

# Спецификация РТ6 Квантовая механика. Классические и современные представления о строении и оптических свойствах атомов, молекул и твердых тел. Ядерная физика и физика элементарных частиц

#	Название модуля	Заданий	Балл
1	РТ6 Квантовая механика. Ядерная физика и физика элементарных частиц (РТ6) весна 2018г.		
1.1	9.1.1 Определяет длину волны де-Бройля в условиях задачи. Объясняет опыты по дифракции электронов (опыты Тартаковского) и оценивает их результаты, сравнением с дифракцией волн. Объясняет особый смысл свойств волн де-Бройля и их отличие от электромагнитных волн. Определяет связь между корпускулярными и волновыми свойствами частиц. Определяет условие, когда выводы квантовой механики совпадают с результатами классической механики. Описывает вероятностный смысл волн де-Бройля. Классифицирует квадрат модуля амплитуды волн де-Бройля в данной точке, как меру вероятности того, что частица обнаруживается в этой точке.	1	1,00
1.2	9.2.1 Распознаёт соотношение неопределённостей для значений координат и импульса. Определяет, что понятие о движении частицы по определённой траектории должно применяться только в тех случаях, когда неопределённости в значениях координаты частицы и проекции импульса на данную координатную ось, определяемые соотношением Гейзенберга, намного меньше значений импульса и координаты. Распознаёт, что при больших $m$ неопределённости становятся пренебрежимо малы. Применяет для описания состояния частицы, находящейся в нестационарном состоянии (например, в возбужденном) в течение времени $t$ и обладающей некоторой энергией $W$ , соотношение неопределённостей в виде, позволяющем оценить время, которое необходимо затратить для обеспечения заданной точности определения энергии.	1	1,00
1.3	9.3.1 Классифицирует значения волновой функции $\psi$ и энергии $W$ , при которых существуют решения уравнения Шрёдингера – как собственные значения (при данном значении потенциальной энергии $U$ ).	1	1,00
1.4	9.3.2 Характеризует физическое содержание волновой функции и условия, которые налагаются на функцию $\psi(x,y,z,t)$ и используются при решении практических задач. Распознаёт квадрат модуля волновой функции как плотность вероятности пребывания частицы в данной точке пространства. Определяет волновую функцию, описывающую поведение микрочастиц, для важных практических задач. Решает уравнения Шрёдингера для движения свободной частицы (плоская монохроматическая волна де-Бройля), для частицы в потенциальной яме (энергия частицы квантована). Объясняет явления прохождения частицы сквозь потенциальный барьер. Распознаёт принципиально новый вывод о возможности прохождения частиц сквозь потенциальные барьеры (туннельный эффект). Распознаёт понятие прозрачности $D$ потенциального барьера, как отношение интенсивностей волны, прошедшей сквозь барьер и падающей на барьер.	1	1,00
1.5	10.1.1 Применяет постулаты Бора (и законы классической физики) для определения характеристик движения электрона по (классическим) орбитам. Определяет радиус орбит, скорость, кинетическую и потенциальную энергию и полную энергию электрона в водородоподобных системах. Распознаёт экспериментальное подтверждение постулатов Бора (опыты Франка и Герца) и роль теории Бора в создании атомной физики. Классифицирует успехи и затруднения теории Бора.	1	1,00
1.6	10.1.2 Даёт характеристику закономерностей линейчатых спектров атома водорода (серийные закономерности), ядерной модели атома и квантовому характеру излучения по Бору.	1	1,00
1.7	10.2.1 Описывает состояние электрона в водородоподобном атоме с помощью волновой функции. Определяет: квантование момента импульса электрона в атоме и орбитальное квантовое число; квантование энергии электрона и главное квантовое число.	1	1,00

1.8	10.2.2 Объясняет характеристики основного состояния атома водорода и пространственное квантование проекции вектора орбитального момента импульса электрона (на направления внешнего магнитного поля). Классифицирует состояние электрона, обладающего различными значениями орбитального квантового числа, и $s$ – состояние электрона в атоме водорода при $n = 1$ . Определяет содержание опытов Штерна и Герлаха и их результаты. Объясняет аномальное значение гиромангнитного отношения для ферромагнетиков. Распознаёт собственный механический момент импульса $L_s$ – (спин электрона) и собственный магнитный момент $m_s$ электрона. Определяет закон квантования спина и проекцию спинового механического момента импульса электрона.	1	1,00
