

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. Волновая функция. Статистическая интерпретация волновой функции.
2. Эффект Ааронова-Бома.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{l}_z, (\hat{l}_+)^n]$ , где  $\hat{l}_+ = \hat{l}_x + i\hat{l}_y$ ,  $\hat{l}_x, \hat{l}_y, \hat{l}_z$  - компоненты безразмерного оператора момента импульса  $\hat{l} = \hat{L}/\hbar$ .
4. Оценить в квазиклассическом приближении коэффициент прозрачности прямоугольного барьера  $U(x) = \begin{cases} -U_0, & x < 0, x > a \\ U_0, & 0 \leq x \leq a \end{cases} (U_0 > 0)$ . Указать критерий применимости полученного результата.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2**

1. Волновое уравнение Шредингера.
2. Квантовые числа, характеризующие состояния электронов в атоме. Атомные термы.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{x}^n, \hat{p}_x]$ , где  $\hat{x}$ ,  $\hat{p}_x$  - операторы координаты и проекции импульса на ось  $x$  соответственно.
4. В состоянии, описываемом волновой функцией  $\psi(x) = Ae^{-\frac{(x-x_0)^2}{a^2}}$ , где  $a$  - вещественный параметр, найти функцию распределения по координатам частицы. Вычислить средние значения  $\langle \hat{x} \rangle$ ,  $\langle \hat{p}_x \rangle$ .

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3**

1. Соотношение неопределенности.
2. Переход в импульсное представление. Вигнеровская функция распределения.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{A}^4, \hat{B}]$ , если  $[\hat{A}^2, \hat{B}] = 1$ .
4. Получить квазиклассическое выражение для уровней энергии частицы в поле

$$U(x) = \begin{cases} \infty, & x \leq 0 \\ \alpha x, & x > 0, (\alpha > 0) \end{cases}.$$

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября 2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4**

1. Оператор координаты, собственные значения и собственные функции оператора координаты.
2. Эффект Штарка.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{a}, (\hat{a}^+)^2]$ , если коммутатор  $[\hat{a}, \hat{a}^+] = 1$ .
4. Найти энергетические уровни и нормированные волновые функции стационарных состояний частицы в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме ширины  $2a$

$$U(x) = \begin{cases} 0, & |x| \leq a \\ \infty, & |x| > a \end{cases}. \text{ Вычислить средние значения } \langle \hat{x} \rangle, \langle \hat{x}^2 \rangle.$$

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября 2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5**

1. Оператор импульса, собственные значения и собственные функции оператора импульса.
2. Когерентные состояния электромагнитного поля.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{l}_z, (\hat{l}_+)^3]$ , где  $\hat{l}_+ = \hat{l}_x + i\hat{l}_y$ ,  $\hat{l}_x, \hat{l}_y, \hat{l}_z$  - компоненты безразмерного оператора момента импульса  $\hat{l} = \vec{L} / \hbar$ .
4. Определить коэффициент прохождения частиц в случае  $\delta$ -функционального потенциала  $U(x) = U_0 + \alpha\delta(x - a)$ ,  $U_0 > 0, \alpha > 0, a > 0$ .

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6**

1. Отражение и прохождение через потенциальный барьер. Примеры.
2. Энергетический спектр и волновая функция электрона в постоянном и однородном магнитном поле. Уровни Ландау.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{L}_x, \hat{r}^2]$ .  $\hat{L}_x$  - проекция оператора момента импульса на ось  $x$ ,  $\hat{r}$  - оператор радиус-вектора частицы.
4. Состояние частицы в бесконечно глубокой потенциальной прямоугольной потенциальной яме ширины  $2a$  ( $-a < x < a$ ) описывается волновой функцией  $\psi(x) = A(x^2 - a^2)$ . Найти средние значения  $\langle \hat{x} \rangle$  и  $\langle \hat{p}_x \rangle$  в этом состоянии.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7**

1. Коммутация операторов. Неравенство Гейзенберга. Скобки Пуассона в квантовой механике.
2. Волновая функция частицы в центрально-симметричном поле. Разделение переменных в уравнении Шредингера.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{a}^2, (\hat{a}^+)^2]$ , если коммутатор  $[\hat{a}, \hat{a}^+] = 1$ .

