

## Задачи (весна 2014, часть 2)

1. Пусть  $|m, l\rangle \dots$  - собственное состояние операторов  $\hat{M}_z, \hat{M}^2$  с собственными значениями  $m$  и  $l(l+1)$ .

Найти среднее значение операторов  $\hat{M}_x, \hat{M}_y$  в этом состоянии.

Вычислить в координатном представлении все собственные состояния с  $l = 3$  (f-состояния) и построить графики (3d plot) плотностей вероятности обнаружить частицу в элементе телесного угла.

2. Определить уровни энергии для движения частицы с моментом  $l = 0$  в сферической прямоугольной яме:  $U(r) = -U_0$  при  $r < a$ ,  $U(r) = 0$  при  $r > a$ . Найти условие существования связанного состояния.
3. Вычислить и построить радиальные волновые функции в атоме водорода, если главное квантовое число равно 4.
4. Определить вероятность перехода в атоме водорода из основного состояния в ближайшее возбужденное при внезапном включении слабого электрического поля.
5. В модели атома водорода Томсона положительный заряд не точечный, а равномерно размазан по шару радиуса  $R_0$ . Считая  $R_0$  много больше боровского радиуса, найти первые три энергетических состояния такого атома и сравнить их с настоящими (модель Резерфорда).
6. Найти поправку к энергии основного состояния атома водорода за счет релятивистской зависимости массы электрона от скорости.
7. Две одинаковые частицы массой  $m$ , отталкиваясь по закону  $\frac{\alpha}{r_{12}^2}$ ,  $\alpha > 0$  ( $r_{12}$  - расстояние между частицами), находятся во внешнем потенциале  $U(r) = \frac{1}{2}m\omega^2 r^2$ . Найти энергетический спектр системы.
8. Два нейтрона, взаимодействующие по закону  $J\hat{s}_1\hat{s}_2$ ,  $J < 0$  ( $\hat{s}$  - оператор спина нейтрона), находятся во внешнем потенциале  $U = \frac{1}{2}m\omega^2 r^2$ . Найдите область параметров  $(J, \omega)$ , когда основное состояние системы - триплетное.