1.9	10.3.1 Распознаёт принцип Паули применительно к системе электронов в атоме. Определяет максимальное число электронов, находящихся в состояниях, определяемых значением $n$ .	1	1,00
1.10	10.3.2 Объясняет закон изменения химических и физических свойств элементов в зависимости от их атомных весов. Распознаёт положения, лежащие в основе теории периодической системы: о порядковом номере химического элемента; о заполнении электронами энергетических состояний; принцип минимума потенциальной энергии. Объясняет заполнение электронных оболочек, распределение электронов по подоболочкам в атомах. Объясняет периодичность химических свойств элементов.	1	1,00
1.11	10.4.1 Использует условие разрешённых переходов (правила отбора) в спектрах атомов для определения частот (длин волн) спектральных линий. Характеризует главную серию, возникающую при переходах $p > s$ . Объясняет тонкую структуру спектральных линий. Объясняет дополнительную энергию электрона, являющуюся причиной раздвоения энергетических уровней атома, спин-орбитальным взаимодействием. Определяет содержание эффектов Зеемана и Штарка.	1	1,00
1.12	10.4.2 Описывает излучение и поглощение света с использованием квантовой механики (и в согласии с опытом). Описывает: спонтанное излучение, среднюю продолжительность жизни атома в возбуждённом состоянии, естественную ширину энергетического уровня и спектральной линии, ударное уширение и доплеровское уширение; вынужденное (индуцированное) излучение.	1	1,00
1.13	10.5.1 Называет значительную роль в исследованиях строения атома рентгеновских лучей и их практическое использование. Объясняет природу рентгеновского излучения. Классифицирует рентгеновское излучение по частотному диапазону и его характеристики, обеспечивающие его практическое использование (рентгеновская дефектоскопия и т.д.). Классифицирует тормозное рентгеновское излучение, характеристическое рентгеновское излучение и их спектры. Объясняет физический смысл линейчатых характеристик рентгеновских спектров. Характеризует закон Мозли, сопоставляет его с сериальной формулой для водородоподобного атома.	1	1,00
1.14	10.6.1 Определяет виды связи атомов в молекуле и даёт их общую характеристику. Распознаёт ионную связь, когда электрон от одного атома переходит к другому ( $\text{NaCl}$ ), и ковалентную связь, когда электроны обобществляются двумя атомами ( $\text{H}_2$ , молекулы органических и неорганических соединений). Объясняет ионную и ковалентную связь и приводит примеры молекул веществ обоих видов. Объясняет расщепление в молекулах энергетических уровней. На примере (молекулы $\text{H}_2$ ) объясняет расщепление удвоенной энергии основного состояния атома водорода на два возможных значения в результате взаимодействия между атомами в молекуле.	1	1,00
1.15	10.7.1 Классифицирует вид излучения, избыточный над тепловым – люминесценцию и её различные виды. Отличает люминесцентное излучение от теплового излучения. Определяет неравновесный характер люминесценции, центры люминесценции в твёрдом теле, длительность люминесценции. Описывает процесс и характеристики люминесценции различных видов и приводит примеры использования люминесценции. Объясняет электролюминесценцию, хемилюминесценцию, фотолюминесценцию. Определяет электрический выход фотолюминесценции. Объясняет принцип люминесцентного анализа. Определяет характеристики источников света, в которых используется явление люминесценции.	1	1,00
1.16	10.8.1 Дает характеристику явления индуцированного излучения, лежащего в основе оптических квантовых генераторов (ОКГ), и перечисляет его характеристики. Объясняет равновесное и неравновесное состояние системы – инверсное (обращённое) состояние и характеристику процесса накачки. Объясняет принцип действия ОКГ и преимущества характеристик его излучения, определяющие практическое использование лазерного излучения. Классифицирует разнообразие видов активных сред лазера; определяет различные физические механизмы накачки; Рассматривает процесс, например, для твёрдотельного рубинового лазера.	1	1,00

