

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ
АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

1. Общие сведения

1.	Кафедра	Физики, биологии и инженерных технологий
2.	Направление подготовки	14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика
3.	Направленность (профиль)	Теплофизика
4.	Дисциплина (модуль)	Квантовая механика
5.	Форма обучения	очная
6.	Год набора	2016

2. Перечень компетенций

- способность к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик (ПК-1)

3. Критерии и показатели оценивания компетенций на различных этапах их формирования

Этап формирования компетенции (разделы, темы дисциплины)	Формируемая компетенция	Критерии и показатели оценивания компетенций			Формы контроля сформированности компетенций
		Знать:	Уметь:	Владеть:	
Математический аппарат квантовой механики	ПК-1	основные положения квантовой механики, элементы теории представлений, решение простейших задач квантовой механики, основы теории атомов и молекул.	использовать математический аппарат квантовой механики в нерелятивистском и релятивистском случаях, физически интерпретировать квантовые процессы.	основными методами научных исследований, статистической обработкой экспериментальных данных с помощью современных информационных технологий	Решение задач
Основные положения квантовой механики	ПК-1	основные положения квантовой механики, элементы теории представлений, решение простейших задач квантовой механики, основы теории атомов и молекул.	использовать математический аппарат квантовой механики в нерелятивистском и релятивистском случаях, физически интерпретировать квантовые процессы.	основными методами научных исследований, статистической обработкой экспериментальных данных с помощью современных информационных технологий	Тест. Решение задач Групповая дискуссия Доклад
Одномерные задачи квантовой механики.	ПК-1	основные положения квантовой механики, элементы теории представлений, решение простейших задач квантовой механики, основы теории атомов и молекул.	использовать математический аппарат квантовой механики в нерелятивистском и релятивистском случаях, физически интерпретировать квантовые процессы.	основными методами научных исследований, статистической обработкой экспериментальных данных с помощью современных информационных технологий	Тест. Решение задач
Движение в центрально-симметричном поле	ПК-1	основные положения квантовой механики, элементы теории представлений, решение простейших задач квантовой механики, основы теории атомов и молекул.	использовать математический аппарат квантовой механики в нерелятивистском и релятивистском случаях, физически интерпретировать квантовые процессы.	основными методами научных исследований, статистической обработкой экспериментальных данных с помощью современных информационных технологий	Решение задач
Спин и системы тождественных частиц	ПК-1	основные положения квантовой механики, элементы теории представлений, решение простейших задач квантовой механики, основы теории атомов и молекул.	использовать математический аппарат квантовой механики в нерелятивистском и релятивистском случаях, физически интерпретировать квантовые процессы.	основными методами научных исследований, статистической обработкой экспериментальных данных с помощью современных информационных технологий	Тест.
Атомы и молекулы	ПК-1	основные положения квантовой механики, элементы теории представлений, решение простейших задач квантовой механики, основы теории атомов и молекул.	использовать математический аппарат квантовой механики в нерелятивистском и релятивистском случаях, физически интерпретировать квантовые процессы.	основными методами научных исследований, статистической обработкой экспериментальных данных с помощью современных информационных технологий	Тест. Решение задач Групповая дискуссия Доклад

4. Критерии и шкалы оценивания

4.1 Тест

Процент правильных ответов	До 60	61-80	81-100
Количество баллов за решенный тест	3	4	5

4.2 Решение задач

5 баллов выставляется, если студент решил все рекомендованные задачи, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

4 балла выставляется, если студент решил не менее 85% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

3 балла выставляется, если студент решил не менее 65% рекомендованных задач, правильно изложил все варианты их решения, аргументировав их, с обязательной ссылкой на соответствующие нормативы (если по содержанию это необходимо).

2 балла - если студент выполнил менее 50% задания, и/или неверно указал варианты решения.

