3.2. Движение частицы на дне потенциальной ямы с плоским дном

Волновая квантовая механика. Для решения этой задачи используют стационарное уравнение Шредингера. При этом допускается, что потенциальная энергия от времени не зависит (стационарное движение). Здесь нужно несколько слов сказать о самом уравнении Шредингера. Строить огромный раздел науки, такой, как волновая квантовая механика, на основе одного лишь уравнения – рискованное занятие. Всегда можно показать, что любое уравнение физики или ошибочно или пределы его применения ограничены, оно не точно, значит тоже ошибочно. «Идеальных» уравнений не существует, поэтому мы вынуждены идеализировать саму природу, изобретая «идеальный газ», «точечные заряды», «свободные тела» и т.п. За любым уравнением стоят определенные физические представления и постулаты. Справедливость уравнения Шредингера подтверждают совпадением некоторых его решений с опытными данными. Очевидно, что такое совпадение подтверждает применимость, однако не доказывает правильность. Один и тот же результат часто можно получить из прямо противоположных представлений. А если при решении уравнения совпадают «нужные» результаты и отбрасываются «не нужные», то в итоге всегда можно получить то, что нужно.

Например, если кинетическую энергию частицы:

$$E_k = \frac{mV^2}{2} \qquad (3.2.1)$$

выразить через импульс частицы, то следует записать:

$$E_k = \frac{PV}{2} \qquad (3.2.2).$$

В уравнении Шредингера выражение (3.2.2) после умножения числителя и знаменателя на m записывают в виде:

$$E_k = \frac{P^2}{2m} \qquad (3.2.3).$$

При этом извращают физический смысл кинетической энергии на противоположный. Поскольку для свободной частицы P=const, то E_k по (3.2.3) обратно пропорциональна массе частицы. Для чего это делается? Чтобы не возиться с извлечением корня из суммы квадратов проекций импульса:

$$P = \sqrt{P_x^2 + P_y^2 + P_z^2} \qquad (3.2.4),$$

отпадает необходимость в физическом толковании двух значений корня. Если использовать (3.2.2), то скорость частицы является принципиальной помехой, т.к. в стоячей волне «частица» неподвижна.

Стационарное движение возможно только в двух случаях.

1. На круговой орбите. Для этого случая стационарное уравнение Шредингера не подходит, т.к. оно не учитывает энергию связи, которая является суммой кинетической и потенциальной энергии. Чтобы получить полную энергию, которая постоянна, надо учесть и энергию связи. Неизменной остается только алгебраическая сумма кинетической, потенциальной и энергии связи.
2. В потенциальной яме с плоским дном. В этом случае частица свободна и может изменить направление движения, только отражаясь от стенок ямы. При этом кинетическая энергия частицы не меняется и совпадает с полной энергией частицы, т.к. потенциальную энергию в рассматриваемой задаче можно приравнять нулю.

При решении принимают, что у стенок ямы волновая функция принимает нулевые значения. Физически это означает, что «прилепив» к частице волну, внутри ямы рассматривают только стоячие волны, т.е. на длине ямы должно укладываться целое число полуволн. Поэтому получаются только вполне определенные значения кинетической энергии, которыми может обладать волна-частица. Здесь сразу возникают два вопроса, на которые волновая квантовая механика не отвечает.

1. Откуда агент внешнего воздействия (фотон, атом или иная частица) могут знать о «разрешенных» энергетических уровнях, чтобы изменить кинетическую энергию частицы в яме на определенную величину. Если переданный импульс не будет

соответствовать уровню энергии, то образование стоячей волны станет невозможным, и все уровни сразу пропадут.

2. Почему принимаются во внимание только стоячие волны, и игнорируется общий случай бегущей волны? Естественно, что при учете бегущих волн все выводы о квантовании энергии в потенциальной яме окажутся ошибочными.

Стоячие волны являются частным случаем интерференции в результате наложения двух волн, распространяющихся в противоположных направлениях с одинаковой частотой, поляризацией (для поперечных волн) и одинаковой амплитудой в соответствующей координате. В стоячей волне отсутствует перенос энергии, т.к. прямая и обратная волна переносят энергию в равных количествах. При нарушении любого из перечисленных условий образование стоячей волны невозможно.

В связи с этим возникают дополнительные вопросы.

