***ПРИНЦИП НЕОПРЕДЕЛЁННОСТИ:***

**Принцип неопределённости –** фундаментальное положение квантовой теории, утверждающее, что любая физическая система не может находиться в состояниях, в которых координаты её центра инерции и импульс одновременно принимают вполне определённые, точные значения. Количественно принцип неопределённости формулируется следующим образом. Если ∆x – неопределённость значения координаты x центра инерции системы, а ∆px – неопределённость проекции импульса p на ось x, то произведение этих неопределённостей должно быть по порядку величины не меньше постоянной Планка ħ. Аналогичные неравенства дожны выполняться для любой пары т. н. канонически сопряженных переменных, например для координаты y и проекции импульса py на ось y, координаты z и проекции импульса pz. Если под неопределённостями координаты и импульса понимать среднеквадратичные отклонения этих физических величин от их средних значений, то принцип неопределённости для них имеет вид:

**∆px ∆x ≥ ħ/2, ∆py ∆y ≥ ħ/2, ∆pz ∆z ≥ ħ/2**

Ввиду малости ħ по сравнению с макроскопическими величинами той же разномерности действие принципа неопределённости существенно в основном для явлений атомных (и меньших) масштабов и не проявляются в опытах с макроскопическими телами.

Из принципа неопределённости следует, что чем точнее определена одна из входящих в неравенство величин, тем менее определенно значение другой. Никакой эксперимент не может привести к одновременно точному измерению таких динамичных переменных; при этом неопределённость в измерениях связано не с несовершенством экспериментальной техники, а с объективными свойствами материи.

Принцип неопределённости, открытый в 1927 г. немецким физиком В. Гейзенбергом, явился важным этапом в выяснении закономерностей внутриатомных явлений и построении квантовой механики. Существенной чертой микроскопических объектов является их корпускулярно-волновая природа. Состояние частицы полностью определяется волновой функцией (величина, полностью описывающая состояние микрообъекта (электрона, протона, атома, молекулы) и вообще любой квантовой системы). Частица может быть обнаружена в любой точке пространства, в которой волновая функция отлична от нуля. Поэтому результаты экпериментов по определению, например, координаты имеют вероятностный характер.

(Пример: движение электрона представляет собой распространение его собственной волны. Если стрелять пучком электронов через узкое отверстие в стенке: узкий пучок пройдёт через него. Но если сделать это отверстие ещё меньше, такое, чтобы его диаметр по величине сравнялся с длиной волны электрона, то пучок электронов разойдётся во все стороны. И это не отклонение, вызванное ближайшими атомами стенки, от которого можно избавиться: это происходит вследствие волновой природы электрона. Попробуйте предсказать, что произойдёт дальше с электроном, прошедшим за стенку, и вв окажетесь бессильными. Вам точно известно, в каком месте он пересекает стенку, но сказать, какой импульс в поперечном направлении он приобретёт, вы не можете. Наоборот, чтобы точно определить, что электрон появится с таким-то определённым импульсом в первоначальном направлении, нужно увеличить отверстие настолько, чтобы электронная волна проходила прямо, лишь слабо расходясь во все стороны из-за дифракции. Но тогда невозможно точно сказать, в каком же точно месте электрон-частица прошёл через стенку: отверстие-то широкое. Насколько выигрываешь в точности определения импульса, настолько проигрываешь в точности, с какой известно его положение.

Это и есть принцип неопределённости Гейзенберга. Он сыграл исключительно важную роль при построении математического аппарата для описания волн частиц в атомах. Его строгое толкование в опытах с электронами такого: подобно световым волнам электроны сопротивляются любым попыткам выполнить измерения с предельной точностью. Этот принцип меняет и картину атома Бора. Можно определить точно импульс электрона (а следовательно, и его уровень энергии) на какой-нибудь его орбите, но при этом его местонахождение будет абсолютно неизвестно: ничего нельзя сказать о том, где он находится. Отсюда ясно, что рисовать себе чёткую орбиту электрона и помечать его на ней в виде кружка лишено какого-либо смысла.)

Следовательно, при проведении серии одинаковых опытов, по тому же определению координаты, в одинаковых системах получаются каждый раз разные результаты. Однако некоторые значения будут более вероятными, чем другие, т. е. будут появляться чаще. Относительная частота появления тех или иных значений координаты пропорционально квадрату модуля волновой функции в соответствующих точках пространства. Поэтому чаще всего будут получаться те значения координаты, которые лежат вблизи максимума волновой функции. Но некоторый разброс в значениях координаты, некоторая их неопределённость (порядка полуширины максимума) неизбежны. То же относится и к измерению импульса.

Таким образом, понятия координаты и импульса в классическом смысле не могут быть применены к микроскопическим объектам. Пользуясь этими величинами при описании микроскопической системы, необходимо внести в их интерпретацию квантовые поправки. Такой поправкой и является принцип неопределённости.

Несколько иной смысл имеет принцип неопределённости для энергии ε и времени t:

**∆ε ∆t ≥ ħ**

Если система находится в стационарном состоянии, то из принципа неопределённости следует, что энергию системы даже в этом состоянии можно измерить только с точностью, не превышающей ħ/∆t, где ∆t – длительность процесса измерения. Причина этого – во взаимодействии системы с измерительным прибором, и принцип неопределённости применительно к данному случаю означает, что энергию взаимодействия между измерительным прибором и исследуемой системой можно учесть лишь с точностью до ħ/∆t.