4.3 Выступление с докладом

Баллы	Характеристики выступления обучающегося
5	<ul style="list-style-type: none">— студент глубоко и всесторонне усвоил проблему;— уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает;— опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью;— умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи;— делает выводы и обобщения;— свободно владеет понятиями
3	<ul style="list-style-type: none">— студент твердо усвоил тему, грамотно и по существу излагает ее, опираясь на знания основной литературы;— не допускает существенных неточностей;— увязывает усвоенные знания с практической деятельностью;— аргументирует научные положения;— делает выводы и обобщения;— владеет системой основных понятий
1	<ul style="list-style-type: none">— тема раскрыта недостаточно четко и полно, то есть студент усвоил проблему, по существу излагает ее, опираясь на знания только основной литературы;— допускает несущественные ошибки и неточности;— испытывает затруднения в практическом применении знаний;— слабо аргументирует научные положения;— затрудняется в формулировании выводов и обобщений;— частично владеет системой понятий
0	<ul style="list-style-type: none">— студент не усвоил значительной части проблемы;— допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении ее;— испытывает трудности в практическом применении знаний;— не может аргументировать научные положения;

	<ul style="list-style-type: none"> — не формулирует выводов и обобщений; — не владеет понятийным аппаратом
--	--

4.4 Групповая дискуссия (устные обсуждения проблемы или ситуации)

Критерии оценивания	Баллы
<ul style="list-style-type: none"> • обучающийся ориентируется в проблеме обсуждения, грамотно высказывает и обосновывает свои суждения, владеет профессиональной терминологией, осознанно применяет теоретические знания, материал излагает логично, грамотно, без ошибок; • при ответе студент демонстрирует связь теории с практикой. 	5
<ul style="list-style-type: none"> • обучающийся грамотно излагает материал; ориентируется в проблеме обсуждения, владеет профессиональной терминологией, осознанно применяет теоретические знания, но содержание и форма ответа имеют отдельные неточности; • ответ правильный, полный, с незначительными неточностями или недостаточно полный. 	3
<ul style="list-style-type: none"> • обучающийся излагает материал неполно, непоследовательно, допускает неточности в определении понятий, не может доказательно обосновать свои суждения; • обнаруживается недостаточно глубокое понимание изученного материала. 	1

4.5 Выполнение задания на составление глоссария

	Критерии оценки	Количество баллов
1	аккуратность и грамотность изложения, работа соответствует по оформлению всем требованиям	2
2	полнота исследования темы, содержание глоссария соответствует заданной теме	3
	ИТОГО:	5 баллов

4.6 Подготовка опорного конспекта

Подготовка материалов опорного конспекта является эффективным инструментом систематизации полученных студентом знаний в процессе изучения дисциплины.

Составление опорного конспекта представляет собой вид внеаудиторной самостоятельной работы студента по созданию краткой информационной структуры, обобщающей и отражающей суть материала лекции, темы учебника. Опорный конспект призван выделить главные объекты изучения, дать им краткую характеристику, используя символы, отразить связь с другими элементами. Основная цель опорного конспекта – облегчить запоминание. В его составлении используются различные базовые понятия, термины, знаки (символы) — опорные сигналы. Опорный конспект может быть представлен системой взаимосвязанных геометрических фигур, содержащих блоки концентрированной информации в виде ступенек логической лестницы; рисунка с дополнительными элементами и др.

Критерии оценки опорного конспекта	Максимальное количество баллов
- подготовка материалов опорного конспекта по изучаемым темам дисциплины только в текстовой форме;	3

- подготовка материалов опорного конспекта по изучаемым темам дисциплины в текстовой форме, которая сопровождается схемами, табличной информацией, графиками, выделением основных мыслей с помощью цветов, подчеркиваний.

