## 2.2. Интерпретация Борна

В 1926 г. Макс Борн сформулировал основные положения статистической интерпретации волновой функции (сразу после опубликования волнового уравнения Шрёдингера). В отличие от Шрёдингера, который поначалу рассматривал электрон в атоме в виде волнового пакета (в 1950 г. Шрёдингер присоединился к вероятностной трактовке сущности волн), интерпретация М. Борна сохраняла представление об электроне как отрицательно заряженной элементарной частице. Однако при этом законы движения электрона в атоме приобретают вероятностный характер, определяемый волновой функцией. Точку зрения М. Борна разделяли А. Зоммерфельд, Н. Бор, В. Гейзенберг, В. Паули.

В статистической интерпретации волновой функции понятие траектории движения электрона теряло смысл, однако можно было рассматривать вероятность обнаружения электрона в определённом объёме.

М. Борн показал, что по волновому закону меняется не вероятность обнаружить частицу в различных точках пространства, а некоторая величина, названная *<u>амплитудой вероятности</u>*, или *<u>волновой функцией частицы</u>*. Вероятность же нахождения частицы в различных точках $\vec{r}$ пространства в различные моменты времени $t$ пропорциональна квадрату модуля волновой функции:

$$w \sim \left|\psi\left(\vec{r},t\right)\right|^2 = \psi^*\left(\vec{r},t\right)\cdot\psi\left(\vec{r},t\right), \qquad (13)$$

где * – комплексное сопряжение.

Для плоской волны, соответствующей свободной частице с точно заданным импульсом, $|\psi|^2 = \mathrm{const}$, следовательно, вероятность обнаружить частицу в любой точке пространства одинакова.

Таким образом, волны де Бройля – не материальные волны, амплитуда которых определяет физическое состояние среды в данной точке, а волны вероятности.

Вероятность $\mathrm{d}w$ нахождения частицы в объёме $\mathrm{d}V$ равна:

$$\mathrm{d}w = w\,\mathrm{d}V \overset{(13)}{=} |\psi|^2\,\mathrm{d}V, \qquad (14)$$

при этом $|\psi|^2$ называют *<u>плотностью вероятности</u>* (в единице объёма).

Если мы хотим найти вероятность обнаружить частицу в конечном объёме $V$, надо проинтегрировать (14) по этому объёму:

$$w_v = \int_V \mathrm{d}w \overset{(14)}{=} \int_V |\psi|^2\,\mathrm{d}V. \qquad (15)$$

Интегрирование в (15) по всему пространству даёт полную вероятность обнаружения частицы (где-либо в пространстве), и поскольку частица обязательно где-то в пространстве находится, эта вероятность равна единице:

$$\iiint_{-\infty}^{\infty} \left|\psi\left(\vec{r},t\right)\right|^2 \mathrm{d}V = 1. \qquad (16)$$

Условие (16) называют *<u>нормировкой</u>*. Его используют для нахождения неопределённых коэффициентов, входящих в волновую функцию $\psi$. Иногда нормировочный объём выбирают меньшим, чем всё пространство – конечным.

Итак, статистическое истолкование волн де Бройля состоит в следующем: *интенсивность волн де Бройля в каком-либо месте пространства определяет вероятность обнаружения частицы в данном месте пространства в данный момент времени.*