

**МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕ-СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ УЗБЕКИСТАН**

**ТАШКЕНТСКИЙ ИНСТИТУТ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЁГКОЙ  
ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

**КАФЕДРА «Физики и электротехники»**

# **РЕФЕРАТ**

**Представление о микро, макро и  
мегомирах в настоящее время.**

Выполнил: Студент группы 25р-13  
Махмудов Д.

Принял: Фаттахов М.А.

Ташкент - 2013

**Тема: *Представление о микро, макро и мегомирах в настоящее время.***

**План:**

- 1. Представление о микро, макро и мегомирах в настоящее время.**
- 2. Широкое и глубокое научное представление о мире.**
- 3. Теория относительности.**
- 4. Квантовая механика.**
- 5. Физические взаимодействия.**
- 6. Строение материи.**

В окружающем нас мире можно подметить иерархию объектов в природе. Слово «иерархия» в применении к рассматриваемому случаю отображает лестницу объектов, качественно отличающихся или характеризующихся степенью сложности. Существует следующая иерархия объектов: элементарные частицы-ядра – атомы – молекулы (микромир), макромир : кристаллы –жидкости - газы –плазма, мегамир : планеты – звезды – галактики – Вселенная.

Человек обычно имеет дело с макромиром и сам таковым является. Рассмотрим иерархию основных объектов природы и дадим краткую характеристику.

**Микромир. Элементарные частицы.** На сегодня эти образования являются исходными, простейшими в смысле структуры. Однако это не означает, что их свойства просты. Для описания поведения элементарных частиц используют наиболее глубокие физические теории, представляющие собой синтез теории относительности и квантовой теории.

Все элементарные частицы (кроме фотона) подразделяются на две группы: **адроны и лептоны**. В свою очередь, многочисленная адронная группа состоит из барионов (протон, нейтрон, гипероны) и мезонов ( $\pi$ -мезоны, K-мезоны). Кроме того, в группе адронов существуют два больших семейства так называемых резонансных частиц: барионы и мезонные резонансы. Всего число открытых резонансов более 300. Число частиц в каждом таком семействе и их свойства можно объяснить, если предположить, что адроны состоят из истинно элементарных частиц - **кварков**. Барионы состоят из трех кварков, а мезоны из одного кварка и одного антикварка. В свободном состоянии кварки до сих пор не наблюдались.

Лептоны (электрон, мюон, тау-лептон и их нейтрино) как и кварки, рассматривают как бесструктурные точечные частицы. Частицами – переносчиками взаимодействий – являются глюоны (ответственны за связь между кварками), фотоны (за взаимодействие электрически заряженных частиц) и массивные промежуточные бозоны (за медленные распады частиц и слабое взаимодействие). Объединение релятивистских и квантовых представлений привело к открытию мира античастиц. У античастицы и частицы имеется целый набор специфических «внутренних» дискретных характеристик: их значения у частицы и античастицы отличаются только знаком. Несмотря на микроскопическую симметрию между частицами и

античастицами, во Вселенной до сих пор не обнаружены области со сколько-нибудь заметным содержанием антивещества.

**Ядра** – представляют собой связанные системы протонов и нейтронов. Плотность массы  $10^{17}$  кг/м<sup>3</sup>. Заряд положительный. Особенно устойчивыми ядрами являются ядра с числом протонов или нейтронов 2,8,20,28,50,82,126, получившими название **магических**. «Радиусы ядер» изменяются от  $2 \cdot 10^{-15}$  м (ядро гелия) до  $7 \cdot 10^{-15}$  м (ядро урана).

**Атомы и молекулы.** Атом состоит из положительного ядра и отрицательно заряженных электронов. Атом есть наименьшая структурная единица химических элементов. Существуют жесткие правила «заселенности» электронами «атомных этажей» вокруг ядра. Электроны находящиеся на самых верхних этажах «атомного дома», определяют реакционную способность атомов.

Молекула есть наименьшая структурная единица сложного химического соединения. Некоторые атомы (углерод и водород) способны образовать сложные молекулярные цепи, являющихся основой для образования еще более сложных структур (макромолекул), которые проявляют биологические свойства.