4. Найти волновые функции стационарных состояний частицы в поле 
$$U(x) = \begin{cases} U_1, & x < 0 \\ U_2, & x \geq 0 \end{cases} \quad (0 < U_2 < U_1)$$
 для случая, когда энергия частицы меньше высоты потенциальной стенки.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября 2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8**

1. Вариационный принцип в квантовой механике.
2. Борновское приближение в теории рассеяния.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{A}^4, \hat{B}^2]$ , если  $[\hat{A}^2, \hat{B}] = 1$ .
4. Получить квазиклассическое выражение для уровней энергии частицы в поле

$$U(x) = \begin{cases} -\alpha x, & x < 0 \quad (\alpha > 0) \\ \infty, & x \geq 0 \end{cases}$$

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября 2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9**

1. Оператор Гамильтона. Стационарные состояния.
2. Рассеяние в кулоновском поле. Формула Резерфорда.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{l}_z, (\hat{l}_-)^3]$ , где  $\hat{l}_- = \hat{l}_x - i\hat{l}_y$ ,  $\hat{l}_x, \hat{l}_y, \hat{l}_z$  - компоненты

безразмерного оператора момента импульса  $\hat{l} = \vec{L} / \hbar$ .

4. Найти энергетические уровни и нормированные волновые функции стационарных состояний частицы в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме ширины  $a$

$$U(x) = \begin{cases} 0, & |x| \leq a/2 \\ \infty, & |x| > a/2 \end{cases}. \text{ Вычислить } \langle \hat{x} \rangle, \langle \hat{x}^2 \rangle.$$

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября 2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10**

1. Плотность потока вероятности.
2. Квантование поля излучения.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{L}_z, \hat{p}_x^2]$ , где  $\hat{L}_z$  - оператор проекции момента импульса на ось  $z$ ,  $\hat{p}_x$  - оператор проекции импульса частицы на ось  $x$ .
4. В состоянии, описываемом волновой функцией  $\psi(x) = Ae^{-\alpha|x|}$ , где  $\alpha$  – вещественный параметр, найти функцию распределения по координатам частицы. Определить вид данной волновой функции в импульсном представлении.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября 2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11**

1. Частица в одномерной прямоугольной бесконечно глубокой потенциальной яме.
2. Взаимодействие электрона с излучением. Поглощение и излучение света.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{x}, \hat{p}_x^n]$ , где  $\hat{x}$ ,  $\hat{p}_x$  - операторы координаты и проекции импульса на ось  $x$  соответственно.
4. Определить коэффициент прохождения частиц в случае надбарьерного отражения для потенциальной ступеньки вида 
$$U(x) = \begin{cases} U_0, & x \leq 0 \\ 0, & x > 0 \end{cases} \quad (U_0 > 0).$$

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “ 18 ” ноября 2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12**

1. Операторы и собственные функции координаты и импульса.
2. Теория возмущений при наличии вырождения.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{A}^2, \hat{B}^n]$ , если  $[\hat{A}^2, \hat{B}] = 1$ .
4. Определить коэффициент отражения частиц в случае надбарьерного отражения для  $\delta$ -ямы  $U(x) = -\alpha\delta(x-a)$ ,  $\alpha > 0$ ,  $a > 0$ .

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “ 18 ” ноября 2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13**

1. Прохождение через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
2. Рассеяние света атомами.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{a}^n, \hat{a}^+]$ , если коммутатор  $[\hat{a}, \hat{a}^+] = 1$ .
4. Найти энергетические уровни и нормированные волновые функции стационарных состояний частицы в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме ширины  $a$   $U(x) = \begin{cases} 0, & |x| \leq a/2 \\ \infty, & |x| > a/2 \end{cases}$ . Вычислить средние значения  $\langle \hat{x} \rangle, \langle \hat{p} \rangle$ .

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “ 18 ” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 14**

1. Метод факторизации в решении уравнения Шредингера. Операторы рождения и уничтожения.
2. Спин элементарных частиц. Операторы спина.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{a}^2, (\hat{a}^+)^2]$ , если коммутатор  $[a, a^+] = 1$ .
4. Для частицы, находящейся в бесконечно глубокой потенциальной яме ширины  $2a$   $-a < x < a$  найти в первом порядке теории возмущений поправку к энергии основного состояния. Оператор возмущения имеет вид  $V(x) = \begin{cases} 0, & b \leq |x| \leq a \\ V_0, & |x| < b \end{cases}$ .

