времени. *Например, человек, едущий на эскалаторе в метро, находится в покое относительно самого эскалатора и перемещается относительно стен туннеля*

. Тело, относительно которого рассматривается движение, называется *телом отсчета*.



Система координат, тело отсчета, с которым она связана, и прибор для отсчета времени образуют систему отсчета, относительно которой и рассматривается движение тела.

Иногда размерами тела по сравнению с расстоянием до него можно пренебречь. В этих случаях тело считают *материальной точкой*.

Определение положения тела в любой момент времени является *основной задачей механики*.

2, 3. Перемещение. Путь. Скорость. Равномерное прямолинейное движение.

Важными характеристиками движения являются *траектория материальной точки, перемещение, скорость и ускорение*.

Линию, вдоль которой движется материальная точка, называют траекторией.

Длина траектории называется путем (L). Единица измерения пути – 1 м. Вектор, соединяющий начальную и конечную точки траектории, называется перемещением ($\vec{s}$). Единица измерения перемещения – 1 м.

Простейший вид движения – равномерное прямолинейное движение. Движение, при котором тело за любые равные промежутки времени совершает одинаковые перемещения, называют прямолинейным *равномерным движением*. Скорость ($\vec{v}$) – векторная физическая величина, характеризующая быстроту перемещения тела, численно равная отношению перемещения за малый промежуток времени к величине этого промежутка. Определяющая формула скорости имеет вид $v = s/t$. Единица измерения скорости – м/с. Измеряют скорость спидометром.

Контрольные вопросы

1. Дайте определение механическому движению, материальной точке, перемещению.
2. Что представляет собой путь, траектория?
3. Определение скорости.

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

Лекция №2. Кинематика

План

1. Ускорение. Равнопеременное прямолинейное движение.
2. Свободное падение.
3. Движение тела, брошенного под углом к горизонту.

1. Ускорение. Равнопеременное прямолинейное движение.

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

$$\vec{a} = \frac{\vec{v} - \vec{v}_0}{t}$$

Ускорение – физическая величина, характеризующая быстроту изменения скорости и численно равная отношению вектора изменения скорости за единицу времени. Единица ускорения в СИ - м/с².

Равнопеременное движение называется **равноускоренным**, если модуль скорости возрастает.

ет. $\vec{v}_0 \uparrow \uparrow \vec{a}$ - условие равноускоренного движения. Например, разгоняющиеся транспортные средства- автомобили, поезда и свободное падение тел вблизи поверхности Земли ($\vec{a} = \vec{g}$).

Равнопеременное движение называется **равнозамедленным**, если модуль скорости уменьшается.

ся. $\vec{v}_0 \uparrow \downarrow \vec{a}$ - условие равнозамедленного движения.

2. Свободное падение.

Падение тел в безвоздушном пространстве под действием одной только силы тяжести называют свободным падением. Поскольку сила тяжести, действующая на каждое тело вблизи поверхности Земли, постоянна, то свободно падающее тело должно двигаться с постоянным ускорением, т. е. равноускоренно (это вытекает из второго закона Ньютона). Это ускорение называется **ускорением свободного падения** и обозначается буквой $\vec{g}$.

Если тело брошено под углом к горизонту или горизонтально, то его движение можно разложить на два: равноускоренное по вертикали и равномерное по горизонтали. Тогда для описания движения тела нужно добавить еще два уравнения: $v_x = v_{0x}$ и $s_x = v_{0x}t$.

$$g = G \frac{M_3}{R_3^2}$$

Подставив в формулу вместо массы и радиуса Земли соответственно массу и радиус какой-либо другой планеты или её спутника, можно определить приблизительное значение ускорения свободного падения на поверхности любого из этих небесных тел.

3. Движение тела, брошенного под углом к горизонту.

1. Это движение в плоскости, поэтому для описания движения необходимо 2 координаты.
2. Считаем, что движение происходит вблизи поверхности Земли, поэтому ускорение тела – ускорение свободного падения ($\vec{a} = \vec{g}$).

Так как мы пренебрегаем сопротивлением воздуха, то ускорение направлено только к поверхности Земли ($\vec{g}$) – вдоль вертикальной оси (y), вдоль оси x движение равномерное и прямолинейное.

Контрольные вопросы

1. Какое движение называется свободным?
2. Приведите формулы движения тел, брошенных под углом к горизонту.
3. В чем различие скорости от ускорения?

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.

Лекция №3. Кинематика и динамика

План

- 1.Равномерное движение по окружности.
- 2.Первый закон Ньютона. Сила. Масса. Импульс.

1.Равномерное движение по окружности.

Равномерное движение по окружности это достаточно простой пример движения с вектором ускорения, зависящим от времени. Рассмотрим это движение:



Угловой скоростью тела, движущегося по окружности равномерно, называется отношение уг-

ла поворота его радиус-вектора ко времени, за которое совершен поворот: $\omega = \frac{\varphi}{t}$.

В физике применяется радианная мера угла (безразмерная), которая определяется, как отношение длины дуги (l) к радиусу

окружности: $\varphi = \frac{l}{R}$, поэтому размерность угловой скорости - $\frac{1}{c} = c^{-1}$.

Между линейной и угловой скоростями существует простая связь:

$$V = \frac{l}{t} = R \cdot \frac{\varphi}{t}; \quad \frac{\varphi}{t} = \omega \rightarrow$$
$$V = \omega \cdot R.$$

Величина **центростремительного ускорения** определяется формулами

$$a_{\text{ц}} = \frac{V^2}{R} = \omega^2 \cdot R.$$

2.Первый закон Ньютона. Сила. Масса. Импульс.

Первый закон Ньютона гласит: существуют системы отсчёта (называемые инерциальными), в которых замкнутая система продолжает оставаться в состоянии покоя или прямолинейного равномерного движения.

Сила - векторная физическая величина, являющаяся мерой воздействия на данное тело других тел, а также полей.

Масса – это свойство тела, характеризующее его инертность.

В Международной системе единиц (СИ) масса тела измеряется в килограммах (кг).

Масса тела – скалярная величина.

Импульс тела – это физическая векторная величина, равная произведению массы тела на его скорость. Вектор импульса тела направлен, так же как и вектор скорости этого тела.

Под импульсом системы тел понимают сумму импульсов всех тел этой системы: $\sum p = p_1 + p_2 + \dots$. Закон сохранения импульса: в замкнутой системе тел при любых процессах ее импульс остается неизменным, т.е. $\sum p = \text{const}$.

Контрольные вопросы

1. Вращательное движение. Угловая скорость, частота и период вращения.
2. Первый закон Ньютона.
3. Сформулируйте закон сохранения импульса

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

Лекция №4. Законы динамики

План

1. Второй закон Ньютона. Основной закон классической динамики.
2. Третий закон Ньютона.
3. Закон всемирного тяготения. Гравитационное поле.

1. Второй закон Ньютона. Основной закон классической динамики.

Второй закон (основной закон динамики) гласит: *произведение массы точки на ускорение, которое она получает под действием данной силы, равно по модулю этой силе, а направление ускорения совпадает с направлением силы.*

Математически этот закон выражается векторным равенством $m\vec{a} = \vec{F}$.

2. Третий закон Ньютона.

Третий закон Ньютона - два тела взаимодействуют между собой, с силами, равными по модулю и противоположными по направлению. Или сила действия равна силе противодействия.

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

3. Закон всемирного тяготения. Гравитационное поле.

Закон всемирного тяготения открыл Ньютон в 1687 году при изучении движения спутника Луны вокруг Земли. Английский физик четко сформулировал постулат, характеризующий силы притяжения. Кроме того, анализируя законы Кеплера, Ньютон вычислил, что силы притяжения должны существовать не только на нашей планете, но и в космосе. Любые два тела притягиваются друг к другу с силой прямо пропорциональной произведению масс тела и обратно пропорциональной квадрату расстояния между ними: $F = (Gm_1m_2)/R^2$, где m_1, m_2 - массы тел R - расстояние между центрами тел $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ Нм}^2/\text{кг}$ – константа.

Гравитационное поле (поле тяготения). Поле, посредством которого осуществляется гравитационное взаимодействие между телами. Это поле порождается телами и является формой существования материи. Тяготение принадлежит к особой группе взаимодействий. Силы тяготения, к примеру, не зависят от того, в какой среде взаимодействующие тела находятся. Тяготение существует и в вакууме.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте второй закон Ньютона.
2. Сформулируйте третий закон Ньютона.
3. Сформулируйте закон всемирного тяготения.
4. Сила тяжести. Вес тела.

Литература

Для студентов и преподавателей

- 1.Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
- 2.Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы.- М.: Просвещение, 2008.
- 3.Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

Лекция №5. Силы в природе

План

- 1.Сила тяжести. Вес. Способы измерения массы тел.
- 2.Силы в механике (сила упругости).
- 3.Силы в механике (сила трения).

1.Сила тяжести. Вес. Способы измерения массы тел.

Одна из фундаментальных сил, **сила гравитации**, проявляется на Земле в виде **силы тяжести** – силы, с которой все тела притягиваются к Земле.

Вблизи поверхности Земли все тела падают с одинаковым ускорением – ускорением свободного падения g . По третьему закону Ньютона тело действует на подвес или опору с силой $\vec{G}$, которая называется **весом тела**. Итак, вес тела – это сила, с которой тело в состоянии покоя действует на подвес или опору, вследствие гравитационного притяжения к Земле.

Если имеет место движение с ускорением, то справедливо соотношение

$$G = mg \pm ma = m(g \pm a).$$

Вес тела может быть больше или меньше силы тяжести: если g и a направлены в одну сторону (тело движется вниз или падает), то $G < mg$, и если наоборот, то $G > mg$. Если же тело движется с ускорением $a = g$, то $G = 0$ – т.е. наступает *состояние невесомости*.

2.Силы в механике (сила упругости).

Электромагнитные силы в механике проявляют себя как упругие силы и силы трения.

Деформация имеет упругий характер в случае, если внешняя сила не превосходит определенного значения, называемого **пределом упругости**.

При превышении этого предела деформация становится **пластичной**, или неупругой, т.е. первоначальные размеры и форма тела полностью не восстанавливаются.

Удлинение пружины пропорционально внешней силе и определяется **законом Гука**:

$$x = \frac{1}{k} F_{\text{вн}},$$

k – жесткость пружины. Видно, что чем больше k , тем меньшее удлинение получит пружина под действием данной силы.

Так как упругая сила отличается от внешней только знаком, т.е. $F_{\text{упр}} = -F_{\text{вн}}$, закон Гука можно записать в виде

$$x = -\frac{1}{k} F_{\text{упр}},$$
$$F_{\text{упр}} = -kx.$$

3.Силы в механике (сила трения).

Силой трения называют силу, которая возникает при движении одного тела по поверхности другого. Она всегда направлена противоположно направлению движения. Сила трения прямо пропорциональна силе нормального давления на трущиеся поверхности и зависит от свойств этих поверхностей.

Установлено, что максимальная сила трения покоя не зависит от площади соприкосновения тел и приблизительно пропорциональна модулю *силы нормального давления* N :

$$F_{\text{тр.пок}} = \mu_0 N,$$

μ_0 – коэффициент трения покоя, зависящий от природы и состояния трущихся поверхностей.

Контрольные вопросы

1. Сила упругости. Закон Гука.
2. Сила трения. Виды трения.

Литература

Для студентов и преподавателей

- 1.Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
- 2.Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы.- М.: Просвещение, 2008.
- 3.Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

Лекция №6. Законы сохранения в динамике

План

1. Закон сохранения импульса. Реактивное движение.
2. Работа силы. Работа потенциальных сил.
3. Мощность. Энергия. Кинетическая энергия. Потенциальная энергия.
4. Закон сохранения механической энергии. Применение законов сохранения.

1.Закон сохранения импульса. Реактивное движение.

Закон сохранения импульса (абсолютно упругий удар)

Для замкнутой системы тел выполняется закон сохранения импульса: *Геометрическая (векторная) сумма импульсов взаимодействующих тел, составляющих замкнутую систему, остается неизменной.*

$$\vec{p}_1 + \vec{p}_2 + \dots = \text{const}$$

Закон сохранения импульса лежит в основе реактивного движения. Реактивное движение, используемое ныне в самолетах, ракетах и космических снарядах, свойственно осьминогам, кальмарам, каракатицам, медузам – все они, без исключения, используют для плавания реакцию (отдачу)выбрасываемой струи воды.

Под реактивным понимают движение тела, возникающее при отделении некоторой его части с определенной скоростью относительно тела. При этом возникает так называемая реактивная сила, сообщающая телу ускорение.

Реактивное движение совершает ракета.

$$Mv_2 - mv_1 = 0 \Rightarrow v_2 = \frac{m}{M} v_1.$$

- скорость ракеты. Эта формула справедлива при условии небольшого изменения массы ракеты. Главная особенность реактивного движения состоит в том, что ракета может, как ускоряться, так и тормозиться, и поворачиваться без какого-либо взаимодействия с другими телами в отличие от всех других транспортных средств.

2.Работа силы. Работа потенциальных сил.

Работа силы — это мера действия силы, зависящая от ее модуля и направления, а также от перемещения точки приложения силы. Для постоянной силы и прямолинейного перемещения работа определяется равенством: $A = F|\Delta\vec{r}|\cos\alpha$, где F – сила, действующая на тело, $\Delta\vec{r}$ – перемещение, α – угол между силой и перемещением. Единицей работы в СИ является джоуль (1 Дж).

Потенциальными называются силы, работа которых зависит только от начального и конечного положения движущейся материальной точки или тела и не зависит от формы траектории. При перемещении тела вниз по наклонной плоскости сила тяжести $F_T = m \cdot g$ совершает работу $A = m \cdot g \cdot s \cdot \cos \alpha = m \cdot g \cdot h$,

где h – высота наклонной плоскости, s – модуль перемещения, равный длине наклонной плоскости.

3. Мощность. Энергия. Работа силы, совершаемая в единицу времени, называется мощностью. Мощность P – физическая величина, равная отношению работы A к промежутку времени t , в течение которого совершена эта работа:

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

Единица мощности называется ватт (Вт) или 1 джоуль за 1 секунду. Если движение равномерное, то:

$$P = Fv \cdot \cos \alpha$$

Физическая величина, равная половине произведения массы тела на квадрат его скорости, называется **кинетической энергией тела (энергией движения)**:

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

Теорема о кинетической энергии: работа равнодействующей силы равна изменению кинетической энергии тела:

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

Потенциальная энергия тела в поле силы тяжести Земли рассчитывается по формуле:

$$E_p = mgh$$

Потенциальная энергия растянутой пружины рассчитывается по формуле:

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

где: k – жесткость пружины.

4. Закон сохранения механической энергии. Применение законов сохранения.

Полной механической энергией называется сумма кинетической энергии (т.е. энергии движения) и потенциальной (т.е. энергии взаимодействия тел силами тяготения и упругости):

$$E = E_k + E_p.$$

Контрольные вопросы

1. Совершает ли работу человек с грузом на плечах, когда: а) стоит на месте? б) идет по горизонтальному пути? в) поднимается в гору?
2. В каких случаях механическая работа равна нулю?
3. Зависит ли числовое значение работы от выбора системы отсчета?
4. Какая работа (мощность) машины называется полезной? Что такое КПД?
5. Почему «нулевой» уровень потенциальной энергии в разных задачах можно выбирать произвольно?
6. Зависит ли работа силы трения (тяжести) от формы пути, по которому движется тело?

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

Раздел 2. Основы молекулярной физики и термодинамики

Лекция №1. МКТ

План

1. Основные положения молекулярно-кинетической теории. Размеры и масса молекул и атомов. Броуновское движение. Диффузия.
2. Силы и энергия межмолекулярного взаимодействия. Строение газообразных, жидких и твердых тел.
3. Скорости движения молекул и их измерение. Идеальный газ. Давление газа. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов.

1. Основные положения молекулярно-кинетической теории. Размеры и масса молекул и атомов. Броуновское движение. Диффузия.

Теорию, объясняющую строение и свойства тел на основе закономерностей движения и взаимодействия частиц, из которых состоят тела, называют *молекулярно-кинетической*.

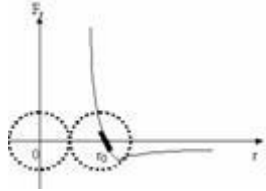
Основные положения молекулярно-кинетической теории (МКТ) формулируются следующим образом:

1. Любое вещество имеет дискретное (прерывистое) строение. Оно состоит из отдельных частиц (молекул, атомов, ионов), разделенных промежутками.
2. Частицы находятся в состоянии непрерывного хаотического движения, называемого тепловым.
3. Частицы взаимодействуют друг с другом. В процессе их взаимодействия возникают силы притяжения и отталкивания.

Масса и размеры молекул.

Размер молекул является величиной условной. С помощью многочисленных методов определения масс и размеров молекул установлено, что за исключением молекул органических веществ, содержащих очень большое число атомов, большинство молекул по порядку величины имеют диаметр $1 \cdot 10^{-10}$ м и массу $1 \cdot 10^{-26}$ кг.

2. Силы и энергия межмолекулярного взаимодействия. Строение газообразных, жидких и твердых тел.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ МОЛЕКУЛ.	
Впервые подробно - Я.Д. Ван-дер-Ваальс (Голландия). Природа сил - электромагнитная. Силы короткодействующие	
Зависимость от расстояния: $F_{\text{отт}} \sim \frac{1}{r^7}; \quad F_{\text{пр}} \sim \frac{1}{r^{13}}$	
Проекции $F_{\text{отт}} < 0$, $F_{\text{пр}} > 0$. График суммы - рис. На расстоянии r_0, примерно равном сумме радиусов молекул, $F=0$, т.к. $F_{\text{отт}} = F_{\text{пр}}$. При $r < r_0$ - отталкивание, при $r > r_0$ - притяжение. Утолщенный участок - выполнение закона Гука (малые деформации).	

На рисунке - график зависимости потенциальной энергии от расстояния. При $E_{\text{полн}} = E_1$: если частица движется справа налево из бесконечности, то в точке r_0 потенциальная энергия минимальна. В точке r_1 полная энергия равна потенциальной энергии отталкивания, а кинетическая энергия равна нулю - точка поворота. Дальше молекула движется в положительном направлении оси r и уходит в бесконечность				
При $E_{\text{полн}} = E_2 < 0$ молекула находится в потенциальной яме между точками поворота r_2 и r_3. Молекулы совершают колебания около друг друга.				
СВОЙСТВА ТВЕРДЫХ, ЖИДКИХ И ГАЗООБРАЗНЫХ ТЕЛ.				
Состояние вещества.	Расположение частиц.	Характер движения частиц.	Соотношение между кинетической энергией молекул и потенциальной энергией межмолекулярного взаимодействия.	Некоторые свойства.
Твердое.	Расстояния сравнимы с размерами частиц. Истинно твердые тела имеют кристаллическую структуру (дальний порядок упорядоченности).	Колебания около положения равновесия.	Потенциальная много больше кинетической. Силы взаимодействия большие.	Сохраняют форму и объем. Упругость. Прочность. Твердость. Имеют определенную точку плавления и кристаллизации.
Жидкое	Расположены почти вплотную друг к другу. Наблюдается ближний порядок упорядоченности.	В основном колеблются около положения равновесия, изредка перескакивая в другое. С повышением температуры время оседлой жизни уменьшается.	Кинетическая энергия лишь незначительно меньше по модулю потенциальной энергии.	Сохраняют объем, но не сохраняют форму. Мало сжимаемы. Текучи.
Газообразное.	Расстояния много больше размеров частиц. Расположение совершенно хаотическое.	Хаотическое движение с многочисленными столкновениями. Скорости сравнительно большие.	Кинетическая энергия много больше потенциальной по модулю.	Не сохраняют ни форму, ни объем. Легко сжимаемы. Заполняют весь предоставленный им объем.

3. Скорости движения молекул и их измерение. Идеальный газ. Давление газа. Основное уравнение молекулярно-кинетической теории газов.

Идеальный газ – это газ со следующими свойствами:

1. Размеры молекул малы по сравнению со средним расстоянием между ними; молекулы можно принять за материальные точки;
2. Силы притяжения между молекулами не учитываются, а силы отталкивания возникают только при соударениях;
3. Молекулы сталкиваются друг с другом как абсолютно упругие шары, движение которых описывается законами классической механики (в этом случае принимать молекулы за материальные точки нельзя).

Как вы знаете, средняя кинетическая энергия молекул равна половине произведения массы мо-

лекулы и среднего значения квадрата скорости молекул:

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

Таким образом, зная температуру газа, мы можем найти среднее значение квадрата скорости его молекул:

$$\overline{E_k} = \frac{m_0 \overline{v^2}}{2}$$

$$\frac{m_0 \overline{v^2}}{2} = \frac{3}{2} kT \Rightarrow$$

$$\overline{v^2} = \frac{3kT}{m_0}$$

Тогда, $p = \frac{1}{3} m_0 n \overline{v^2}$. Если заменить среднее значение кинетической энергии поступательного движения молекул - E:

$$E = \frac{m_0 \overline{v^2}}{2}$$

и подставить эту формулу в основное уравнение МКТ, получим давление идеального газа:

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

. Давление идеального газа равняется двум третям средней кинетической энергии поступательного движения молекул на единицу объема. При решении задач реальный газ можно считать идеальным газом, если он одноатомный и можно пренебречь взаимодействием между частицами.

Контрольные вопросы

1. Как были вычислены размеры молекул веществ?
2. Перечислите основные положения МКТ.
3. Объясните формулу основного уравнения МКТ

Литература

Для студентов и преподавателей

- 1.Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа,2010.
- 2.Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы.- М.: Просвещение, 2008.
- 3.Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М.,2008.

Лекция №2. Термодинамические параметры

План

- 1.Температура и ее измерение. Абсолютный нуль температуры. Термодинамическая шкала температуры.
- 2.Уравнение состояния идеального газа. Молярная газовая постоянная. Газовые законы.
- 3.Основные понятия и определения. Внутренняя энергия системы. Внутренняя энергия идеального газа.

1.Температура и ее измерение. Абсолютный нуль температуры. Термодинамическая шкала температуры.

Температура – это физическая величина, характеризующая степень нагретости тела.

