

1. Комбинационное правило Ритберга-Ритца, спектральные серии для атома водорода, постулаты Бора.

2. Тепловое излучение и люминесценция. Равновесное тепловое излучение: свойства, спектральная плотность энергии, температура.

3. Покажите, что коммутационные соотношения наблюдаемых операторов не зависят от выбора представления. Приведите примеры.

1. Энергетическая светимость, испускательная способность, поглощательная способность. Закон Кирхгофа.

2. Энергетический спектр квантовомеханического гармонического осциллятора.

3. Докажите, что два наблюдаемых оператора коммутируют тогда и только тогда, когда обладают общей системой собственных функций. Раскройте физическое содержание этого утверждения.

1. Фотоэффект. Эффект Комптона. Интерференция электронов на двух щелях.

2. Абсолютно чёрное тело: испускательная способность, энергетическая светимость. Закон Стефана-Больцмана.

3. Вычислите постоянную Стефана-Больцмана, воспользовавшись формулой Планка.

---

1. Квантовомеханический гармонический осциллятор: представление чисел заполнения, энергетический спектр, волновые функции основного и первого возбуждённого состояний.

2. Операторы проекции момента импульса на выделенное направление  $\hat{L}_x, \hat{L}_y, \hat{L}_z$  и оператор квадрата момента импульса, запишите и прокомментируйте коммутационные соотношения  $[\hat{L}_x, \hat{L}_y] = ?$  и  $[\hat{L}_z, \hat{L}^2] = ?$ .

3. Составить выражение для величины, имеющей размерность длины, используя скорость света  $c$ , массу частицы  $m$ , постоянную Планка  $\hbar$ . Что это за величина?

1. Получите и прокомментируйте обобщенное соотношение неопределённостей Хайзенберга величин  $A$  и  $B$ :  $\Delta A \Delta B \geq \frac{|\langle [\hat{A}, \hat{B}] \rangle|}{2}$

2. Постулаты квантовой механики: о квантовых состояниях, о физических величинах, об измерениях, динамический постулат.

3. Покажите, что оператор  $\hat{L}_z \equiv \hat{x}\hat{p}_y - \hat{y}\hat{p}_x$  эрмитов.

1. Получите и прокомментируйте «соотношение неопределённостей энергия-время».

2. Квантовомеханическое среднее и его временная эволюция.

3. Покажите, что два наблюдаемых оператора коммутируют тогда и только тогда, когда имеют общую систему собственных функций. Приведите примеры совместных и несовместных наблюдаемых.

1. Рассмотрите задачу об одномерном потенциальном барьере бесконечной ширины для случая, когда энергия микрообъекта превышает высоту потенциального порога, найдите коэффициенты отражения и прохождения.

2. Докажите, что два наблюдаемых оператора коммутируют тогда и только тогда, когда обладают общей системой собственных функций. Раскройте физическое содержание этого утверждения.

3. Получите матричные элементы оператора импульса в координатном представлении  $\langle x' | \hat{p} | x \rangle$  и оператора координаты в импульсном представлении  $\langle p' | \hat{x} | p \rangle$ , прокомментируйте результаты.

1. Классические уравнения Гамильтона и теорема Эренфеста.

2. Стационарное уравнение Шрёдингера. Рассмотрите задачу о движении электрона в одномерном потенциале, представляющем собой ступеньку бесконечной ширины.

3. Покажите, что при унитарных преобразованиях векторов состояний квантовомеханические средние не меняются.

1. Стационарное уравнение Шрёдингера. Электрон в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме.

2. Ультрафиолетовая катастрофа. Формула Рэлея-Джинса. Формула Планка.

3. Воспользуйтесь постулатами Бора, чтобы получить комбинационное правило Ритберга-Ритца.

1. Ультрафиолетовая катастрофа. Формула Рэлея-Джинса. Формула Планка.

2. Квантовомеханический гармонический осциллятор: представление чисел заполнения, энергетический спектр, волновые функции основного и первого возбуждённого состояний.

3. Запишите и прокомментируйте соотношения неопределённостей для  $\hat{p}_x$  и  $\hat{p}_y$ , а также для  $\hat{L}_x$  и  $\hat{L}_y$ .

1. Обобщённое соотношение неопределённостей Хайзенберга. Примеры использования.

2. Комбинационное правило Ритберга-Ритца, спектральные серии для атома водорода, постулаты Бора.

3. Воспользуйтесь соотношением Вина для спектральной плотности энергии, чтобы получить закон смещения Вина.

1. Абсолютно чёрное тело: испускательная способность, энергетическая светимость. Закон Стефана-Больцмана.

2. Временная эволюция классической величины и временная эволюция квантовомеханического среднего. Интеграл движения в классической и квантовой механике.

3. Для квантовомеханического гармонического осциллятора, состояние которого задаётся кет-вектором  $|n\rangle$ , вычислите  $\Delta x \Delta p_x$ , прокомментируйте результат.

1. Обобщённое соотношение неопределённостей Хайзенберга. Примеры использования.

2. Спектр операторов  $\hat{J}^2$  и  $\hat{J}_z$  ( $\hat{J}$  – оператор полного момента импульса).

3. Покажите ортогональность собственных функций, отвечающих различным собственным значениям эрмитова оператора (считайте, что собственные значения невырождены).

1. Тепловое излучение и люминесценция. Равновесное тепловое излучение: свойства, спектральная плотность энергии, температура.