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “ 18 ” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 15**

1. Оператор Гамильтона. Стационарные состояния.
2. Уравнение Дирака.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{A}^3, \hat{B}]$ , если  $[\hat{A}, \hat{B}] = 1$ .
4. Получить квазиклассическое выражение для уровней энергии частицы в поле  $U(x) = \alpha|x|$ .

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “ 16 ” декабря 2010 года

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 16**

1. Уровни энергии линейного осциллятора.
2. Принцип тождественности частиц. Симметричные и антисимметричные состояния.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{x}^n, \hat{p}_x]$ , где  $\hat{x}$ ,  $\hat{p}_x$  - операторы координаты и проекции импульса на ось  $x$  соответственно.
4. Состояние частицы в бесконечно глубокой прямоугольной потенциальной яме описывается волновой функцией  $\psi(x) = A \cos^2 \frac{\pi x}{a}$ ,  $0 \leq x \leq a$ , где  $a$  - ширина ямы. Найти средние значения  $\langle \hat{x} \rangle$  и  $\langle \hat{p}_x \rangle$  в этом состоянии.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “ 18 ” ноября 2014 года

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 17**

1. Волновая функция и вероятность результатов измерений. Средние значения физических величин.
2. Статистическая модель атома.
3. Вычислить коммутатор  $[l_z, (l_+)^n]$ , где  $l_+ = l_x + il_y$ ,  $\hat{l}_x, \hat{l}_y, \hat{l}_z$  - компоненты безразмерного оператора момента импульса  $\hat{l} = \frac{1}{\hbar} \hat{L}$ .
4. Получить квазиклассическое выражение для уровней энергии частицы в поле

$$U(x) = \begin{cases} -\alpha x, & x < 0 (\alpha > 0) \\ \infty, & x \geq 0 \end{cases}$$

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября 2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 18**

1. Плотность потока вероятности.
2. Квантовый эффект Холла.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{L}_x, \hat{r} \cdot \hat{p}]$ .  $\hat{L}_x$  - проекция оператора момента импульса на ось  $x$ ,  $\hat{r}$ ,  $\hat{p}$  - операторы радиус-вектора и импульса частицы соответственно.
4. Получить квазиклассическое выражение для уровней энергии частицы в поле

$$U(x) = \begin{cases} \infty, & x \leq 0 \\ \alpha x, & x > 0 (\alpha > 0) \end{cases}$$

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября 2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 19

1. Волновая функция и вероятность результатов измерений. Средние значения физических величин.
2. Волновые функции систем бозонов и фермионов. Принцип Паули.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{l}_z \hat{l}_+, \hat{l}_-]$ , где  $l_{\pm} = l_x \pm il_y$ ,  $\hat{l}_x, \hat{l}_y, \hat{l}_z$  - компоненты безразмерного оператора момента импульса  $\hat{l} = \hat{L} / \hbar$ .
4. Матричные элементы оператора возмущения, которое действует на линейный осциллятор с собственной частотой  $\omega$ , имеют вид  $V_{mn} = \alpha (\delta_{m,n+2} + \delta_{m,n-2})$ , где  $\delta_{m,n\pm 1}$  - символы Кронекера. Найти поправки к энергии  $E_n^{(1)}, E_n^{(2)}$ .

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 20

1. Волновое уравнение Шредингера.
2. Квантовый эффект Холла.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{L}_z, \hat{r} \cdot \hat{p}]$ .  $\hat{L}_z$  - оператор проекции момента импульса на ось  $z$ ,  $\hat{r}, \hat{p}$  - операторы радиус-вектора и импульса частицы соответственно.
4. Получить квазиклассическое выражение для уровней энергии частицы в поле

$$U(x) = \begin{cases} \infty, & x \leq 0 \\ \alpha x, & x > 0 (\alpha > 0) \end{cases}$$

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 21**

1. Переход в импульсное представление. Равноускоренное движение.
2. Движение в кулоновском поле. Случайное вырождение.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{x}^n, \hat{p}_x \hat{p}_y]$ , где  $\hat{x}$ ,  $\hat{p}_x$  - операторы координаты  $x$  и проекции импульса на оси  $x$  и  $y$  соответственно.
4. Найти уровни энергии и нормированные волновые функции для частицы в  $\delta$ -яме  $U(x) = -\alpha\delta(x+a)$ ,  $\alpha > 0$ ,  $a > 0$ .

