Поскольку последовательное применение двух операций обращения времени не изменяет физической ситуации, мы имеем дело с группой, изоморфной группе S_2, и на этом основании могли бы ожидать следствий, аналогичных рассмотренным в § 6 для группы S_2; но это неверно. Дело в том, что оператор Υ, который осуществляет обращение времени, не является ни линейным, ни унитарным. Поэтому здесь мы не вправе пользоваться теорией представлений, изложенной в гл. 4. Этот вопрос мы отложим до второго тома (гл. 15, § 7, п. Г), где будет показано, что «четным» относительно обращения времени может быть сделан оператор, но не волновая функция. Приводит или нет к увеличению вырожденности включение операции обращения времени в данную группу симметрии системы, это зависит от группы. Мы кратко остановимся еще на данном вопросе в гл. 9, § 8 и в т. 2, гл. 15, § 7, п. Г. В заключение отметим, что найти гамильтониан, не имеющий симметрии обращения времени, нетрудно. Например, введенный в § 1 оператор $\mathbf{L}$ взаимодействия с магнитным полем является нечетным, а оператор кинетической энергии — четным.

ЛИТЕРАТУРА

По нерелятивистской квантовой механике так много книг, что выбор затруднителен, но в качестве очень простого введения рекомендуем

Mathews P. T., Introduction to Quantum Mechanics, McGraw-Hill, London, 1963,

а как руководства более серьезного уровня рекомендуем учебники

Landau L. D., Lifschiz E. M., Quantum Mechanics, Pergamon, London, 1958.

[См. также: *Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М.* Квантовая механика.— М.: Наука, 1963.]

Messiah A., Quantum Mechanics, North-Holland, Amsterdam, 1961.

ЗАДАЧИ

В этой главе мы даем лишь несколько задач, поскольку все введенные в ней понятия снова встретятся в следующих главах в приложении к различным физическим системам.

5.1. Покажите, что группа C_3 есть группа симметрии потенциала $V=\cos\theta\sin^3\theta\cos 3\varphi$, а группа D_3 — потенциала $V=\sin^3\theta\times\times\cos 3\varphi$. Обладают ли эти потенциалы дополнительной симметрией отражения или инверсии?

5.2. В соответствии с изложенным в § 3 собственные состояния гамильтониана с симметрией D_4 можно классифицировать по неприводимым представлениям этой группы, найденным в гл. 4, § 10. Имеется ли у этих состояний вырожденность и какова она? Выведите правила отбора для дипольных переходов в этой системе.

5.3. Покажите, что в случае частицы, движущейся в поле с потенциалом симметрии C_3, оператор $\cos(2\pi l_z/3)$ соответствует сохраняющейся величине.

5.4. Рассмотрим частицу, движущуюся по окружности (так что существенна только одна координата φ), под действием потенциала $V(\varphi)$ с симметрией C_3. Взяв собственную функцию в виде ряда Фурье $\psi(\varphi)=\sum_n a_n \exp(in\varphi)$, покажите, что эту сумму можно ограничить лишь целыми $n=m+3k$, где m фиксировано ($m=0$, 1 или 2), а k пробегает все целые числа.

5.5. Функции xe^{-r^2}, ye^{-r^2} и ze^{-r^2} являются собственными функциями для частицы, движущейся в поле с потенциалом сферически-симметричного гармонического осциллятора. Эти три состояния очевидно вырождены. Как будет сниматься это трехкратное вырождение при включении возмущающего потенциала симметрии D_3? (Найдите характер трехмерного представления группы D_3 и приведите его.)

Детально следствия сферической симметрии будут разобраны в гл. 7 и 8, а конечные точечные группы симметрии рассматриваются в гл. 9.