**Макромир.** При определенных условиях однотипные атомы или молекулы могут собираться в огромные совокупности – макроскопические тела (вещество). Простое вещество является атомарным, сложное – молекулярным. Атомарные тела существуют в 4 агрегатных состояниях – кристаллическое, жидкое, газообразное и плазма. При температурах близких к абсолютному нулю все тела являются кристаллическими (исключение гелий). При изменении температуры и давления вещества могут переходить из одного агрегатного состояния в другое.

**Мегамир. Планеты, звезды, Галактики, Вселенная.** Исследования планет солнечной системы показали, что условия, в которых находится вещество планет, отличаются от земных. В составе вещества планет не обнаружено никаких новых химических элементов по сравнению с земным. Внутреннее строение планет изучать особенно сложно, т.к. о внутреннем строении нашей Земли человек знает крайне недостаточно. По оценкам, внутреннее давление в центре Земли имеет порядок  $10^7$  атм. ( $10^{12}$  Па). Исследования по физике высоких давлений привело к созданию целой группы новых материалов, например искусственные алмазы. Есть надежда на получение при давлениях порядка  $10^7$  атм. металлического водорода. По

оценкам физиков-теоретиков кристаллы металлического водорода должны быть сверхпроводниками при комнатной температуре.

Центральные области Солнца характеризуются температурой  $\sim 10^7\text{K}$ , и давлением  $\sim 10^{11}$  атм. В этих условиях вещество является плазмой. При этом возможны термоядерные реакции, которые служат источником энергии звезд.

Нейтронные звезды обладают массой, сравнимой с солнечной, а размерами в  $10^5$  раз меньшими. Плотность нейтронной звезды сравнима с плотностью ядерного вещества и масса  $1\text{см}^3$  вещества составляет сотни миллионов тонн. Вещество этих звезд представляет собой сверхплотный нейтронный газ.

Галактики – это звездные системы. Число звезд в них порядка  $10^9\sim 10^{12}$ . Известная нам часть Вселенной содержит число галактик порядка  $10^{11}$ . Астрономические данные показывают, что галактики во Вселенной стремительно разбегаются друг от друга. Расширение Вселенной позволяет предположить, что когда-то в прошлом она занимала весьма малый объем.

В природе существуют качественно различные связанные системы объектов. Так, ядра есть связанные системы протонов и нейтронов, атомы – связанные ядра и электроны, макротела – совокупность атомов или молекул, солнечная система – «связка» планет и массивной звезды и т.д.

Наличие связанных систем объектов говорит о том, что должно существовать нечто такое, что скрепляет части системы в целое. Чтобы «разрушить» систему частично или полностью, нужно затратить энергию. Взаимное влияние частей системы характеризуется **энергией взаимодействия**.

В настоящее время принято считать, что любые взаимодействия каких угодно объектов могут быть сведены к ограниченному классу основных фундаментальных взаимодействий: **сильному, электромагнитному, слабому и гравитационному**.

**1. Гравитационное взаимодействие (тяготение).** Притяжение тел к Земле, существование солнечной системы, звездных систем (галактик) обусловлено действием сил тяготения, или, иначе, гравитационными взаимодействиями. Эти взаимодействия универсальны, т.е. применимы к любым микро- и макрообъектам.

Однако они существенны лишь для тел огромных астрономических масс и для формирования структуры и эволюции Вселенной как целого. Гравитационные взаимодействия очень быстро ослабевают для объектов с малыми массами и практически не играют никакой роли для атомных ядерных систем.

Источником гравитации являются массы тел, дальность гравитационного взаимодействия не ограничена.

**2. Электромагнитные взаимодействия.** Ими обусловлены связи в атомах, молекулах и обычных макротелах. Носителями электромагнитного взаимодействия является – фотон ( $m_0 = 0$ ). Радиус действия электромагнитного взаимодействия неограничен.