1.17	11.1.1 Перечисляет состав ядра и его характеристики. Определяет спин ядра (момент количества движения ядра), который является важнейшей характеристикой ядра, и магнитный момент, измеряемый ядерным магнетомом. Объясняет ядерные силы и их особые свойства. Распознает энергию связи нуклона в ядре, удельную энергию связи и дефект массы ядра. Описывает модели ядра и определяет их характеристики.	1	1,00
1.18	11.2.1 Даёт определение явления естественной радиоактивности и характеристику $\alpha$ , $\beta$ и $\gamma$ излучения. Объясняет закон радиоактивного распада. Определяет постоянную распада, период полураспада, среднюю продолжительность жизни данного радиоактивного вещества, применяет закон радиоактивного распада. Применяет правила смещения для процесса превращения ядер атомов радиоактивных элементов в ядра изотопов других химических элементов. Характеризует $\beta^-$ – излучение как сопровождающее $\beta^-$ и $\beta^+$ распады и имеющее большую проникающую способность (гамма – дефектоскопия).	1	1,00
1.19	11.2.2 Классифицирует экспериментальные методы наблюдения и явления, лежащие в основе метода (сцинтилляционные счётчики, счётчики Гейгера, счётчики Черенкова, камера Вильсона и т.д.).	1	1,00
1.20	11.3.1 Классифицирует ядерные реакции с выходом нейтронов (в том числе ядерную реакцию, в которой впервые получен $n_0^1$ ). Объясняет применение метода зондирования атомных ядер с помощью $\beta^-$ частиц. Объясняет явление искусственной (наведенной) радиоактивности. Классифицирует: 1) искусственную $\beta^-$ – радиоактивность, возникающую при избытке нейтронов в ядре; 2) искусственную $\beta^+$ – радиоактивность, возникающую при избытке протонов в ядре; 3) возникновение рентгеновского характеристического излучения при $e^-$ -захвате (исчезновение одного из электронов на ближайшей к ядру $k$ -оболочке атома). Делает описание явления возникновения и уничтожения электронно – позитронных пар – как примера взаимосвязи различных форм материи. Определяет превращение материи в форму вещества в материю в форме электромагнитного поля (и обратное превращение) в указанных явлениях и выполнение законов сохранения.	1	1,00
1.21	11.3.2 Даёт общую характеристику и примеры ядерных реакций. Классифицирует образование (промежуточного) состава ядра в первом этапе ядерной реакции и вылет из составляющего ядра частиц в следующем этапе. Распознает понятия: ядерное время, эффективное поперечное сечение $\sigma_0$ , ширина уровня Г. Классифицирует ядерные реакции по определенным признакам (по роду участвующих в ядерной реакции частиц; по характеру происходящих при реакции ядерных превращений). Делает описание ядерных реакций под действием нейтронов (наиболее эффективное действие). Распознает особенности прохождения нейтронов через вещество, обусловленные отсутствием у них электрического заряда. Распознает особенности взаимодействия нейтронов с ядрами для случаев медленных частиц (тепловые нейтроны, резонансное поглощение нейтронов, использование замедлителей) и быстрых нейтронов. Определяет особую роль реакций ядер урана с нейтронами в ядерной физике.	1	1,00
1.22	11.4.1 Даёт общую характеристику ядерных превращений. Классифицирует: деление тяжелых ядер на осколки приблизительно равной массы (с выделением огромной энергии) при облучении ядер как быстрыми, так и медленными нейтронами (более эффективно). Объясняет существование нескольких цепочек последовательных радиоактивных превращений; размножение нейтронов, сопровождающее процесс деления ядер. Объясняет параметры и характеристики реакций деления. Определяет энергию активации деления ядра (пары деления) – как величину потенциального барьера, который должен быть преодолен для создания критических условий «деформации» ядра – капли и его деления. Объясняет особенности деления трансурановых ядер.	1	1,00
