

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Казанский (Приволжский) федеральный университет»**

**Кафедра вычислительной физики**

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ДЛЯ ПРОВЕРКИ ОСТАТОЧНЫХ ЗНАНИЙ СТУДЕНТОВ**

По дисциплине ДПП.Ф.02 «Основы теоретической физики (квантовая механика)»

По образовательной программе 050203.65 – «Физика с дополнительной специальностью «информатика»»

Контрольные задания составлены с учетом требований Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования (2002 г. утверждения) по образовательной программе 050203.65 – «Физика с дополнительной специальностью «информатика»»

Разработчик оценочных материалов:

Доцент, к.ф.-м.н.

Хуснутдинов Р.М.

Тесты рассмотрены и одобрены на заседании кафедры вычислительной физики, протокол № 5 от 17 марта 2012 г.

<b>Заведующий кафедрой</b>
_____ / <u>А.В. Мокшин</u> /
« _____ » _____ 2012 г.

Казань 2012

**Контрольные задания**  
**по курсу «Квантовая механика»**

**Вариант №1**

1. При некотором максимальном значении задерживающей разности потенциалов фототок с поверхности лития ( $A=2.39$  эВ), освещаемого светом с длиной волны  $\lambda_0$ , прекращается. Изменив длину волны в  $\eta=1.5$  раза установили, что для прекращения тока необходимо увеличить задерживающую разность потенциалов в  $n=2$  раза. Вычислить  $\lambda_0$ .
2. Параллельный поток электронов, ускоренных разностью потенциалов  $U=25$  В, падает нормально на диафрагму с двумя узкими щелями, расстояние между которыми  $d=50$  мкм. Определить расстояние между соседними максимумами дифракционной картины на экране, расположенном на расстоянии  $L=1$  м от щелей.
3. При увеличении энергии электрона на 200 эВ его длина волны де Бройля изменилась в 2 раза. Найти первоначальную длину волны электрона.
4. Получить формулу для групповой скорости при известном законе дисперсии для фазовой скорости  $U(\lambda) = a\sqrt{1+b^2\lambda^2}$ .
5. Вычислить оператор:  $(\frac{1}{x} \frac{d}{dx} x)^2 = ?$

**Вариант №2**

1. Фототок с энергией  $E=1$  МэВ рассеян на свободном покоившемся электроне. Найти кинетическую энергию электрона отдачи, если в результате рассеяния длина волны фотона изменилась на  $\eta =25\%$ .
2. Пучок электронов с кинетической энергией  $T=10$  кэВ проходит через тонкую полиметаллическую фольгу и образует систему дифракционных колец на экране, отстоящем от фольги на расстоянии  $L=0.1$  м. Найти

межплоскостное расстояние, для которого максимум отражения третьего порядка соответствует кольцу с радиусом  $r=1.6$  см.

3. Найти добавочную энергию, которую нужно сообщить электрону с импульсом  $14$  кэВ/с ( $c$  – скорость света), чтобы его длина волны де Бройля стала равной  $0.45 \text{ \AA}$ .
4. Вычислить оператор:  $[\hat{M}_y, \hat{M}_x] = ?$
5. Используя соотношение неопределенностей, найти выражение, позволяющее оценить минимальную энергию электрона, находящегося в одномерном потенциальном ящике шириной  $L$ .

### Вариант №3

1. При некотором максимальном значении задерживающей разности потенциалов фототок с поверхности лития ( $A = 2,39$  эВ), освещаемого светом с длиной волны  $\lambda_0$ , прекращается. Изменив длину волны в  $\eta = 1,5$  раза установили, что для прекращения тока необходимо увеличить задерживающую разность потенциалов в  $n = 2$  раза. Вычислить  $\lambda_0$ .
2. Параллельный поток моноэнергетических электронов падает нормально на диафрагму с узкой прямоугольной щелью шириной  $a = 0,1$  мм. Определить скорость этих электронов, если на экране, отстоящем от щели на расстоянии  $L = 0,75$  м, ширина центрального максимума  $\Delta x = 8$  мкм.
3. Доказать справедливость  $[x, \hat{H}] = \frac{i\hbar}{m} \hat{p}_x$ , где  $\hat{H} = \frac{\hat{p}_x^2}{2m} + \hat{U}(x)$ .