**3. Сильные (ядерные) взаимодействия.** Ими обусловлено существование атомных ядер. Носителями ядерных взаимодействий являются  $\pi$ -мезоны ( $m_{\pi^\pm} \sim 264$ ,  $m_{\pi^0} = 273$  эВ). Сильные взаимодействия типа  $p-p$ ,  $p-n$ ,  $n-n$  одинаковы. Радиус действия ограничен и составляет  $10^{-15}$  м.

**4. Слабые взаимодействия.** Ими обусловлены медленные распады частиц с характерным временем  $10^{-10} - 10^{-6}$  с. Радиус действия  $10^{-18}$  м. Значительное число медленных распадов элементарных частиц сопровождается излучением нейтрино –  $\nu_e$ ,  $\nu_\mu$ ,  $\nu_\tau$ . Носителями слабого взаимодействия являются **промежуточные векторные бозоны ( $W^+$ ,  $W^-$ ,  $Z^0$  – время жизни  $10^{-18}$  с, масса  $\sim 200000m_e$ )**. Эти силы вызывают слияние протонов внутри Солнца с образованием дейтрона. Эта реакция дает начало протон-протоному циклу, благодаря которому выделяется энергия. Кроме того, объясняется распад нейтрона. Нейтрон испускает  **$W^-$  - бозон** и превращается в протон. Затем бозон распадается на электрон и антинейтрино.

Если рассматривать только элементарные частицы, то интенсивность различных взаимодействий по отношению к сильным распределяется следующим образом:

Сильное	$\sim 1$ ;
Электромагнитное	$\sim 10^{-3}$ ;
слабое	$\sim 10^{-14}$ ;
гравитационное	$\sim 10^{-40}$ .

Явления и процессы, происходящие с взаимодействующими объектами, протекают в пространстве и времени. Если событие характеризовать местоположением и моментом времени, то существование пространственно-временных связей накладывает определенные ограничения на возможный ход событий. Пространство и время обладают определенными свойствами, и это несомненно влияет на ход физических явлений. Важнейшим из этих свойств является так называемая **однородность**. **Однородность пространства означает, что любая его точка физически равноценна, т.е. перенос любого объекта в пространстве не влияет на процессы происходящие с этим объектом.** Так, мы совершенно уверены, что свойства атомов у нас на Земле, на Луне и Солнце одни и те же.

**Однородность времени** нужно понимать как физическую неразличимость всех моментов времени для свободных объектов, т.е. **если объекты не взаимодействует с окружением, то для них любой момент времени может быть принят за начальный.**

Наше пространство является «плоским» в том смысле, что оно удовлетворяет всем аксиомам геометрии Эвклида. Свойства пространства – времени в масштабах всей Вселенной или вблизи огромных астрономических масс отклоняются от обычной геометрии Эвклида; здесь пространство и время обладают своеобразной кривизной.

### **Постулаты специальной теории относительности (СТО).**

**Первый постулат- все процессы природы протекают одинаково во всех инерциальных системах отсчета.**

**Второй постулат- скорость света в вакууме одинакова для всех инерциальных систем отсчета. Она не зависит ни от скорости источника, ни от скорости приемника света.**

Эйнштейн показал, что в теории относительности классические преобразования Галилея, описывающие переход от одной инерциальной системы отсчета к другой (1)- заменяются преобразованиями Лоренца, удовлетворяющими постулатам Эйнштейна.

**Преобразования Лоренца** имеют вид:

$$\begin{array}{cc}
 K \rightarrow K' & K' \rightarrow K \\
 x' = \frac{x - vt}{\sqrt{1 - \beta^2}} & x = \frac{x' + vt'}{\sqrt{1 - \beta^2}} \\
 y' = y & y = y' \quad \beta = v/c \quad (4)
 \end{array}$$

$$z'=z \qquad z=z'$$

$$t'=\frac{t - \beta x/c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} \qquad t=\frac{t' + \beta x'/c^2}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

Из сравнения приведенных уравнений вытекает, что они симметричны и отличаются лишь знаком при  $v$ . Из преобразований Лоренца вытекает; 1. При малых скоростях, т.е. когда  $\beta \ll 1$ , они переходят в классические преобразования Галилея. 2. Расстояние и промежуток времени между двумя событиями меняются при переходе от одной инерциальной системы отсчета к другой, тогда как в рамках преобразований эти величины считаются абсолютными и неизменными при переходе от одной системе к другой.