Физический параметр, одинаковый для всех тел системы, находящихся в состоянии теплового равновесия, называется температурой этой системы. Для измерения температуры используют физические приборы – термометры, в которых о величине температуры судят по изменению какого-либо параметра.

Нулю градусов Цельсия соответствует 273 К. Температура по шкале Кельвина обозначается буквой Т: $T = t^{\circ}\text{C} + 273$, $t^{\circ}\text{C} = T - 273$. Новая шкала оказалась более удобной для записи газовых законов.

2. Уравнение состояния идеального газа. Молярная газовая постоянная. Газовые законы.

Произведение давления и объема равно произведению температуры, универсальной газовой постоянной и отношения массы к молярной массе:

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

. Это уравнение называется *уравнением состояния идеального газа*.

Другое название уравнения состояния идеального газа – это *уравнение Менделеева — Клапейрона*.

Уравнение состояния идеального газа позволяет дать ответы на три основных группы вопросов.

Во-первых, *если известны два любых макропараметра, то можно определить третий. Во-вторых, с помощью уравнения идеального газа, можно рассмотреть различные процессы, происходящие в системе при тех или иных условиях.*

В-третьих, *с помощью уравнения идеального газа можно определить, как меняется состояние системы при теплообмене, каким образом система может совершить работу.* Об этом мы тоже будем говорить, но немного позже.

Процессы, протекающие при постоянном давлении, постоянном объеме или постоянной температуре, называют изопроцессами.

Итак, существует три изопроцесса: *изотермический, изобарный и изохорный. Изотермический процесс – это процесс, происходящий при постоянной температуре. Изобарный процесс – это процесс, происходящий при постоянном давлении. Изохорный процесс – это процесс, происходящий при постоянном объеме.*

3. Основные понятия и определения. Внутренняя энергия системы. Внутренняя энергия идеального газа.

Термодинамика изучает тепловые свойства макроскопических систем, не обращаясь к микроскопическому строению тел, составляющих систему.

Физическая система, состоящая из большого числа частиц – атомов или молекул, которые совершают тепловое движение, и взаимодействуя между собой, обмениваются энергиями, называется *термодинамической системой*.

Состояние термодинамической системы определяется макроскопическими параметрами, например удельным объемом, давлением, температурой.

Термодинамика рассматривает только *равновесные состояния*, т. е. состояния, в которых параметры термодинамической системы не меняются со временем.

Термодинамическим процессом называют переход системы из начального состояния в конечное через последовательность промежуточных состояний. Процессы бывают обратимыми и необратимыми.

Суммарную кинетическую энергию теплового движения частиц вещества и потенциальную энергию их взаимодействия, называют внутренней энергией тела U.

Средняя кинетическая энергия поступательного движения молекулы (одноатомной) равна

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

на . Все степени свободы многоатомной молекулы являются равноправными, поэтому они вносят одинаковый вклад в ее среднюю кинетическую энергию:

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

. Внутренняя энергия многоатомного идеального газа массы равна $U = \frac{i}{2} \frac{m}{\mu} RT$.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте газовые законы.
2. Что представляет собой термодинамика и ее функции?

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.

- 2.Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы.- М.: Просвещение, 2008.
3.Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М.,2008.

Лекция №3. Законы термодинамики

План

- 1.Работа и теплота как формы передачи энергии. Теплоемкость. Удельная теплоемкость. Уравнение теплового баланса.
- 2.Первое начало термодинамики. Адиабатный процесс. Принцип действия тепловой машины. КПД теплового двигателя.

1.Работа и теплота как формы передачи энергии. Теплоемкость. Удельная теплоемкость. Уравнение теплового баланса.

Работа и теплота - это две единственно возможные формы передачи энергии от одного тела к другому. Теплота – это такая форма передачи энергии, которая является совокупностью микрофизических процессов (обмен энергии при столкновении молекул, излучение квантов света и т.д.), это микрофизическая форма передачи энергии.

Количество теплоты Q , необходимое для нагревания 1 кг вещества на 1 К называют удельной *теплоемкостью вещества c* . Тогда *количество теплоты (энергии)* необходимое для изменения температуры некоторого тела массой m можно рассчитать по формуле:

$$Q = cm(t_2 - t_1) = cm\Delta t$$

- Если $t_2 > t_1$, то $Q > 0$ – тело нагревается (получает тепло).
- Если $t_2 < t_1$, то $Q < 0$ – тело охлаждается (отдает тепло).

Сформулируем уравнение теплового баланса: *в замкнутой системе тел алгебраическая сумма количеств теплоты, отданных и полученных всеми телами, участвующими в теплообмене, равна нулю:*

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + \dots = 0$$

Запомните, что *тело поглощает теплоту, если происходит:*

- Нагревание,
- Плавление,
- Парообразование.

Тело отдает теплоту если происходит:

- Охлаждение,
- Кристаллизация,
- Конденсация,
- Сгорание топлива.

2.Первое начало термодинамики. Адиабатный процесс. Принцип действия тепловой машины. КПД теплового двигателя.

Первый закон (начало) термодинамики является обобщением закона сохранения и превращения энергии для термодинамической системы. Он формулируется следующим образом: Изменение ΔU внутренней энергии неизолированной термодинамической системы равно разности между количеством теплоты Q , переданной системе, и работой A , совершенной системой над внешними телами. Однако, соотношение, выражающее первый закон термодинамики, чаще записывают в немного другой форме: $Q = \Delta U + A$

Тепловым двигателем называется устройство, способное превращать полученное количество теплоты в механическую работу. Тепловой резервуар с более высокой температурой называют *нагревателем*, а с более низкой – *холодильником*. Совершая круговой процесс, рабочее тело получает от нагревателя некоторое количество теплоты $Q_1 > 0$ и отдает холодильнику количество теплоты $Q_2 < 0$. *КПД тепловой машины* может быть рассчитан по формуле:

$$\eta = \frac{A}{Q_1} = \frac{Q_1 - |Q_2|}{Q_1}$$

где: Q_1 – количество теплоты, полученное рабочим телом за один цикл от нагревателя, Q_2 – количество теплоты, переданное рабочим телом за один цикл холодильнику.

Контрольные вопросы

1. В чем различие между работой и теплотой?
2. Сформулируйте первое начало термодинамики.
3. Принцип действия тепловой машины.
4. КПД теплового двигателя.

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

Лекция №4. Законы термодинамики

План

1. Второе начало термодинамики. Термодинамическая шкала температур. Холодильные машины. Тепловые двигатели. Охрана природы.
2. Испарение и конденсация. Насыщенный пар и его свойства.
3. Абсолютная и относительная влажность воздуха. Точка росы. Кипение. Зависимость температуры кипения от давления. Перегретый пар и его использование в технике.

1. Второе начало термодинамики. Термодинамическая шкала температур. Холодильные машины. Тепловые двигатели. Охрана природы.

Английский физик У.Кельвин дал в 1851 году следующую формулировку второго закона: *В циклически действующей тепловой машине невозможен процесс, единственным результатом которого было бы преобразование в механическую работу всего количества теплоты, полученного от единственного теплового резервуара.* Немецкий физик Р.Клаузиус дал другую формулировку второго закона термодинамики: *Невозможен процесс, единственным результатом которого была бы передача энергии путем теплообмена от тела с низкой температурой к телу с более высокой температурой.* Следует отметить, что обе формулировки второго закона термодинамики эквивалентны.

Наибольший КПД при заданных температурах нагревателя T_1 и холодильника T_2 , достигается если тепловая машина работает по *циклу Карно*. Цикл Карно состоит из двух изотерм и двух адиабат. *КПД цикла Карно равен:*

$$\eta_{\max} = \frac{T_1 - T_2}{T_1} = 1 - \frac{T_2}{T_1}$$

2. Испарение и конденсация. Насыщенный пар и его свойства.

Любое вещество при определенных условиях может находиться в различных агрегатных состояниях – *твердом, жидком и газообразном*. Переход из одного состояния в другое называется *фазовым переходом*. Испарение и конденсация являются примерами фазовых переходов.

Испарением называется фазовый переход из жидкого состояния в газообразное. С точки зрения молекулярно–кинетической теории, испарение – это процесс, при котором с поверхности жидкости вылетают наиболее быстрые молекулы, кинетическая энергия которых превышает энергию их связи с остальными молекулами жидкости. *Конденсация* – это процесс, обратный процессу испарения. Пар, находящийся в равновесии со своей жидкостью, называют *насыщенным*. *Насыщенный пар имеет максимальные: давление, концентрацию, плотность при данной температуре. Они зависят только от температуры насыщенного пара, но не от его объема.*

3. Абсолютная и относительная влажность воздуха. Точка росы. Кипение. Зависимость температуры кипения от давления. Перегретый пар и его использование в технике.

Абсолютной влажностью ρ называют количество водяного пара, содержащегося в 1 м^3 воздуха (т.е. просто плотность водяных паров; из уравнения Клапейрона-Менделеева выражается отношение массы к объему и получается следующая формула):

$$\rho = \frac{pM}{RT}$$

где: p – парциальное давление водяного пара, M – молярная масса, R – универсальная газовая постоянная, T – абсолютная температура. Единица измерения абсолютной влажности в СИ $[\rho] = 1 \text{ кг/м}^3$, хотя обычно используют 1 г/м^3 .

Относительной влажностью φ называется отношение абсолютной влажности ρ к тому количеству водяного пара ρ_0 , которое необходимо для насыщения 1 м^3 воздуха при данной температуре:

$$\varphi = \frac{\rho}{\rho_0} \cdot 100\%$$

Относительную влажность можно также определить как отношение давления водяного пара p к давлению насыщенного пара p_0 при данной температуре:

$$\varphi = \frac{p}{p_0} \cdot 100\%$$

Пузырьки, наполненные паром, расширяются и всплывают на поверхность. Этот процесс называется **кипением**.

Перегретый пар – пар, нагретый до температуры, превышающей температуру кипения при данном давлении. Перегретый пар используется в циклах различных тепловых машин с целью повышения их КПД. Получение перегретого пара происходит в специальных устройствах – пароперегревателях. Пароперегреватель – устройство, предназначенное для перегрева пара, то есть повышения его температуры выше критической. Использование перегретого пара позволяет значительно поднять КПД паровой установки.

Контрольные вопросы

1. Сформулируйте второе начало термодинамики
2. Цикл Карно
3. Испарение и конденсация. В чем различие?
4. Зависимость температуры кипения от давления. Перегретый пар и его использование в технике

Литература

Для студентов и преподавателей

- 1.Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа,2010.
- 2.Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы.- М.: Просвещение, 2008.
- 3.Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М.,2008.

Лекция №5. Характеристика вещества

План

- 1.Поверхностный слой жидкости. Энергия поверхностного слоя. Явления на границе жидкости с твердым телом. Капиллярные явления.
 - 2.Упругие свойства твердых тел. Закон Гука.
 - 3.Механические свойства твердых тел. Тепловое расширение твердых тел и жидкостей.
 - 4.Плавление и кристаллизация. Использование физических свойств металла при сварке.
- 1.Поверхностный слой жидкости. Энергия поверхностного слоя. Явления на границе жидкости с твердым телом. Капиллярные явления.**

Потенциальная энергия E_p поверхности жидкости пропорциональна ее площади:

$$E_p = \sigma S$$

Жидкость ведет себя так, как будто по касательной к ее поверхности действуют силы, сокращающие (стягивающие) эту поверхность. Эти силы называются *силами поверхностного натяжения*. Наличие сил поверхностного натяжения делает поверхность жидкости похожей на упругую растянутую пленку. Сила поверхностного натяжения, действующая на участок границы жидкости длиной L вычисляется по формуле:

$$F_n = \sigma L$$

Капиллярными явлениями называют подъем или опускание жидкости в трубках малого диаметра – капиллярах. Смачивающие жидкости поднимаются по капиллярам, несмачивающие – опускаются. При этом *высота столба жидкости в капилляре*:

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

При полном смачивании $\theta = 0^\circ$, $\cos \theta = 1$. В этом случае высота столба жидкости в капилляре станет равной:

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

При полном несмачивании $\theta = 180^\circ$, $\cos \theta = -1$ и, следовательно, $h < 0$. Уровень несмачивающей жидкости в капилляре опускается ниже уровня жидкости в сосуде, в которую опущен капилляр.

2. Упругие свойства твердых тел. Закон Гука.

Виды деформаций:

1. Линейная:
 - а. Растяжение (тросы подъемных кранов, канатных дорог, буксирные тросы)
 - б. Сжатие (колонны, стены, фундаменты зданий).
 2. Сдвиг (заклепки, болты, процесс разрезания ножницами бумаги).
 3. Кручение (завинчивание гаек, работа валов машин, сверление металлов и т.п.).
- Изгиб (формально деформация растяжения и сжатия, различная в разных частях тела. Нейтральный слой - слой, не подвергающийся ни растяжению, ни сжатию, при изгибе.)

Из опыта: $F = k |\Delta l|$ - закон Гука. Сила упругости прямо пропорциона абсолютной деформации.

С учетом направления: $F = -k\Delta l$ или $F = -kx$, k - коэффициент жесткости (упругости).

Зависит от материала, формы и размеров тела (Например, чем длиннее и тоньше пружина, тем

ее жесткость меньше.) Единицы коэффициента упругости в СИ: $[k] = \frac{\text{Н}}{\text{м}}$

3. Механические свойства твердых тел.

Все вещества при нагревании расширяются, а при охлаждении сжимаются. Изменение линейных размеров и объемов тел при изменении температуры называется *тепловым расширением*. Изменение одного определённого размера твёрдого тела при изменении температуры называется *линейным расширением*. Если l_0 – длина тела при температуре $t_0 = 0^\circ\text{C}$, а l – длина при температуре $t^\circ\text{C}$, то при изменении температуры на $\Delta t = t - t_0$ длина изменяется на $\Delta l = l - l_0$.

Δl – абсолютное удлинение тела, $\frac{\Delta l}{l_0}$ – относительное удлинение тела. Опыт показывает, что *относительное удлинение тела пропорционально изменению температуры*: $\frac{\Delta l}{l_0} = \alpha \Delta t$, где коэффициент пропорциональности α – *термический коэффициент линейного* $\left[\frac{1}{^\circ\text{C}}\right]$, зависит от рода вещества (разные вещества при одинаковом изменении температуры расширяются по-разному) и внешних условий.

4.Плавнение и кристаллизация. Использование физических свойств металла при сварке.

Плавнение – это процесс перехода тела из кристаллического твёрдого состояния в жидкое, то есть переход вещества из одного агрегатного состояния в другое. *Процесс плавения металла* происходит при горении и коротком замыкании электрической дуги и отличается высокой температурой, цикличностью и кратковременностью. *Температура плавения металла* - температура, при которой металл переходит из твердого состояния, в котором находится в нормальном состоянии (кроме ртути), в жидкое состояние при нагревании. Температура плавения металлов находится в диапазоне от $-39\text{ }^\circ\text{C}$ до $+3410\text{ }^\circ\text{C}$.

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТАЛЛОВ ПО ТЕМПЕРАТУРЕ ПЛАВЛЕНИЯ

- Легкоплавкие металлы, температура плавения которых колеблется до $600\text{ }^\circ\text{C}$, например (цинк, олово, висмут)
- Среднеплавкие металлы, которые плавятся при температуре от $600-1600$ (алюминий, медь, олово, железо)
- Тугоплавкие металлы, температура плавения которых достигает более $1600\text{ }^\circ\text{C}$ (вольфрам, титан, хром)
- Ртуть – единственный металл, находящийся при обычных условиях (нормальное атмосферное давление, средняя температура окружающей среды) в жидком состоянии. Температура плавения ртути составляет порядка -39 градусов по Цельсию.

При переходе металла из жидкого состояния в твердое образуются кристаллы. Такой процесс называют *кристаллизацией*.

Сваркой металлов называется процесс их соединения за счет сил взаимодействия атомов. Кусок твердого металла можно рассматривать как гигантскую молекулу из атомов, размещенных в строго определенном, часто очень сложном порядке и прочно связанных в одно целое силами межатомного взаимодействия. Принципиальная сущность сварки очень проста. Поверхностные атомы куска металла имеют свободные, ненасыщенные связи, которые захватывают всякий атом или молекулу, приблизившиеся на расстояние действия межатомных сил. Сблизив поверхности двух кусков металла на расстояние действия межатомных сил или, говоря несколько упрощенно, до соприкосновения поверхностных атомов, получим по поверхности соприкосновения сращивание обоих кусков в одно монолитное целое с прочностью соединения, равной прочности цельного металла, поскольку внутри металла и по поверхности соединения действуют те же межатомные силы. Процесс соединения после соприкосновения протекает самопроизвольно (спонтанно), без затрат энергии и весьма быстро, практически мгновенно.

Контрольные вопросы

1. Физический смысл закона Гука
2. Анализ формулы высоты поднятия жидкости
3. В чем смысл газосварки?

Литература

Для студентов и преподавателей

- 1.Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа,2010.
- 2.Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. - М.: Просвещение, 2008.

Раздел №3. Электромагнетизм

Лекция №1. Электростатика

План

- 1.Электрические заряды. Закон сохранения заряда. Закон Кулона.
- 2.Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции полей.
- 3.Работа сил электростатического поля. Потенциал. Разность потенциалов.

1.Электрические заряды. Закон сохранения заряда. Закон Кулона.

Электрический заряд – это физическая величина, характеризующая способность частиц или тел вступать в электромагнитные взаимодействия. Электрический заряд обычно обозначается буквами q или Q . В системе СИ электрический заряд измеряется в Кулонах (Кл). *Электрический заряд обладает следующими свойствами:*

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

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

Электрический заряд любого тела всегда кратен элементарному заряду:

$$q = Ne$$

где: N – целое число.

При электризации тел выполняется *закон сохранения электрического заряда*. Этот закон справедлив для замкнутой системы. *В замкнутой системе алгебраическая сумма зарядов всех частиц остается неизменной*. Если заряды частиц обозначить через q_1, q_2 и т.д., то

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

Основной закон электростатики – закон Кулона

Сила взаимодействия двух точечных неподвижных заряженных тел в вакууме прямо пропорциональна произведению модулей заряда и обратно пропорциональна квадрату расстояния между ними. Эту силу называют кулоновской.

$$F = k \frac{|q_1| |q_2|}{r^2}, \text{ где}$$

$|q_1|$ и $|q_2|$ - модули зарядов тел,

r – расстояние между ними,

k – коэффициент пропорциональности.

2.Электрическое поле. Напряженность электрического поля. Принцип суперпозиции полей.

Электрическое поле неподвижных зарядов называют *электростатическим*. Оно не меняется со временем. Электростатическое поле создается только электрическими зарядами. Оно существует в пространстве, окружающем эти заряды, и неразрывно с ним связано.

Напряженность электрического поля. *Отношение силы, действующей на помещенный в данную точку поля заряд, к этому заряду для каждой точки поля не зависит от заряда и может рассматриваться как характеристика поля*.

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

. Напряженность поля точечного заряда.

$$F = k \frac{|q_0| |q|}{r^2}$$

Модуль напряженности поля точечного заряда q_0 на расстоянии r от него равен:

$$E = \frac{F}{|q|} = k \frac{|q_0|}{r^2}$$

Электрическое поле, напряженность которого одинакова во всех точках пространства, называется *однородным*.

$$E = k \frac{|q|}{r^2}$$

-напряженность поля точечного заряда. Внутри проводящего шара ($r > R$) напряженность поля равна нулю.

3. Работа сил электростатического поля. Потенциал. Разность потенциалов.

Потенциал численно равен работе поля по перемещению единичного положительного заряда из данной точки электрического поля в бесконечность.

В СИ потенциал измеряется в вольтах: $1В = \frac{1 Дж}{1 Кл}$. $\mathbf{A} = -(\mathbf{W}_2 - \mathbf{W}_1) = -(\varphi_2 - \varphi_1)q = -q\Delta\varphi$,

$$U = \varphi_1 - \varphi_2 = -\Delta\varphi = \frac{A}{q}$$

. Потенциал электростатического поля — скалярная величина, равная

$$\varphi = \frac{W}{q} = \text{const}$$

отношению потенциальной энергии заряда в поле к этому заряду:

- энергетическая характеристика поля в данной точке.

Контрольные вопросы

1. Закон Кулона
2. Характеристики электрического поля
3. Связь между характеристиками электрического поля

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

Лекция №2. Электростатика

План

1. Эквипотенциальные поверхности. Связь между напряженностью и разностью потенциалов электрического поля.
2. Диэлектрики в электрическом поле. Поляризация диэлектриков. Проводники в электрическом поле.
3. Конденсаторы. Соединение конденсаторов в батарею. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электрического поля.

1. Эквипотенциальные поверхности. Связь между напряженностью и разностью потенциалов электрического поля.

Воображаемая поверхность, все точки которой имеют одинаковый потенциал, называется *эквипотенциальной поверхностью*.

Свойства ЭПП:

- работа при перемещении заряда вдоль эквипотенциальной поверхности не совершается;

- вектор напряженности перпендикулярен к ЭПП в каждой ее точке.

Потенциал не зависит от величины заряда, помещенного в это поле. Из доказанного вы-

$$\begin{aligned} A &= qE\Delta d \\ \text{ше: } A &= -q\Delta\varphi = qU \rightarrow E = -\frac{\Delta\varphi}{\Delta d} = \frac{U}{\Delta d} \end{aligned}$$

напряженность равна градиенту потенциала (скорости изменения потенциала вдоль направления d).

2.Диэлектрики в электрическом поле. Поляризация диэлектриков. Проводники в электрическом поле.

Диэлектрики (или изоляторы) — вещества, относительно плохо проводящие электрический ток. Диэлектрики делятся на *полярные* и *неполярные*. *Полярные диэлектрики* состоят из молекул, в которых центры распределения положительных и отрицательных зарядов не совпадают. *Поляризация полярных диэлектриков*. Помещение полярного диэлектрика в электростатическое поле приводит к развороту и смещению до этого хаотически ориентированных диполей вдоль поля. Внутри диэлектрика положительные и отрицательные заряды диполей компенсируют друг друга, а на поверхности диэлектрика появляется связанный заряд: отрицательный со стороны положительно заряженной пластины, и наоборот. *Проводники* — это вещества, в состав которых входят свободные электрические заряды. Благодаря наличию свободных зарядов, электростатическое поле внутри проводников равно нулю. Таким образом, при электризации проводника сообщенный ему дополнительный заряд оказывается, распределен в области поверхности проводника. Это распределение заряда будет происходить до тех пор, пока при распределении заряда потенциал поля в любой точке проводника не станет одинаковым.

