Задание после лекции 7

Курепин Даниил Денисович

М32041

Задание 1

Как можно эффективно и полезно использовать ChatGPT в образовательном процессе по физике.

Решение:

ChatGPT - это система искусственного интеллекта, которая может генерировать текстовые ответы на вопросы, заданные ей пользователем. В образовательном процессе по физике ChatGPT может быть полезным инструментом для студентов и преподавателей.

Примеры использования ChatGPT в образовательном процессе по физике:

1. Ответы на вопросы. Студенты могут задавать вопросы ChatGPT о различных темах в физике, таких как механика, электричество и магнетизм, оптика и др. ChatGPT может предоставить точные ответы на эти вопросы, что поможет студентам лучше понять материал.

2. Решение задач. ChatGPT может помочь студентам решать различные задачи в физике, например, по механике или электричеству. Студенты могут задавать вопросы ChatGPT о том, как решить конкретную задачу, и получать подробные инструкции.

3. Обучение новым понятиям. ChatGPT может помочь студентам изучать новые понятия в физике, такие как законы Ньютона или законы термодинамики. Студенты могут задавать вопросы ChatGPT о том, что означают эти понятия, и получать подробные объяснения.

5. Разработка тестов. Преподаватели могут использовать ChatGPT для разработки тестов по физике. Например, они могут создать тест, в котором студенты должны задавать вопросы ChatGPT о различных темах в физике, и выбирать правильный ответ из нескольких предложенных вариантов.

Однако, важно отметить, что ChatGPT не может заменить полноценного преподавателя. Он может быть полезным дополнением к обучению, но не может заменить процесс обучения и взаимодействия с преподавателем и другими студентами. Еще стоит упомянуть, что на данный момент ChatGPT 3.5 ошибается и вероятно может ответить не совсем правильно, поэтому результаты стоит перепроверять и в целом не полагаться только на него.

Задание 2

Записать волновые функции для состояния атома водорода в состояниях 1s и 2s. Построить графики радиальных плотностей вероятностей для этих состояний. Найти наиболее вероятное значение для радиусов в этих состояниях.

Решение:

1. Для основного состояния атома водорода квантовые числа n, l, m_l имеют значения:

$n = 1, l = 0,\ m_l = 0$ (Данное состояние обозначают 1s).

Уравнение Шредингера имеет для 1s решение в виде $\Psi_{nim} = \Psi_{100}$, которое зависит только от расстояния r между ядром и электроном. Данное решение будет выглядеть так:

$$\Psi_{100}(r) = \frac{1}{\sqrt{\pi r_0^3}} e^{-r/r_0}$$

В данном выражении $r_0 = \frac{4\pi\varepsilon\hbar^2}{m_e \cdot e^2} = 0{,}529\ \cdot 10^{-10}$ (Первый боровский радиус)

Тогда, вероятность dw обнаружить электрон в объеме dV (в соответствии с вероятностным смыслом волновой функции):