**Следствия из преобразований Лоренца.** 1. Длительность событий в разных системах отсчета. Пусть в некоторой точке покоящейся относительно системы  $K$ , происходит событие, длительность которого  $\tau = t_2 - t_1$ . Длительность этого же события в системе  $K'$   $\tau' = t'_2 - t'_1$ . Согласно (4) имеем

$$t'_1 = \frac{t_1 - \beta x/c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad , \quad t'_2 = \frac{t_2 - \beta x/c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} \quad , \quad \tau' = (t_2 - t_1) / \sqrt{1-\beta^2} = \tau / \sqrt{1-\beta^2} \quad (5)$$

Из соотношения (5) вытекает, что  $\tau < \tau'$ , т.е. длительность события, происходящего в некоторой точке, наименьшая в той инерциальной системе отсчета, относительно которой эта точка неподвижна.

2. Длина тела в разных системах отсчета. Рассмотрим стержень, расположенный вдоль оси  $x'$  и покоящийся в системе  $K'$ . Длина стержня в системе  $K'$  будет  $l'_0 = x'_2 - x'_1$ . Определим длину этого стержня в системе  $K$ , относительно которой он движется со скоростью  $v$ . Для этого необходимо измерить координаты его концов  $x_1$  и  $x_2$  в системе  $K$  в один и тот же момент времени  $t$ . Их разность  $l = x_2 - x_1$  и даст длину стержня в системе  $K$ . Используя преобразования Лоренца имеем:

$$l'_0 = x'_2 - x'_1 = \frac{x_2 - \beta t}{\sqrt{1-\beta^2}} - \frac{x_1 - \beta t}{\sqrt{1-\beta^2}} = \frac{x_2 - x_1}{\sqrt{1-\beta^2}} = l / \sqrt{1-\beta^2} \quad (6)$$

Из полученного выражения следует, что линейный размер тела, движущегося относительно инерциальной системы отсчета, уменьшается в направлении движения в  $\sqrt{1-\beta^2}$  раз, т.е. лоренцово сокращение длины тем больше, чем больше скорость движения.

3. Релятивистский закон сложения скоростей. Согласно преобразованиям Лоренца:

$$dx = \frac{dx' + v dt'}{\sqrt{1 - \beta^2}}, \quad dy = dy', \quad dz = dz', \quad dt = \frac{dt' + v dx' / c^2}{\sqrt{1 - \beta^2}} \quad (7)$$

$dx/dt = u$ ,  $dx'/dt' = u'$  тогда мы получим релятивистский закон сложения скоростей:

$$u = \frac{u' + v}{1 + v u' / c^2} \quad (8)$$

При малых скоростях  $v, u$  и  $u'$  по сравнению со скоростью света  $c$ , формула (8) переходит в закон сложения скоростей в классической механике. Релятивистский закон сложения скоростей подчиняется второму постулату Эйнштейна. Действительно, если  $u' = c$ , то

$$u = (c + v) / (1 + v c / c^2) = c \quad (9)$$

Экспериментами было установлено, что масса тела зависит от скорости движения, т.е.:

$$m = m_0 / \sqrt{1 - \beta^2} \quad (10)$$

тогда импульс тела определяется следующим соотношением:

$$\mathbf{p} = m\mathbf{v} = m_0\mathbf{v} / \sqrt{1 - \beta^2} \quad (11)$$

Основной закон динамики Ньютона

$$\mathbf{F} = d\mathbf{p}/dt$$

Оказывается инвариантным по отношению к преобразованиям Лоренца, если в нем справа стоит производная по времени от релятивистского импульса.