3.Конденсаторы. Соединение конденсаторов в батарее. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электрического поля.

При сообщении проводнику заряда всегда существует некоторый предел, более которого зарядить тело не удастся. Для характеристики способности тела накапливать электрический заряд вводят понятие *электрической емкости*. Емкостью уединенного проводника называют отноше-

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

ние его заряда к потенциалу: φ . В системе СИ емкость измеряется в Фарадах [Ф]. 1 Фарад — чрезвычайно большая емкость. *Емкостью* системы из двух проводников называется физическая величина, определяемая как отношение заряда q одного из проводников к разности потенциалов $\Delta\varphi$ между ними:

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

Величина емкости проводников зависит от формы и размеров проводников и от свойств диэлектрика, разделяющего проводники. Такие системы называются *конденсаторами*, а проводники, составляющие конденсатор, называются *обкладками*. Простейший конденсатор — система из двух плоских проводящих пластин, расположенных параллельно друг другу на малом по сравнению с размерами пластин расстоянии и разделенных слоем диэлектрика. Такой конденсатор называется *плоским*.

Емкость плоского конденсатора может быть рассчитана по формуле:

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

Энергия конденсатора. Энергия заряженного конденсатора равна работе внешних сил, которую необходимо затратить, чтобы зарядить конденсатор. Существует три эквивалентные формы записи формулы для энергии конденсатора (они следуют одна из другой, если воспользоваться соотношением $q = CU$):

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

Энергия электрического поля. Электрическую энергию следует рассматривать как потенциальную энергию, запасенную в заряженном конденсаторе.

Соединения конденсаторов. Параллельное соединение конденсаторов: *выпишем формулы для параллельного соединения конденсаторов:*

$$q = q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_n$$

$$U = U_1 = U_2 = \dots = U_n$$

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

При *последовательном соединении конденсаторов*. Общая емкость последовательно соединенных конденсаторов находится из соотношения:

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

Из закона сохранения заряда следует, что заряды на соседних обкладках равны:

$$q_1 = q_2 = q_3 = \dots = q_n$$

Напряжение равно сумме напряжений на отдельных конденсаторах.

$$U = U_1 + U_2 + \dots + U_n$$

Для двух последовательно соединённых конденсаторов формула выше даст нам следующее выражение для общей емкости:

$$C = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2}$$

Контрольные вопросы

1. Эквипотенциальные поверхности
2. В чем различие между проводниками и диэлектриками?
3. Конденсаторы: определение, соединения.

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

Лекция №3. Законы постоянного тока

План

1. Условия, необходимые для возникновения и поддержания электрического тока. Сила тока и плотность тока. Закон Ома для участка цепи без ЭДС.
2. Зависимость электрического сопротивления от материала, длины и площади поперечного сечения проводника. Зависимость электрического сопротивления проводников от температуры. Электросварка как элемент будущей профессии сварщика.

1. Условия, необходимые для возникновения и поддержания электрического тока. Сила тока и плотность тока. Закон Ома для участка цепи без ЭДС.

Направленное движение заряженных частиц называется электрическим током. Для возникновения и существования тока необходимо выполнение 2-х условий:

1. наличие в данной среде свободных носителей тока, способных перемещаться в пределах всей среды:
 - в металлах и полупроводниках – электроны;
 - в электролитах – ионы обоих знаков;
 - в газах – ионы обоих знаков и электроны;

2. существование в данной среде электрического поля, энергия которого расходуется на упорядоченное перемещение электрических зарядов.

За направление электрического тока принято направление движения положительных свободных зарядов. Для существования электрического тока в проводнике необходимо создать в нем электрическое поле. Количественной мерой электрического тока служит *сила тока* I – скалярная физическая величина, равная отношению заряда Δq , переносимого через поперечное сечение проводника за интервал времени Δt , к этому интервалу времени: $I = \Delta q / \Delta t$. Если сила тока и его направление не изменяются со временем, то такой ток называется *постоянным*. В Международной системе единиц СИ сила тока измеряется в Амперах (А). Единица измерения тока 1 А устанавливается по магнитному взаимодействию двух параллельных проводников с током.

Источник тока – устройство, в котором осуществляется преобразование какого-либо вида энергии в энергию электрического поля. В источнике тока на заряженные частицы в замкнутой цепи действуют сторонние силы. Причины возникновения сторонних сил в различных источниках тока различны. Электродвижущей силой источника тока называют отношение работы сторонних сил к величине положительного заряда, переносимого от отрицательного полюса источника тока к положительному:

$$\varepsilon = \frac{A_{ст}}{q}$$

Сила тока – скалярная физическая величина, равная отношению заряда, прошедшего через проводник, ко времени, за которое этот заряд прошел.

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

, где I – сила тока, q – величина заряда (количество электричества), t – время прохождения заряда.

Плотность тока – векторная физическая величина, равная отношению силы тока к площади поперечного сечения проводника.

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

, где j – плотность тока, S – площадь сечения проводника.

Напряжение – скалярная физическая величина, равная отношению полной работе кулоновских и сторонних сил при перемещении положительного заряда на участке к значению этого заряда.

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

, где A – полная работа сторонних и кулоновских сил, q – электрический заряд.

Электрическое сопротивление – физическая величина, характеризующая электрические свойства участка цепи.

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

, где ρ – удельное сопротивление проводника, l – длина участка проводника, S – площадь поперечного сечения проводника.

Проводимостью называется величина, обратная сопротивлению

$$G = \frac{1}{R}$$

, где G – проводимость.

Закон Ома для однородного участка цепи.

Сила тока в однородном участке цепи прямо пропорциональна напряжению при постоянном сопротивлении участка и обратно пропорциональна сопротивлению участка при постоянном напряжении.

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

, где U – напряжение на участке, R – сопротивление участка.

2. Зависимость электрического сопротивления от материала, длины и площади поперечного сечения проводника. Зависимость электрического сопротивления проводников от температуры. Электросварка как элемент будущей профессии сварщика.

Электрическое сопротивление металлов зависит от материала проводника, его длины и поперечного сечения, температуры и состояния проводника (давления, механических сил растяжения и сжатия, т.е. внешних факторов, влияющих на кристаллическое строение металлических проводников).

Зависимость сопротивления от материала, длины и площади поперечного сечения проводника:

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

где ρ – удельное сопротивление проводника;

l – длина проводника;

S – площадь поперечного сечения проводника.

Зависимость сопротивления проводника от температуры:

$$R_t = R_0 \cdot (1 + \alpha t) \quad \text{или} \quad R_t = \alpha R_0 T,$$

где R_t – сопротивление при температуре t °C;

R_0 – сопротивление при 0 °C;

$$\alpha = \frac{R_t - R_0}{R_0 t}$$

– температурный коэффициент сопротивления, который показывает, как изменяется сопротивление проводника по отношению к его сопротивлению при 0 °C, если температура изменяется на один градус.

Электрогазосварщик – специалист, который осуществляет сварку различных изделий из металла (узлов металлоконструкций, трубопровода, деталей машин и механизмов и т.д.). Профессия электрогазосварщика относится к классу исполнительских, она предполагает совершение действий согласно определенным алгоритмам с соблюдением имеющихся правил и нормативов, стандартов.

Контрольные вопросы

1. Условия, необходимые для возникновения и поддержания электрического тока.
2. Закон Ома для участка цепи без ЭДС.
3. Характеристики тока

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях / под редакцией А.А. Пинского, П.И. Самойленко. – М., 2008.

Лекция №4. Законы постоянного тока

План

1. Электродвижущая сила источника тока.
2. Закон Ома для полной цепи.
3. Соединение проводников.

1. **Электродвижущая сила источника тока.** *Сторонние силы – это любые силы, которые действуют на электрические заряды, но при этом не являются силами электрического происхождения. Устройство для поддержания электрического тока, называется источником тока. Электродвижущая сила равна отношению работы сторонних сил при перемещении заряда по замкнутому контуру, к величине этого заряда:*

$$\xi = \frac{A_{\text{ст}}}{q}$$

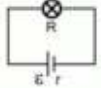
. Из формулы видно, что электродвижущая сила, как и напряжение, измеряется в вольтах:

$$[\xi] = \left[\frac{\text{Дж}}{\text{Кл}} \right] = [\text{В}]$$

2. Закон Ома для полной цепи.

Полная цепь – цепь, содержащая источник тока, или же цепь, содержащая ЭДС.

Для наглядного примера возьмем самый простой вариант – цепь с одним источником и одним потребителем:



. Внешняя цепь (участок полной цепи без источника) характеризуется своим сопротивлением – R . Источник же характеризуется своей ЭДС, а также внутренним сопротивлением – r .

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

Или же: Это и есть закон Ома для полной цепи.

3. Соединение проводников.

При последовательном соединении проводников сила тока во всех проводниках одинакова:

$$I_1 = I_2 = I.$$

По закону Ома, напряжения U_1 и U_2 на проводниках равны

$$U_1 = IR_1, \quad U_2 = IR_2.$$

Общее напряжение U на обоих проводниках равно сумме напряжений U_1 и U_2 :

$$U = U_1 + U_2 = I(R_1 + R_2) = IR,$$

где R – электрическое сопротивление всей цепи. Отсюда следует:

$$R = R_1 + R_2.$$

При последовательном соединении полное сопротивление цепи равно сумме сопротивлений отдельных проводников.

Этот результат справедлив для любого числа последовательно соединенных проводников.

При параллельном соединении напряжения U_1 и U_2 на обоих проводниках одинаковы:

$$U_1 = U_2 = U.$$

Сумма токов $I_1 + I_2$, протекающих по обоим проводникам, равна току в неразветвленной цепи:

$$I = I_1 + I_2.$$

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}.$$

Лекция №5. Законы постоянного тока

План

1. Закон Джоуля – Ленца

2. Работа и мощность электрического тока. Тепловое действие тока.

3. Собственная проводимость полупроводников.

4. Полупроводниковые приборы.

1. Закон Джоуля – Ленца

Впервые зависимость выделения теплоты от силы электрического тока была сформулирована и математически определена Джеймсом Джоулем в 1841 году, и чуть позже, в 1842 г., независимо от него, Эмилем Ленцем.

Если принять, что сила тока и сопротивление проводника не меняется в течение времени, то закон

$$Q = I^2 R t$$

Джоуля – Ленца можно записать в упрощенном виде:

2. Работа и мощность электрического тока. Тепловое действие тока.

Электрическое поле совершит работу $A = \Delta q U$. Так как сила тока $I = \frac{\Delta q}{\Delta t}$, то $\Delta q = I \Delta t$, то работа равна: $A = I U \Delta t$

Работа тока на участке цепи равна произведению силы тока, напряжения и времени, в течение которого совершалась работа.

Мощность тока равна отношению работы тока за время Δt к этому интервалу времени. Со-

гласно этому определению $P = \frac{A}{\Delta t} = I U$.

3. Собственная проводимость полупроводников.

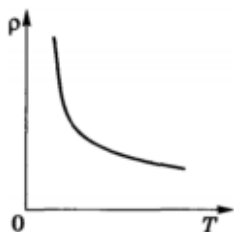
К полупроводникам относят широкий класс веществ, которые отличаются от металлов тем, что:

а) концентрация подвижных носителей заряда в них существенно ниже, чем концентрация атомов;

б) эта концентрация (а с ней и электропроводность) может меняться под влиянием температуры, освещения, небольшого количества примесей;

в) электрическое сопротивление уменьшается с ростом температуры.

Электронная проводимость. Проводимость полупроводников, обусловленная свободными электронами, называется **электронной проводимостью**. Концентрация носителей заряда при увеличении температуры от 300 до 700 К растет от 10^{17} до 10^{24} м^{-3} , что и приводит к падению сопротивления:



4. Полупроводниковые приборы.

Полупроводниковый диод.

Способность n – p –перехода пропускать ток практически только в одном направлении используется в приборах, которые называются **полупроводниковыми диодами**.

Полупроводниковыми диодами – называются полупроводниковые приборы с одним n – p –переходом. Полупроводниковые диоды изготавливаются из кристаллов кремния или германия. При их изготовлении в кристалл с каким-либо типом проводимости вводят примесь, обеспечивающую другой тип проводимости.

Полупроводниковые диоды используются в выпрямителях для преобразования переменного тока в постоянный.

Транзисторами – называются полупроводниковые приборы с двумя n – p –переходами.

Обычно для создания транзисторов используют германий и кремний. Транзисторы бывают двух типов: p – n – p –транзисторы и n – p – n –транзисторы.

Пластинку транзистора называют **базой** (Б), одну из областей с противоположным типом проводимости – **коллектором** (К), а вторую – **эмиттером** (Э). Обычно объем коллектора превышает

ет объем эмиттера. В условных обозначениях разных структур стрелка эмиттера показывает направление тока через транзистор.

Контрольные вопросы

1. Закон Джоуля – Ленца
2. Собственная проводимость полупроводников.
3. Полупроводниковые приборы

Литература

Для студентов и преподавателей

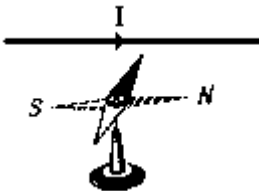
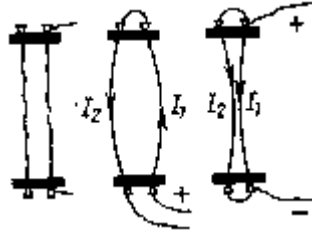
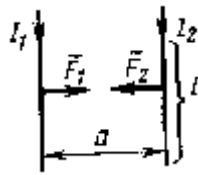
1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

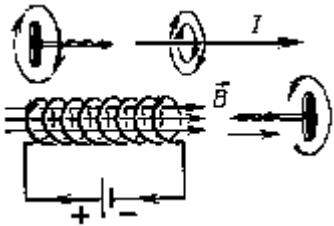
Лекция №6. Магнетизм

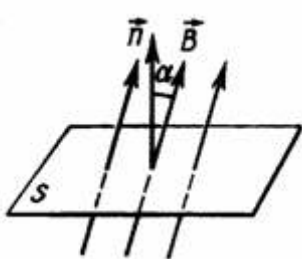
План

1. Магнитное поле. Вектор индукции магнитного поля.
2. Действие магнитного поля на прямолинейный проводник с током. Закон Ампера.
3. Взаимодействие токов. Магнитный поток.

1, 3. Магнитное поле. Вектор индукции магнитного поля.

Магнитное действие электрического тока	
1820 г. <u>Х. Эрстед</u> — датский физик, открыл магнитное действие тока. (Опыт: действие электрического тока на магнитную стрелку). 1820 г. <u>А. Ампер</u> — французский ученый, открыл механическое взаимодействие токов и установил закон этого взаимодействия.	
Магнитное взаимодействие, как и электрическое, удобно рассматривать вводя понятие магнитного поля: 1. Магнитное поле порождается током, т. е. движущимися электрическими зарядами. 2. Магнитное поле обнаруживается по действию на магнитную стрелку или на электрический ток (движущиеся электрические заряды).	
Для двух параллельных бесконечно длинных проводников было установлено: противоположно направленные токи отталкиваются, однаправленные токи притягиваются, $F = k \frac{I_1 I_2}{a} \ell$ причем a, где k — коэффициент пропорциональности.	

Отсюда устанавливается единица силы тока ампер в СИ: сила тока равна 1 А, если между отрезками двух бесконечных проводников по 1 м каждый, находящимися в вакууме на расстоянии 1 м друг от друга, действует сила магнитного взаимодействия $2 \cdot 10^{-7} \text{ Н}$.	$k = 2 \cdot 10^{-7} \frac{\text{Н}}{\text{А}^2}$
В СИ удобно ввести магнитную проницаемость вакуума $\mu_0 = 2\pi k = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Н}}{\text{А}^2}$	$\mu_0 = 2\pi k = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{\text{Н}}{\text{А}^2}$
Вектор магнитной индукции. Вектор магнитной индукции (B) – аналог напряженности электрического поля. Основной силовой характеристикой магнитного поля является вектор магнитной индукции.	$\vec{B}$
Направление этого вектора для поля прямого проводника с током и соленоида можно определить по прав32илу буравчика: если направление поступательного движения буравчика (винта с правой нарезкой) совпадает с направлением тока, то направление вращения ручки буравчика покажет направление линий магнитной индукции. Вектор магнитной индукции направлен по касательной к линиям.	
На практике удобно пользоваться следующим правилом: если большой палец правой руки направить по току, то направление обхвата тока остальными пальцами совпадет с направлением линий магнитной индукции.	
Модуль вектора магнитной индукции Магнитная индукция B зависит от I и r, где r — расстояние от проводника с током до исследуемой точки. Если расстояние от проводника много меньше его длины (т. е. рассматривать модель бесконечно длинного проводника), то $B = k \frac{I}{r},$ где k — коэффициент пропорциональности. Подставляя эту формулу в уравнение для силы взаимодействия двух проводников с током, получим $F = B \cdot I \ell$. Отсюда $B = \frac{F}{I \cdot \ell}.$ Таким образом, модуль вектора магнитной индукции $\vec{B}$ есть отношение максимальной силы, действующей со стороны магнитного поля на участок проводника с током, к произведению силы тока на длину этого участка.	$B = \frac{F}{I \cdot \ell}$
Единица измерения в СИ — тесла (Тл). Единица названа в честь сербского электротехника Н. Тесла.	$1 \text{ Тл} = \frac{1 \text{ Н}}{1 \text{ А} \cdot 1 \text{ м}}$

Магнитный поток	
Магнитный поток (поток линий магнитной индукции) через контур численно равен произведению модуля вектора магнитной индукции на площадь, ограниченную контуром, и на косинус угла между направлением вектора магнитной индукции и нормалью к поверхности, ограниченной этим контуром.	
$\Phi = BS \cos \alpha$, где $B \cos \alpha$ представляет собой проекцию вектора B на нормаль к плоскости контура. Магнитный поток показывает, какое количество линий магнитной индукции пронизывает данный контур.	$\Phi = BS \cos \alpha$
Единица магнитного потока в СИ – вебер (Вб). В честь немецкого физика В. Вебера.	$1 \text{ Вб} = 1 \text{ Тл} \cdot 1 \text{ м}^2$
Опыт показывает, что линии магнитной индукции всегда замкнуты, и полный магнитный поток через замкнутую поверхность равен нулю. Этот факт является следствием отсутствия магнитных зарядов в природе.	

2. Действие магнитного поля на прямолинейный проводник с током. Закон Ампера.

Магнитное поле действует на проводник с током с силой Ампера, равной произведению индукции магнитного поля, силы тока в проводнике, его длины и синуса угла между направлением тока и вектором индукции. Силу, действующую на проводник с током в магнитном поле, называют *силой Ампера* в честь А. Ампера, который подробно описал её свойства.

Согласно опытным данным модуль силы Ампера, F_A пропорционален силе тока в проводнике, I , модулю вектора магнитной индукции, B , длине проводника, L и синусу угла между направлением тока в проводнике и направлением вектора магнитной индукции, а:

$$F_A = BLI \sin \alpha$$

Контрольные вопросы

1. Вектор магнитной индукции.
2. Действие магнитного поля на прямолинейный проводник с током.
3. Закон Ампера.
4. Магнитный поток

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

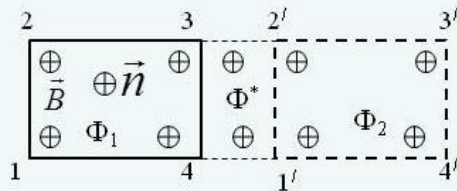
Лекция №7. Магнетизм

План

1. Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле.
2. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца.
3. Электромагнитная индукция.

1. Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле.

Прямоугольный контур с током 1-2-3-4 перемещается в магнитном поле (направлено от нас) в положение 1'-2'-3'-4'.



$$A = A_{12} + A_{23} + A_{34} + A_{41}$$

Магнитное поле в общем случае может быть неоднородным, поэтому потоки Φ_1, Φ', Φ_2 .

Полная работа по перемещению контура равна алгебраической сумме работ, совершаемых при перемещении каждой из четырех сторон контура

$$A_{23} = A_{41} = 0, \quad \text{— не пересекают магнитный поток}$$

$$A_{34} = I(\Phi' + \Phi_2)$$

$$A_{12} = -I(\Phi_1 + \Phi')$$

Провод 1-2 движется против сил поля

Тогда общая работа по перемещению контура

$$A = A_{34} + A_{12} = I\Phi' + I\Phi_2 - I\Phi_1 - I\Phi' = I(\Phi_2 - \Phi_1)$$

$$A = I \cdot \Delta\Phi$$

Работа, совершаемая при перемещении замкнутого контура с током, равна произведению величины тока на изменение магнитного потока, сцепленного с этим контуром.

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

Сила Лоренца - сила, действующая со стороны магнитного поля на движущуюся электрически заряженную частицу.

$\vec{F}_L = q \cdot \vec{v} \cdot B \cdot \sin \alpha$, где q - заряд частицы; v - скорость заряда; B - индукции магнитного поля; α - угол между вектором скорости заряда и вектором магнитной индукции.

Согласно второму закону Ньютона: сила Лоренца равна произведению массы частицы на центростремительное ускорение

$$q \cdot v \cdot B = \frac{m \cdot v^2}{R}$$

$$R = \frac{m \cdot v}{q \cdot B}$$

тогда радиус окружности

$$T = \frac{2\pi \cdot m}{q \cdot B}$$

а период

обращения заряда в магнитном поле. Так как электрический ток представляет собой упорядоченное движение зарядов, то действие магнитного поля на проводник с током есть результат его действия на отдельные движущиеся заряды.

3. Электромагнитная индукция.

В 1831 году английский ученый физик в своих опытах М.Фарадей открыл явление *электромагнитной индукции*. В настоящее время, в основе многих устройств лежит явление электромагнитной индукции, например в двигателе или генераторе электрического тока, в трансформаторах, радиоприемниках, и многих других устройствах.