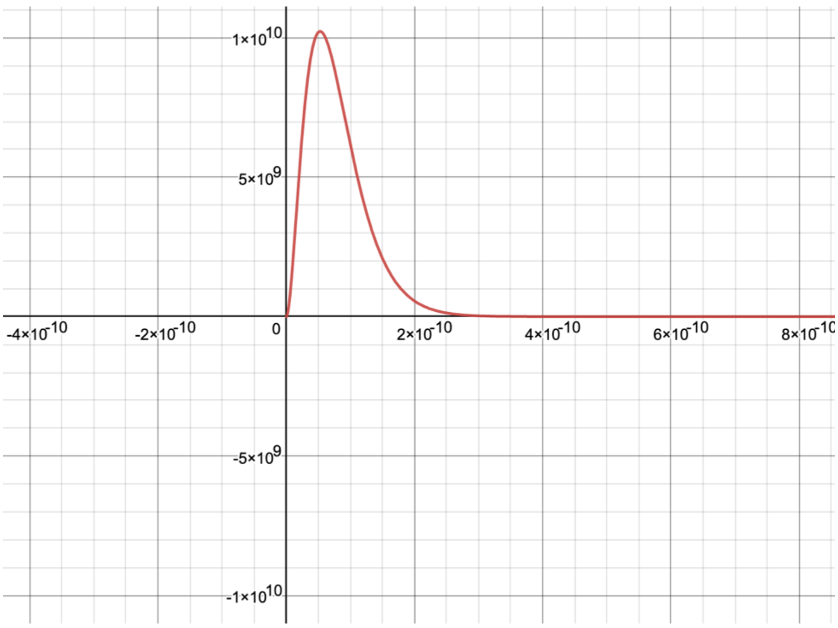
$$dw = |\Psi|^2 dV$$

Поскольку волновая функция 1s зависит только от r, то мы можем взять элемент объема dV в виде сферического слоя радиуса r и толщиной dr. Поскольку нам известно из геометрии, что $dV = 4\pi r^2 dr$, то наше выражение примет вид:

$$dw = \frac{1}{\pi r_0^3} e^{-2r/r_0} \cdot 4\pi r^2 dr = \frac{4r^2}{r_0^3} e^{-2r/r_0} dr$$

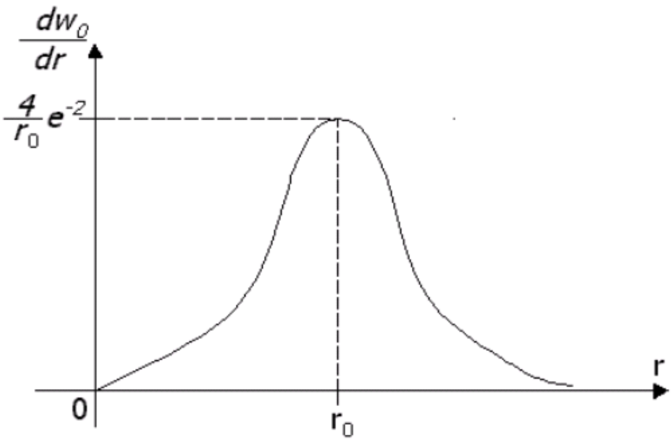
$$\frac{dw}{dr} = \frac{4r^2}{dr} = \frac{4r^2}{r_0^3} e^{-2r/r_0}$$

Построим график радиальной плотности вероятности для 1s:



Данная функция будет равна нулю при $r = 0$ и $r \to \infty$.

При $r = r_0 = 5{,}29 \cdot 10^{-11}$ она будет иметь максимум, положение которого соответствует первой боровской орбите. Это и будет наиболее вероятным значением r в состоянии 1s (Ниже приведен график, на котором есть значение r_0 и где будет видно, что максимум находится на вершине графика. Данный график полностью соответствует моему графику, который был выше):



2. Для состояния атома водорода 2s квантовые числа n, l, m_l имеют значения:

$n = 2, l = 0,\ m_l = 0.$

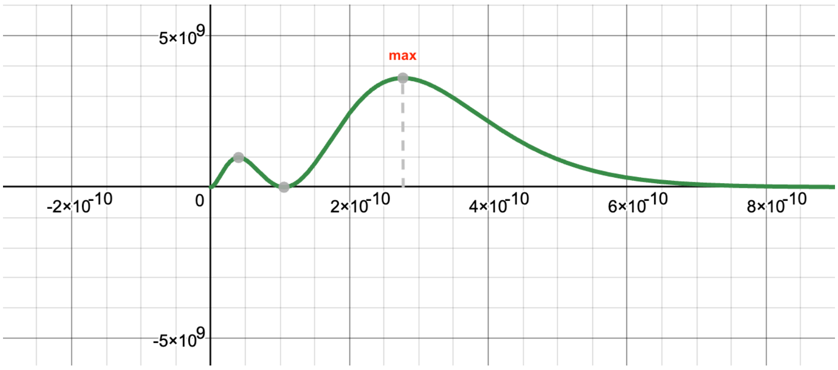
В таком состояние наше выражение будет вида:

$$\Psi_{200}(r) = \frac{1}{\sqrt{4\pi}} \cdot \frac{1}{\sqrt{2r_0^3}}\left(1 - \frac{r}{2r_0}\right) \cdot e^{-r/2r_0}$$

