

**Программа
вступительного испытания по специальной дисциплине
в аспирантуру НИЦ «Курчатовский институт»
по группе научных специальностей**

1.3. Физические науки

1.3.17. Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

1. Общие положения

1.1. Данная программа предназначена для подготовки к вступительным испытаниям в аспирантуру по специальной дисциплине. Программа вступительных испытаний в аспирантуру подготовлена в соответствии с федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования (уровень магистра или специалиста).

Экзамен проводится с целью выявления у поступающего объема научных знаний, научно-исследовательских компетенций, навыков системного и критического мышления, необходимых для обучения в аспирантуре. Поступающий должен показать профессиональное владение теорией и практикой в предметной области, продемонстрировать умение вести научную дискуссию.

1.2. Программой устанавливается:

форма, структура, процедура сдачи вступительного испытания;

шкала оценивания;

максимальное и минимальное количество баллов для успешного прохождения вступительного испытания;

критерии оценки ответов.

1.3. Вступительное испытание проводится на русском языке.

1.4. Организация и проведение вступительного испытания осуществляется в соответствии с Правилами приема, утвержденными приказом НИЦ «Курчатовский институт».

1.5. По результатам вступительного испытания, поступающий имеет право подать на апелляцию о нарушении, по мнению поступающего, установленного порядка проведения вступительного испытания и (или) о несогласии с полученной

оценкой результатов вступительного испытания в порядке, установленном Правилами приема, действующими на текущий год поступления.

2. Форма, процедура проведения и шкала оценивания вступительного испытания

2.1. Вступительное испытание проводится в форме экзамена на основе билетов. Каждый экзаменационный билет содержит по 3 вопроса. Экзамен проходит в устной форме. Подготовка к ответу составляет 1 академический час (60 минут) без перерыва с момента раздачи билетов. Ответ на билет оценивается от 0 до 10 баллов в зависимости от полноты и правильности ответов.

Билет включает в себя два вопроса по общефизическим и математическим дисциплинам, один вопрос по дисциплине специализации.

Вопросы по общей физике охватывают следующие темы: колебания и волны, основы молекулярной физики, термодинамики, оптики, а также квантовой и ядерной физики.

Вопросы по высшей математике призваны определить на основе решения конкретных математических примеров уровень владения поступающим в аспирантуру математическими навыками, необходимыми при решении физических задач.

Вопросы по дисциплине специализации включают в себя вопросы по научной специальности 1.3.17 Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества.

В случае проведения экзамена в дистанционном формате вступительное испытание проводится в режиме видеоконференцсвязи.

2.2. Экзамен по специальной дисциплине оценивается по 10-балльной шкале. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания по специальной дисциплине, устанавливается равным 4 баллам.

Шкала оценивания

Оценка,	Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой
----------------	----------------------------------------------------------

баллы	
9-10	Поступающий уверенно владеет материалом, приводит точные формулировки теорем, процессов и явлений, и других утверждений, сопровождает их строгими и полными доказательствами, уверенно отвечает на дополнительные вопросы программы вступительного испытания.
6-8	Поступающий владеет материалом, приводит точные формулировки теорем, процессов и явлений, и других утверждений, сопровождает их доказательствами, в которых допускает отдельные неточности. Отвечает на большинство дополнительных вопросов по программе вступительного испытания.
4-5	Поступающий знаком с основным материалом программы, приводит формулировки теорем, процессов и явлений, и других утверждений, но допускает некоторые неточности, сопровождает их доказательствами, в которых допускает погрешности либо описывает основную схему доказательств без указания деталей. Отвечает на дополнительные вопросы по программе вступительного испытания, допуская отдельные неточности.
0-3	Поступающий не владеет основным материалом программы, не знаком с основными понятиями, не способен приводить формулировки теорем, процессов и явлений, и других утверждений, не умеет доказывать теоремы и другие утверждения, не знает даже схемы доказательств. Не отвечает на большинство дополнительных вопросов по программе вступительного испытания.

3. Вопросы к экзамену

3.1. Вопросы по общефизическим дисциплинам

1. Свободные колебания системы без трения. Математический маятник. Физический маятник. Сложение гармонических колебаний одного направления. Биения. Затухающие колебания. Вынужденные колебания. Резонанс.