Электромагнитная индукция – это явление возникновения тока в замкнутом проводнике, при прохождении через него магнитного потока.

Закон электромагнитной индукции: Электродвижущая сила, индуцируемая в проводящем контуре, равна скорости изменения магнитного потока, сцепляющегося с этим контуром.

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

Чтобы определить направление тока, нужно посмотреть на магнит со стороны северного полюса. Чтобы определить направление тока, нужно выкручивать буравчик, направление вращения буравчика укажет направление тока в проводнике – против часовой стрелки.

Контрольные вопросы

1. Работа по перемещению проводника с током в магнитном поле.
2. Действие магнитного поля на движущийся заряд. Сила Лоренца.
3. Электромагнитная индукция.

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

Лекция №8. Магнетизм

План

1. Вихревое электрическое поле.
2. Самоиндукция.
3. Энергия магнитного поля

1. Вихревое электрическое поле.

Индукционное электрическое поле является вихревым. Направление силовых линий вихревого эл. поля совпадает с направлением индукционного тока.

электростатическое поле	индукционное электрическое поле (вихревое электрическое поле)
1. создается неподвижными электр. зарядами	1. вызывается изменениями магнитного поля
2. силовые линии поля разомкнуты - потенциальное поле	2. силовые линии замкнуты - вихревое поле
3. источниками поля являются электр. заряды	3. источники поля указать нельзя
4. работа сил поля по перемещению пробного заряда по замкнутому пути = 0.	4. работа сил поля по перемещению пробного заряда по замкнутому пути = ЭДС индукции

Использование вихревых токов - нагрев и плавка металлов в вакууме, демпферы в электроизмерительных приборах.

Вредное действие вихревых токов - это потери энергии в сердечниках трансформаторов и генераторов из-за выделения большого количества тепла.

2. Самоиндукция.

Каждый проводник, по которому протекает электрический ток, находится в собственном магнитном поле. При изменении силы тока в проводнике меняется магнитное поле, т.е. изменяется магнитный поток, создаваемый этим током. Изменение магнитного потока ведет к возникновению вихревого электрического поля и в цепи появляется ЭДС индукции. Это явление называ-

ется самоиндукцией. Самоиндукция - явление возникновения ЭДС индукции в электрической цепи в результате изменения силы тока. Возникающая при этом ЭДС называется ЭДС самоиндукции

ЭДС САМОИНДУКЦИИ

$$\mathcal{E}_{si} = -\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} = -L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

3. Энергия магнитного поля

Магнитное поле обладает энергией. Подобно тому, как в заряженном конденсаторе имеется запас электрической энергии, в катушке, по виткам которой протекает ток, имеется запас магнитной энергии.

Если включить электрическую лампу параллельно катушке с большой индуктивностью в электрическую цепь постоянного тока, 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. Энергия W_m магнитного поля катушки с индуктивностью L , создаваемого током I , равна: $W_m = LI^2/2$

Контрольные вопросы

1. Вихревое электрическое поле.
2. Самоиндукция.
3. Энергия магнитного поля

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

Раздел №4. Колебания и волны

Лекция №1. Механические колебания и волны

План

1. Колебательное движение. Гармонические колебания. Свободные механические колебания.
2. Линейные механические колебательные системы. Превращение энергии при колебательном движении.
3. Свободные затухающие механические колебания. Вынужденные механические колебания.

1. Колебательное движение. Гармонические колебания. Свободные механические колебания.

Колебательное движение – это движение, точно или приблизительно повторяющееся через одинаковые промежутки времени. Колебательное движение свойственно всем явлениям природы. Внутри любого живого организма непрерывно происходят ритмично повторяющиеся процессы, например биение сердца.

Механические колебания - это любой физический процесс, характеризующийся повторяемостью во времени.

Гармонические колебания – это колебания, в процессе совершения которых значения физических величин изменяются с течением времени по закону синуса или косинуса. **Периодом** периодических колебаний называется минимальное время, через которое система возвращается в первоначальное. **График гармонического колебания:**



Уравнение гармонического колебания. Уравнение гармонического колебания устанавливает зависимость координаты тела от времени

$$x = A \cos(\omega t + \varphi_0)$$

x – координата колеблющегося тела
 A (x_0) – амплитуда колебания
 ω – циклическая частота
 t – время

$$x = A \sin(\omega t + \varphi_0)$$

φ_0 – начальная фаза
 $[x] = 1\text{ м}$ $[A] = 1\text{ м}$ $[\omega] = 1 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$
 $[t] = 1\text{ с}$ $[\varphi] = 1\text{ рад}$

Максимальные значения скорости и ускорения:

Определяются по формуле

$$v_{\max} = A\omega$$

$\vec{v}$ – мгновенная скорость колеблющегося тела
 $\vec{a}$ – ускорение тела
 A – амплитуда колебаний

$$a_{\max} = A\omega^2$$

ω – циклическая частота колебаний
 $[v] = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ $[a] = 1 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$ $[A] = 1\text{ м}$ $[\omega] = 1 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$

2. Линейные механические колебательные системы. Превращение энергии при колебательном движении.

Колебательная система (КМ) – это система, имеющая положение устойчивого положения.

Преобразование энергии при гармонических колебаниях. Если колебания тела происходят по закону $x_0 \sin(\omega t + \varphi_0)$, то кинетическая энергия тела равна:

$$W_k = \frac{mV_x^2}{2} = \frac{mx_0^2 \omega^2 \cos^2(\omega t + \varphi_0)}{2}$$

$$W_n = \frac{kx^2}{2} = \frac{kx_0^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0)}{2}$$

Потенциальная энергия тела равна:

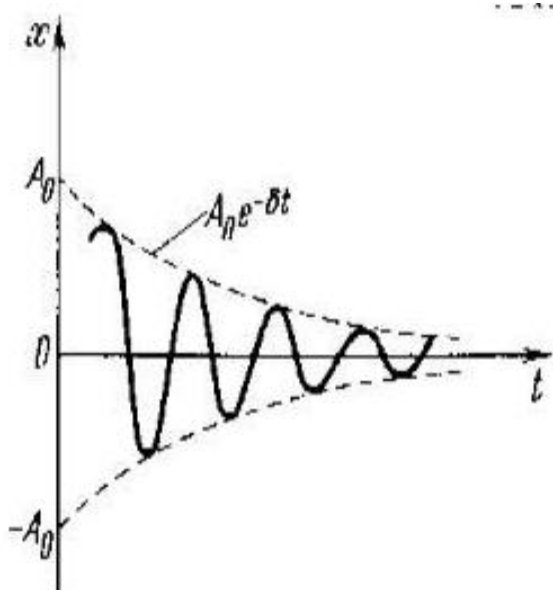
$$W_n = \frac{mV^2 x_0^2 \sin^2(\omega t + \varphi_0)}{2}$$

Так как $k = m\omega^2$, то . За нулевой уровень отсчета потенциальной энергии выбирается положение равновесия тела ($x = 0$).

$$W_0 = W_k + W_n = \frac{m\omega^2 x_0^2}{2}$$

Полная механическая энергия системы равна:

3. Свободные затухающие механические колебания. Вынужденные механические колебания.



Затухающими наз. колебания, энергия (а значит, и амплитуда) которых уменьшается с течением времени. Затухание свободных механических гармонических колебаний связано с убыванием механической энергии за счет действия сил сопротивления и трения.

ВЫНУЖДЕННЫЕ КОЛЕБАНИЯ – колебания, происходящие под действием внешней переменной силы (*вынуждающей силы*). Установившиеся вынужденные колебания происходят с частотой, равной частоте вынуждающей силы. Примеры: раскачивание боксерской груши, движение иглы в швейной машине.

Контрольные вопросы

1. Колебательное движение.
2. Гармонические колебания: характеристики
3. Свободные механические колебания.
4. Линейные механические колебательные системы: виды
5. Превращение энергии при колебательном движении.
6. Свободные затухающие механические колебания.
7. Вынужденные механические колебания.

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

Лекция №2. Механические колебания и волны

План

1. Поперечные и продольные волны. Характеристики волны. Уравнение плоской бегущей волны.
2. Интерференция волн. Понятие о дифракции волн.
3. Звуковые волны. Ультразвук и его применение.

1. Поперечные и продольные волны. Характеристики волны. Уравнение плоской бегущей волны.

Упругими или механическими волнами называются механические возмущения (деформации), распространяющиеся в упругой среде.

Все волны делятся на *продольные и поперечные*.

Поперечные волны – упругие волны, при распространении которых частицы среды совершают колебания в направлении, перпендикулярном направлению распространения волны.

Продольные волны – упругие волны, при распространении которых частицы среды совершают колебания вдоль направления распространения волны.

Характеристики бегущих волн

1. Длина волны

Минимальное расстояние, на которое распространяется волна за время, равное периоду колебания точки среды около положения равновесия, называется *длиной волны*.

Длиной волны λ называется наименьшее расстояние между двумя точками среды, совершающими колебания в фазе (т.е. разность их фаз равна 2π).

2. Фазовая скорость волны

Фазовая скорость v_Φ – это скорость распространения данной фазы колебаний, т.е. скорость волны. Связь длины волны λ , фазовой скорости v_Φ и периода колебаний T задается соотношением:

$$\lambda = v_\Phi T$$

3. Фронт волны. Волновая поверхность

Геометрическое место точек, до которого к некоторому моменту времени дошел колебательный процесс, называется *волновым фронтом*.

Геометрическое место точек, колеблющихся в фазе, называется *волновой поверхностью*.

Волновой фронт – частный случай волновой поверхности.

Бегущими волнами называются волны, которые переносят в пространстве энергию. Перенос энергии волнами количественно характеризуется вектором плотности потока энергии.

2. Интерференция волн. Понятие о дифракции волн.

Интерференцией волн называется явление наложение двух и более волн, при котором в зависимости от соотношения между фазами этих волн происходит устойчивое во времени их взаимное усиление в одних точках пространства и ослабление в других.

Волны, удовлетворяющие этим условиям и источники, создающие такие волны, называются *когерентными*. Плоские синусоидальные волны, частоты которых одинаковы, когерентны всегда.

3. Звуковые волны. Ультразвук и его применение.

Важным видом продольных волн являются *звуковые волны*. Так называются волны с частотами 17 – 20000 Гц. Учение о звуке называется акустикой. В акустике изучаются волны, которые распространяются не только в воздухе, но и в любой другой среде. Упругие волны с частотой ниже 17 Гц называются инфразвуком, а с частотой выше 20000 Гц – ультразвуком.

Звуковые волны – упругие колебания, распространяющиеся в виде волнового процесса в газах, жидкостях, твердых телах.

Частота звука измеряется числом колебаний частиц среды, участвующих в волновом процессе, в 1 секунду.

Интенсивность волны измеряется энергией, переносимой волной в единицу времени через единичную площадь (расположенную перпендикулярно направлению распространения волны).

Под ультразвуковыми колебаниями в акустике понимают такие колебания, частота которых лежит за верхним пределом слышимости человеческого уха, т. е. превосходит примерно 20 кГц. В настоящее время удается получать ультразвуковые колебания с частотой до 106 кГц. Область ультразвуковых колебаний охватывает, следовательно, приблизительно 16 октав. В длинах волн это означает, что ультразвуковые волны занимают диапазон, простирающийся в

воздухе (скорость распространения звука $c=330$ м/сек) от $1,6$ до $0,3 \cdot 10^{-4}$ см), в жидкостях ($c \approx 1200$ м/сек) от 6 до $1,2 \cdot 10^{-4}$ см и в твердых телах ($c \approx 4000$ м/сек) от 20 до $4 \cdot 10^{-4}$ см. Таким образом, длина наиболее коротких ультразвуковых волн по порядку величины сравнима с длиной видимых световых волн. Именно малость длины волны обусловила особые применения ультразвука. Все эти причины привели к тому, что за последние 20 лет ультразвук нашел исключительно широкое применение в самых различных областях науки и техники. Значение ультразвука выходит теперь далеко за рамки физики. Во всяком случае, можно с уверенностью утверждать, что в обиход промышленного неразрушающего контроля, научной лаборатории, в технику измерений и испытаний, в биологию и медицину ультразвук вошел навсегда.

Контрольные вопросы

1. Поперечные и продольные волны.
2. Характеристики волны.
3. Понятие о интерференции волн.
4. Понятие о дифракции волн.
5. Звуковые волны.
6. Ультразвук и его применение.

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

Лекция №3. Электромагнитные колебания и волны

План

1. Свободные электромагнитные колебания. Превращение энергии в колебательном контуре.
2. Генератор незатухающих электромагнитных колебаний.

1. Свободные электромагнитные колебания. Превращение энергии в колебательном контуре.

Электромагнитные колебания – это колебания электрических и магнитных полей, которые сопровождаются периодическим изменением заряда, тока и напряжения. Простейшей системой, где могут возникнуть и существовать электромагнитные колебания, является колебательный контур. *Колебательный контур* – это система, состоящая из катушки индуктивности и конденсатора. *Период электромагнитных колебаний* в идеальном колебательном контуре (т. е. в таком контуре, где нет потерь энергии) зависит от индуктивности катушки и емкости конденсатора и находится по формуле Томпсона $T = 2\pi\sqrt{LC}$. В отсутствие затухания свободные колебания в электрическом контуре являются *гармоническими*, то есть происходят по закону

$$q(t) = q_0 \cos(\omega t + \varphi_0)$$

Для колебаний заряда, напряжения и силы тока получаются формулы:

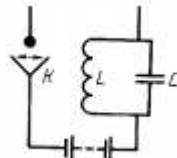
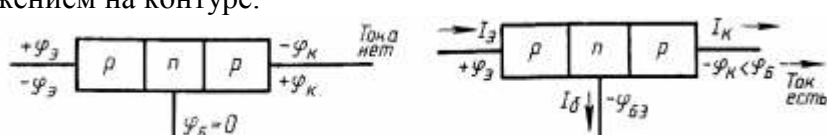
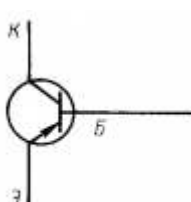
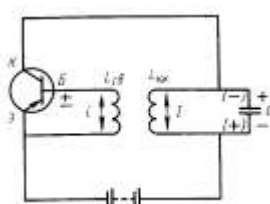
Для конденсатора: $q(t) = q_0 \cos \omega_0 t$, $U(t) = U_0 \cos \omega_0 t$

Для катушки индуктивности: $i(t) = I_0 \cos(\omega_0 t + \pi/2)$, $U(t) = U_0 \cos(\omega_0 t + \pi)$

2. Генератор незатухающих электромагнитных колебаний.

Генератор электромагнитных колебаний

Генератор электромагнитных колебаний представляет собой один из примеров автоколебательных систем.	
--	--

Получение незатухающих колебаний в контуре.	
Если конденсатор колебательного контура заряжен, то в контуре возникают затухающие колебания. Электрическая энергия W переходит во внутреннюю энергию: $\frac{CU^2}{2} = \frac{LI^2}{2} + Q$	
Пополнять энергию колебательного контура можно, подзаряжая конденсатор. Для этого контур подключают к источнику тока. Контур подключается к источнику тока только в те интервалы времени, когда пластина конденсатора, присоединенная к положительному полюсу источника, заряжена положительно. Если источник постоянного тока будет все время подключен к контуру, то в $\frac{1}{2}T$ энергия поступает в контур, а следующую $\frac{1}{2}T$ возвращается в источник, т. е. колебания затухают.	
Частота колебаний, возникающих в контуре, определяется его параметрами (индуктивностью и емкостью), а амплитуда колебаний – напряжением на источнике (его эдс).	$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$
Незатухающие колебания установятся в том случае, если контур будет подключаться к источнику только в первую половину периода. Для выполнения такого условия ключ должен замыкать и размыкать цепь с частотой, соответствующей частоте электромагнитных колебаний контура. Однако механический ключ инертен.	
Безынерционным ключом является транзистор. Транзистор обеспечивает поступление энергии к колебательному контуру, если напряжение на электронном переходе меняется синфазно с напряжением на контуре. 	
Генератор высокочастотных колебаний на транзисторе	
Первая четверть периода. Положительно заряженная пластина конденсатора, соединенная с коллектором, разряжается. Ток в колебательном контуре возрастает до максимального значения. В катушке связи возникает <i>индукционный ток</i> такого направления, что база имеет отрицательный потенциал относительно эмиттера. Переходы база — коллектор и эмиттер — база прямые. Транзистор открыт. Энергия от источника поступает через транзистор в колебательный контур (ключ замкнут). Вторая четверть периода. Ток в контуре убывает. Верхняя пластина заряжается отрицательно. В катушке связи ток меняет направление. На базе положительный потенциал. Переход коллектор—база обратный. Тока в цепи нет (ключ разомкнут).	

Третья четверть периода. Конденсатор разряжается. Ток растет до максимального значения, направлен от нижней пластины к верхней. В катушке связи ток направлен так, что база получает положительный потенциал. Переход база — коллектор обратный. Тока в цепи нет (ключ разомкнут).

Четвертая четверть периода. Ток в контуре, не меняя направления, убывает. Верхняя пластина заряжается положительно. В катушке связи ток меняется по направлению. Заряд на базе отрицательный. Переходы база — коллектор и эмиттер — база прямые. Энергия поступает от источника в колебательный контур (ключ замкнут).

Таким образом, происходят незатухающие электромагнитные колебания за счет поступления энергии от источника в колебательный контур в течение $1/2 T$.



Контрольные вопросы

1. Свободные электромагнитные колебания.
2. Превращение энергии в колебательном контуре.
3. Получение незатухающих колебаний в контуре.
4. Генератор высокочастотных колебаний на транзисторе

Литература

Для студентов и преподавателей

- 1.Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. — М.: Высшая школа,2010.
- 2.Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы.- М.: Просвещение, 2008.
- 3.Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. — М.,2008.

Лекция №4. Электромагнитные колебания и волны

План

- 1.Переменный ток. Генератор переменного тока. Емкостное и индуктивное сопротивления переменного тока.
- 2.Закон Ома для электрической цепи переменного тока. Работа и мощность переменного тока.
- 3.Генераторы тока.
- 4.Трансформаторы. Токи высокой частоты.
- 5.Получение, передача и распределение электроэнергии.

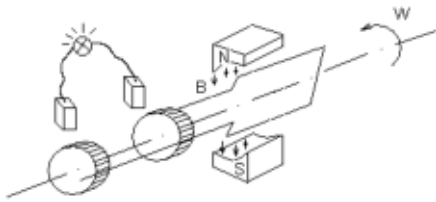
1.Переменный ток. Генератор переменного тока. Емкостное и индуктивное сопротивления переменного тока.

Переменным называется ток, изменение которого по величине и направлению повторяется периодически через равные промежутки времени T .

Стандартная (техническая)	50 Гц
Частота для промышленных установок Европе, Японии и Америки	60 Гц

Для получения токов промышленной частоты служат *генераторы переменного тока* в основе работы которых лежит закон электромагнитной индукции, согласно которому при движении замкнутого контура в магнитном поле в нем возникает ток.

Схема простейшего генератора переменного тока



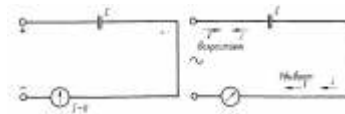
Если ротор делает n оборотов в минуту, то частота индуцированной ЭДС

$f = \frac{n}{60}$. Т.к. при этом угловая скорость генератора $\omega = \frac{2\pi n}{60}$, то между ней и частотой, наведенной ЭДС существует соотношение $\omega = 2\pi f$.

Характеристики переменного тока

Емкостное сопротивление в цепи переменного тока

При включении конденсатора в цепь постоянного напряжения сила тока $I=0$, а при включении конденсатора в цепь переменного напряжения сила тока $I \neq 0$. Следовательно, конденсатор в цепи переменного напряжения создает сопротивление меньше, чем в цепи постоянного тока.

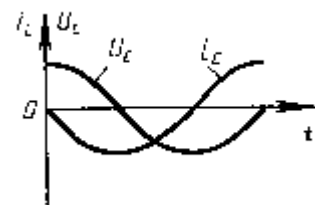


Мгновенное значение напряжения равно $u = U_0 \cos \omega t$.

$$i = q' = (Cu)' = -CU_0 \omega \sin \omega t = I_0 \cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$$

Мгновенное значение силы тока равно:

Таким образом, колебания напряжения отстают от колебаний тока по фазе на $\pi/2$.



Т.к. согласно закону Ома сила тока прямо пропорциональна напряжению, то для максимальных значений тока и напряжения полу-

$$I_0 = CU_0 \omega = \frac{U_0}{\frac{1}{\omega C}} = \frac{U_0}{X_C}$$

чим: $X_C = \frac{1}{\omega C}$, где X_C - *емкостное сопротивление*.

$$I_0 = \frac{U_0}{\frac{1}{\omega C}}$$

Емкостное сопротивление не является характеристикой проводника, т.к. зависит от параметров цепи (частоты).

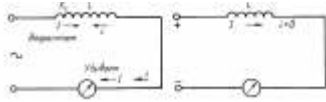
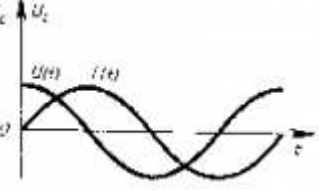
$$I_0 = \frac{U_0}{X_C}$$

Чем больше частота переменного тока, тем лучше пропускает конденсатор ток (тем меньше сопротивление конденсатора переменному току).

$$X_C = \frac{1}{\omega C}$$

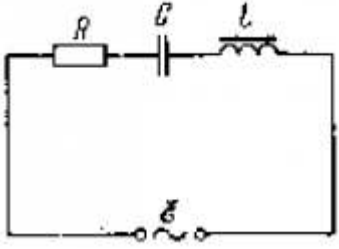
Т.к. разность фаз между колебаниями тока и напряжения равна $\pi/2$, то мощность в цепи равна 0: энергия не расходуется, а происходит обмен энергией между источником напряжения и емкостной нагрузкой. Такая нагрузка наз. *реактивной*.