5

5. Типовые контрольные задания и методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

5.1. Типовое тестовое задание

1. Гипотеза Планка состоит в том, что
 - А) электромагнитные волны излучаются в виде отдельных порций (квантов), энергия которых зависит от частоты
 - Б) Электромагнитные волны поперечны
 - В) Нельзя одновременно точно определить значение координаты и импульса
 - Г) электромагнитные волны излучаются зарядами движущимися с ускорением
 - Д) скорость света постоянна во всех инерциальных системах отсчета

2. Что выражают соотношения неопределённостей в квантовой механике.
 - А) Соотношения между погрешностями в определении координаты и импульса частицы
 - Б) Координаты и импульс микрочастицы
 - В) Квантовые ограничения применимости классических понятий "координата и импульс" к микрообъектам отсутствуют
 - Г) Корпускулярные свойства вещества
 - Д) Квантовые свойства излучения

3. Какие частицы обладают волновыми свойствами?
 - А) Любые частицы
 - Б) Только заряженные частицы
 - В) Электрически нейтральные частицы
 - Г) Частицы, движущиеся с большими скоростями
 - Д) Частицы, движущиеся с ускорением.

4. Какое из приведенных утверждений является верным в теории Бора?
 - А) Разрешенными орбитами для электронов являются такие, для которых момент импульса электронов кратен целому числу величин h .
 - Б) Энергия электрона на орбите и ее радиус могут быть произвольными.
 - В) Радиус орбиты электрона с течением времени увеличивается.
 - Г) При движении электронов по орбите происходит непрерывной излучение энергии.
 - Д) Радиус орбиты электрона с течением времени уменьшается.

5. Под квантованием в физике понимается ...
 - А) дискретность допустимых для частицы значений энергии, момента импульса, проекций магнитного и собственного
 - Б) удовлетворение принципу Паули
 - В) описание механического состояния частицы с помощью волновой функции
 - Г) движение частицы, не подчиняющейся законам классической физики
 - Д) не удовлетворение принципу Паули

6. Длина волны, на которую приходится максимум излучательной способности в спектре абсолютно черного тела, при повышении температуры
- А) изменяется как $1/T$
 - Б) линейно возрастает с T
 - В) не зависит от температуры
 - Г) имеет сложную зависимость от температуры
 - Д) Не измениться
7. Согласно гипотезе де Бройля не только фотон, но и каждый объект обладает ... свойствами.
- А) корпускулярными и волновыми
 - Б) электрическими
 - В) корпускулярными
 - Г) световыми
 - Д) волновыми

КЛЮЧ: 1-а; 2-а; 3-а; 4-а;5-а; 6-а; 7-а

1.2 Примерные задачи

- 1) Определите красную границу фотоэффекта для металла с работой выхода 2 эВ.

Решение:

Из уравнения Эйнштейна $E_K = h\nu - A$ для фотоэффекта при условии $E_K=0$ имеем:
 $h\nu_{\min}=A$

Частота ν света связана с его скоростью c и длиной волны λ выражением $\nu = \frac{c}{\lambda}$

Из этих двух формул получаем: $\frac{hc}{\lambda_{MAX}} = A \Rightarrow \lambda_{MAX} = \frac{hc}{A} = \frac{6,6 \cdot 10^{-34} \cdot 3 \cdot 10^8}{3,2 \cdot 10^{-19}} = 620 \text{ нм}$

Ответ 620 нм

- 2) Найдите максимальную скорость электронов, освобождаемых при фотоэффекте светом с длиной волны $4 \cdot 10^{-7}$ с поверхности материала с работой выхода 1,9 эВ.

Решение:

Для решения задачи воспользуемся уравнением Эйнштейна для фотоэффекта $E_K = h\nu - A$, подставив в него выражение $E_K = \frac{mv^2}{2}$

для максимальной кинетической энергии электронов.

$$v_{\max} = \sqrt{\frac{2 \frac{hc}{\lambda} - 2A}{m}} \approx 6,5 \cdot 10^5 \text{ м/с}$$

Ответ: $6,5 \cdot 10^5 \text{ м/с}$

- 3) Кинетическая энергия электрона 1кэВ. Определить длину волны де Бройля.