2. Различные формы записи уравнения состояния идеального газа. Уравнение адиабаты идеального газа. Работа, совершаемая идеальным газом при политропическом и адиабатическом процессе. Физический смысл энтропии идеального газа.

3. Число ударов молекул газа о стенку. Газокинетический вывод выражения для давления газа на стенку. Основное уравнение молекулярнокинетической теории газов.

4. Распределение Максвелла. Наиболее вероятная скорость молекул, средняя

арифметическая и средняя квадратичная скорости молекул. Распределение Больцмана. Распределение молекул по координатам. Барометрическая формула.

5. КПД тепловой машины. КПД цикла Карно. Теорема Карно.

6. Явления переноса. Диффузия газов. Газокинетический вывод выражения для коэффициента диффузии. Вязкость газов. Газокинетический вывод выражения для коэффициента вязкости. Теплопроводность газов. Газокинетический вывод выражения для коэффициента теплопроводности.

Основы электромагнетизма

1. Линии напряженности электрического поля и эквипотенциальные поверхности. Связь между напряженностью и потенциалом. Работа силы электрического поля. Потенциал.

2. Электрический диполь в однородном и неоднородном поле (вращательный момент, энергия, сила). Дипольный электрический момент системы зарядов. Поле электрического диполя.

3. Поле вне и внутри объемно заряженного шара. Поле одной и двух заряженных плоскостей.

4. Емкость. Конденсаторы. Емкость плоского конденсатора. Энергия заряженного конденсатора. Энергия электрического поля. Плотность энергии.

5. Сила и плотность тока. Закон Ома и закон Джоуля-Ленца в интегральной и дифференциальной формах. Мощность тока. Удельная тепловая мощность тока.

6. Магнитное поле равномерно движущегося заряда. Сила Лоренца. Сила, действующая на заряд, движущийся в магнитном поле.

7. Закон Био-Савара-Лапласа. Теорема о циркуляции. Поле в центре и на оси кругового тока. Поле бесконечного прямого тока. Контур с током в однородном и неоднородном магнитном поле (вращательный момент, энергия, сила).

8. Явление электромагнитной индукции. Правило Ленца. ЭДС индукции. Индуктивность соленоида. Токи замыкания и размыкания. Энергия магнитного поля.

9. Ток смещения. Полный ток. Уравнения Максвелла.

Основы волновой оптики

1. Волновое уравнение. Уравнение плоской волны.

2. Эффект Доплера для звуковых и электромагнитных волн.

3. Принцип Гюйгенса. Принцип Ферма. Законы отражения и преломления.

4. Явление интерференции. Сложение двух электромагнитных волн.

Интенсивность суммарной волны.

5. Временная когерентность, длина когерентности на примере опыта Юнга с монохроматическим протяженным источником.

6. Способы наблюдения интерференции света (зеркало Ллойда, бипризма и бизеркала Френеля).

7. Интерференционные полосы равного наклона. Интерференционные полосы равной толщины. Простой клин.

8. Кольца Ньютона. Интерференция света на тонких пленках. Просветление оптики.

9. Графическое сложение амплитуд. Зоны Френеля.

10. Дифракция Френеля на круглом отверстии и на диске. Дифракция Френеля на щели. Дифракция Фраунгофера на щели.

11. Дифракционная решетка. Положение и угловая ширина главных дифракционных максимумов дифракционной решетки. Дисперсия и разрешающая способность дифракционной решетки.

12. Дифракция рентгеновских лучей. Формула Брэгга-Вульфа.

Основы квантовой физики, строения вещества, атомной и ядерной физики

1. Экспериментальные законы теплового излучения (Стефана-Больцмана, Вина).

2. Формула Планка. Вывод закона Стефана-Больцмана из формулы Планка.

3. Фотоэффект. Уравнение А.Эйнштейна для фотоэффекта.

4. Опыт Боте. Фотоны.