4. Найти результаты применения операторов  $\frac{d^2}{dx^2}x^2$  и  $\left(\frac{d}{dx}x\right)^2$  к функции  $\cos x$ .
5. Фототок с энергией  $E=1$  МэВ рассеян на свободном покоившемся электроны. Найти кинетическую энергию электрона отдачи, если в результате рассеяния длина волны фотона изменилась на  $\eta=25\%$ .

**Вариант №4**

1. Работа выхода электрона из серебра  $A = 4,28$  эВ. Найти потенциал серебряного шарика при его длительном облучении монохроматическим светом с длиной волны  $\lambda = 0,1$  мкм.
2. Пучок электронов с кинетической энергией  $T = 10$  кэВ проходит через тонкую полиметаллическую фольгу и образует систему дифракционных колец на экране, отстоящем от фольги на расстоянии  $L = 0,1$  м. Найти межплоскостное расстояние, для которого максимум отражения третьего порядка соответствует кольцу с радиусом  $r = 1,6$  см.
3. Доказать справедливость  $[\hat{H}, \hat{p}_x^2] = 2i\hbar\hat{p}_x \frac{\partial U}{\partial x} + \hbar^2 \frac{\partial^2 U}{\partial x^2}$
4. Найти результаты применения операторов  $\frac{d^2}{dx^2}x^2$  и  $\left(\frac{d}{dx}x\right)^2$  к функции  $\exp(x)$ .

5. При увеличении энергии электрона на 200 эВ его длина волны де Бройля изменилась в 2 раза. Найти первоначальную длину волны электрона.

**Вариант №5**

1. Вычислить оператор:  $(\frac{1}{x} \frac{d}{dx} x)^2 = ?$
2. Фототок с энергией  $E=1$  МэВ рассеян на свободном покоившемся электроном. Найти кинетическую энергию электрона отдачи, если в результате рассеяния длина волны фотона изменилась на  $\eta=25\%$ .
3. Вычислить оператор:  $\frac{d^2}{dx^2} x^2 = ?$ , где  $\psi(x) = \cos(x)$ .
4. Параллельный поток моноэнергетических электронов падает нормально на диафрагму с узкой прямоугольной щелью шириной  $a = 0,1$  мм. Определить скорость этих электронов, если на экране, отстоящем от щели на расстоянии  $L = 0,75$  м, ширина центрального максимума  $\Delta x = 8$  мкм.
5. Получить формулу для групповой скорости при известном законе дисперсии для фазовой скорости  $U(\omega) = a\omega^2 / (\omega^2 - b^2)$ .

**Вариант №6**

1. Вычислить оператор:  $(x + \frac{d}{dx})^2 = ?$
2. Пучок электронов с кинетической энергией  $T = 10$  кэВ проходит через тонкую полиметаллическую фольгу и образует систему дифракционных колец на экране, отстоящем от фольги на расстоянии  $L = 0,1$  м. Найти

межплоскостное расстояние, для которого максимум отражения третьего порядка соответствует кольцу с радиусом  $r = 1,6$  см.

3. Вычислить оператор:  $[\hat{M}_y, \hat{p}_x] = ?$
4. Оценить для электрона, локализованного в области размером  $L = 1$  мкм относительную неопределенность скорости, если  $T = 10$  эВ.
5. Получить формулу для групповой скорости при известном законе дисперсии для фазовой скорости  $U(\lambda) = a\sqrt{1 + b^2\lambda^2}$ .