Решение:

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}; \quad E_K = \frac{mv^2}{2}; \quad \lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE_K}} = 38,8 \text{ нм}$$

Ответ: 38,8 пм.

- 3) Воспользовавшись соотношением неопределенностей, оцените размытость энергетического уровня ΔE для основного состояния и для возбужденного состояния со временем жизни 10^{-8} с.

Решение:

Из соотношений неопределенностей $\Delta E \Delta t \geq h$

для $n=1$ получим: $\Delta t = \infty \Rightarrow \Delta E = 0$

для $n>1$ получим: $\Delta E = \frac{h}{\Delta t} = \frac{6.6 \cdot 10^{-34}}{10^{-8}} = 414 \text{ нэВ}$

Ответ: $\Delta E = 414 \text{ нэВ}$

4) Электрон с энергией $E=5\text{эВ}$ встречает на своем пути прямоугольный потенциальный барьер высотой $U=10\text{эВ}$ и шириной $l=0.1$ нм. Определить коэффициент прозрачности потенциального барьера.

$$D = \exp\left[-\frac{2l}{h} \sqrt{2m(U-E)}\right] = 0.1$$

Ответ: $D=0.1$

5) Электрон находится в d -состоянии. Определите: 1) момент импульса L_i 2) максимальное значение проекции момента импульса $L_{iz\max}$

Решение:

$$L_i = \hbar \sqrt{l(l+1)}; l = 2$$

$$L_i = \hbar \sqrt{6} = 2.45\hbar$$

$$m_l = 0; \pm 1; \pm 2$$

$$m_{l\max} = 2$$

$$L_{iz\max} = 2\hbar$$

Ответ: $L_i = 2.45\hbar$; $L_{iz\max} = 2\hbar$

5.3 Примерный перечень вопросов к экзамену:

1. Формула Планка.
2. Теория фотонов Эйнштейна.
3. Дискретность атомных состояний. Теория водородоподобного атома по Бору.
4. Волновые свойства частиц.
5. Гипотеза де Бройля.
6. Описание состояния с помощью волновой функции.
7. Волновая функция де Бройля для свободной частицы.
8. Статистическая интерпретация волновой функции.
9. Уравнение Э. Шредингера.
10. Стационарные состояния.
11. Плотность тока вероятности.
12. Сопоставление операторов физическим величинам в квантовой механике.
13. Принцип суперпозиции состояний и линейность операторов в квантовой механике.
14. Собственные функции и собственные значения операторов.
15. Самосопряженные операторы. Вещественность их собственных значений.
16. Ортогональность и нормировка собственных функций.
17. Средние значения физических величин.
18. Коммутация операторов. Условие совместной определенности физических величин.
19. Неравенство Гейзенберга. Соотношение неопределенностей.
20. Изменение во времени средних значений физических величин.
21. Дифференцирование операторов по времени.
22. Законы сохранения в квантовой механике и их связь со свойствами симметрии пространства и времени.