5. Эффект Комптона.
6. Постулаты Бора. Опыт Франка и Герца.
7. Элементарная боровская теория водородоподобного атома.
8. Гипотеза де-Бройля. Экспериментальные основания квантовой механики.
9. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Оценка размеров и минимальной энергии водородоподобного атома.
10. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Оценка минимальной энергии одномерного гармонического осциллятора.
11. Уравнение Шредингера. Физический смысл и свойства пси-функции.
12. Частица в одномерной бесконечно глубокой потенциальной яме. Результаты квантовой механики для одномерного гармонического осциллятора.
13. Результаты квантовой механики для водородоподобного атома.
14. Собственный механический и магнитный моменты электрона. Магнетон Бора.
15. Принцип Паули. Заполнение электронных оболочек атома. Электронные конфигурации.
16. Характеристические рентгеновские спектры. Закон Мозли.
17. Комбинационное рассеяние света. Эффект Рамана.
18. Энергетические зоны в твердых телах. Металлы, диэлектрики и полупроводники. Собственные и примесные полупроводники. Электронная и дырочная проводимость.

Литература

1. Базаров И. П. Б 17. Термодинамика: Учебник. 5 е изд., стер. – СПб.: Издательство «Лань», 2010. – 384 с.
2. Молекулярная физика. Матвеев А.Н. М.: Высшая школа, 1981. – 400 с.
3. Савельев И.В. Курс общей физики, в 3-х томах. М.: Наука, 1982.
4. Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма. М.: Высшая школа, 1991.
5. Иродов И.Е. Волновые процессы. М., СПб: Физматлит, 2002.

3.2. Высшая математика

1. Понятие производной функции. Основные правила дифференцирования функций. Нахождение экстремумов функции.

2. Понятие матрицы. Определитель матрицы и его вычисление.

3. Система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ). Методы решения СЛАУ: метод Гаусса, метод Крамера. Критерий существования нетривиального решения системы однородных линейных алгебраических уравнений.

4. Понятие первообразной функции. Вычисление неопределённых и определённых интегралов, в том числе несобственных.

5. Понятие числового ряда. Признаки сходимости числовых рядов. Разложение функции в ряд Тейлора.

6. Понятия градиента функции, дивергенции, ротора и циркуляции векторного поля. Теоремы Остроградского-Гаусса и Стокса.

7. Понятие обыкновенного дифференциального уравнения. Типы ОДУ первого порядка и методы их решения: уравнение с разделяющимися переменными, однородное ОДУ, уравнение в полных дифференциалах, линейное дифференциальное уравнение, уравнения, не разрешённые относительно производной.

8. Линейное дифференциальное уравнение произвольного порядка с постоянными коэффициентами. Методы его решения.

9. Система линейных дифференциальных уравнений первого порядка. Методы её решения.

10. Понятие аналитической функции. Разложение функции, аналитической в кольце, в ряд Лорана. Классификация изолированных особых точек. Вычеты. Основная теорема о вычетах и её приложения.

11. Основные уравнения математической физики. Классификация линейных дифференциальных уравнений с частными производными второго порядка с двумя независимыми переменными.

12. Решение краевых задач для уравнений гиперболического и параболического типов методом Фурье.

13. Решение задачи Коши для волнового уравнения в одномерном случае.

Литература

1. Бронштейн И.Н. Справочник по математике: Для инженеров и учащихся втузов/И.Н. Бронштейн, К.А. Семендяев, 13-е изд., испр. -М.: Наука, 1986. - 544 с.

2. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике (12-е изд.). М.: Наука, 1977.

3. Беклемишев Д.В. Курс аналитической геометрии и линейной алгебры: Учеб. для спец. вузов/Беклемишев Д.В.-6-е изд., стереотип. -М.:Наука,1987. 319с.

4. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики: Учеб. пособие для вузов /Тихонов А.Н., Самарский А.А. 5-е изд., стереотип. - М.: Наука, 1977. - 735 с.

3.3. Вопросы по научной специальности 1.3.17 Химическая физика, горение и взрыв, физика экстремальных состояний вещества

1. Основы квантовой теории многоэлектронных систем. Свойства симметрии многоэлектронной волновой функции. Основное и возбужденное состояния атома гелия. Многоэлектронные атомы и периодическая система элементов. Операторы момента импульса. Уровни энергии. Основные принципы теории валентности.