**Основной закон релятивистской динамики материальной точки** имеет вид

$$\mathbf{F} = \frac{d}{dt} \left( \frac{m_0}{\sqrt{1 - v^2 / c^2}} \mathbf{v} \right) \quad (12)$$

Следует отметить, что ни импульс, ни сила не являются инвариантными величинами.

Изменение кинетической энергии на элементарном перемещении равна работе силы на этом перемещении:

$$dT = dA = Fdr, \text{ но } dr = vdt, F = dp/dt \text{ тогда}$$

$$dT = \frac{d}{dt} \left( \frac{m_0 \mathcal{G}}{\sqrt{1 - \beta^2}} \right) \mathcal{G} dt = \mathcal{G} d \left( \frac{m_0 \mathcal{G}}{\sqrt{1 - \beta^2}} \right) = c^2 dm$$

$$T = m_0 c^2 (1/\sqrt{1 - \beta^2} - 1) \quad (13)$$

Выражение (13) при скоростях  $v \ll c$  переходит в классическое:

$$T = m_0 v^2 / 2,$$

(разлагая в ряд  $(1 - v^2/c^2)^{-1/2} = 1 + v^2/2c^2 + 3v^4/8c^4 + \dots$  при  $v \ll c$  членами второго порядка пренебрегаем.)

Отсюда Эйнштейн пришел к универсальной зависимости между полной энергией  $E$  и его массой  $m$ :

$$E = mc^2 = m_0 c^2 / \sqrt{1 - \beta^2} \quad (13)$$

Уравнение (13) выражает *фундаментальный закон природы – закон взаимосвязи массы и энергии*. Полная энергия замкнутой системы сохраняется и она равна

$$E = \sqrt{m_0^2 c^4 + p^2 c^2}$$

Основной вывод теории относительности сводится к тому, что пространство и время органически взаимосвязаны и образуют единую форму существования материи – пространство-время.

**Элементы квантовой механики.** Французский ученый Луи де Бройль выдвинул в 1923 г. гипотезу об *универсальности корпускулярно-волнового дуализма*. Де Бройль утверждал, что не только фотоны, но и электроны и любые другие частицы материи ряду с корпускулярными обладают также волновыми свойствами.

Итак, согласно де Бройлю, с *каждым микрообъектом* связываются, с одной стороны, *корпускулярные* характеристики — энергия  $E$  и импульс  $p$ , а с другой — *волновые характеристики* — частота и длина волны .

Количественные соотношения, связывающие корпускулярные и волновые свойства частиц, такие же, как для фотонов:

$$E=h\nu, p=h/\lambda. (9)$$

Вскоре гипотеза де Бройля была подтверждена экспериментально. В 1927 г. американские физики К. Дэвиссон и Л. Джермер обнаружили, что пучок электронов, рассеивающийся от естественной дифракционной решетки кристалла никеля, дает отчетливую дифракционную картину. Дифракционные максимумы соответствовали формуле Вульфа-Брэггов, а брэгговская длина волны оказалась в точности равной длине волны, вычисленной по формуле. В дальнейшем формула де Бройля была подтверждена опытами П. С. Тартаковского и Томсона, наблюдавших дифракционную картину при прохождении пучка быстрых электронов (энергия 50 кэВ) через металлическую фольгу (толщиной 1 мкм).

Так как дифракционная картина исследовалась для потока электронов, то необходимо было доказать, что волновые свойства присущи не только потоку большой совокупности электронов, но и каждому электрону в отдельности. Это удалось экспериментально подтвердить в 1948 г. советскому физику В. А. Фабриканту. Он показал, что даже в случае столь слабого электронного пучка, когда каждый электрон проходит через прибор независимо от других возникающая при длительной экспозиции дифракционная картина не отличается от дифракционных картин, получаемых при короткой экспозиции для потоков электронов в десятки миллионов раз более интенсивных. Следовательно, волновые свойства частиц не являются свойством их коллектива, а присуще каждой частице в отдельности. Впоследствии дифракционные явления обнаружили также для нейтронов, протонов, атомных и молекулярных пучков. Это окончательно послужило доказательством наличия волновых свойств микрочастиц и позволило описывать движение микрочастиц в виде волнового процесса, характеризующегося определенной длиной волны, рассчитываемой по формуле де Бройля (9). Открытие волновых свойств микрочастиц привело к появлению и развитию новых методов исследования структуры веществ, таких, как электронография и нейтронография, а также к возникновению новой отрасли науки — электронной оптики.