23. Теоремы Эренфеста. Принцип причинности в квантовой механике.
24. Обобщение уравнения Гамильтона-Якоби в квантовой механике.
25. Предельный переход к классической механике.
26. Частица в потенциальном ящике.
27. Линейный гармонический осциллятор.
28. Взаимодействие микрочастицы с прямоугольной потенциальной ступенькой.
29. Прохождение частицы через потенциальный барьер. Туннельный эффект.
30. Движение в центрально-симметричном поле. Разделение переменных в уравнении Шрёдингера.
31. Собственные функции и собственные значения оператора момента импульса.
32. Радиальное уравнение Шрёдингера.
33. Энергетический спектр водородоподобного атома.
34. Радиальные волновые функции стационарных состояний водородоподобного атома и радиальная плотность вероятности.
35. Классификация состояний в атоме водорода.
36. Стационарная теория возмущений невырожденного уровня.
37. Стационарная теория возмущений при наличии вырождения.
38. Теория возмущения, зависящего от времени. Квантовые переходы под влиянием возмущения, периодически зависящего от времени.
39. Вероятность электрических дипольных переходов при взаимодействии заряженной частицы с электрическим полем электромагнитной волны.
40. Коэффициенты Эйнштейна.
41. Правила отбора для орбитального и магнитного квантовых чисел.
42. Спин электрона. Экспериментальные факты.
43. Операторы спина. Матрицы Паули.
44. Полный момент количества движения электрона.
45. Спин - орбитальное взаимодействие.
46. Тонкая структура спектров водородоподобных атомов.
47. Нормальный эффект Зеемана.
48. Аномальный эффект Зеемана.
49. Принцип неразличимости одинаковых микрочастиц.
50. Симметричные и антисимметричные состояния. Бозоны и фермионы.
51. Принцип Паули.
52. Периодическая система элементов Д.И. Менделеева.
53. Атом гелия. Пара- и ортогелий. Обменное взаимодействие.
54. Молекула водорода. Природа ковалентной химической связи.
55. Спин и валентность

5.4 Примерные темы докладов

1. Градиентная инвариантность в квантовой механике.
2. Сложение моментов в квантовой механике.
3. Построение волновых функций с определенным суммарным спином
4. Построение волновых функций для двух спинов $\frac{1}{2}$.
5. Квазиклассическое приближение.
6. Вероятность альфа-распада в квазиклассическом приближении
7. Атом водорода в постоянном электрическом поле,
8. Эффект Штарка.
9. Движение заряженной частицы в магнитном поле.
10. Теория нестационарных возмущений.
11. Адиабатические и внезапные возмущения.
12. Периодические возмущения.
13. Резонансное приближение.

14. Вторичное квантование. Бозоны
15. Вторичное квантование. Фермионы
16. Наблюдаемые физические величины и линейные самосопряжённые операторы. Собственные функции и собственные значения линейных самосопряжённых операторов.
17. Волновая функция и принцип суперпозиции.
18. Оператор Гамильтона. Уравнение Шредингера.
19. Коммутация операторов и её физический смысл.
20. Соотношение неопределённостей Гейзенберга.
21. Оператор импульса. Собственные значения и собственные функции.
22. Координатное и импульсное представления волновой функции.
23. Оператор производной физической величины по времени. Законы сохранения.
24. Плотность потока вероятности. Уравнение непрерывности.
25. Общее решение уравнения Шредингера в стационарном случае. Стационарные состояния.
26. Общие свойства стационарных состояний одномерного движения.
27. Бесконечно глубокая потенциальная яма.
28. Энергетический спектр и стационарные состояния.
29. Одномерный гармонический осциллятор.
30. Операторы уничтожения и рождения.
31. Отражение и прохождение частицы через одномерный потенциальный барьер.
32. Оператор момента импульса.
33. Коммутационные соотношения.
34. Общие свойства собственных функции.
35. Оператор момента импульса. Решение уравнений на собственные значения.
36. Сферические функции.
37. Оператор момента импульса. Повышающий и понижающий операторы.
38. Матричная теория момента.
39. Задача двух тел. Движение в центральном поле. Общие свойства.
40. Классификация состояний дискретного спектра.
41. Уравнение для радиальной волновой функции.
42. Водородоподобный атом.
43. Уровни энергии и волновые функции состояний дискретного спектра.
44. Случайное вырождение.
45. Спин элементарных частиц. Спиновые операторы и спиновые функции.
46. Коммутационные соотношения.
47. Матрицы спина $\frac{1}{2}$. Свойства матриц Паули.
48. Волновая функция частицы со спином $1/2$.
49. Уравнение Паули. Движение заряженной частицы в магнитном поле. Уровни Ландау.
50. Градиентная инвариантность в квантовой механике.
51. Сложение моментов в квантовой механике.
52. Квазиклассическое приближение. Волновые функции и условия шивки. Условия применимости квазиклассического приближения.
53. Правило квантования Бора-Зоммерфельда. Пример нахождения энергетического спектра с помощью правила квантования.
54. Квазиклассический коэффициент прохождения через потенциальный барьер.
55. Вероятность альфа-распада в квазиклассическом приближении
56. Метод Томаса-Ферми.
57. Теория стационарных возмущений для состояний дискретного спектра без вырождения.
58. Теория стационарных возмущений для состояний дискретного спектра с вырождением.

