

### 15. Движение гармонического осциллятора

ГО- это частица, совершающая одномерное движение под действием квазиупругой силы

$$F = -kx \quad P = kx^2/2 \quad \omega = \sqrt{\frac{k}{m}}$$

Диф.ур-е ГО:

$$x'' = -\omega^2 x$$

$$X(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$$

Простое Г.Д.- это движение простого

ГО, периодическое движение которого не является ни вынужденным, ни затухающим.

$$X(t) = A \cos(2\pi f t + \varphi)$$

Стац. Ур-е Шредингера описывает действие

ГО:

$$-\frac{\hbar}{2m} \Delta \psi + V(x, y, z) \psi = E \psi$$

Полная энергия:

$$E = \frac{p^2}{2m} + \frac{kx^2}{2}$$

$$\frac{d^2 \psi}{dx^2} + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E - \frac{m\omega^2}{2} x^2 \right) \psi = 0$$

### 16. Квантовая теория атома водорода

Атом водорода представляет собой простейшую атомную систему. Движение электрона в атоме водорода представляет собой движение в поле центральной силы, которое характеризуется тем, что потенциальная энергия  $U(r)$  частицы в таком поле зависит лишь от её расстояния  $r$  до некоторого силового центра.

$$V^2 \psi + \frac{2m}{\hbar^2} \left( E - \frac{Ze^2}{r} \right) \psi = 0$$

$$U(r) = -\frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{ze^2}{r}$$

Потенциальная энергия электрона в кулоновском поле ядра

### 17. Тождественные-частицы.

**Симметричные и асимметричные волновые функции. Принцип Паули**

**Тождественные частицы** — это частицы, которые *принципиально* не могут быть распознаны и отличены одна от другой, то есть подчиняются Принципу тождественности одинаковых частиц. К таким частицам относятся: элементарные частицы (электроны, нейтроны и т.д.) а также составные микрочастицы, такие как атомы и молекулы. **Существует** два больших класса тождественных частиц: бозоны и фермионы.

**Принцип Паули** (принцип запрета) — один из фундаментальных принципов квантовой механики, согласно которому два и более тождественных фермиона не могут одновременно находиться в одном квантовом состоянии. Принцип был сформулирован для электронов Вольфгангом Паули в 1925 г. в процессе работы над квантомеханической интерпретацией аномального эффекта Зеемана и в дальнейшем распространён на все частицы с полужелым спином. Принцип Паули помогает объяснить разнообразные физические явления. Следствием принципа является наличие электронных оболочек в структуре атома, из чего, в свою очередь, следует разнообразие химических элементов и их соединений.

### 18. Средняя энергия квантового осциллятора

**Гармонический осциллятор** в квантовой механике представляет собой квантовый аналог простого гармонического осциллятора, при этом рассматривают не силы, действующие на частицу, а полную энергию гармонического осциллятора, причём потенциальная энергия предполагается квадратично зависящей от координат.

$$\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + \frac{m\omega^2 \hat{q}^2}{2}$$

$$E_n = \hbar\omega \left( n + \frac{1}{2} \right), \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

### 19. Теплоемкость твердого тела по теории Дебая

**ДЕБАЯ ТЕОРИЯ** твёрдого тела - теория, описывающая колебания кристаллич. решётки и обусловленные ими термодинамич. свойства твёрдого тела. Д. т. основана на упрощённом представлении твёрдого тела как упругой среды, атомы к-рой совершают колебания в конечном диапазоне частот.

### 20. Спин электрона. Оператор спина

Электрон обладает собственным моментом импульса не связанным с движением электрона в пространстве. Этот момент- спин. Т.о. спин нужно считать внутренним св-вом, присущим электронам (как заряд и массу). Спин характеризуется еще одним квантовым числом,  $s$ . Поскольку вектор спинового момента импульса имеет  $(2s + 1)$  различных ориентаций, а наблюдаемая кратность энергетических уровней равна двум, имеем  $(2s + 1) = 2$ , или  $s = \frac{1}{2}$  Вращающийся вокруг собственной оси электрон подобен крошечному магниту с магнитным моментом

$$\mu_s = \frac{eh}{4\pi mc}$$

### 21. Квантовые числа для электрона в атоме

Квантовое число  $n$  – главное. Оно определяет энергию электрона в атоме водорода и одноэлектронных системах ( $\text{He}^+$ ,  $\text{Li}^{2+}$  и т. д.). В этом случае энергия электрона

$$E = -\frac{2\pi^2 m e^4}{n^2 \hbar^2} \quad \text{или} \quad E = -13,6 \frac{1}{n^2} \text{ эВ.}$$

где  $n$  принимает значения от 1 до  $\infty$ . Чем меньше  $n$ , тем больше энергия взаимодействия электрона с ядром. При  $n = 1$  атом водорода находится в основном состоянии, при  $n > 1$  – в возбужденном.