2. Электронное строение молекул. Метод молекулярных орбиталей и его применение к двухатомным молекулам. Молекулярные орбитали гомоядерных и гетероядерных двухатомных молекул. Правило пересечения потенциальных кривых. Понятие о методе самосогласованного поля. Гибридизация атомных волновых функций. Метод молекулярных орбиталей в приближении Хюккеля применительно к молекулам с сопряженными связями.

3. Электронное строение координационных соединений. Межмолекулярное взаимодействие. Теория кристаллического поля. Комплексы со слабой и сильной связью. Спин-орбитальное взаимодействие. Применение метода молекулярных орбиталей к координационным соединениям. Силы Ван-дер-Ваальса. Донорно-акцепторные комплексы. Водородная связь.

4. Строение и свойства твердого тела. Оптические и акустические фононы. Электрон в кристалле, зона проводимости и запрещенная зона. Электропроводность металлов и полупроводников. Аморфные твердые тела. Жидкости.

Динамика атомов и молекул

1. Химическая термодинамика и равновесие. Равновесное распределение молекул идеального газа. Распределение Максвелла и распределение Больцмана. Распределение Бозе и Ферми. Статистика Гиббса. Термодинамические свойства идеальных газов. Флуктуации. Равновесие фаз. Слабые растворы. Химические равновесия. Поверхностные явления.

2. Элементарные атомно-молекулярные процессы. Упругие столкновения атомов. Полное и дифференциальное сечения рассеяния. Неупругие столкновения.

3. Мономолекулярные реакции. Механизм активации молекул. Сильные столкновения и ступенчатое возбуждение. Статистическая модель мономолекулярных реакций.

4. Термический распад двухатомных молекул. Бимолекулярные реакции, идущие через образование промежуточного комплекса. Прямые бимолекулярные реакции: рикошетный механизм, механизм срыва, механизм прямого выбивания. Распределение энергии в бимолекулярных реакциях.

5. Обмен энергии при молекулярных столкновениях. Превращение поступательной, вращательной и колебательной энергий при столкновениях. Релаксация по поступательным, вращательным и колебательным степеням свободы.

6. Взаимодействие электронов с атомами и молекулами. Возбуждение атомов и молекул электронным ударом. Ионизация атомов и молекул электронным ударом. Фотоионизация. Рекомбинация электронов и атомов.

Основы химической кинетики

1. Механизм и скорость химической реакции. Закон действующих масс. Порядок реакции. Константа скорости. Закон Аррениуса. Кинетика сложных реакций. Обратимые, последовательные, параллельные процессы. Метод квазистационарных концентраций. Лимитирующая стадия сложного химического процесса.

2. Цепные реакции. Зарождение, продолжение и обрыв цепей. Длина цепи. Химические лазеры.

3. Химические реакции в жидкой фазе. Влияние диффузии на скорость

реакции. Клеточный эффект. Влияние диэлектрической постоянной и ионной силы на скорости химических реакций в растворах. Солевой эффект.

4. Гомогенно-каталитические реакции. Автокатализ. Гетерогенный катализ.

Основы молекулярной спектроскопии

1. Электронная структура молекул. Возбужденные состояния. Поглощение и испускание света.

2. Индуцированное и спонтанное излучение, лазеры. Формула Планка.

3. Спектры поглощения и люминесценции. Флуоресценция и фосфоресценция. Правила отбора для вращательных, колебательных и электронных переходов. Теория и методы расчета электронно-колебательных спектров многоатомных молекул. Приближения Франка-Кондона и ГерцбергаТеллера.

Литература

1. Маррсл Дж., Кетти С., Теддер Дж. Теория валентности. М.: Мир, 1968.

2. Герцберг Г. Спектры и строение простых свободных радикалов. М.: Л., Физматгиз, 1962.

3. Эмануэль Н.М., Кнорре Д.Г. Курс химической кинетики. М.: Высш. школа, 1974.

4. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. М.: Наука, 1987.

5. Денисов Е.Т., Саркисов О.М., Лихтенштейн Г.И. Химическая кинетика. М.: Химия, 2000.

6. Бучаченко А.Л., Сагдеев Р.З., Салихов К.М. Магнитные и спиновые эффекты в химических реакциях. Новосибирск: Наука, 1978.