

ные колебания этой системы с устойчивыми энергетическими состояниями в атоме. Близкое знакомство с теорией колебаний помогло Шредингеру сформулировать основную физическую идею в рамках задачи о собственных значениях дифференциального уравнения.

Стремясь осмыслить гипотезу де Бройля и построить на ее основе новую атомную теорию, Шредингер опирался на глубокое знание аналитической механики Гамильтона. Еще в середине XIX века этот ирландский математик придал законченный вид теоретической механике и установил формальную связь между классической механикой и геометрической оптикой. Оптико-механическая аналогия позволила ему представить основные закономерности этих, на первый взгляд различных, дисциплин в одном и том же математическом виде. Так, в рамках оптико-механической аналогии закон движения материальной точки с заданной энергией в статическом силовом поле имеет тот же вид, что и закон распространения монохроматического светового пучка в среде с меняющимся показателем преломления. При этом постоянное значение энергии материальной точки соответствует постоянной частоте колебаний световой волны, а скорость точки соответствует групповой скорости распространения света в среде.

Шредингер решил распространить математическую аналогию между оптикой и механикой на волновые свойства света и материи. Преодолев на этом пути многочисленные математические трудности, он получил знаменитое волновое уравнение для атома водорода

$$\Delta\psi + (2m/h^2)(E + e^2/r)\psi = 0,$$

где ψ – волновая функция, m – масса электрона, e – его заряд, r – расстояние между электроном и ядром, E – полная энергия системы, h – постоянная Планка, Δ – математический символ (оператор Лапласа), который в декартовой системе координат имеет вид

$$\Delta = d^2/dx^2 + d^2/dy^2 + d^2/dz^2.$$

Это соотношение, выражающее обобщение гипотезы де Бройля о волновых свойствах вещества, с математической точки зрения представляет собой линейное дифференци-

альное уравнение, решения которого имеют смысл стоячих волн. Теперь стационарные электронные орбиты в атоме Бора могли рассматриваться как собственные колебания – по аналогии с тем, как натянутая струна колеблется лишь с некоторыми дискретными частотами, зависящими от ее длины и граничных условий. С помощью полученного им волнового уравнения Шредингер рассчитал энергетические уровни такого гармонического осциллятора и показал на примере атома водорода, что теоретически рассчитанные энергетические уровни либо совпадают со значениями, полученными в рамках матричной механики Гейзенберга, либо хорошо согласуются с экспериментом. Использование хорошо известных методов математической физики сделало теорию Шредингера более привлекательной для физиков, чем матричная механика Гейзенберга. Более того, в своей третьей статье о квантовании Шредингер показал полную математическую эквивалентность матричной и волновой механики – из собственных волновых функций Шредингера можно было построить матрицы Гейзенберга и наоборот.

Итак, единая квантовая теория была создана, однако дискуссия о ее физическом содержании продолжалась. Главным предметом этой дискуссии стал вопрос о природе волновой функции. По отношению к этой проблеме физики разделились на два лагеря. Сам Шредингер, для которого авторитет классической концепции движения был непререкаем, трактовал волновую функцию самым наглядным образом и говорил в этой связи о колебательном движении в трехмерном пространстве. Квантовый скачок при переходе атома из одного состояния в другое интерпретировался как постепенный переход из состояния, соответствующего собственному колебанию с энергией E_m , в состояние с энергией E_n , при этом излишек энергии излучался в виде электромагнитной волны. Электрон представлялся электрически заряженным облаком, обволакивающим атом, и преобразовывался в пространственно распределенную электромагнитную волну, движущуюся непрерывно, без всякого квантового скачка. Квантовая механика, таким образом, естественно примыкала к классической, что

особенно импонировало как самому Шредингеру, так и воспитанным в традициях классической физики де Бройлю, Эйнштейну, фон Лауэ, Планку.

Другой точки зрения придерживались Паули, Гейзенберг и Бор. Напряженная работа по прояснению поставленных проблем показала, что полуклассическая интерпретация волновой механики неправомерна и что построить теорию на базе только волновых представлений, отказавшись от концепции корпускулярно-волнового дуализма, невозможно.

Выход из затруднения подсказали исследования процессов атомных столкновений, проведенные в 1926 году Максом Борном. Анализ рассеяния электронов и α -частиц на ядрах дал ключ к пониманию смысла волновой функции Шредингера: квадрат ее амплитуды соответствовал вероятности, с которой частица могла быть обнаружена в данной точке пространства. Это означало, что волновая функция описывает отдельные события (например, акт излучения кванта света) лишь с точки зрения вероятности их осуществления. Такая интерпретация поставила волновую механику на прочную физическую основу и вскоре получила относительно замкнутый и непротиворечивый вид. В настоящее время статистическое истолкование квантовой теории является общепринятым.

Хотя надежды Шредингера на создание своего рода классической теории поля для атомных явлений не оправдались, его волновая механика стала важным шагом в разработке математических методов квантовой механики и в развитии теоретико-познавательного содержания квантовой физики. В последующие годы Шредингер много занимался детальной проработкой разнообразных аспектов волновой механики и ее практическими приложениями. Особое место заняли здесь его работы по теории возмущений.

Как создатель волновой механики Эрвин Шредингер выдвинулся в первые ряды физиков своего времени. В 1933 году ему вместе с Полем Дираком была присуждена Нобелевская премия по физике «за открытие новых форм атомной теории».