### 22. Сверхпроводимость

**Сверхпроводимость** — свойство некоторых материалов обладать строго нулевым электрическим сопротивлением при достижении ими температуры ниже определённого значения. Здесь важно понять, что электросопротивление не становится «очень малым» или «близким к нулю», а исчезает полностью. Известны несколько десятков чистых элементов, сплавов и керамик, переходящих в сверхпроводящее состояние.

$$H_c(T) = H_{c0} \left( 1 - \frac{T^2}{T_c^2} \right),$$

эффект Мейсснера, заключающийся в выталкивании сверхпроводником магнитного потока **rotB = 0**.

### 23. Сверхтекучесть

**Сверхтекучесть** — вещество в особом состоянии возникающем при понижении температуры к абсолютному нулю, при котором оно приобретает способность протекать через узкие щели и капилляры без трения. До недавнего времени сверхтекучесть была известна только у жидкого гелия.

Сверхтекучесть объясняется следующим образом. Поскольку атомы гелия являются бозонами, квантовая механика допускает нахождение в одном состоянии произвольного числа частиц. Вблизи абсолютного нуля температур все атомы гелия оказываются в основном энергетическом состоянии. Поскольку энергия состояний дискретна, атом может получить не любую энергию, а только такую, которая равна энергетическому зазору между соседними уровнями энергии. Но при низкой температуре энергия столкновений может оказаться меньше этой величины, в результате чего рассеяния энергии попросту не будет происходить. Жидкость будет течь без трения.

### 24. Оптический резонатор. Условие стационарной генерации

ОПТИЧЕСКИЙ РЕЗОНАТОР - совокупность неск. отражающих элементов, образующих *открытый резонатор*. Для длин волн  $\lambda < 0,1$  см использование закрытых резонаторов, имеющих размеры  $d \sim \lambda$ , затруднительно из-за малости  $d$  и больших потерь энергии в стенках.

Простейшим О. р. является *интерферометр Фабри - Перо*, состоящий из двух плоских параллельных зеркал. Если между зеркалами, расположенными на расстоянии  $d$  друг от друга, нормально к ним распространяется плоская волна, то в результате отражения её от зеркал в пространстве между ними образуются стоячие волны (собств. колебания). Условие их образования  $d = q\lambda/2$ , где  $q$  - число полуволн, укладывающихся между зеркалами

### 25. Физические принципы, лежащие в основе действия лазеров.

Физической основой работы лазера служит явление вынужденного (индуцированного) излучения. Суть явления состоит в том, что возбуждённый атом способен излучить фотон под действием другого фотона без его поглощения, если энергия последнего равняется разности энергий уровней атома до и после излучения. При этом излучённый фотон когерентен фотону, вызвавшему излучение (является его «точной копией»). Таким образом происходит усиление света. Этим явление отличается от спонтанного излучения, в котором излучаемые фотоны имеют случайные направления распространения, поляризацию и фазу.

### 26. Коэффициент поглощения света в веществе. Закон Бугера. Инверсная заселенность энергетических уровней

**Поглощением (абсорбцией) света** называется явление уменьшения энергии световой волны при ее распространении в веществе вследствие преобразования энергии волны в другие виды энергии. В результате поглощения интенсивность света при прохождении через вещество уменьшается.

Поглощение света в веществе описывается **законом Бугера\***:

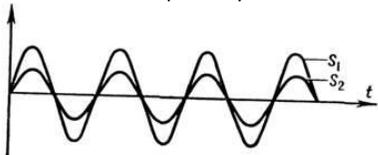
$$I = I_0 e^{-\alpha x},$$

### 27. Когерентное излучение системы атомов. Условие пространственной синфазности.

Оптические квантовые генераторы (лазеры) позволяют получить интенсивное, направленное когерентное излучение. Для генерации когерентного излучения необходимо прежде всего в активном веществе создать инверсную населенность уровней, т. е. такое резко неравновесное состояние, при котором концентрация электронов на высшем энергетическом уровне превышает их концентрацию на более низком

Оптические квантовые генераторы (лазеры) позволяют получить интенсивное, направленное и когерентное излучение.