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 22**

1. Оператор Гамильтона. Стационарные состояния.
2. Уравнение Паули. Спиновый магнитный момент.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{A}^2, \hat{B}]$ , если коммутатор  $[\hat{A}, \hat{B}] = i\alpha$ .
4. На линейный осциллятор действует дополнительное слабое поле. Матричные элементы соответствующего оператора возмущения имеют вид  $V_{mn} = \alpha(\delta_{m,n-1} + \delta_{m,n+3})$ , где  $\delta_{m,n\pm 1}$  - символы Кронекера. Найти первую и вторую поправки к уровням энергии осциллятора.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 23**

1. Вигнеровская функция распределения.
2. Теория возмущений, не зависящих от времени.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{A}^3, \hat{B}]$ , если коммутатор  $[\hat{A}, \hat{B}] = \alpha$ .
4. Получить квазиклассическое выражение для уровней энергии частицы в поле

$$U(x) = \begin{cases} \infty, & x \leq 0 \\ \alpha x, & x > 0 (\alpha > 0) \end{cases}$$

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “ 18 ” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 24**

1. Коммутация операторов. Неравенство Гейзенберга. Скобки Пуассона в квантовой механике.
2. Движение в потенциальной яме в квазиклассическом приближении. Правила квантования Бора-Зоммерфельда.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{l}_+, \hat{l}_z^2]$ , где  $l_+ = l_x + il_y$ ,  $l_x, l_y, l_z$  - компоненты оператора безразмерного момента импульса  $\vec{l} = \hat{L} / \hbar$ .
4. Определить коэффициент прохождения частиц в случае надбарьерного отражения для

потенциальной ступеньки вида 
$$U(x) = \begin{cases} U_1, & x \leq 0 \\ U_2, & x > 0 \end{cases}, (U_1 > U_2).$$

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “ 18 ” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 25**

1. Полный механический момент. Сложение моментов.
2. Амплитуда и сечение рассеяния.
3. Вычислить коммутатор  $[(\hat{a}^+)^2, \hat{a}\hat{a}^+]$ , если коммутатор  $[\hat{a}, \hat{a}^+] = 1$ .
4. Определить коэффициент отражения частиц в случае надбарьерного отражения для  $\delta$ -ямы  $U(x) = -U_0 - \alpha\delta(x)$ ,  $U_0 > 0, \alpha > 0$ .

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “ 18 ” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 26**

1. Дифференцирование операторов по времени. Интегралы движения. Полный набор физических величин.
2. Вторичное квантование для систем бозонов и фермионов.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{A}^2, \hat{B}^2]$ , если коммутатор  $[\hat{A}, \hat{B}] = \alpha$ .
4. Найти уровни энергии и нормированные волновые функции состояний дискретного спектра частицы в поле  $U(x) = -\alpha\delta(x - a)$ .

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “ 18 ” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 27**

1. Операторы, собственные значения и собственные функции механического момента и квадрата момента.
2. Эффекты Зеемана и Пашена-Бака. Диамагнетизм атомов.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{L}_z, \hat{r}^2]$ , где  $\hat{L}_z$  - проекция оператора момента импульса на ось  $z$ ,  $\hat{r}$  - оператор радиус-вектора.
4. В состоянии, описываемом волновой функцией  $\psi(x) = Ae^{-\alpha x^2}$ , где  $\alpha$  – вещественный параметр ( $\alpha > 0$ ), найти функцию распределения по координатам частицы. Определить вид данной волновой функции в импульсном представлении.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября 2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 28**