### **Некоторые свойства волн де Бройля**

Рассмотрим свободно движущуюся со скоростью  $v$  частицу массой  $m$ . Вычислим для нее фазовую и групповую скорости волн де Бройля. Фазовая скорость равна

$$v_{\text{фаз}} = \omega/k = \hbar\omega/\hbar k = E/p = mc^2/mv = c^2/v \quad (10) \quad \text{где}$$

$k = 2\pi/\lambda$  волновое число. Так как  $c > v$ , то фазовая скорость волн де Бройля больше скорости света в вакууме (фазовая скорость волн может быть как меньше, так и больше  $c$  в отличие от групповой скорости волн). Групповая скорость

$$u = d\omega/dk = d(\hbar\omega)/d(\hbar k) = dE/dp = v$$

Следовательно, групповая скорость волн де Бройля равна скорости частицы.

**Соотношение неопределенностей.** Согласно двойственной корпускулярно-волновой природе частиц вещества, для описания микрочастиц используются то волновые, то корпускулярные представления. Поэтому приписывать им все свойства частиц и все свойства волн нельзя. Естественно, что необходимо внести некоторые ограничения в применении к объектам микромира понятий классической механики.

В классической механике всякая частица движется по определенной траектории, так что в любой момент времени точно фиксированы ее координата и импульс. Микрочастицы из-за наличия у них волновых свойств существенно отличаются от классических частиц. Одно из основных различий заключается в том, что нельзя говорить о движении микрочастицы по определенной траектории и неправомечно говорить об одновременных точных значениях ее координаты и импульса. Это следует из корпускулярно-волнового дуализма. Так, понятие «длина волны в данной точке» лишено физического смысла, а поскольку импульс выражается через длину волны, то отсюда следует, что микрочастица с определенным импульсом имеет полностью неопределенную координату. И наоборот, если микро частица находится в состоянии с точным значением координаты, то ее импульс является полностью неопределенным.

В. Гейзенберг, учитывая волновые свойства микрочастиц и связанные с волновыми свойствами ограничения в их поведении, пришел в 1927 г. к выводу, что объект микромира невозможно одновременно с любой наперед заданной точностью характеризовать и координатой и импульсом. Согласно соотношению неопределенностей **Гейзенберга**, микрочастица (микрообъект) не может иметь одновременно и определенную координату ( $x, y, z$ ), и

определенную соответствующую проекцию импульса ( $p_x, p_y, p_z$ ), причем неопределенности этих величин удовлетворяют условиям

$$\begin{aligned} \Delta x \cdot \Delta p_x &\geq h \\ \Delta y \cdot \Delta p_y &\geq h \\ \Delta z \cdot \Delta p_z &\geq h \end{aligned} \quad (11)$$

т. е. произведение неопределенностей координаты и соответствующего ей проекции импульса не может быть меньше величины порядка  $h$ . Из соотношения неопределенностей (11) следует, что, например, если микрочастица находится в состоянии с точным значением координаты ( $\Delta x=0$ ), то в этом состоянии соответствующая проекция ее импульса оказывается совершенно неопределенной ( $\Delta p_x \rightarrow \infty$ ), и наоборот. Таким образом, для микрочастицы не существует состояний, в которых ее координаты и импульс имели бы одновременно точные значения. Отсюда вытекает и фактическая невозможность одновременно с любой наперед заданной точностью измерить координату и импульс микрообъекта.