2. Исходя из обобщённого соотношения неопределённостей Хайзенберга, получите соотношение неопределённостей «время-энергия». Объясните, почему название соотношения не вполне удачно.

3. Сформулируйте постулат квантовой механики об измерениях. Покажите, что собственные функции эрмитова оператора, отвечающие различным его собственным значениям, ортогональны.

1. Временная эволюция классической величины и временная эволюция квантовомеханического среднего. Интеграл движения в классической и квантовой механике.

2. Постулаты квантовой механики: о квантовых состояниях, о физических величинах, об измерениях, динамический постулат.

3. Вычислите коммутаторы  $\hat{x}, \hat{p}_x, [\hat{L}_z, \hat{L}^2]$ . Прокомментируйте результаты.

1. Получите спектр оператора числа элементарных возбуждений гармонического осциллятора, связь с энергетическим спектром.

2. Докажите, что два наблюдаемых оператора коммутируют тогда и только тогда, когда обладают общей системой собственных функций. Раскройте физическое содержание этого утверждения.

3. Продемонстрируйте сохранение квадрата нормы волновой функции во времени. Вектор плотности тока вероятности. Получите уравнение непрерывности для плотности вероятности.

1. Тепловое излучение и люминесценция. Законы теплового излучения.

2. Временное и стационарное уравнения Шрёдингера.

3. Приведите пример эрмитова оператора, не обладающего полной системой собственных функций.

1. Постулаты квантовой механики: о квантовых состояниях, о физических величинах, об измерениях, динамический постулат.

2. Сформулируйте теорему Эренфеста; прокомментируйте её на примере электрона в одномерном потенциале.

3. Рассмотрите задачу об электроне в бесконечно глубокой потенциальной яме. Чему равна минимальная кинетическая энергия электрона? Какова вероятность обнаружить электрон в интервале  $L/6 \leq x \leq L/3$  (где  $L$  – ширина ямы) во втором возбуждённом состоянии?

1. Фотоэффект. Эффект Комптона. Интерференция электронов на двух щелях.

2. Принцип дополнительности Бора и соотношение неопределённости Хайзенберга. Постулат квантовой механики об измерениях.

3. Сформулируйте постулат квантовой механики о физических величинах. Покажите, что все собственные значения эрмитова оператора суть вещественные числа.

1. Классические уравнения Гамильтона и теорема Эренфеста.

2. Спектр операторов  $\hat{J}^2$  и  $\hat{J}_z$  ( $\hat{J}$  – оператор полного момента импульса).

3. Рассмотрите задачу об электроне в трёхмерной бесконечно глубокой потенциальной яме. Какова минимальная кинетическая энергия электрона? Чему равна кратность вырождения энергетического уровня  $27 \frac{\pi^2 \hbar^2}{2mL^2} + U_0$  (где

$L$  – ширина ямы)?

1. Электрон в бесконечно глубокой одномерной потенциальной яме.  
2. «Старая» квантовая теория: постулаты Бора и комбинационное правило Ритберга-Ритца.

3. Докажите, что два наблюдаемых оператора коммутируют тогда и только тогда, когда обладают общей системой собственных функций. Раскройте физическое содержание этого утверждения.

1. Временная эволюция классической величины и временная эволюция квантовомеханического среднего. Интеграл движения в классической и квантовой механике.

2. Спектр операторов  $\hat{J}^2$  и  $\hat{J}_z$  ( $\hat{J}$  – оператор полного момента импульса).

3. Покажите, что переход от одного представления к другому производится с помощью унитарного преобразования.

1. Энергетическая светимость, испускательная способность, поглощательная способность. Закон Кирхгофа.

2. Постулаты квантовой механики: о квантовых состояниях, о физических величинах, об измерениях, динамический постулат.

3. Запишите и прокомментируйте соотношения неопределённостей для  $\hat{x}$  и  $\hat{p}_x$ , а также для  $\hat{L}_x$  и  $\hat{L}^2$ .

1. Рассмотрите задачу о потенциальном барьере конечной ширины.

2. Обобщённое соотношение неопределённостей Хайзенберга. Примеры использования.

3. Вычислите постоянную Стефана-Больцмана, воспользовавшись формулой Планка.

1. Принцип дополнительности Бора и соотношение неопределённости Хайзенберга. Постулат квантовой механики об измерениях.

2. Ультрафиолетовая катастрофа. Формула Рэля-Джинса. Формула Планка.

3. Рассмотрите задачу об электроне в бесконечно глубокой потенциальной яме. Чему равна минимсальная кинетическая энергия электрона? Какова вероятность обнаружить электрон в интервале  $L/6 \leq x \leq L/3$  (где  $L$  – ширина ямы)

во втором возбуждённом состоянии?

1. Сформулируйте постулат квантовой механики о физических величинах. Покажите, что все собственные значения эрмитова оператора суть вещественные числа.

2. Квантовомеханический гармонический осциллятор: представление чисел заполнения, энергетический спектр.

3. Найдите волновые функции основного и первого возбуждённого состояний квантовомеханического гармонического осциллятора.

1. Докажите, что два наблюдаемых оператора коммутируют тогда и только тогда, когда обладают общей системой собственных функций. Раскройте физическое содержание этого утверждения.
2. Временная эволюция классической величины и временная эволюция квантовомеханического среднего. Интеграл движения в классической и квантовой механике.
3. Сформулируйте постулат квантовой механики о физических величинах. Покажите, что все собственные значения эрмитова оператора суть вещественные числа.