1. Оператор импульса, собственные значения и собственные функции оператора импульса.
2. Волновая функция двухчастичной системы фермионов. Обменное взаимодействие.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{l}_z^2, \hat{l}_-^2]$ , где  $\hat{l}_- = \hat{l}_x - i\hat{l}_y$ ,  $\hat{l}_x, \hat{l}_y, \hat{l}_z$  - компоненты безразмерного оператора момента импульса  $\hat{l} = \vec{L} / \hbar$ .
4. Найти энергетические уровни и нормированные волновые функции стационарных состояний частицы в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме ширины  $a$

$$U(x) = \begin{cases} U_0, & 0 \leq x \leq a \\ \infty, & x < 0, x > a \end{cases}. \text{ Вычислить средние значения } \langle \hat{x} \rangle, \langle \hat{x}^2 \rangle.$$

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября 2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 29**

1. Оператор Гамильтона. Стационарные состояния.
2. Волновая функция многоэлектронного атома. Метод Хартри-Фока.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{A}^2, \hat{A}\hat{B}^2]$ , если коммутатор  $[\hat{A}, \hat{B}] = 1$ .
4. В состоянии, описываемом волновой функцией  $\psi(x) = Ae^{-\alpha x^2}$ , где  $\alpha$  – вещественный параметр ( $\alpha > 0$ ), найти найти средние значения  $\langle \hat{x} \rangle, \langle \hat{x}^2 \rangle$ .

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 30**

1. Волновая функция и вероятность результатов измерений. Средние значения физических величин.
2. Функция Грина задачи рассеяния.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{a}^n, \hat{a}^+]$ , если коммутатор  $[\hat{a}, \hat{a}^+] = 1$ .
4. В состоянии, описываемом волновой функцией  $\psi(x) = Ae^{-\frac{|x|}{a}}$ , где  $a$  – вещественный параметр, найти функцию распределения по координатам частицы. Определить вид данной волновой функции в импульсном представлении.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 31**

1. Волновая функция. Статистическая интерпретация волновой функции.
2. Дипольные переходы в атомных системах. Правила отбора.
3. Вычислить коммутатор  $[(\hat{l}_+)^n, \hat{l}_z]$ , где  $\hat{l}_+ = \hat{l}_x + i\hat{l}_y$ ,  $\hat{l}_x, \hat{l}_y, \hat{l}_z$  - компоненты безразмерного оператора момента импульса  $\hat{l} = \hat{L}/\hbar$ .
4. На линейный осциллятор действует дополнительное слабое поле. Матричные элементы соответствующего оператора возмущения имеют вид  $V_{mn} = \alpha(\delta_{m,n+1} + \delta_{m,n+2})$ , где  $\delta_{m,n+1}, \delta_{m,n+2}$  - символы Кронекера. Найти первую и вторую поправки к уровням энергии осциллятора.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “ 18 ” ноября 2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 32**

1. Волновое уравнение Шредингера.
2. Теория нестационарных возмущений. Переход системы в новое стационарное состояние под влиянием возмущения.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{x}^n, \hat{p}_x]$ , где  $\hat{x}, \hat{p}_x$  - операторы координаты и проекции импульса на ось  $x$  соответственно.
4. В состоянии, описываемом волновой функцией  $\psi(x) = Ae^{-(x-x_0)^2}$ . Найти функцию распределения по координатам частицы. Вычислить средние значения  $\langle \hat{x} \rangle, \langle \hat{p}_x \rangle$ .

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “ 18 ” ноября 2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 33**

1. Соотношение неопределенности.
2. Сингулярные потенциалы. Дираковская гребенка (модель Кронига-Пенни).
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{A}, \hat{B}^4]$ , если  $[\hat{A}, \hat{B}^2] = 1$ .
4. Получить квазиклассическое выражение для уровней энергии частицы в поле  $U(x) = \alpha|x|$

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “ 18 ” ноября 2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 34**

1. Оператор координаты, собственные значения и собственные функции оператора координаты.
2. Решение уравнения Дирака для свободной частицы. Понятие о позитроне.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{A}\hat{B}, \hat{B}^2]$ , если коммутатор  $[\hat{A}, \hat{B}] = i\alpha$ .
4. На линейный осциллятор действует дополнительное слабое поле. Матричные элементы соответствующего оператора возмущения имеют вид  $V_{mn} = \alpha(\delta_{m,n} + \delta_{m,n-1})$ , где  $\delta_{m,n}, \delta_{m,n-1}$  – символы Кронекера. Найти первую и вторую поправки к уровням энергии осциллятора.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “ 18 ” ноября 2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 35**

1. Оператор импульса, собственные значения и собственные функции оператора импульса.
2. Волновое релятивистское уравнение для частицы с нулевым спином
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{l}_z^2, \hat{l}_+]$ , где  $\hat{l}_+ = \hat{l}_x + i\hat{l}_y$ ,  $\hat{l}_x, \hat{l}_y, \hat{l}_z$  - компоненты безразмерного оператора момента импульса  $\hat{l} = \hat{L} / \hbar$ .
4. Определить коэффициент прохождения частиц в случае  $\delta$ -функционального потенциала  $U(x) = \alpha\delta(x - 2a)$ ,  $\alpha > 0, a > 0$ .