### **Вариант №7**

1. В эффекте Комптона фотон при соударении с электроном рассеян под углом  $\theta = 90^\circ$ . энергия рассеянного фотона  $0,4$  МэВ. Определить энергию фотона до рассеивания.
2. Найти добавочную энергию, которую нужно сообщить электрону с импульсом  $14$  кэВ/с ( $c$  – скорость света), чтобы его длина волны де-Бройля стала равной  $0,45 \text{ \AA}$ .
3. Доказать справедливость  $[\hat{x}^2, [\hat{x}, \hat{p}_x^2]] = 4\hbar^2 \hat{x}$
4. Найти результаты применения операторов  $\frac{d^2}{dx^2} x^2$  и  $\left(\frac{d}{dx} x\right)^2$  к функции  $\sin kx \exp(-\alpha x)$ .
5. Параллельный поток моноэнергетических электронов падает нормально на диафрагму с узкой прямоугольной щелью шириной  $a = 0,1$  мм.

Определить скорость этих электронов, если на экране, отстоящем от щели на расстоянии  $L = 0,75$  м, ширина центрального максимума  $\Delta x = 8$  мкм.

### Вариант №8

1. Вычислить оператор:  $[\hat{H}, \hat{M}_z] = ?$ , где  $\hat{H} = \frac{\hat{p}^2}{2m} + \hat{U}(x, y, z)$ .
2. При увеличении энергии электрона на 200 эВ его де Бройлевская длина волны изменилась в 2 раза. Найти первоначальную длину волны электрона.
3. Доказать справедливость  $[\hat{x}, \Delta] = -\frac{2i}{\hbar} \hat{p}_x$ .
4. Фотон с импульсом  $P = 60$  кэВ/с, где  $c$  – скорость света, испытал комптоновское рассеяние под углом  $120^\circ$  на покоившемся свободном электроне, вырвал затем из атома молибдена электрон, энергия связи которого  $E = 20$  кэВ. Найти кинетическую энергию фотоэлектрона.
5. Пучок электронов с кинетической энергией  $T = 10$  кэВ проходит через тонкую полиметаллическую фольгу и образует систему дифракционных колец на экране, отстоящем от фольги на расстоянии  $L = 0,1$  м. Найти межплоскостное расстояние, для которого максимум отражения третьего порядка соответствует кольцу с радиусом  $r = 1,6$  см.

### Вариант №9

1. Найти результаты применения операторов  $\frac{d^2}{dx^2} x^2$  и  $\left(\frac{d}{dx} x\right)^2$  к функции  $\cos kx \exp(-\beta x)$ .

2. При некотором максимальном значении задерживающей разности потенциалов фототок с поверхности лития ( $A=2.39$  эВ), освещаемого светом с длиной волны  $\lambda_0$ , прекращается. Изменив длину волны в  $\eta=1.5$  раза установили, что для прекращения тока необходимо увеличить задерживающую разность потенциалов в  $n=2$  раза. Вычислить  $\lambda_0$ .
3. Оценить для электрона, локализованного в области размером  $L=1$  мкм относительную неопределенность скорости, если  $T=10$  эВ.
4. Вычислить оператор:  $[\hat{M}_z, \hat{M}_y] = ?$
5. Пучок электронов с кинетической энергией  $T = 10$  кэВ проходит через тонкую полиметаллическую фольгу и образует систему дифракционных колец на экране, отстоящем от фольги на расстоянии  $L = 0,1$  м. Найти межплоскостное расстояние, для которого максимум отражения третьего порядка соответствует кольцу с радиусом  $r = 1,6$  см.

### **Вариант №10**

1. Вычислить оператор:  $(\frac{d}{dx}x)^2 = ?$ , где  $\psi(x) = \exp(x)$ .
2. Используя соотношение неопределенностей, найти выражение, позволяющее оценить минимальную энергию электрона, находящегося в одномерном потенциальном ящике шириной  $L$ .
3. Вычислить оператор:  $[\hat{M}_x, \hat{p}_z] = ?$
4. Получить формулу для групповой скорости при известном законе дисперсии для фазовой скорости  $U(\omega) = a\omega^2 / (\omega^2 - b^2)$ .
5. Параллельный поток электронов, ускоренных разностью потенциалов  $U=25$  В, падает нормально на диафрагму с двумя узкими щелями, расстояние между которыми  $d=50$  мкм. Определить расстояние между



соседними максимумами дифракционной картины на экране, расположенном на расстоянии  $L=1$  м от щелей.