1. Каков механизм интерференции частицы самой с собой?

2. Каким образом одна частица разделяется на несколько частей, каждая ее часть находится в пучностях стоячей волны и отсутствует в узлах?

Здесь нет смысла приводить решение уравнения Шредингера для каждой конкретной задачи, чтобы не ломать голову читателю. Желающие путешествовать в сложных математических лабиринтах решений могут обратиться к специальной литературе. Приведу готовый результат (например, Г.Е. Пустовалов. Атомная и ядерная физика. Изд. Московского университета, 1968, стр. 51):

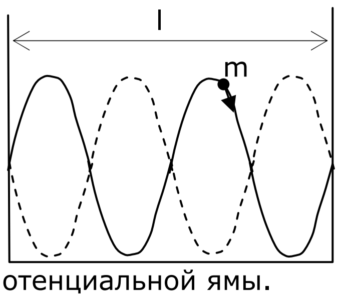
$$E = \frac{\pi^2 \hbar^2}{2ml^2} n^2 \qquad (3.2.5),$$

где *l* – длина потенциальной ямы.

Классическая механика. Очищенный от квантовомеханических нагромождений физический смысл задачи о частице в потенциальной яме можно проиллюстрировать чисто классической моделью. Возьмем шнур массой *m*, закрепленный на концах и начнем возбуждать в нем поперечные колебания так, чтобы образовалась стоячая волна, например, из одной полуволны. Очевидно, что для этого потребуется затратить определенную энергию. Чтобы организовать стоячую волну из двух полуволн, надо добавить порцию энергии не какую попало, а определенной величины. В результате рассмотрения этой классической модели, мы получим точно такие же результаты, как и при решении уравнения Шредингера. Поэтому «чудесное» возникновение квантовых уровней энергии при движении частицы в ограниченной области является обманом – результатом квантовых добавок энергии для обеспечения образования стоячей волны.

Корпускулярная квантовая механика. Здесь придется рассмотреть совершенно абсурдную с точки зрения физического смысла модель, когда частица, отражаясь от стенок ямы, образует «стоячую волну» (фигура 3.2.1). Но эта ситуация не более абсурдна, чем нарезанная на кусочки частица, неподвижная с равномерно

Фиг.3.2.1



распределенными кусочками по дну потенциальной ямы.

Правовинтовая частица, двигаясь вдоль ямы, отражается от стенки и движется в обратном направлении уже в качестве левовинтовой частицы. Провозгласим абсурдное требование, чтобы внутри потенциальной ямы всегда возникала “стоячая волна”, т.е. на длине ямы послушная частица укладывала целое число полувитков своей винтовой траектории. Очевидно, что минимальная энергия частицы будет в том случае, если в яме укладывается только полвитка винтовой траектории. При еще меньшей энергии длина волны де Бройля (шаг винтовой траектории) становится такой, что полволны уже не укладываются в размеры ямы и образование “стоячей волны” невозможно. Относительно этого официальная физика спекулирует вокруг “нулевых колебаний”, виртуальных частиц вакуума и прочей ерунды.

Момент импульса частицы на витках винтовой траектории:

$$\hbar = mVr \qquad (3.2.6).$$

Длина волны де Бройля равна длине окружности поперечного сечения винтовой траектории:

$$\lambda = 2\pi r \qquad (3.2.7).$$

Подставляя (3.2.6) и (3.2.7) в (3.2.1), найдем:

$$E = \frac{2\pi^2\hbar^2}{m\lambda^2} \qquad (3.2.8).$$

Условие “стоячей волны”:

$$n = \frac{l}{\lambda/2} \qquad (3.2.9),$$

где *n* – целое число (*n*=1,2,3…), подставим в (3.2.8) и получим (3.2.5). Таким образом, мы получили полное совпадение с официальным квантовомеханическим расчетом. При этом мы совершенно не пользовались уравнением Шредингера. Мало того, при этом использован примитивный математический аппарат, исключающий возможность оспаривания полученного результата (сравните с официальными манипуляциями при выводе (3.2.5), обратившись к указанной литературе). Поскольку ни официальное решение этой задачи, ни пример решения, предлагаемого новой физикой, не имеют физического смысла, единственный вывод, который можно сделать – это сомнение в правильности уравнения Шредингера.