Использую полученные результаты из пункта 1, можно получить аналогично:

$$\frac{dw}{dr} = \frac{1}{2r_0^3}\left(r^2 - \frac{r^3}{r_0} + \frac{r^4}{4r_0^2}\right) e^{-2/r_0}$$

Построим график радиальной плотности вероятности для 2s:



При $r = 2{,}77 \cdot 10^{-10}$ она будет иметь максимум. Это и будет наиболее вероятным значением для r в состоянии 2s.

(Источник 1)

(Источник 2)

Задание 3

Приведите предпосылки появления спина. Какое правило отбора накладывается на спиновое квантовое число? С чем оно связано?

Решение:

Спин – это собственный момент импульса элементарных частиц, имеющий как квантовую, так и классическую природу и тесно связанный с представлениями группы вращений и группы Лоренца.

Предпосылки появления спина:

В 1922 году опыт Штерна – Герлаха подтвердил наличие у атомов спина и факт пространственного квантования направления их магнитных моментов.

Термин "спин" в науку ввели С. Гаудсмит и Д. Уленбек в 1925 году. В 1924 еще до точной формулировки квантовой механики, Вольфганг Паули ввел новую, двухкомпонентную внутреннюю степень свободы для описания валентного электрона в щелочных металлах. В 1927 году он же модифицировал недавно открытое уравнение Шредингера для учета спиновой переменной. Модифицированное таким образом уравнение носит сейчас название уравнение Паули. При таком описании у электрона появляется новая спиновая часть волновой функции, которая описывается спинором – "вектором" в абстрактном двумерном спиновом пространстве. В 1928 году Поль Дирак построил релятивистскую теорию спина и ввел уже четырехкомпонентную величину – биспинор.

Таким образом можно выделить следующие предпосылки появления спина:

1. Необходимость объяснения магнитных свойств атомов. Классическая физика не могла объяснить наблюдаемое магнитное поведение атомов и молекул. Для объяснения этого явления потребовалось введение нового свойства - спина.

2. Экспериментальные наблюдения. В ходе экспериментов по изучению магнитных свойств атомов было обнаружено, что эти свойства зависят от внутреннего момента импульса атома, который не мог быть объяснен классической физикой.

3. Теоретические расчеты. Теоретические расчеты, проведенные Паули и Дираком, показали, что существование внутреннего момента импульса является необходимым условием для объяснения наблюдаемых магнитных свойств атомов.

Следовательно, появление спина в квантовой механике было обусловлено необходимостью объяснения магнитных свойств атомов, экспериментальными наблюдениями и теоретическими расчетами.

Правила отбора:

Спин измеряется в единицах $\hbar$ (приведенная постоянная Планка или постоянная Дирака).

Спин равен $\hbar J$, где J – характерное для каждого сорта частиц целое (может быть нулевым) или полуцелое положительное число – так называемое спиновое квантовое число или s.

В квантовой механике момент импульса квантуется (т.к спин определяет величину внутреннего механического момента частицы), то есть он может изменяться только по квантовым уровням между точно определенными значениям. Значения спина должны отличаться на целое число $\hbar$ и также, поскольку спин является вектором момента импульса, он имеет направление в пространстве, следовательно он может быть как положительным, так и отрицательным.

Условия квантования могут выполнены при соблюдении того, что спин будет целым или полуцелым. В этом заключается правила отбора квантового спинового числа.

(Источник 1)

(Источник 2)