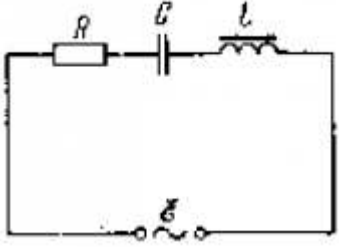
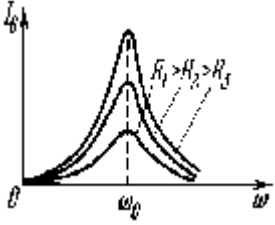
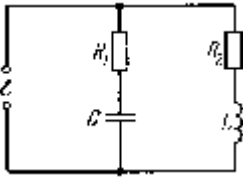
Индуктивное сопротивление в цепи переменного тока

В катушке, включенной в цепь переменного напряжения, сила тока меньше силы тока в цепи постоянного напряжения для этой же катушки. Следовательно, катушка в цепи переменного напряжения создает большее сопротивление, чем в цепи постоянного напряжения.	
Мгновенное значение силы тока: $i = I_0 \sin \omega t$	$i = I_0 \sin \omega t$
Мгновенное значение напряжения можно установить, учитывая, что $u = -\varepsilon_i$, где u – мгновенное значение напряжения, а ε_i – мгновенное значение эдс самоиндукции, т. е. при изменении тока в цепи возникает ЭДС самоиндукции, которая в соответствии с законом электромагнитной индукции и правилом Ленца равна по величине и противоположна по фазе приложенному напряжению.	
$\varepsilon_i = -Li' = -L\omega I_0 \cos \omega t$ Следовательно $u = L\omega I_0 \cos \omega t = U_0 \cos \omega t = U_0 \sin(\omega t + \frac{\pi}{2})$, где $U_0 = I_0 \cdot \omega L$ амплитуда напряжения. Напряжение опережает ток по фазе на $\pi/2$.	
Т.к. согласно закону Ома сила тока прямо пропорциональна напряжению и обратно пропорциональна сопротивлению, то приняв величину ωL за сопротивление катушки переменному току, получим: - закон Ома для цепи с чисто индуктивной нагрузкой.	$U_0 = I_0 \cdot \omega L$
Величина $X_L = \omega L$ - индуктивное сопротивление.	$X_L = \omega L$
Т.о. в любое мгновение времени изменению силы тока противодействует ЭДС самоиндукции. ЭДС самоиндукции — причина индуктивного сопротивления.	$I_0 = \frac{U_0}{X_L}$
В отличие от активного сопротивления, индуктивное <u>не</u> является характеристикой проводника, т.к. зависит от параметров цепи (частоты): чем больше частота переменного тока, тем больше сопротивление, которое ему оказывает катушка.	
Т.к. разность фаз между колебаниями тока и напряжения равна $\pi/2$, то мощность в цепи равна 0: энергия не расходуется, а происходит обмен энергией между источником напряжения и индуктивной нагрузкой. Такая нагрузка наз. реактивной.	

2.Закон Ома для электрической цепи переменного тока. Работа и мощность переменного тока.

Закон Ома для полной цепи переменного тока.

Если в цепи переменного тока имеются нагрузки разных типов, то закон Ома выполняется только для максимальных (амплитудных) и действующих значений тока и напряжения. В этом случае: $U = \sqrt{U_R^2 + (U_L - U_C)^2}$ $Z = \frac{U_0}{I_0} = \sqrt{\left(\frac{U_R}{I_0}\right)^2 + \left(\frac{U_L - U_C}{I_0}\right)^2}$ - полное сопротивление переменному току.	 $I_0 = \frac{U_0}{Z}$
Учитывая, что отношение напряжения к силе тока – это сопротивление, и подставляя конкретные выражения для соответствующих сопротивлений, получим: $Z = \frac{U_0}{I_0} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$	$Z = \sqrt{R^2 + \left(\omega L - \frac{1}{\omega C}\right)^2}$
Сдвиг фаз в цепи переменного тока определяется характером нагрузки: $\operatorname{tg} \varphi = \frac{U_L - U_C}{U_R} = \frac{X_L - X_C}{R} \quad \text{или} \quad \cos \varphi = \frac{U_R}{U} = \frac{R}{Z}$	
Мощность в цепи переменного тока.	
Активной мощностью переменного тока называется средняя за период мощность необратимых преобразований в цепи переменного тока (преобразование энергии электрического тока во внутреннюю энергию): $\bar{p} = \overline{i \cdot u} = \frac{1}{2} I_0 U_0 \cos \varphi$	$\bar{p} = \frac{1}{2} I_0 U_0 \cos \varphi$
или, переходя к действующим значениям, $\bar{p} = I_{\text{д}} U_{\text{д}} \cos \varphi$.	$\bar{p} = I_{\text{д}} U_{\text{д}} \cos \varphi$
Величина $\cos \varphi = \frac{R}{Z}$ наз. <i>коэффициентом мощности</i>. При малом коэффициенте мощности потребляется лишь малая часть мощности, вырабатываемой генератором. Остальная часть мощности периодически перекачивается от генератора к потребителю и обратно и рассеивается в линиях электропередач.	$\cos \varphi = \frac{R}{Z}$ коэффициент мощности
Резонанс в электрической цепи.	
Резонанс в электрической цепи — явление резкого возрастания амплитуды вынужденных колебаний тока при приближении частоты внешнего напряжения (эдс) и собственной частоты колебательного контура.	

Из выражения для полного сопротивления переменному току $Z = \frac{U_0}{I_0} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} = \sqrt{R^2 + (\omega L - \frac{1}{\omega C})^2}$ видим, что сопротивление будет минимальным (сила тока при заданном напряжении – максимальной) при $\text{вiii} \quad X_L = X_C \text{ или } \omega L = \frac{1}{\omega C}.$	
Следовательно, $\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0$ - т.е. частота изменения внешнего напряжения равна собственной частоте колебаний в контуре.	$\omega = \frac{1}{\sqrt{LC}} = \omega_0$
Амплитуды колебаний напряжения на индуктивности и емкости будут равны $U_{0L} = I_0 X_L = I_0 \omega L = I_0 \sqrt{\frac{L}{C}}$ $\text{и} \quad U_{0C} = I_0 X_C = \frac{I_0}{\omega C} = I_0 \sqrt{\frac{L}{C}}$ - т.е. они равны по величине и противоположны по фазе (напряжение на индуктивности опережает по фазе напряжение на емкости на π).	$U_{0L} = I_0 \sqrt{\frac{L}{C}}$ $U_{0C} = I_0 \sqrt{\frac{L}{C}}$
Следовательно, $u_L + u_C = 0$.	
Полное падение напряжения в контуре равно падению напряжения на активном сопротивлении. Амплитуда установившихся колебаний тока будет определяться уравнением $I_0 = \frac{U_0}{R}$. В этом и состоит смысл явления резонанса.	
При этом если величина $\sqrt{\frac{L}{C}} \gg R$, то напряжения на емкостной и индуктивной нагрузках могут оказаться много больше внешнего напряжения (эдс генератора)!	
На рисунке представлена зависимость тока в колебательном контуре от частоты при значениях R, где $R_1 < R_2 < R_3$.	
В параллельном контуре при малых активных сопротивлениях R_1 и R_2 токи в параллельных ветвях противоположны по фазе. Тогда, согласно правилу Кирхго- $\text{фа} \quad I_0 = I_{0C} - I_{0L} = \left \frac{U_0}{X_C} - \frac{U_0}{X_L} \right = U_0 \cdot \left \omega C - \frac{1}{\omega L} \right .$	

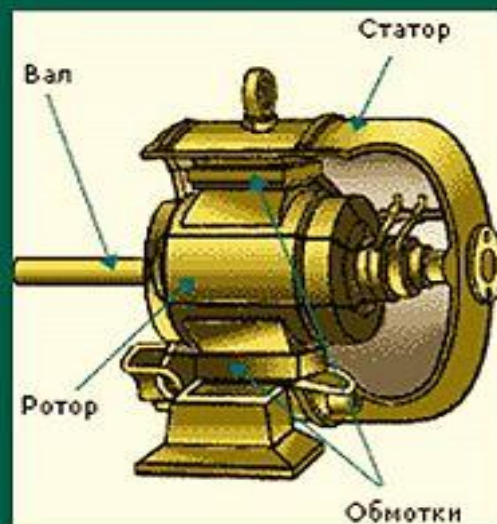
В случае резонанса $I_{\text{ис}} = I_{\text{ил}} \Rightarrow I_{\text{с}} = 0$. Резкое уменьшение амплитуды силы тока во внешней цепи, питающей параллельно соединенные емкостное и индуктивное сопротивления при приближении частоты внешнего напряжения к собственной частоте колебательного контура наз. **резонансом токов**.

Применение: одно из основных применений резонанса в электрической цепи – настройка радио и телевизионных приемников на частоту передающей станции. Необходимо учитывать резонансные явления, когда в цепи, не рассчитанной на работу в условиях резонанса, возникают чрезмерно большие токи или напряжения (расплавление проводов, пробой изоляции и т.д.).

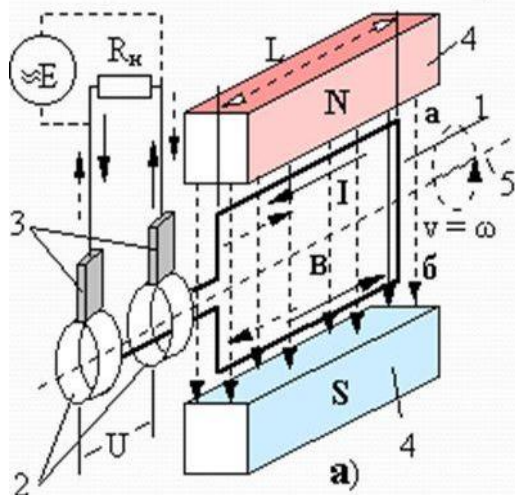
3. Генераторы тока.

Индукционный генератор переменного тока – устройство для получения переменного электрического тока

- Принцип действия генератора основан на явлении электромагнитной индукции.
- Статор неподвижная часть генератора, (состоит из сердечника и обмоток).
- Ротор - подвижная часть генератора (электромагнит)
- Вал вращает ротор, Магнитное поле, пронизывающее обмотки статора меняется, в них возникает индукционный ток.
- Для подачи тока в обмотки ротора используют контактные кольца и щетки.



Принцип работы генератора переменного тока



В генераторе происходит преобразование механической энергии в электрическую энергию. Механический двигатель вращает ротор генератора, который находится в магнитном поле. Это приводит к изменению числа линий магнитной индукции, что ведет к появлению ЭДС индукции.

4. Трансформаторы. Токи высокой частоты.

Трансформатор – прибор для преобразования напряжения и силы переменного тока при неизменной частоте.

Трансформаторы позволяют значительно повысить напряжение, вырабатываемое источниками переменного тока, установленными на электрических станциях, и осуществить передачу электроэнергии на дальние расстояния при высоких напряжениях (110, 220, 500, 750 и 1150 кВ).

Принцип действия трансформатора. Действие трансформатора основано на явлении электромагнитной индукции. Простейший трансформатор состоит из стального магнитопровода 2 (рис. 212) и двух расположенных на нем обмоток 1 и 3. Обмотки выполнены из изолированного провода и электрически не связаны. К одной из обмоток подается электрическая энергия от источника переменного тока. Эту обмотку называют *первичной*. К другой обмотке, называемой *вторичной*, подключают потребители (непосредственно или через выпрямитель).

Характеристики трансформатора

- U_1, U_2 – электрическое напряжение на концах первичной и вторичной обмоток.
- I_1, I_2 – сила тока в первичной и вторичной обмотках.
- N_1, N_2 – число витков первичной и вторичной обмоток.
- k – коэффициент трансформации.

$$k = \frac{U_1}{U_2} = \frac{N_1}{N_2} \approx \frac{I_2}{I_1}$$



Трансформатор не может осуществить преобразование напряжения постоянного тока. При подключении первичной обмотки трансформатора к сети переменного тока через эту обмотку проходит некоторый ток, называемый *током холостого хода*.

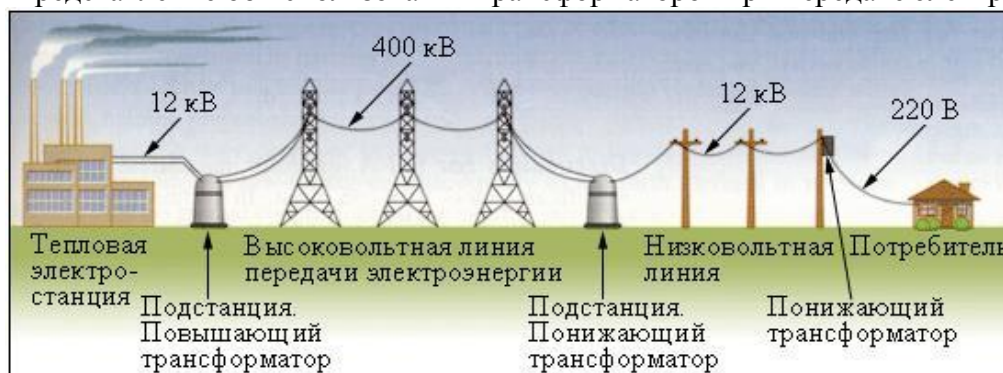
Токи с частотой выше 10000 гц называют токами высокой частоты (ТВЧ). Их получают с помощью электронных устройств. Метод поверхностной заправки стальных изделий придумал и предложил российский ученый В. П. Вологдин. На высокой частоте индукционный ток нагревает только поверхностный слой детали. После быстрого охлаждения получается нехрупкое изделие с твердой поверхностью.

Токи высокой частоты в медицине. УВЧ-терапия - это диэлектрический нагрев тканей тела. Смертельно опасен для человека постоянный и низкочастотный ток свыше нескольких миллиамперов. Ток высокой частоты (≈ 1 МГц), даже при силе 1 А, вызывает только разогрев тканей и используется для лечения.

Прочие применения токов высокой частоты. Зерно, обработанное перед посевом ТВЧ, заметно повышает урожайность. Индукционный нагрев газовой плазмы позволяет получить высокие температуры. Поле частотой 2400 МГц в микроволновой электропечи варит суп прямо в тарелке за 2-3 минуты. На изменении параметров колебательного контура при поднесении катушки к металлическому предмету основано действие миноискателя. Токи высокой частоты применяются также для радиосвязи, телевидения и радиолокации.

5. Получение, передача и распределение электроэнергии.

Схема дает представление об использовании трансформаторов при передаче электроэнергии.



Контрольные вопросы

1. Переменный ток.
2. Закон Ома для электрической цепи переменного тока.
3. Генераторы тока.
4. Трансформаторы.

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

Лекция №5. Электромагнитные колебания и волны

План

1. Электромагнитное поле как особый вид материи. Электромагнитные волны.
 2. Вибратор Герца. Открытый колебательный контур. Изобретение радио А. С. Поповым.
 3. Понятие о радиосвязи. Применение электромагнитных волн.
- 1. Электромагнитное поле как особый вид материи. Электромагнитные волны.**

Под **электромагнитным полем** понимают вид материи, характеризующийся совокупностью взаимосвязанных и взаимообуславливающих друг друга электрического и магнитного полей. Электромагнитное поле оказывает силовое воздействие на электрические заряды.

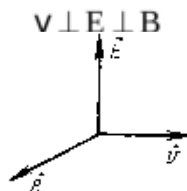
Разработка идеи электромагнитных волн принадлежит Максвеллу, но уже Фарадей догадывался об их существовании, хотя побоялся опубликовать работу (она была прочитана более чем через 100 лет после его смерти).

Главное условие возникновения электромагнитной волны — ускоренное движение электрических зарядов.

Источник электромагнитных волн — провод (антенна), в котором происходит колебание электрических зарядов. Радио – разновидность беспроводной связи, при которой в качестве носителя сигнала используются радиоволны, свободно распространяемые в пространстве. **Радиоволны**, электромагнитные волны с длиной волны > 500 мкм (частотой $< 6 \times 10^{12}$ Гц).

Радиоволны - это электрические и магнитные поля, меняющиеся во времени. Скорость распространения радиоволн в свободном пространстве составляет 300000 км/с. Исходя из этого, можно определить длину радиоволны (м). $\lambda = 300/f$, где f - частота (МГц)

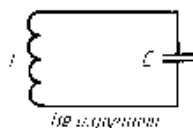
Электромагнитная волна – распространяющееся в пространстве электромагнитное поле (колебания векторов **E** и **B**). **Электромагнитная волна поперечна**. Направление скорости электромагнитной волны совпадает с направлением движения правого винта при повороте ручки буравчика вектора **E** к вектору **B**.



Электромагнитные волны были открыты Г. Герцем (1887).

Замкнутый колебательный контур электромагнитных волн не излучает: вся энергия электрического поля конденсатора переходит в энергию магнитного поля катушки. Частота колебаний

определяется параметрами колебательного контура:
$$\nu = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$



Для увеличения частоты необходимо уменьшить L и C , т.е. развернуть катушку до прямого

провода и, т.к. $C = \frac{\epsilon\epsilon_0 S}{d}$, уменьшить площадь пластин и развести их на максимальное расстояние. Отсюда видно, что мы получим, по существу, прямой проводник.

Такой прибор называется вибратором Герца.



Минимальное расстояние между двумя точками пространства, поле в которых имеет одинаковое значение, называется **длиной волны** $\lambda = \nu T$. Как следует длина волны λ зависит от скорости ее распространения и периода колебаний электронов в антенне. Так как **частота** тока $f = 1/T$, то длина волны $\lambda = \nu / f$. Радиотехника включает в себя следующие основные части:

- Передатчик
- Приемник
- Среда, в которой распространяются радиоволны.

Контрольные вопросы

1. Электромагнитное поле как особый вид материи.
2. Электромагнитные волны.
3. Вибратор Герца.
4. Изобретение радио А. С. Поповым.
5. Понятие о радиосвязи.

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

Раздел №5. Оптика

Лекция №1. Геометрическая оптика

План

1. Скорость распространения света. Законы отражения и преломления света. Полное отражение.
2. Линзы. Глаз как оптическая система. Оптические приборы.

1. Скорость распространения света. Законы отражения и преломления света. Полное отражение.

Свет — это электромагнитные волны, которые могут распространяться как в среде, так и в вакууме. Только в 1675 г. датский астроном О. Ремер, наблюдая затмение спутников Юпитера, показал, что скорость распространения света – величина конечная. Современные данные дают значение скорости света по методу Ремера, близкое к $3 \cdot 10^8$ м/с.

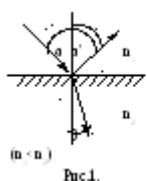


Рис.1.

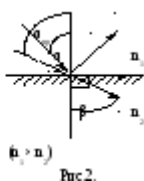


Рис.2.

При падении света на границу раздела двух сред происходит отражение и преломление луча (рис.1). Угол падения светового луча равен углу отражения, т. е. $\alpha = \alpha'$.

Это условие называют *законом отражения*.

Луч падающий, отраженный и преломленный, а также перпендикуляр, проведенный в точку падения, лежат в одной

плоскости. Причем

$$\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{n_2}{n_1} = n_{21},$$

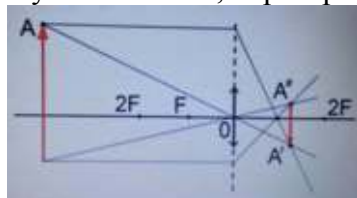
где n_1 и n_2 – абсолютные показатели преломления первой и второй сред; n_{21} – относительный показатель преломления второй среды относительно первой; β – угол преломления светового луча. Последнее выражение является *законом преломления света*.

2. Линзы. Глаз как оптическая система. Оптические приборы.

Собирающая линза

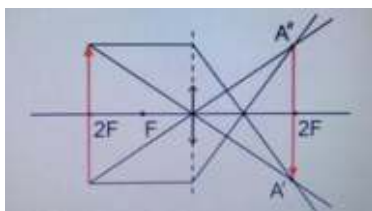
1. Если предмет располагается за двойным фокусом.

В результате построения получается уменьшенное, перевернутое, действительное изображение:

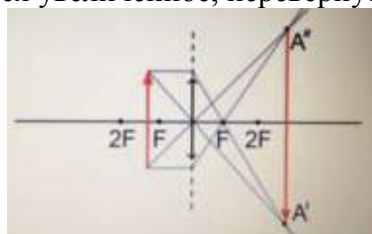


2. Если предмет располагается в точке двойного фокуса.

В результате построения получается изображение, высота которого совпадает с высотой предмета. Изображение является перевернутым и действительным:

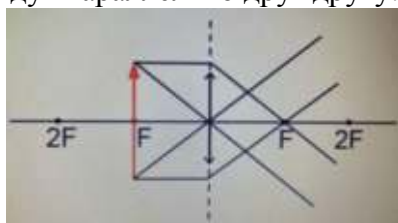


3. Если предмет располагается в пространстве между фокусом и двойным фокусом
В результате построения получается увеличенное, перевернутое, действительное изображение:



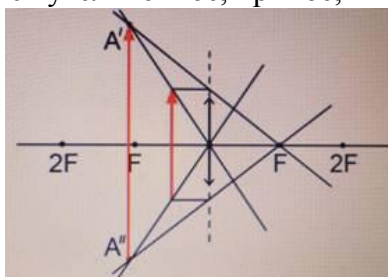
4. Если предмет находится в фокальной плоскости

Предмет не создаст никакого изображения (изображение на бесконечности). Так как лучи, попадая на линзу, преломляются и идут параллельно друг другу:



5. Если предмет располагается между линзой и фокусом

В результате построения получается увеличенное, прямое, мнимое изображение:



Таким образом устроен микроскоп.