1.23	11.4.2 Делает описание цепной реакции деления и объясняет принцип устройств для их реализации. Распознает условия возникновения цепной реакции деления (лавинообразное нарастание числа актов деления); объясняет процесс, когда не все нейтроны, захваченные ядрами, вызывают процесс деления (процессы радиационного захвата и неупругого рассеяния нейтронов ядрами). Определяет понятия: коэффициент размножения нейтронов, активная зона реакции и ее минимальные размеры – критические размеры; критическая масса (минимальная) делящихся веществ; назначение и свойства отражателя для нейтронов (графит, $DO_2$ ...), скорость развития реакции. Классифицирует управление цепной реакцией деления – как воздействие на процессы замедления нейтронов, их движение в веществе и, наконец, на их захват. Объясняет структурную схему ядерного реактора и назначение отдельных ее элементов. Различает ядерные реакторы на медленных и быстрых нейтронах. Выделяет особый реактор на быстрых нейтронах, в котором осуществляется неуправляемая цепная реакция взрывного типа – атомная бомба.	1	1,00

1.24	11.5.1 Определяет реакции синтеза ядер, требующие высоких кинетических энергий сталкивающихся ядер, как термоядерные реакции (протекающие при высоких температурах). Распознает возможность протекания термоядерной реакции синтеза в облегченном температурном режиме, что объясняется особым состоянием плазмы. Объясняет протекание термоядерных реакций на солнце и звездах (в форме протонно-протонного цикла и в форме углеродно-азотного цикла). Распознаёт процессы, являющиеся источником энергии, компенсирующим излучение энергии Солнца и звёзд.	1	1,00
1.25	11.5.2 Объясняет возможности осуществления управляемой термоядерной реакции при поддержании условий, необходимых для интенсивного выделения энергии. Определяет условия осуществления самоподдерживающейся термоядерной реакции, а именно: скорость выделения энергии в системе, где происходит реакция, должна быть не меньше, чем скорость отвода энергии от системы (за счет тормозного рентгеновского излучения). Характеризует известные способы: эффективная магнитная термоизоляция плазмы; сжатие плазмы и ее нагревание ударными волнами, возникающими в плазме в результате очень быстрого нарастания магнитного поля. Классифицирует задачу: увеличение времени существования устойчивого режима плазмы и ее плотности.	1	1,00
1.26	11.6.1 Перечисляет и характеризует основные свойства группы элементарных частиц (и их античастиц): набор физических величин – квантовых чисел, определяющих свойства. Распознает: лептоны, адроны (барионы и мезоны), калибровочные бозоны (частицы, переносящие взаимодействие между фундаментальными фермионами (кварками и лептонами)). Распознает наличие античастиц (с квантовыми числами противоположного знака) для всех элементарных частиц. Распознает и приводит примеры по группам частиц: массу частицы, время жизни, спин, электрический заряд, внутреннюю четность и другие квантовые числа частиц.	1	1,00
1.27	11.6.2 Объясняет физический смысл квантово-полевой теории, которая включает в себя представление о полях для каждого типа элементарных частиц. Распознает объединение разнородных явлений в одной теории, описывающей электро-слабое взаимодействие (электромагнетизм и слабое взаимодействие) и сильное взаимодействие (бета-распад, нейтрино, протоны, нейтроны, пионы).	1	1,00
1.28	11.6.3 Объясняет слабое взаимодействие, которое стремится превратить в конечном счете все элементарные частицы в электроны и нейтрино.	1	1,00
1.29	11.7.1 Классифицирует фундаментальные частицы вещества (кварки и лептоны) на современном уровне знаний, а также частицы (калибровочные бозоны), переносящие взаимодействие между фундаментальными частицами. Классифицирует основные положения модели кварков: все сильнодействующие частицы состоят из кварков (фермионы); взаимодействие кварков осуществляют 8 глюонов.	1	1,00
1.30	11.7.2 Объясняет кварковую модель адронов. Классифицирует адроны – как частицы, участвующие в сильных или ядерных взаимодействиях (все барионы и мезоны) и представляющие собой составные системы. Дает объяснение некоторых парных и более сложных комбинаций кварков с указанием, каким известным адронам данное сочетание кварков соответствует. Дает характеристику «феноменологическим» работам и чисто «теоретическим» работам по построению иерархической модели частиц в условиях любых энергий. Классифицирует и характеризует отдельные участки шкалы энергии взаимодействия, а также меру неопределенности.	1	1,00
Итого		30	30,00