**СИНФАЗНОСТЬ** - совпадение по фазе двух или нескольких периодич. *колебаний*. Опираясь на более общее понятие когерентности, С. можно определить как частный случай когерентности, при к-ром разность фаз колебаний постоянна и равна нулю



### 28. Взаимодействие излучения с веществом. Коэффициенты Эйнштейна

**Непосредственно ионизирующее излучение** представляет собой поток заряженных частиц, кинетическая энергия которых достаточна для ионизации при столкновении с атомами вещества.

**Косвенно ионизирующее излучение** представляет собой поток незаряженных частиц (нейтронов, фотонов), которые могут создавать непосредственно ионизирующее излучение и (или) вызывать ядерные превращения при взаимодействии со средой.

### 29. Физические принципы получения низких температур

**2. Дросселирование (эффект Джоуля — Томпсона).** заключающийся в падении давления и снижении температуры хладагента при его протекании — через суженное сечение под воздействием разности давлений без совершения внешней работы и теплообмена с окружающей средой.

**3. Расширение с совершением внешней работы.** Процесс используют в газовых холодильных машинах. Если на пути потока, двигающегося под воздействием разности давлений, поставить **детандер** (расширительную машину, в которой поток вращает колесо или толкает поршень), то энергия потока будет совершать внешнюю полезную работу. При этом после детандера одновременно с понижением давления будет снижаться и температура хладагента.

**4. Вихревой эффект (эффект Ранка — Хильша).** Создается с помощью специального устройства — вихревой трубы. Основан на разделении теплого и холодного воздуха в закрученном, потоке внутри трубы.

**5. Термоэлектрический эффект (эффект Пельтье).** Его используют в термоэлектрических охлаждающих устройствах. Он основан на понижении температуры спаев полупроводников при прохождении через них постоянного электрического тока.

### 30. Рубиновый лазер

Первый квантовый генератор света был создан в 1961 году Мейманом (р.1927) на рубине. Рубин - это твёрдый кристалл, основой которого является корунд, т.е. кристалл окиси алюминия ( $Al_2O_3$ ), в котором небольшая часть атомов алюминия (около 0,05%) замещена ионами хрома  $Cr^{+++}$ . Для создания инверсной заселённости используется оптическая накачка, т.е. освещение кристалла рубина мощной вспышкой света. Рубину придают форму цилиндрического стержня, концы которого тщательно отполированы, посеребрены, и служат зеркалами для лазера. Для освещения рубинового стержня применяют импульсные ксеноновые газоразрядные лампы-вспышки, через которые разряжаются батареи высоковольтных конденсаторов. Лампа-вспышка имеет форму спиральной трубки, обвивающейся вокруг рубинового стержня. Под действием мощного импульса света в рубиновом стержне создаётся инверсная заселённость и благодаря наличию зеркал возбуждается лазерная генерация, длительность которой чуть меньше длительности вспышки накачивающей лампы.

### 32. Ядерные силы. Энергия связи ядра

Огромная энергия связи кулонов в ядре указывает на то, что между нуклонами имеется очень интенсивное взаимодействие. Это взаимодействие носит характер притяжения.

Особенности:

1. Я.С являются короткодействующими.
2. Сильное взаимодействие не зависит от заряда нуклонов.
3. Я.С. зависят от взаимной ориентации спинов нуклонов.
4. Я.С. не являются центральными
5. Я.С обладают св-вом насыщения

$$\Delta E \Delta t \sim \hbar$$

Отклонение энергии системы.

### 33. Основные положения современной теории элементарных частиц

### 31. $\alpha$ -, $\beta$ - и $\gamma$ -излучения

Виды радиоактивности.

1) Деление тяж. ядер 2) одно-и двупротонная (испускание 1 или 2 протон ядром) 3) Альфа-распадом наз. самопроизв. распад ядра (X) на альфа-частицу (ядро атома гелия  ${}_2\text{He}^4$ ) и ядро продукт (Y) по след. схеме:  ${}_Z\text{X}^A = {}_2\text{He}^4 + {}_{Z-2}\text{Y}^{A-4}$ ,  $\alpha$ -лучи обл. наим. проник. способн. 4) Бета-распад-явление эл.  $\beta$ -распада предст. собой превр. атомн. ядра (X) путем испуск. эл. (e) по схеме:  ${}_Z\text{X}^A = {}_{-1}\text{e}^0 + {}_{Z+1}\text{Y}^A$ , проник. спос.  $\beta$ -част. (эл.) выше, чем  $\alpha$ -частиц. 5) Гамма-лучи-это жесткое электромагн. излуч. оч. выс. частоты. Из-за выс. частоты  $\gamma$ -лучей сильно выраж. квант. св-ва, и они ведут себя как поток частиц- $\gamma$ -квантов:  $\gamma$ -лучи обл. наиб. проник. способн..