Статистическое толкование волн де Бройля и соотношение неопределенностей Гейзенберга привели к выводу, что уравнением движения в квантовой механике, описывающее движение микрочастиц в различных силовых полях, должно быть уравнение, из которого бы вытекали наблюдаемые на опыте волновые свойства частиц. Следовательно, такое уравнение должно быть **волновым уравнением**, подобно уравнению, описывающее электромагнитные волны. Уравнение Шредингера имеет вид:

$$-\frac{\hbar^2}{2m} \Delta \Psi + U(x, y, z, t) \Psi = i\hbar \frac{\partial \Psi}{\partial t} \quad (1)$$

$U(x, y, z, t)$  - потенциальная функция частицы в силовом поле, в котором она движется.  $\Psi(x, y, z, t)$  - искомая волновая функция. Уравнение (1) справедливо для любой частицы (со спином, равным 0), движущейся с малой скоростью, т.е. со скоростью  $v \ll c$ . Она дополняется условиями, накладываемыми на волновую функцию: 1) волновая функция должна быть конечной, однозначной и непрерывной; 2) производные их должны быть непрерывными; 3) функция  $|\Psi|^2$  должна быть интегрируема..

Уравнение (1) является **общим уравнением Шредингера**. Для многих физических явлений, происходящих в микромире, уравнение (1) можно упростить, исключив зависимость  $\Psi$  от времени, иными словами, найти уравнение Шредингера для стационарных состояний - состояний с фиксированными значениями энергии. Это возможно, если силовое поле, в котором частица движется, стационарно, т.е. функция  $U=U(x, y, z)$  не зависит

явно от времени и имеет смысл потенциальной энергии. В данном случае решение уравнения Шредингера может быть представлено в виде произведения двух функций одна из которых есть функция только координат, другая — только времени, причем эта зависимость от времени выражается множителем  $e^{-i\omega t} = e^{-i(E/\hbar)t}$ , так что  $\Psi(x, y, z, t) = \psi(x, y, z) e^{-i(E/\hbar)t}$  (2)  $E$  - полная энергия частицы, постоянная случае стационарного поля. Подставляя (2) в (1), получим и после деления на общий множитель  $e^{-i(E/\hbar)t}$  и соответствующих преобразований придем к уравнению, определяющему функцию  $\psi$ :

$$\Delta\psi + \frac{2m}{\hbar^2}(E-U)\psi=0 \quad (3)$$

Уравнение (3) называется **уравнением Шредингера для стационарных состояний**. В это уравнение в качестве параметра входит полная энергия  $E$  частицы. В теории дифференциальных уравнений доказывается, что подобные уравнения имеют бесчисленное множество решений, из которых посредством наложения граничных условий отбираются решения, имеющие физический смысл. Для уравнения Шредингера такими условиями являются условия регулярности волновых функций: волновые функции должны быть конечными, однозначными и непрерывными вместе со своими первыми производными. Таким образом, реальный физический смысл имеют только такие решения, которые выражаются регулярными функциями  $\psi$ . Но регулярные решения имеют место не при любых значениях параметра  $E$ , а лишь при определенном их наборе, характерном для данной задачи. Эти значения энергии называются собственными. Решения же, которые соответствуют собственным значениям энергии, называются собственными функциями. Собственные значения  $E$  могут образовывать как непрерывный, так и дискретный ряд. В первом случае говорят о непрерывном, или сплошном, спектре, во втором о дискретном спектре.

#### Литература:

1. Горелов А.А. Концепции современного естествознания. Учебное пособие. – М.: Владос, 1999. - 512 стр.
2. Солопов В.С. Концепции современного естествознания. Учебное пособие. – М.: Владос, 1998. – 426 стр.
3. Агафонова Н.В. Прогресс и традиции в науке. Учебное пособие. – М.: Мысль, 1997. -210 стр.
4. Фаттахов М.А., Кадыров А.У. Концепции современного естествознания. Учебное пособие. Тошкент. ТТЕСИ, 2013. – 68 стр.
5. Электронная библиотека «Солярис» - [www.colaris.ru](http://www.colaris.ru)
6. <http://www.repository.hneu.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/4500/1/Концепции>
7. <http://ziyonet.uz/uzc/library/libid>
6. <http://titli.uz/index.php/ru/axborotresurslari1/Darsliklar.html>