59. Атом водорода в постоянном электрическом поле, эффект Штарка.
60. Вероятность перехода между состояниями дискретного спектра под влиянием возмущения, действующего конечное время. Теория нестационарных возмущений.
61. Адиабатические и внезапные возмущения. Вычисление вероятности перехода под действием внезапного возмущения без использования теории возмущений.
62. Периодические возмущения. Резонансное приближение.
63. Вероятность перехода из состояния дискретного спектра в состояния непрерывного спектра под действием периодического возмущения.
64. Принцип неразличимости тождественных частиц, бозоны и фермионы. Обменное взаимодействие, принцип запрета Паули.
65. Вторичное квантование. Бозоны, операторы уничтожения и рождения, коммутационные соотношения.
66. Вторичное квантование. Фермионы, операторы уничтожения и рождения, коммутационные соотношения.
67. Задача рассеяния. Квантово-механическая постановка и принципы решения. Амплитуда и сечение рассеяния. Оптическая теорема.
68. Борновское приближение в задаче рассеяния. Условия применимости борновского приближения. Предельные случаи медленных и быстрых частиц.
69. Разложение волновой функции задачи рассеяния по состояниям с определенным моментом.
70. Фазовая теория рассеяния. Фазы и матрица рассеяния.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ДИСЦИПЛИНЫ
ОСНОВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ПРОГРАММА
14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика
Направленность (профиль) – Теплофизика

(код, направление, профиль)

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА

Шифр дисциплины по РУП		Б1.В.ОД.6			
Дисциплина		Квантовая механика			
Курс	3	семестр	5		
Кафедра		Физики, биологии и инженерных технологий			
Ф.И.О. преподавателя, звание, должность		Шейко Елена Михайловна, старший преподаватель кафедры физики, биологии и инженерных технологий			
Общ. трудоемкость _{час/ЗЕТ}		216/6	Кол-во семестров	1	Форма контроля
					экзамен
ЛК _{общ./тек. сем.}	16/16	ПР/СМ _{общ./тек. сем.}	16/16	ЛБ _{общ./тек. сем.}	-/-
				СРС _{общ./тек. сем.}	148/148

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:
(код, наименование)

- способность к участию в разработке методов прогнозирования количественных характеристик процессов, протекающих в конкретных технических системах на основе существующих методик (ПК-1)

Код формируемой компетенции	Содержание задания	Количество мероприятий	Максимальное количество баллов	Срок предоставления
Вводный блок				
	Не предусмотрен			
Основной блок				
ПК-1	Тест	4	20	В течение семестра
ПК-1	Групповая дискуссия	2	10	В течение семестра
ПК-1	Решение задач	4	20	В течение семестра
ПК-1	Доклад	2	10	В течение семестра
Всего:			60	
ПК-1	Экзамен	Вопрос 1	20	По расписанию
		Вопрос 2	20	
Всего:			40	
Итого:			100	
Дополнительный блок				
ПК-1	Создание глоссария		5	По согласованию с преподавателем
ПК-1	Создание опорного конспекта		5	По согласованию с преподавателем
Итого			10	

Шкала оценивания в рамках балльно-рейтинговой системы МАГУ: «2» - 60 баллов и менее, «3» - 61-80 баллов, «4» - 81-90 баллов, «5» - 91-100 баллов.