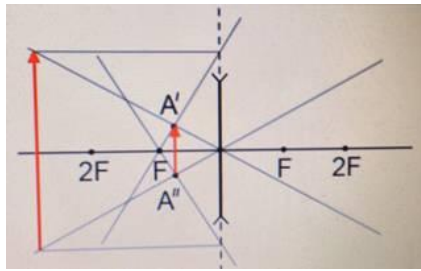
Вывод:

Предмет	Изображение			
Расстояние от линзы d	Расстояние от линзы f	Тип	Ориентация	Относительный размер
$d > 2F$	$F < f < 2F$	действительное	перевернутое	уменьшенное $ \Gamma < 1$
$d = 2F$	$f = 2F$	действительное	перевернутое	того же размера $ \Gamma = 1$
$F < d < 2F$	$f > 2F$	действительное	перевернутое	увеличенное $ \Gamma > 1$
$d = F$	$f \pm \infty$			
$d < F$	$f < 0$	мнимое	прямое	увеличенное $ \Gamma > 1$

Рассеивающая линза

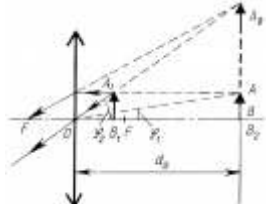
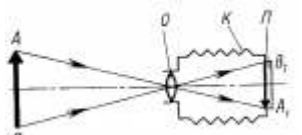
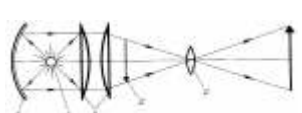
Предмет располагается перед рассеивающей линзой.

В результате получается прямое, уменьшенное, мнимое изображение (см. Рис. 10).



При перемещении предмета относительно рассеивающей линзы всегда получается прямое, уменьшенное, мнимое изображение.

Глаз	
Глаз — это система линз. Диаметр глаза ≈ 23 мм. Через глаз мы получаем до 90% информации. Состоит из склеры 1 (защитная оболочка из эластичной ткани), роговицы 1, камеры 3 (полость, заполненная прозрачной жидкостью), сосудистой оболочки 4, радужной оболочки 5, зрачка 6 (d от 2 до 8 мм), хрусталика 7 ($n=1,44$), мышц, изменяющих оптические свойства глаза 8, прозрачной студенистой массы 9 (глазное дно), сетчатки 10 (7 млн. колбочек, 130 млн. палочек, которые реагируют на свет разной частоты неодинаково), разветвлений зрительного нерва 11.	
Основные свойства и оптические характеристики глаза: Аккомодация—свойство глаза, обеспечивающее четкое восприятие разнородных удаленных предметов. Изменяется главный фокус глаза от 16 до 13 мм. Оптическая сила глаза от 60 до 75 дптр. Предельный угол зрения ($\varphi=1'$) с приближением предмета увеличивается угол зрения, под которым мы видим две близкие точки предмета. Адаптация—приспособляемость к различным условиям освещенности: диаметр зрачка меняется от 2 до 8 мм. Поле зрения: по оси ОХ 150°, по оси ОУ 125°. Спектральная чувствительность от 380 до 760 нм. Самая большая чувствительность 555 нм (зеленый цвет). Острота зрения — свойство глаза разделять две близкие точки. Расстояние наилучшего зрения $d_0=250$ мм. Дальние предметы глаз видит без напряжения.	
Дефекты зрения: глаз не может создать резкое изображение на сетчатке.	
Дальнозоркость — дефект зрения, состоящий в том, что изображение предмета в ненапряженном состоянии глаза получается за сетчаткой. При рассматривании близких предметов предел аккомодации исчерпывается при расстояниях больше 25 см. Исправляется ношением очков с собирающими линзами.	
Близорукость — дефект зрения, при котором глаз в ненапряженном состоянии создает изображение удаленного предмета не на сетчатке, а перед ней, т. е. не может видеть удаленные предметы. <u>Исправляется ношением очков с рассеивающими линзами.</u>	

Подбор очков $D_{\text{мтн}} = D_{\text{н}} + D_{\text{о}} \Rightarrow D_{\text{о}} = D_{\text{мтн}} - D_{\text{н}}$ $D_{\text{н}} = \frac{1}{d_1} + \frac{1}{f} - \frac{1}{d_{\text{м}}} - \frac{1}{f}$ где f - глубина глаза; $d_{\text{н}}$ - расстояние, на которое видит глаз без очков; $d_0=25$ см — расстояние наилучшего зрения глаза; $D_{\text{о}} = \frac{1}{d_0} - \frac{1}{d_{\text{м}}}$	
Оптические приборы	
Лупа Увеличить угол зрения можно, используя лупу, микроскоп: $\Gamma = \frac{ A_2B_2 }{ A_1B_1 } = \frac{ OB_2 }{ OB_1 }$ Так как $OB_2=d_0$, а $OB_1 \approx F$, то $\Gamma = \frac{d_0}{F}$	
Фотоаппарат (1837) К — светонепроницаемая камера; О — объектив (может перемещаться относительно пленки); П — пленка или светочувствительная пластина; ВА — предмет; А1В1 — изображение. Как и в глазу, в фотоаппарате получается действительное, перевернутое, уменьшенное изображение. Основное отличие заключается в том, что фокусное расстояние зрачка меняется (аккомодация), а у фотоаппарата меняется расстояние от линзы до изображения.	
Проекторный аппарат S - источник света; R — рефлектор (вогнутое зеркало). K—конденсатор (плосковыпуклые линзы), собирает лучи в пучок; D —прозрачный диапозитив; O — объектив, расположенный в фокусе конденсатора, который проецирует освещенный диапозитив на экран. Для получения четкого изображения на экране диапозитив помещают от объектива на расстоянии d, удовлетворяющем условию: $F < d < 2F$. Чем дальше экран, тем больше d.	

Контрольные вопросы

1. Скорость распространения света. Законы отражения и преломления света. Полное отражение.
2. Линзы. Оптические приборы.

Литература

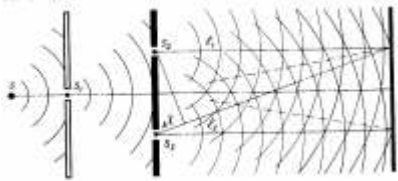
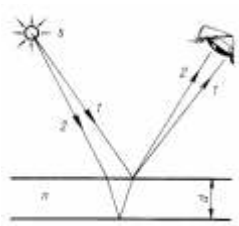
Для студентов и преподавателей

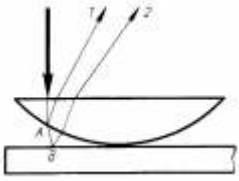
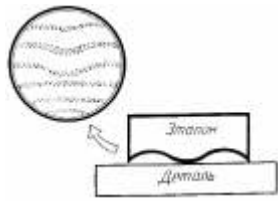
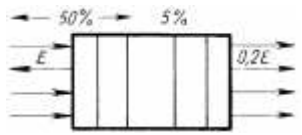
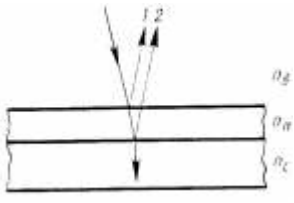
1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

Лекция №2. Волновая оптика

План

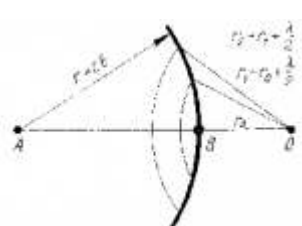
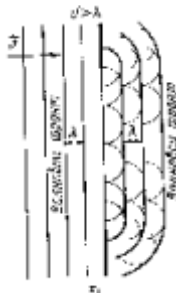
1. Интерференция света. Когерентность световых лучей. Интерференция в тонких пленках.
 2. Полосы равной толщины. Кольца Ньютона. Использование интерференции в науке и технике.
 3. Дифракция света. Дифракция на щели в параллельных лучах. Дифракционная решетка.
- 1,2. Интерференция света. Когерентность световых лучей. Интерференция в тонких пленках. Полосы равной толщины. Кольца Ньютона. Использование интерференции в науке и технике.**

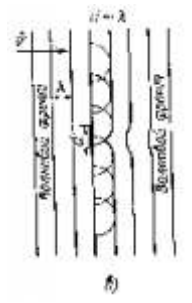
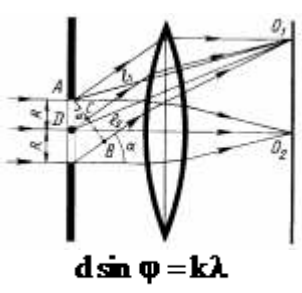
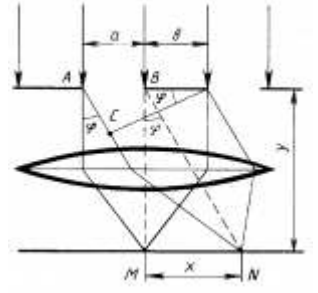
Интерференция света	
Явление интерференции свидетельствует о том, что свет — это волна. <i>Интерференцией световых волн называется сложение двух когерентных волн, вследствие которого наблюдается усиление или ослабление результирующих световых колебаний в различных точках пространства.</i>	
Условия интерференции Волны должны быть когерентны. Когерентность - согласованность. В простейшем случае когерентными являются волны одинаковой длины, между которыми существует постоянная разность фаз.	
Все источники света, кроме лазера, некогерентны, однако <u>Т. Юнг</u> впервые пронаблюдал (1802) явление интерференции, разделив волну на две с помощью двойной щели. Свет от точечного монохроматического источника S падал на два небольших отверстия на экране. Эти отверстия действуют как два когерентных источника света S₁ и S₂. Волны от них интерферируют в области перекрытия, проходя разные пути: ℓ_1 и ℓ_2. На экране наблюдается чередование светлых и темных полос.	
Условие максимума. Пусть разность хода между двумя точками $\Delta d = \ell_1 - \ell_2$, тогда <u>условие максимума</u>: $\Delta d = 2k \frac{\lambda}{2}$ т. е. на разности хода волн укладывается четное число полу-волн ($k = 1, 2, 3, \dots$).	$\Delta d = 2k \frac{\lambda}{2}$ или $\Delta d = k\lambda$
Условие минимума Пусть разность хода между двумя точками $\Delta d = \ell_1 - \ell_2$, тогда <u>условие минимума</u>: $\Delta d = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$, т. е. на разности хода волн укладывается нечетное число полу-волн ($k = 1, 2, 3, \dots$).	$\Delta d = (2k + 1) \frac{\lambda}{2}$
Интерференция света в тонких пленках Различные цвета тонких пленок — результат интерференции двух волн, отражающихся от нижней и верхней поверхностей пленки. При отражении от верхней поверхности пленки происходит потеря полуволны. Следовательно, оптическая разность	

хода $\Delta d = 2dn - \frac{\lambda}{2}$. Тогда условие максимального усиления интерферирующих лучей в отраженном свете следующее: $2dn - \frac{\lambda}{2} = k\lambda$. Если потерю полуволны не учитывать, то $2dn = k\lambda$.	
Кольца Ньютона Интерференционная картина в тонкой прослойке воздуха между стеклянными пластинами — кольца Ньютона. Волна 1 — результат отражения ее от точки А (граница стекло — воздух). Волна 2 — отражение от плоской пластины (точка В, граница воздух — стекло). Волны когерентны: возникает интерференционная картина в прослойке воздуха между точками А и В в виде концентрических колец. Зная радиусы колец, можно вычислить длину волны, используя формулу $r = \sqrt{Rk\lambda}$, где r - радиус кольца, R — радиус кривизны выпуклой поверхности линзы.	
Использование интерференции в технике	
Проверка качества обработки поверхности до одной десятой длины волны. Несовершенство обработки определяют по искривлению интерференционных полос, образующихся при отражении света от проверяемой поверхности. Интерферометры служат для точного измерения показателя преломления газов и других веществ, длин световых волн.	
Просветление оптики. Объективы фотоаппаратов и кинопроекторов, перископы подводных лодок и другие оптические устройства состоят из большого числа оптических стекол, линз, призм. Каждая отполированная поверхность стекла отражает около 5% падающего на нее света. Чтобы уменьшить долю отражаемой энергии, используется явление интерференции света.	
На поверхность оптического стекла наносят тонкую пленку. Для того чтобы волны 1 и 2 ослабляли друг друга, должно выполняться условие минимума. В отраженном свете разность хода волн равна: $\Delta d = (2k + 1)\frac{\lambda}{2}$. Потеря полуволны происходит при отражении как от пленки, так и от стекла (показатель преломления стекла больше, чем пленки), поэтому, эту потерю можно не учитывать. Следовательно, $\Delta d = (2k + 1)\frac{\lambda}{2} = 2hn$, где n - показатель преломления пленки; h — толщина пленки. Минимальная толщина пленки будет при $k=0$. Поэтому $\frac{\lambda}{2} = 2hn$. При равенстве амплитуд гашение света будет полным. Толщину пленки подбирают так, чтобы полное гашение при нормальном падении имело место для длин волн средней части спектра (для	

зеленого цвета): $h = \frac{\lambda}{4n}.$ Чтобы рассчитать толщину пленки в этой формуле необходимо взять длину волны и показатель преломления зеленого света. Лучи красного и фиолетового цвета ослабляются незначительно, поэтому объективы оптических приборов в отраженном свете имеют сиреневые оттенки	
--	--

3. Дифракция света. Дифракция на щели в параллельных лучах. Дифракционная решетка.

Дифракция света	
Характерным проявлением волновых свойств света является дифракция света — отклонение света от прямолинейного распространения на резких неоднородностях среды. Дифракция была открыта Ф.Гримальди в конце XVII в. Объяснение явления дифракции света дано Т. Юнгом и О. Френелем, которые не только дали описание экспериментов по наблюдению явлений интерференции и дифракции света, но и объяснили свойство прямолинейности распространения света с позиций волновой теории.	
Зоны Френеля Принцип Гюйгенса — Френеля: волновая поверхность в любой момент времени представляет собой не просто огибающую вторичных волн, а результат их интерференции. Наименьшее расстояние от точки О до волновой поверхности В равно r_0. Первая зона Френеля ограничивается точками волновой поверхности, расстояния от которых до точки О равны: $r_1 = r_0 + \frac{\lambda}{2}$, где λ — длина световой волны. Вторая зона $r_2 = r_1 + \frac{\lambda}{2} = r_0 + \lambda$.	
Дифракция происходит на предметах любых размеров, а не только соизмеримых с длиной волны λ. Трудности наблюдения заключаются в том, что вследствие малости длины световой волны интерференционные максимумы располагаются очень близко друг к другу, а их интенсивность быстро убывает.	
Дифракция наблюдается хорошо на расстоянии $L \geq \frac{d^2}{\lambda}$. Если $L \ll \frac{d^2}{\lambda}$, то дифракция невидна и получается резкая тень (d - диаметр экрана). Эти соотношения определяют границы применимости геометрической оптики. Если наблюдение ведется на расстоя-	

нии $L > \frac{d^2}{\lambda}$, где d—размер предмета, то начинают проявляться волновые свойства света. На рис. показана примерная зависимость результатов опыта по распространению волн в зависимости от соотношения размеров препятствия и длины волны.	
Интерференционные картины от разных точек предмета перекрываются, и изображение смазывается, поэтому прибор не выделяет отдельные детали предмета. Дифракция устанавливает предел разрешающей способности любого оптического прибора. Разрешающая способность человеческого глаза приблизительно равна одной угловой минуте: $\alpha = \frac{\lambda}{D}$, где D — диаметр зрачка; телескопа $\alpha = 0,02''$ микроскопа: увеличение не более $2 \cdot 10^3$ раз. Можно видеть предметы, размеры которых соизмеримы с длиной световой волны.	
Дифракционная решетка	
Дифракционная решетка - система препятствий (параллельных штрихов), сравнимых по размерам с длиной волны. Величина $d = a + b$ называется постоянной (периодом) дифракционной решетки, где a — ширина щели; b — ширина непрозрачной части. Угол φ - угол отклонения световых волн вследствие дифракции. Наша задача - определить, что будет наблюдаться в произвольном направлении φ - максимум или минимум. Оптическая разность хода $\Delta d = AC = d \sin \varphi$. Из условия максимума интерференции получим: $\Delta d = k\lambda$. Следовательно: $d \sin \varphi = k\lambda$ - формула дифракционной решетки. Величина k — порядок дифракционного максимума (равен 0, ± 1, ± 2 и т.д.).	 $d \sin \varphi = k\lambda$
Определение λ с помощью дифракционной решетки $\tan \varphi = \frac{x}{y}$, $\lambda = \frac{d \sin \varphi}{k} = d \frac{x}{ky}$. Если $OM = y, MN = x$, то $\tan \varphi \approx \sin \varphi = \frac{x}{y}$ при малости угла.	

Контрольные вопросы

- 1.Интерференция света. Когерентность световых лучей.
- 2.Полосы равной толщины. Кольца Ньютона.
- 3.Дифракция света. Дифракционная решетка.

Литература

Для студентов и преподавателей

- 1.Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа,2010.
- 2.Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы.- М.: Просвещение, 2008.
- 3.Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М.,2008.

Лекция №3. Волновая оптика

План

1. Понятие о голографии. Поляризация поперечных волн. Поляризация света. Двойное лучепреломление.

2. Поляроиды. Дисперсия света. Виды спектров. Спектры испускания. Спектры поглощения.

3. Ультрафиолетовое и инфракрасное излучения. Рентгеновские лучи. Их природа и свойства.

1. Понятие о голографии. Поляризация поперечных волн. Поляризация света. Двойное лучепреломление.

Голография (от греч. *holos grapho* – полная запись) – особый способ записи информации. В 1948 г. английский физик (венгр по национальности) Денис Габор высказал идею принципиально нового метода получения объемных изображений объектов. Он предложил регистрировать с помощью фотопластинки не только амплитуды и интенсивности, как с помощью обычной фотографии, но и фазы рассеянных объектом волн, воспользовавшись для этого явлением интерференции волн. Это позволяет избавиться от потери информации при фиксировании оптических изображений. Однако, практическое применение этот способ нашел только после изобретения лазеров – источников света высокой степени когерентности (временной и пространственной). В 1963 г. были получены первые лазерные голограммы.

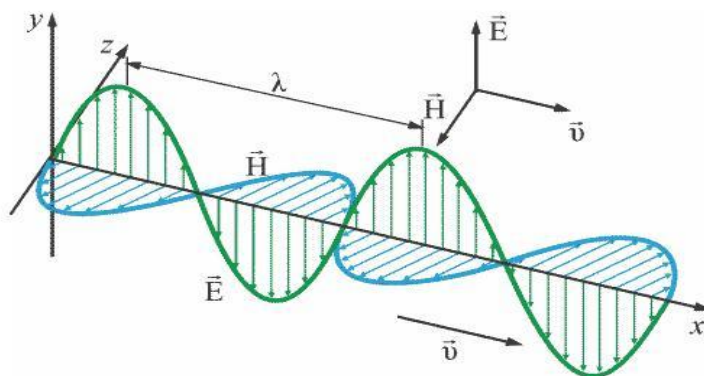
Необходимо отметить, что обычная фотопластинка фиксирует только интенсивность, а голограмма – зависимость интенсивности от фазы.

Голограммы обладают следующими особенностями, отличающими их от фотографий.

- Голограмма дает объемное изображение.
- Голограмму можно разбить, и каждый осколок даст изображение.

Поляризация света

Свет – это электромагнитные волны. Во всех процессах взаимодействия света с веществом основную роль играет электрический вектор $\vec{E}$ поэтому его называют **световым вектором**. Если при распространении электромагнитной волны световой вектор сохраняет свою ориентацию, такую волну называют **линейно-поляризованной** или **плоско-поляризованной** (термин **поляризация волн** был введен Малюсом применительно к поперечным механическим волнам).



2. Поляроиды. Дисперсия света. Виды спектров. Спектры испускания. Спектры поглощения.

Излучение, содержащее все электромагнитные волны видимого диапазона с длиной волны от 380 нм до 760 нм в определенном соотношении по интенсивности, называют **белым светом**. Опыты показали, что в вакууме скорость света не зависит от частоты или длины волны.

Длина световой волны в вакууме $\lambda = \frac{c}{\nu}$, где c – скорость света в вакууме, ν – частота излучения.

Абсолютный показатель преломления среды $n = \frac{c}{v}$, где v – скорость света в среде, зависящая от длины волны.

Зависимость показателя преломления от частоты колебаний (или длины световой волны) называют *дисперсией света*. Распределение интенсивности излучения по частотам колебаний (длинам волн) называют *спектром* этого излучения. Вследствие дисперсии узкий пучок белого света, проходя сквозь призму из стекла или другого прозрачного вещества, разлагается в *дисперсионный спектр*, содержащий семь основных цветов (красный, оранжевый, желтый, зеленый, голубой, синий и фиолетовый), плавно переходящих друг в друга. Такой спектр называют *сплошным*, или *непрерывным*. Спектр белого света, получаемый с помощью дифракционной решетки, называют *дифракционным*, или *нормальным*.

Прибор для разложения сложного света и наблюдения спектров называется *спектроскопом*, а прибор для фотографирования спектров – *спектрографом*.

Способность тела поглощать определенные цветные лучи называют *избирательным поглощением*. От него и зависит окраска.

Спектры, полученные от самосвещающихся тел, называются *спектрами испускания*. Спектры испускания бывают трех типов: сплошные, линейчатые и полосатые. *Сплошные спектры* наблюдаются при разложении света, излучаемого нагретыми твердыми и жидкими телами. *Линейчатые спектры* состоят из узких линий разного цвета. Они получаются от светящихся атомарных газов. Каждый химический элемент имеет свой характерный линейчатый спектр. *Полосатые спектры* состоят из ряда светлых полос, разделенных темными промежутками. Они возникают при излучении молекулярных газов.

Прозрачные вещества поглощают часть падающего на них излучения, и в спектре, полученном после прохождения белого света через такие вещества, появляются темные линии, или полосы по спектру испускания поглощения. Такой спектр называется *спектром поглощения*. Метод исследования, позволяющий и поглощения судить о химическом составе вещества, называют *спектральным анализом*.

Излучение, испускаемое нагретыми телами, называется *тепловым*. Тепловое излучение имеет место при любой температуре. *Потоком излучения* через произвольную поверхность называется энергия, переносимая электромагнитными волнами в единицу времени через эту поверхность.

Закон Стефана-Больцмана: энергетическая светимость абсолютно черного тела пропорциональна четвертой степени его абсолютной температуры ($R_0 = sT^4$, где $s = 5,672 \cdot 10^{-8}$ Вт/(м² • К⁴), T – абсолютная температура).

Закон смещения Вина: длина волны, на которую приходится максимум энергии излучения абсолютно черного тела, обратно пропорциональна абсолютной температуре.