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 36**

1. Отражение и прохождение через потенциальный барьер. Примеры.
2. Собственные функции и собственные значения операторов спина.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{L}_x \hat{L}_y, \hat{p}^2]$ , где  $\hat{L}_x, \hat{L}_y$  - проекции оператора момента импульса на оси  $x$  и  $y$ ,  $\hat{p}$  - оператор импульса частицы.
4. Состояние частицы в бесконечно глубокой потенциальной прямоугольной потенциальной яме ширины  $a$  ( $0 < x < a$ ) описывается волновой функцией  $\psi(x) = Ax(x - a)$ . Найти средние значения  $\langle \hat{x} \rangle$  и  $\langle \hat{p}_x \rangle$  в этом состоянии.

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 37**

1. Коммутация операторов. Неравенство Гейзенберга. Скобки Пуассона в квантовой механике.
2. Спин частицы в теории Дирака. Переход к полуклассическому уравнению Паули.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{a}^2, (\hat{a}^+)^2]$ , если коммутатор  $[\hat{a}, \hat{a}^+] = 1$ .
4. Найти энергетические уровни и нормированные волновые функции стационарных состояний частицы в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме ширины  $a$

$$U(x) = \begin{cases} 0, & |x| < a/2 \\ \infty, & |x| \geq a/2 \end{cases}. \text{ Вычислить средние значения } \langle \hat{x} \rangle, \langle \hat{p}_x \rangle.$$

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 38**

1. Вариационный принцип в квантовой механике.
2. Эффекты Зеемана и Пашена-Бака. Диамагнетизм атомов.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{L}_x \hat{L}_y, \hat{p}_x^2]$ , где  $\hat{L}_x, \hat{L}_y$  – проекции оператора момента импульса на оси  $x$  и  $y$ ,  $\hat{p}_x$  – оператор проекции импульса на ось  $x$ .
4. Определить коэффициент прохождения частиц в случае надбарьерного отражения для  $\delta$ -ямы  $U(x) = -\alpha \delta(x)$ .

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября

2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_

Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 39**

1. Оператор Гамильтона. Стационарные состояния.
2. Волновая функция частицы в центрально-симметричном поле. Разделение переменных в уравнении Шредингера.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{l}_z, \hat{l}_\pm]$ , где  $\hat{l}_\pm = \hat{l}_x \pm i\hat{l}_y$ ,  $\hat{l}_x, \hat{l}_y, \hat{l}_z$  – компоненты безразмерного оператора момента импульса  $\hat{l} = \vec{L} / \hbar$ .
4. Найти уровни энергии и нормированные волновые функции состояний дискретного спектра частицы в поле  $U(x) = U_0(1 - \delta(x))$ .

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября 2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_

*Харьковский национальный университет имени В.Н.Каразина*

Специальность физика

Семестр 7

Учебная дисциплина квантовая механика

**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 40**

1. Плотность потока вероятности.
2. Энергетический спектр и волновая функция электрона в постоянном и однородном магнитном поле. Уровни Ландау.
3. Вычислить коммутатор  $[\hat{x}^2, \hat{p}_x^2]$ , где  $\hat{x}$ ,  $\hat{p}_x$  – операторы координаты и проекции импульса на ось  $x$  соответственно.
4. Определить коэффициент отражения частиц в случае  $\delta$ -функционального потенциала  $U(x) = \alpha\delta(x + a)$ .

Утверждено на заседании кафедры теоретической физики физического факультета

Протокол № 9 от “18” ноября 2014 года \_\_\_\_\_

Зав.кафедрой \_\_\_\_\_ Экзаменатор \_\_\_\_\_