ре: $\lambda_{\text{макс}} = \frac{b}{T}$, где $b = 2,898 \cdot 10^{-3}$ м • К – постоянная Вина.

3. Ультрафиолетовое и инфракрасное излучения. Рентгеновские лучи. Их природа и свойства.

- **Ультрафиолетовое излучение** (ультрафиолет, УФ, UV) — электромагнитное излучение, занимающее диапазон между фиолетовой границей видимого излучения и рентгеновским излучением ($380 — 10$ нм, $7,9 \cdot 10^{14} — 3 \cdot 10^{16}$ Герц).

- **Применение:**
- Стерилизация воздуха и твёрдых поверхностей
- Дезинфекция питьевой воды
- Химический анализ (УФ-спектрометрия)
- Анализ минералов
- Искусственный загар
- Ультрафиолет в реставрации
- Ловля насекомых



Инфракрасное излучение

Интервал: $10^{-5} — 8 \cdot 10^{-7}$

Возникает у любого нагретого тела, даже если оно не светится.

Применение: Сушка овощей, фруктов и т.д.
Изготовление биноклей и оптических прицелов, позволяющие видеть в темноте.

Источники: Любое нагретое тело

В больших количествах может вызвать солнечный удар



Контрольные вопросы

1. Поляризация света. Двойное лучепреломление.
2. Поляроиды. Дисперсия света.
3. Ультрафиолетовое и инфракрасное излучения. Рентгеновские лучи. Их природа и свойства.

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. — М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. — М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. — М., 2008.

План

1. Квантовая гипотеза Планка. Фотоны. Внешний фотоэлектрический эффект.
2. Внутренний фотоэффект. Типы фотоэлементов.
3. Развитие взглядов на строение вещества. Закономерности в атомных спектрах водорода.
4. Ядерная модель атома. Опыты Э. Резерфорда. Модель атома водорода по Н. Бору.

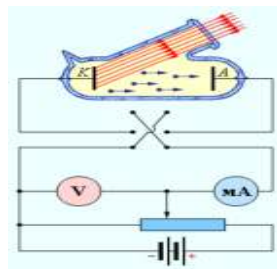
1,2. Квантовая гипотеза Планка. Фотоны. Внешний фотоэлектрический эффект.

Планк пришел к выводу, что процессы излучения и поглощения электромагнитной энергии нагретым телом происходят не непрерывно, как это принимала классическая физика, а конечными порциями – *квантами*. Квант – это минимальная порция энергии, излучаемой или поглощаемой телом. По теории Планка, энергия кванта E прямо пропорциональна частоте света:

$$E = h\nu,$$

где h – так называемая *постоянная Планка*. $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Дж·с. Постоянная Планка – это универсальная константа, которая в квантовой физике играет ту же роль, что и скорость света в СТО. *Фотоэлектрический эффект* был открыт в 1887 году немецким физиком Г. Герцем и в 1888–1890 годах экспериментально исследован А. Г. Столетовым.

Схема экспериментальной установки для исследования фотоэффекта изображена на рисунке:



Наибольшая кинетическая энергия, которую может иметь вылетевший из катода фотоэлектрон, определяется законом сохранения энергии:

$$\left(\frac{mv^2}{2} \right)_{\max} = eU_{\text{з}} = h\nu - A.$$

Эту формулу принято называть *уравнением Эйнштейна для фотоэффекта*.

Итак, законы фотоэффекта свидетельствуют, что свет при испускании и поглощении ведет себя подобно потоку частиц, получивших название *фотонов* или *световых квантов*.

Энергия фотонов равна

$$E = h\nu.$$

Фотон движется в вакууме со скоростью c . Фотон не имеет массы, $m = 0$, что фотон обладает импульсом

$$p = \frac{E}{c} = \frac{h\nu}{c}.$$

При распространении света проявляются его волновые свойства, а при взаимодействии с веществом – корпускулярные (фотоэффект). Эта двойственная природа света получила название *корпускулярно-волнового дуализма*.

3,4. Развитие взглядов на строение вещества. Закономерности в атомных спектрах водорода.

Гипотеза о том, что все вещества состоят из большого числа атомов, зародилось свыше 2000 лет тому назад.

Сторонники атомистической теории рассматривали атом как мельчайшую неделимую частицу и считали, что все многообразие мира есть не что иное, как сочетание неизменных частиц – атомов.

Атомистические представления о строении вещества связаны с именами Демокрита (около 460 – 370 г.г. до н.э.) и Эпикура (341 – 270 г.г. до н.э.) (с греч. «атом» – неделимый)

В период становления естествознания в 17 – 18 веках атомистический подход в различных формах развивали И. Кеплер, Р. Декарт, И. Ньютон, М. В. Ломоносов (1711 – 1765 г.) и другие. Однако эти представления носили гипотетический характер, и лишь в середине 19 в. экспериментальные исследования свойств вещества, проведенные Д. Дальтоном, А. Авогадро, Я. Берцелиусом (1719 – 1848 г.), позволили рассмотреть **атом как мельчайшую частицу каждого отдельного химического элемента**.

Становление и развитие современной физики атомов и молекул стало возможным благодаря ряду важнейших открытий конца 19 века. Это, прежде всего обнаружение рентгеновских лучей в 1895 г. немецким физиком К.Рентгеном (1845 — 1923) и радиоактивности в 1896 г. французским физиком А.Беккерелем (1852 – 1908), а также открытие электрона в 1897г. – английским физиком Д.Томсоном (1856 — 1940).

В 1903 г. английские ученые Э.Резерфорд (1871 – 1937 г.) и Ф.Содди (1877-1956 г.), изучая явление радиоактивности, объясняли его, как процесс химического превращения элементов, т.е. использовали предположение о делимости и изменяемости атомов. Первые экспериментальные данные, подтвердившие сложную структуру атома, были получены в 1911 г. Э. Резерфордом и интерпретированы в 1913 г., на основе квантовых представлений, датским физиком Н. Бором.

На основе полученных данных Э.Резерфорд сделал выводы, которые были положены в основу *планетарной модели атома*:

Существует ядро, в котором сосредоточены практически вся масса атома и весь его положительный заряд, причем размеры ядра значительно меньше, чем размеры самого атома.

Проиллюстрируем сказанное о планетарной модели Резерфорда на примере атома водорода, который состоит из массивного ядра (протона) и электрона, движущего вокруг него по круговой орбите. Поскольку радиус орбиты $r_0 = 0,53 \cdot 10^{-10}$ м (первая боровская орбита) и ско-

$$a_n = \frac{v^2}{r_0} \approx 10^{22} \text{ м/с}^2$$

рость электрона $v \approx 10^6$ м/с, его нормальное ускорение $a_n \approx 10^{22}$ м/с². В 1885г. швейцарский физик И. Бальмер (1825-1898гг.) установил, что частоты девяти линий в видимой области спектра водорода удовлетворяют соотношению:

$$\nu = R \left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \text{— формула Бальмера, где: } \nu \text{ - частота световой волны;}$$

R - постоянная Ридберга ($R = 3,29 \cdot 10^{15} \text{ с}^{-1}$ или $R = 1,1 \cdot 10^7 \text{ м}^{-1}$); $n = 3, 4, 5, \dots, 11$.

Все спектральные линии, при любых целочисленных значениях $n \geq 3$, называются *линиями серии Бальмера*.

Все экспериментально найденные серии спектрах линий атома водорода могут быть описаны одной формулой:

$$\nu_{m,n} = R \left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{n^2} \right) \quad \text{— обобщенная формула Бальмера (7)}$$

Для каждой серии число m принимает одно из 6-ти значений (1,2,...,6), а n пробегает весь бесконечный ряд целочисленных значений.

Контрольные вопросы

1. Квантовая гипотеза Планка. Фотоны. Внешний фотоэлектрический эффект.
2. Внутренний фотоэффект. Типы фотоэлементов.
3. Развитие взглядов на строение вещества. Закономерности в атомных спектрах водорода.
4. Ядерная модель атома. Опыты Э. Резерфорда. Модель атома водорода по Н. Бору.

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. – М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М., 2008.

Лекция №2. Атомная физика

План

1. Естественная радиоактивность. Закон радиоактивного распада.
2. Способы наблюдения и регистрации заряженных частиц. Эффект Вавилова - Черенкова.
3. Строение атомного ядра. Дефект массы, энергия связи и устойчивость атомных ядер.

1. Естественная радиоактивность. Закон радиоактивного распада.

Явление самопроизвольного превращения атомных ядер неустойчивых изотопов в устойчивые, сопровождающиеся испусканием элементарных частиц или ядер и излучением энергии называется **радиоактивностью**. Основными видами естественной радиоактивности являются: α – излучение – это испускание α -частиц – ядер гелия с $Z = 2$ и $A = 4$; β -излучение – это испускание электронов и позитронов; γ -излучение – это испускание квантов электромагнитного излучения чрезвычайно малых длин волн.

Радиоактивность представляет собой внутриядерный процесс, на него не воздействуют процессы, которые могут изменить состояние электронной оболочки (химический состав, агрегатное состояние, давление, температура и т.п.).

Распад ядра является случайным событием, поэтому изменение радиоактивности со временем подчиняется статистической закономерности. Можно считать, что число ядер dN , распавшихся в среднем за промежуток времени dt , пропорционально промежутку времени dt и числу N не распавшихся ядер к моменту времени t .

$$dN = -\lambda N dt,$$

где λ – постоянная радиоактивного распада,

знак “-” указывает, что общее число радиоактивных ядер в процессе распада уменьшается. Разделив переменные и интегрируя, получим выражение закона радиоактивного распада

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

где N_0 - первоначальное число не распавшихся ядер при $t = 0$,

N - число ядер, не претерпевших распада к моменту времени t ,

$(N_0 - N)$ - число ядер, распавшихся за время t ,

λ - постоянная распада, характеризующая вероятность распада ядер данного элемента за 1 с.

Время T , по истечении которого число распавшихся частиц уменьшается вдвое называют периодом полураспада.

$$\frac{N}{N_0} = \frac{1}{2}; \quad \frac{N_0}{2} = N_0 \cdot e^{-\lambda T} \quad ; \quad \text{откуда } \lambda T = \ln 2, \text{ и } T = \frac{\ln 2}{\lambda} = \frac{0,693}{\lambda}.$$

Число ядер, распавшихся за время t , определяется выражением

$$\Delta N = N_0 - N = N_0 (1 - e^{-\lambda t}).$$

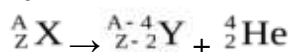
Активностью α радиоактивного вещества называется число ядер, распавшихся в единицу времени:

$$a = \frac{dN}{dt} = \lambda N = \lambda \cdot N_0 \cdot e^{-\lambda t} = a_0 e^{-\lambda t}$$

Единицей активности является кюри, т.е. активность, соответствующая $3,7 \cdot 10^{10}$ распадов в секунду.

Величина $\tau = \frac{1}{\lambda}$ называется средней продолжительностью жизни радиоактивного изотопа.

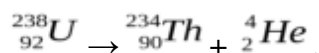
α – **распад** – представляет собой превращение атомных ядер с испусканием α -частицы (ядра гелия) и протекает по следующей схеме



${}^A_Z X$ – материнское ядро; ${}^{A-4}_{Z-2} Y$ – дочернее ядро, ${}^4_2 \text{He}$ – ядро гелия.

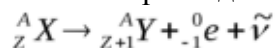
α – распад свойствен тяжелым ядрам с $A > 200$ и $Z > 82$.

Примером α – распада может служить распад ядра изотопа урана ${}^{238}_{92} \text{U}$, который происходит по схеме с образованием тория ${}^{234}_{90} \text{Th}$

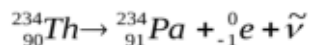


Если дочернее ядро окажется возбужденным, то оно испускает γ – квант излучения. Образовавшееся дочернее ядро тория имеет зарядовое число на Z единицы. А массовое число на 4 единицы меньше, чем у материнского ядра урана.

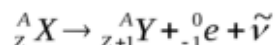
Бетта-распад. Ядерное превращение, сопровождаемое испусканием электрона, позитрона или захватом электрона (к-захват) называется бетта-распадом. Бетта-распад происходит по схеме



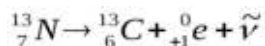
В результате распада испускается электрон и антинейтрино $\tilde{\nu}$, а дочернее ядро увеличивает свой заряд на единицу. Примером β^- -распада является превращение тория ${}^{234}_{90} \text{Th}$ в протактиний ${}^{234}_{91} \text{Pa}$



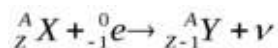
Бета-плюс распад происходит по схеме



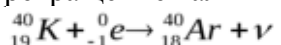
В результате β^+ -распада испускается позитрон и антинейтрино, а дочернее ядро уменьшает свой заряд на единицу. В качестве примера можно привести превращение азота ${}^{13}_7 \text{N}$ в углерод ${}^{13}_6 \text{C}$.



Третий вид β -распада (к-захват) заключается в том, что ядро поглощает один из К-электронов своего атома, в результате чего один из протонов превращается в нейтрон, испуская при этом нейтрино ν . К-захват происходит по схеме



Примером к-захвата может служить превращение калия ${}^{40}_{19} \text{K}$ в аргон ${}^{40}_{18} \text{Ar}$



Если дочернее ядро в результате β -распада оказывается в возбужденном состоянии, то при переходе в состояние с меньшей энергией ядро высвечивает γ – квант, $\tilde{\nu}$ – антинейтрино или ν – нейтрино.

Гамма-радиоактивность – это испускание электромагнитных волн в виде γ – квантов с малой длиной волны (большими частотами) очень высоких энергий. Оно не является самостоятельным видом радиоактивности, а только сопровождает α – и β - распады, а также возникает при

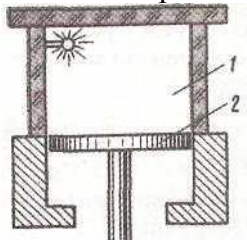
ядерных реакциях, при торможении заряженных частиц, их распаде и т.д. гамма-спектр является линейчатым.

2. Способы наблюдения и регистрации заряженных частиц. Эффект Вавилова - Черенкова.

Камера Вильсона

Этот прибор был сконструирован в 1911 г. английским физиком Ч. Вильсоном. Он основан на способности быстро летящих частиц ионизировать молекулы вещества, находящегося в парообразном состоянии.

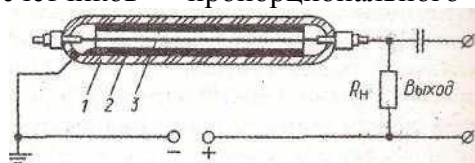
Схема камеры Вильсона изображена на рисунке:



Рабочий объем камеры 1 заполнен воздухом или другим газом и содержит в себе насыщенный пар воды или спирта. При быстром передвижении поршня 2 вниз пар или газ в объеме 1 адиабатно расширяется и охлаждается, при этом пар становится перенасыщенным. Когда через объем камеры пролетает заряженная частица, то на своем пути она создает ионы, на которых при расширении объема 1 образуются капельки сконденсировавшегося пара. Таким образом, частица оставляет за собой видимый след (трек) в виде узкой полоски тумана. Этот трек можно наблюдать или сфотографировать.

Газоразрядные счетчики

В исследованиях по ядерной физике часто используют счетчики заряженных частиц, которые служат для регистрации отдельных частиц. Рассмотрим принцип действия одного из видов счетчиков — пропорционального



Счетчик состоит из наполненного газом цилиндра 1, в который введены два электрода: анод 3 представляет собой тонкую металлическую нить, оба ее конца укреплены на изоляторах. Катод 2 выполнен в виде токопроводящего металлического слоя, нанесенного на внутреннюю поверхность цилиндра.

Между катодом и анодом прикладывается напряжение порядка нескольких сотен вольт. Одна из разновидностей пропорциональных счетчиков была предложена Э. Резерфордом и Г. Гейгером в 1908 г. Впоследствии в 1928 г. счетчик был усовершенствован Э. Мюллером и получил название счетчика Гейгера—Мюллера.

Российский физик П. А. Черенков (1904—1990), работавший под руководством Вавилова, показал, что при движении релятивистских заряженных частиц в среде с постоянной скоростью v , превышающей фазовую скорость света в этой среде, т. е. при условии $v > c/n$ (n — показатель преломления среды), возникает электромагнитное излучение, названное впоследствии излучением (эффектом) Вавилова — Черенкова. Природа данного излучения, обнаруженного для разнообразных веществ, в том числе и для чистых жидкостей, подробно изучалась С. И. Вавиловым. Он показал, что данное свечение не является люминесценцией, как считалось ранее, и высказал предположение, что оно связано с движением свободных электронов сквозь вещество.

Отличительной особенностью излучения Вавилова — Черенкова является его распространение не по всем направлениям, а лишь по направлениям, составляющим острый угол θ с траекторией частицы, т. е. вдоль образующих конуса, ось которого совпадает с направлением скорости частицы. Определим угол θ :

$\cos \theta = (c/n)/v = c/(nv)$. Возникновение излучения Вавилова — Черенкова и его направленность истолкованы Франком и Таммом на основе представлений об интерференции света с использова-

нием принципа Гюйгенса. На основе излучения Вавилова — Черенкова разработаны широко используемые экспериментальные методы для регистрации частиц высоких энергий и определения их свойств (направление движения, величина и знак заряда, энергия).

3.Строение атомного ядра. Дефект массы, энергия связи и устойчивость атомных ядер.

Атом состоит из ядра и окружающего его электронного "облака". Находящиеся в электронном облаке электроны несут отрицательный электрический заряд. Протоны, входящие в состав ядра, несут положительный заряд.

Кроме протонов, в состав ядра большинства атомов входят нейтроны, не несущие никакого заряда. Масса нейтрона практически не отличается от массы протона. Вместе протоны и нейтроны называются нуклонами (от латинского nucleus – ядро).

Минимальная энергия, необходимая для разделения ядра на составляющие его нуклоны, называется энергией связи ядра.

Разность между суммой масс покоя свободных нуклонов, из которых образовано ядро, и массой ядра называется дефектом массы:

$$\Delta m = Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}}.$$

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

$$E_{\text{св}} = \Delta mc^2,$$

или, подставив выражение для Δm , получим:

$$E_{\text{св}} = (Zm_p + Nm_n - M_{\text{я}})c^2.$$

Энергию связи обычно выражают в мегаэлектронвольтах (МэВ).

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

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

Чем больше ε , тем сильнее связаны между собой нуклоны.

Лекция №3. Атомная физика

План

- 1.Ядерные реакции. Искусственная радиоактивность. Деление тяжелых ядер.
- 2.Цепная ядерная реакция. Управляемая цепная реакция.
- 3.Ядерный реактор. Получение радиоактивных изотопов и их применение.
- 4.Биологическое действие радиоактивных излучений.
- 5.Элементарные частицы.

1.Ядерные реакции. Искусственная радиоактивность. Деление тяжелых ядер.

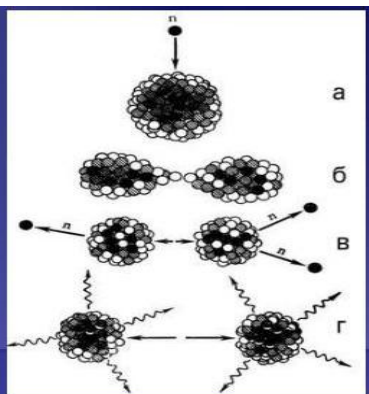
Искусственной радиоактивностью называется радиоактивность изотопов, полученных в результате ядерных реакций.

Деление ядра возможно благодаря тому, что масса покоя тяжелого ядра больше суммы масс покоя осколков, возникающих при делении.

Процесс деления атомного ядра можно объяснить на основе капельной модели ядра.

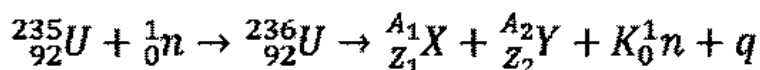
Ядро урана -235 имеет форму шара. Поглотив лишний нейтрон, оно возбуждается и начинает деформироваться, приобретая вытянутую форму (рис.1.б). Ядро будет растягиваться до тех пор, пока силы отталкивания между половинками вытянутого ядра не начнут преобладать над силами притяжения, действующими в перешейке (рис.1.в). После этого оно разрывается на две части (рис.1.г). Под действием кулоновских сил отталкивания эти осколки разлетаются со скоростью, равной 1/30 скорости света.

При делении ядра урана освобождается два-три нейтрона. Это позволяет осуществить цепную реакцию деления урана.



2. Цепная ядерная реакция. Управляемая цепная реакция.

Уравнение цепной реакции:



где K – количество вторичных нейтронов (2-3); q – тепловая энергия

Цепная ядерная реакция состоит по сути в том, что под воздействием нейтронов ядра атома урана распадаются на более лёгкие ядра, называемые *осколками деления*. При этом образуются *вторичные нейтроны* и выделяется тепловая энергия.

Для характеристики процессов, протекающих в ядерной реакции, вводится понятие *коэффициент размножения K* , который равен отношению количества нейтронов в данный момент времени к количеству нейтронов в предыдущий момент времени.

$K > 1$ Ядерная реакция нарастает и может привести к взрыву

$K < 1$ Ядерная реакция затухает

$K = 1$ Ядерная реакция протекает стабильно

УСЛОВИЯ ПРОТЕКАНИЯ ЯДЕРНОЙ РЕАКЦИИ:

- 1) Уран должен быть очищен от примесей и продуктов распада;
- 2) При цепной реакции на быстрых нейтронах крайне важно обогащение естественного урана, где его концентрация составляет 0,7% до концентрации 15%.
- 3) При цепной реакции на тепловых нейтронах крайне важно избежать резонансного захвата нейтроном ураном-238. Для этого используются замедлители, изготовленные из графита.
- 4) Система ядерного топлива и замедлитель должна быть чередующаяся, т.е. гетерогенная.
- 5) Система должна быть сферической;
- 6) Для осуществления ядерной реакции должно быть достаточным количество ядерного топлива. Минимальное значение ядерного топлива, при котором еще протекает ядерная реакция, принято называть критической массой.

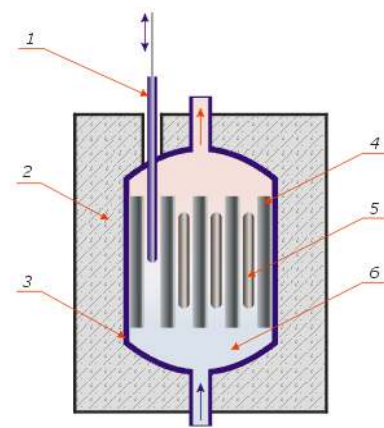
3. Ядерный реактор — устройство, в котором осуществляется управляемая цепная ядерная реакция, сопровождающаяся выделением энергии.

Самоподдерживающаяся управляемая цепная реакция деления ядер (кратко — цепная реакция) была впервые осуществлена в декабре 1942 г. Группа физиков Чикагского университета, возглавляемая Э. Ферми, построила первый в мире ядерный реактор, названный СР-1. Он состоял из графитовых блоков, между которыми были расположены шары из природного урана и его двуокиси. Быстрые нейтроны, появляющиеся после деления ядер ${}^{235}\text{U}$, замедлялись графитом до тепловых энергий, а затем вызывали новые деления ядер. Реакторы, подобные СР-1, в которых основная доля делений происходит под действием тепловых нейтронов, называют реакторами на тепловых нейтронах. В их состав входит очень много замедлителя по сравнению с ураном.

В СССР теоретические и экспериментальные исследования особенностей пуска, работы и контроля реакторов были проведены группой физиков и инженеров под руководством академика И. В. Курчатова. Первый советский реактор Ф-1 выведен в критическое состояние 25 декабря 1946 г. Реактор Ф-1 набран из графитовых блоков и имеет форму шара диаметром примерно 7,5 м. В центральной части шара диаметром 6 м по отверстиям в графитовых блоках размещены урановые стержни. Результаты исследований на реакторе Ф-1 стали основой проектов более сложных по конструкции промышленных реакторов. В 1949 г. введён в действие реактор по производству плутония, а 27 июня 1954 г. вступила в строй первая в мире атомная электростанция электрической мощностью 5 МВт в г. Обнинске.

Схематическое устройство гетерогенного реактора на тепловых нейтронах

1 — управляющий стержень;



- 2 — биологическая защита;
- 3 — тепловая защита;
- 4 — замедлитель;
- 5 — ядерное топливо;
- 6 — теплоноситель.

Конструкция

Любой ядерный реактор состоит из следующих частей:

Активная зона с ядерным топливом и замедлителем;

Отражатель нейтронов, окружающий активную зону;

Теплоноситель;

Система регулирования цепной реакции, в том числе аварийная защита;

Радиационная защита;

Система дистанционного управления

Основная характеристика реактора — его выходная мощность. Мощность в 1 МВт соответствует цепной реакции, при которой происходит $3 \cdot 10^{16}$ делений в 1 сек.

Физические принципы работы

Текущее состояние ядерного реактора можно охарактеризовать эффективным коэффициентом размножения нейтронов k или реактивностью ρ , которые связаны следующим соотношением:

$$\rho = \frac{k - 1}{k}.$$

Для этих величин характерны следующие значения:

$k > 1$ — цепная реакция нарастает во времени, реактор находится в надкритическом состоянии, его реактивность $\rho > 0$;

$k < 1$ — реакция затухает, реактор — подкритичен, $\rho < 0$;

$k = 1$, $\rho = 0$ — число делений ядер постоянно, реактор находится в стабильном критическом состоянии.

4. Биологическое действие радиоактивных излучений

Поэтому биологическое действие излучений характеризуется поглощенной дозой излучения.

Поглощенной дозой излучения D называют величину, равную отношению энергии ионизирующего

$$D = \frac{W}{m}.$$

излучения, поглощенной облучаемым веществом, к массе этого вещества:

В СИ единица поглощения дозы излучения — грей (Гр). 1 Гр равен дозе поглощенного излучения, при которой облучаемому веществу массой 1 кг передается энергия ионизирующего излучения, равная 1 Дж:

$$1 \text{ Гр} = 1 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

Естественный фон на человека равен $2 \cdot 10^{-3}$ Гр/год. Предельно допустимая норма для лиц, работающих с излучением, равна 0,05 Гр/год или 10^{-3} Гр в неделю. Смертельная доза 3–10 Гр, полученная за короткое время.

Доза в один рентген ионизует $2 \cdot 10^9$ пар ионов в 1 см^3 .

Защита от излучения

Для защиты от жесткого рентгеновского излучения и γ -излучения применяются вещества, состоящие из элементов с высоким атомным номером и имеющие значительную плотность (чугун, сталь, свинец, баритовый кирпич, свинцовое стекло), а от нейтронов надо использовать вещества с невысоким атомным номером (вода, бетон, земля и др.).

Доза поглощенного излучения полученная телом, Гр	Эффект	Последствия
0 – 0,25	Не наблюдается	Незначительное повреждение костного мозга,
0,25 – 1	Незначительное изменение в кро-	

	ви, слабая тошнота	лимфатических узлов
1 – 3	Изменение крови, рвота, плохое общее самочувствие	Возможно полное выздоровление
3 – 6	Все эффекты указаны выше	При лечении переливание крови, пересадка костного мозга
6 – 10		Смерть

5.Элементарные частицы.

Элементарная частица – собирательный термин, относящийся к микрообъектам в субъядерном масштабе, которые невозможно расщепить (или пока это не доказано) на составные части. Их строение и поведение изучается физикой элементарных частиц. Со времён первого открытия элементарной частицы (электрона) в 1897 году обнаружено уже более 400 элементарных частиц.



Контрольные вопросы

- 1.Ядерные реакции. Искусственная радиоактивность. Деление тяжелых ядер.
- 2.Цепная ядерная реакция. Управляемая цепная реакция.
- 3.Ядерный реактор. Получение радиоактивных изотопов и их применение.
- 4.Биологическое действие радиоактивных излучений.

Литература

Для студентов и преподавателей

- 1.Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. – М.: Высшая школа,2010.
- 2.Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы.- М.: Просвещение, 2008.
- 3.Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. – М.,2008.

Раздел №7. Эволюция Вселенной

Лекция №1. Галактика

План

- 1.Наша звездная система - Галактика. Другие галактики.
- 2.Бесконечность Вселенной. Понятие о космологии.

1. Наша звездная система - Галактика. Другие галактики.

Наша звёздная галактика – это Гигантская спиральная система, называемая *Млечный Путь*, входит в Местную систему и является одной из самых больших звездных галактик системы. Вторая крупная звёздная галактика вселенной - знаменитая туманность Андромеды (Галактика М 31 по каталогу Ш. Мессье, или по новой классификации NGC 224). Первые представления о Млечном Пути как об отдельной звездной системе сложились в результате выдающейся работы Гершеля, но лишь в 20-х годах нашего века, когда выяснилось, что существуют другие гигантские звездные галактики, находящиеся на огромных расстояниях от Млечного Пути, стала окончательно очевидна обособленность нашей звездной Галактики, стал ясен факт, что Галактика - лишь один из бесчисленного количества окружающих нас звездных миров. Вскоре после этого, в 1924-1926 годах обнаружили вращение Галактики, а в 1944-м два типа звездных населений в Галактике.

Наша звёздная галактика млечный путь.

Звезды отличаются не только по массе и светимости, но и по возрасту. Наиболее старые звезды обеднены тяжелыми элементами. Молодые же по сравнению со старыми обогащены элементами тяжелее гелия. Так вот, оказалось, что звезды, расположенные в плоскости диска Галактики, сравнительно молоды; к их числу относится наше Солнце.

Кстати, Солнце и Солнечная система расположены не просто в диске, а вблизи плоскости симметрии диска. Существующие оценки показывают, что расстояние между Солнцем и этой плоскостью не превышает 10 парсек, а расстояние до центра Галактики составляет около 10 килопарсек. Звезды же, принадлежащие гало, имеют более солидный возраст, и содержат гораздо меньше тяжелых элементов. Галактическое гало (сферическая часть звездной Галактики) образовано шаровыми скоплениями - компактными группами, содержащими сотни тысяч звезд.

Лишь в начале 50-х годов было подтверждено предположение о спиральной структуре нашей Галактики.

В мире звёздных галактик наш Млечный Путь занимает отнюдь не последнее место. Это гигантская звездная галактика с диаметром диска около 100 тысяч световых лет и толщиной около 30 тысяч световых лет. Масса видимого вещества в звездной Галактике оценивается в 1,5- 10й солнечных масс. Но, несмотря на впечатляющую величину массы Млечного Пути, еще большая масса невидимого вещества содержится в короне звёздной Галактики. Эта масса оценивается примерно в 10^{12} масс Солнца.

Галактика чрезвычайно напоминает живой организм. Она обладает своим внутренним обменом веществ - космическим метаболизмом. Различные объекты Галактики тесно связаны между собой и находятся в процессах непрерывного взаимодействия. Это взаимодействие отчетливо прослеживается на всех уровнях иерархии отдельных систем звездной Галактики.

2. Бесконечность Вселенной. Понятие о космологии.

Проблема бесконечности вселенной была сформулирована еще древними философами. К ней, как мировоззренчески предельной, всякий раз возвращаются наука и философия при пересмотре и углублении картины мира.

С позиции материалистического монизма понятие вселенной в конечном счете сводится к материи (материальному миру). Классическая наука и философия рационализма рассматривали вселенную как замкнутую систему, поскольку вне материи "нет ничего".

Релятивистская космология принципиально не вышла за рамки такого понимания вселенной. В рамках того же самого объекта, что и у классической космологии, Эйнштейн выдвинул постулат однородности и изотропности вселенной, а также положение о ее стационарности. Однако он отождествлял последнюю с метagalacticкой и считал ее единственной и последней.

Другими словами, замкнутость вселенной распространилась на еще более высокий уровень, но не была преодолена принципиально.

В 70-е гг. А. Л. Зельмановым была сформулирована космологическая проблема, согласно которой метagalacticка является частью физической системы большего масштаба, из чего делалось предположение о существовании других вселенных.

В 70-е гг. В. А. Амбарцумян говорит уже о существовании других вселенных как об астрономической гипотезе. Им же была выдвинута космогоническая теория, из которой вытекает предположение о существовании сверхплотных тел.

В 90-е гг. американские ученые выдвинули положение о множественности вселенных, а в последнее время - о миллиардах вселенных.

"Любая космологическая теория способна описывать лишь определенные фрагменты неисчерпаемого материального мира. ...Материя (материальный мир) не может быть объектом космологии", - считает В. В. Казютинский. Материя, таким образом, превращается в сугубо гносеологическое понятие, что еще раз свидетельствует о несостоятельности мономатериализма.

Или возьмем заключение о нестационарности пространственной метрики, которое является следствием теории Большого Взрыва. В этом случае, пишет Г. И. Наан, существуют две возможности с точки зрения характера эволюции. Началом эволюции в том и в другом случае является взрыв сверхплотного вещества, находящегося в точке с нулевым радиусом. (В случае отрицательной или нулевой кривизны R не является радиусом чего бы то ни было.) Скорость изменения масштабного фактора $R(t)$ вначале неограниченно велика. Со временем $R(t)$ замедляется. Далее есть две возможности. Если кривизна пространства отрицательна или равна нулю, то расширение продолжается неограниченно; если же кривизна положительна, то расширение сменяется сжатием, которое завершается сжатием в точку. В первом случае пространство метрически бесконечно, во втором - конечно. Пока данные наблюдений оставляют вопрос о метрической конечности-бесконечности вселенной открытым. Мы не можем быть уверены в том, что метрическая характеристика бесконечности достаточна. Уже в первые годы существования релятивистской космологии ставился вопрос о том, что у нас нет никаких данных о топологии пространства, а ведь только при ее наличии по знаку кривизны пространства можно судить о его конечности-бесконечности.

За истекшее время концепция "Большого Взрыва" приобрела, пожалуй, больше противников, чем сторонников. Так, школа академика РАН А. Логунова отрицает понятие космической сингулярности, когда вся материя имеет бесконечную плотность, сосредоточенную в одной точке, и предлагает рассматривать объекты с совершенно конкретными характеристиками массы, плотности энергии.

Гипотеза возникновения вселенной в результате Большого Взрыва неубедительна, поскольку наши знания макромира и соответствующие законы не работают уже при плотности, превышающей 10^{23} г/см³ в кубе, а именно за этими пределами скрыты тайны "начальных условий" и новых, еще не известных нам взаимодействий.

Лекция №2. Понятие о Вселенной

План

- 1.Расширяющаяся Вселенная.
- 2.Модель горячей Вселенной.
- 3.Строение и происхождение Галактик.

1.Расширяющаяся Вселенная.

Примерно 12-15 миллиардов лет назад произошел так называемый Большой Взрыв, после которого Вселенная начала расширяться. До Большого Взрыва Вселенная представляла собой вещество такой большой плотности, что и представить себе невозможно. Как появилось это сверхплотное вещество и что вызвало взрыв, ученые до сих пор не знают, да и все подсчеты возраста Вселенной можно считать очень условными.

После взрыва частицы сверхплотного вещества начали разлетаться во все стороны. Образовались звезды, туманности, скопления звезд, галактики и другие космические объекты. На какой стадии расширения произошло конкретное событие (например, появление галактик), сказать точно нельзя. Но факт налицо – Вселенная постоянно расширяется, и чем дальше от нас расположены какие-то объекты, тем быстрее они удаляются от нас.

В 1916 г. А. Эйнштейн создал общую теорию относительности. Оказалось, что Вселенная (если принять ее за неизменную и постоянную величину), в эту теорию не вписывается, а для того чтобы решить уравнение Вселенной, А. Эйнштейну пришлось ввести условную единицу. Физическое подтверждение этой единицы до сих пор не найдено. В 1920-х гг. А. А. Фридман доказал, что у уравнения Эйнштейна может быть два решения: если Вселенная расширяется и если она сжимается. Таким образом окончательно отказались от мысли о том, что Вселенная не изменяется. В 1927 году бельгийский ученый Ж. Леметр высказал идею о том, что Вселенная расширяется, в 1929 году американский астроном Э. Хаббл подтвердил эту идею, вычислив расстояния до галактик и их зависимость от скорости движения. Оказалось, что галактики движутся со скоростью, измеряемой сотнями и тысячами километров в секунду. Эта закономерность известна под названием «закон Хаббла». До каких размеров Вселенная может расширяться и что произойдет потом – не известно.

2,3 Модель горячей Вселенной.

Модель горячей Вселенной — космологическая модель, в которой эволюция Вселенной начинается с состояния плотной горячей плазмы, состоящей из элементарных частиц, и протекает при дальнейшем адиабатическом космологическом.

Впервые модель горячей Вселенной была предложена в 1947 году Г. А. Гамовым. Наиболее существенное наблюдательное предсказание, вытекающее из модели горячей Вселенной — наличие реликтового излучения со спектром, очень близким к спектру абсолютно чёрного тела с температурой около 2,7 кельвина, возникшего в момент рекомбинации ионов (в основном, водорода и гелия) и электронов в нейтральные атомы. Это убедительно доказали показания прибора FIRAS.

Происхождение элементарных частиц в модели горячей Вселенной с конца 1970-х годов описывают с помощью спонтанного нарушения симметрии. Многие недостатки модели горячей Вселенной были решены в 1980-х годах в результате построения инфляционной модели Вселенной.

Лекция №3. Понятие о звездах

План

1. Термоядерный синтез.
2. Проблема термоядерной энергетики.
3. Энергия Солнца и звезд.
4. Эволюция звезд. Происхождение Солнечной системы.

1. Термоядерный синтез.

Что представляет собой, визуально, термоядерный синтез? В принципе это горение. Но понятно, что это горение очень большой мощности на единицу объёма пространства. И понятно, что это не процесс окисления. Здесь, в процессе горения, участвуют другие элементы, которые тоже горят, но при особых физических условиях.

Условия термического самоускорения могут быть обеспечены для всех реакций с достаточно большими тепловыми эффектами и энергиями активации.

Диффузионное горение. Характеризуется отдельной подачей в зону горения горючего и окислителя. Перемешивание компонентов происходит в зоне горения. Пример: горение водорода и кислорода в ракетном двигателе.

Горение предварительно смешанной среды. Как следует из названия, горения происходит в смеси, в которой одновременно присутствуют горючее и окислитель. Пример: горение в цилиндре двигателя внутреннего сгорания бензиново-воздушной смеси после инициализации процесса свечой зажигания.

Беспламенное горение. В отличие от обычного горения, когда наблюдаются зоны окислительного пламени и восстановительного пламени, возможно создание условий для беспламенного горения. Примером может служить каталитическое окисление органических веществ на поверхности подходящего катализатора, например, окисление этанола на платиновой черни.

Тление. Вид горения, при котором пламя не образуется, а зона горения медленно распространяется по материалу. Тление обычно наблюдается у пористых или волокнистых материалов с высоким содержанием воздуха или пропитанных окислителями.

Автогенное горение. Самоподдерживающееся горение. Термин используется в технологиях сжигания отходов. Возможность автогенного (самоподдерживающегося) горения отходов определяется предельным содержанием балластирующих компонент: влаги и золы.

Обычное пламя, которое мы наблюдаем при горении свечи, пламя зажигалки или спички, представляет собой поток раскалённых газов, вытянутый вертикально за счёт силы тяготения Земли (горячие газы стремятся подниматься вверх).

2. Проблема термоядерной энергетики

Проблема управляемого термоядерного синтеза - одна из важнейших задач, стоящих перед человечеством.

Человеческая цивилизация не может существовать, а тем более развиваться без энергии. Все хорошо понимают, что освоенные источники энергии, к сожалению, могут скоро истощиться. По данным Мирового энергетического совета, разведанных запасов углеводородного топлива на Земле осталось на 50-80 лет.

Сегодня основными источниками энергии служат нефть, газ и уголь.

Процесс термоядерного синтеза в значительной степени свободен от недостатков, присущих процессу деления. В реакции синтеза не образуются долгоживущих радиоактивных изотопов, топливом для нее служат тяжелые изотопы водорода - дейтерий и тритий. В литре обычной воды содержится примерно 0,03 г дейтерия, но в процессе его реакции выделяется столько же энергии, сколько при сгорании 300 литров бензина! Запасов дейтерия на Земле хватит, чтобы обеспечивать человечество энергией около миллиарда лет.

Поэтому поиски альтернативных источников энергии идут особенно интенсивно.

3. Энергия Солнца и звезд.

Солнце, как и почти все звезды, состоит в основном из водорода. Естественно возникает вопрос, может ли светимость Солнца поддерживаться за счет ядерных реакций слияния водорода в его недрах? Позже мы увидим, что эти реакции действительно являются источником энергии Солнца. В мы подробно обсудим ядерные реакции, протекающие в недрах звезд. Но прежде чем убедиться, что Солнце, а, следовательно, и мы, обязаны своей жизнью ядерным реакциям, попытаемся понять, что следует из предположения о том, что Солнце и звезды существуют за счет превращения атомов водорода в атомы гелия, а освобождающаяся энергия поддерживает свечение звезд.

Далее мы увидим, что ядерная реакция в недрах звезд начинает затухать, уже когда израсходовано 10–20 % всего водорода. Отсюда следует, что Солнце может существовать примерно семь миллиардов лет. Это тоже достаточно большой срок, и Земля (если на ней еще будет существовать жизнь) еще очень долго будет освещаться лучами Солнца. Солнце — это примерно одна из 7 тысяч звезд, видимых на небе невооруженным глазом. С помощью телескопа можно увидеть неизмеримо больше звезд. И все они, за редкими исключениями, состоят в основном из водорода. Если все эти звезды черпают свою энергию из превращения водорода в гелий, то для всех них можно рассчитать, на сколько лет хватит этого водорода, чтобы поддерживать их светимость. Для Солнца этот срок составляет 7 миллиардов лет. Но можно найти и звезды, в которых водород существенно раньше подойдет к концу. Возьмем к примеру звезду под названием Спика, самую яркую в созвездии Девы. Вокруг нее обращается звезда-спутник, поэтому мы можем определить массу Спики. Масса Спики примерно в 10 раз превышает солнечную. Мы знаем также, что она светит в 10 тысяч раз ярче Солнца. Таким образом, хотя в объеме Спики содержится в 10 раз больше водорода, чем в Солнце, она светит так ярко, что этого водорода хватит всего на одну тысячную срока жизни Солнца. Следовательно, Спика может светить ненамного дольше нескольких миллионов лет.

4. Эволюция звезд. Происхождение Солнечной системы.

Согласно современным представлениям, *формирование Солнечной системы* началось около 4,6 млрд лет назад с гравитационного коллапса небольшой части гигантского межзвёздно-

го молекулярного облака. Большая часть вещества оказалась в гравитационном центре коллапса с последующим образованием звезды — Солнца. Вещество, не попавшее в центр, сформировало вращающийся вокруг него протопланетный диск, из которого в дальнейшем сформировались планеты, их спутники, астероиды и другие малые тела Солнечной системы. Гипотеза об образовании Солнечной системы из газопылевого облака — небулярная гипотеза — первоначально была предложена в XVIII веке Эммануилом Сведенборгом, Иммануилом Кантом и Пьером-Симоном Лапласом. В дальнейшем её развитие происходило с участием множества научных дисциплин, в том числе астрономии, физики, геологии и планетологии. С началом космической эры в 1950-х годах, а также с открытием в 1990-х годах планет за пределами Солнечной системы (экзопланет), эта модель подверглась многократным проверкам и улучшениям для объяснения новых данных и наблюдений.

Согласно общепринятой в настоящее время гипотезе, формирование Солнечной системы началось около 4,6 млрд лет назад с гравитационного коллапса небольшой части гигантского межзвёздного газопылевого облака.

Контрольные вопросы

1. Термоядерный синтез.
2. Проблема термоядерной энергетики.
3. Энергия Солнца и звезд.
4. Эволюция звезд. Происхождение Солнечной системы.

Литература

Для студентов и преподавателей

1. Дмитриева В.Ф. Физика. Учебное пособие для средних специальных учебных заведений. — М.: Высшая школа, 2010.
2. Рымкевич А.П. Сборник задач по физике для 9-11 классов средней школы. — М.: Просвещение, 2008.
3. Методика преподавания физики в средних специальных учебных заведениях/ под редакцией А.А.Пинского, П.И.Самойленко. — М., 2008.