

**Программа**  
**вступительного испытания по специальной дисциплине**  
**в аспирантуре НИЦ «Курчатовский институт»**  
**по группе научных специальностей**  
**1.4. Химические науки**  
**1.4.1. Неорганическая химия**

**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 объёма 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. Экзамен проходит в устной форме. Подготовка к ответу составляет 1 астрономический 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 в соответствии с перечнем тем, установленных данной Программой, на которые необходимо дать развернутые и полные ответы.

Вопросы охватывают следующие темы: основы атомно-молекулярного учения, квантовомеханическая модель атома, периодический закон Д.И. Менделеева и периодическая система элементов, теории химической связи и валентности, химия комплексных соединений, закономерности протекания химических процессов, растворы электролитов и неэлектролитов, химия элементов – неметаллов и металлов, материаловедение (химическая технология).

Вопросы специализации включают в себя вопросы по научной специальности  
1.4.1 Неорганическая химия.

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**

<b>Оценка, баллы</b>	<b>Уровень подготовленности, характеризуемый оценкой</b>
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

#### Основы атомно-молекулярного учения

1. Основные понятия химии: атом, молекула, химический элемент, изотопы, простое и сложное вещество, эквивалент, моль. Основные стехиометрические законы, их развитие.

#### Квантовомеханическая модель атома

2. Развитие представлений о строении атома: ядро, протоны, нейтроны, электроны. Волновая теория строения атома, двойственная природа электрона, принцип неопределённости.

3. Квантовомеханические представления о строении электронных оболочек атома: понятие о волновой функции, электронной плотности и её радиальном распределении в атоме водорода, радиусе атома, квантовых числах, s-, p-, d- и f- состояниях электронов, энергетическом уровне, подуровне, атомной орбитали.

4. Принцип Паули и емкость электронных оболочек, правило Хунда. Строение электронных оболочек многоэлектронных атомов, энергия атомных орбиталей.

## **Периодический закон Д.И. Менделеева и периодическая система элементов**

5. Периодический закон Д.И. Менделеева, развитие учения о периодичности. Длинная и короткая формы периодической системы, периоды, группы и подгруппы, семейства элементов.

6. Периодичность изменения свойств атомов (радиусов, ионизационных потенциалов, сродства к электрону, электроотрицательности) как следствие периодичности изменения структур электронных оболочек атомов. Периодичность изменения химических свойств простых веществ и химических соединений (кислотно-основных, окислительно-восстановительных) по периодам и группам. Изменение валентности по периодам и группам. Изменение свойств элементов по периодам и группам в зависимости от структуры внешней и предвнешней электронных оболочек и радиусов атомов.

### **Теории химической связи и валентности**

7. Механизм образования химической связи, её характеристики, типы связей. Свойства ковалентной связи: насыщаемость связи, понятие валентности, развитие этого понятия; направленность ковалентной связи.

8. Теории ковалентной связи: теория валентных связей (ВС), теория молекулярных орбиталей (МО). Концепция гибридизации атомных орбиталей, пространственное строение молекул и ионов.

9. Ионная связь. Свойства ионной связи, отличие в свойствах соединений с ионной и ковалентной связью. Трактовка полярных связей согласно концепции поляризации ионов.

10. Металлическая связь. Водородная связь. Связь в газообразных, жидких и твердых веществах. Силы межмолекулярного взаимодействия.

11. Агрегатное состояние веществ как проявление взаимодействия между атомами и молекулами. Строение веществ в конденсированном состоянии. Типы

кристаллических решеток. Зависимость физических свойств веществ от их структуры.

### **Химия комплексных соединений**

12. Основы координационной теории Вернера. Состав комплексных соединений, пространственная конфигурация комплексных ионов. Положение в периодической системе элементов, являющихся типичными комплексообразователями и донорными атомами моно- и полидентатных лигандов.

13. Классы комплексных соединений: одноядерные с моно- и полидентатными лигандами; многоядерные комплексы; π-комплексы; карбонилы. Изомерия комплексных соединений и комплексного иона.

14. Химическая связь в комплексных соединениях с точки зрения электростатического подхода, теории валентных связей и теории молекулярных орбиталей.

15. Теория кристаллического поля, применение ее для объяснения магнитных свойств и цветности комплексов. Комплексообразование в растворах. Устойчивость комплексных ионов.

### **Закономерности протекания химических процессов**

16. Энергетика химических реакций. Закон Гесса и следствия из него. Расчет тепловых эффектов различных реакций. Внутренняя энергия и энтальпия. Энтропия. Энергия Гиббса, направление протекания химических процессов. Обратимые и необратимые химические реакции.

17. Химическое равновесие. Константа равновесия, закон действующих масс для равновесия. Смещение химического равновесия, принцип Ле-Шателье. Факторы, влияющие на равновесие: концентрация, температура, давление.

18. Скорость химических реакций. Влияние различных факторов на скорость реакции: концентрации веществ, давления (для реакций, протекающих в газовой фазе), температуры, катализатора.

19. Закон действующих масс. Правило Вант-Гоффа. Понятие об энергии активации. Гомогенный и гетерогенный катализ, их механизмы.

### **Растворы электролитов и неэлектролитов**

20. Истинные растворы. Образование растворов. Тепловые эффекты при растворении.

21. Гидратная теория Д.И. Менделеева. Гидраты, сольваты, кристаллогидраты.

22. Растворимость газов, жидкостей, твердых веществ в воде. Свойства разбавленных растворов неэлектролитов. Осмос, осмотическое давление.

23. Давление насыщенного пара растворителя над раствором, понижение давления пара. Повышение температуры кипения и понижение температуры замерзания растворов. Законы Рауля.

24. Свойства растворов электролитов. Теория электролитической диссоциации. Сильные и слабые электролиты. Степени электролитической диссоциации, константа диссоциации, их связь.

25. Связь изотонического коэффициента со степенью диссоциации. Кажущаяся степень диссоциации сильных электролитов. Активность ионов. Произведение растворимости малорастворимых веществ.

26. Обменные реакции в растворах электролитов. Ионное произведение воды. Водородный показатель pH. Индикаторы.

27. Гидролиз солей. Влияние различных факторов на гидролиз солей. Произведение растворимости малорастворимых веществ.

28. Химические источники электрического тока. ЭДС гальванического элемента. Восстановительные стандартные электродные потенциалы и их определение с помощью водородного электрода сравнения.

29. Уравнение Нернста. Влияние концентрации, реакции среды на электродные потенциалы. Направление протекания окислительно-восстановительных процессов.

30. Электролиз. Электролиз расплавов и растворов. Законы электролиза. Электрохимический эквивалент. Электрохимическая коррозия.

## **Химия элементов – неметаллов и металлов**

31. Положение неметаллов в периодической системе, общая их характеристика.

32. Водород, положение в периодической таблице. Его физические и химические свойства. Получение водорода в лаборатории и в технике. Его применение. Классы водородных соединений, свойства соединений.

33. Галогены. Их общая характеристика. Соединения галогенов в природе, их применение.

34. Хлор. Его физические и химические свойства.

35. Галогеноводороды, получение, свойства, применение. Соляная кислота и ее соли. Кислородные соединения галогенов: оксиды, кислоты, соли

36. Общая характеристика элементов главной подгруппы VI группы периодической системы. Сера. Ее физические и химические свойства, аллотропия. Серная кислота, свойства и химические основы производства контактным способом.

37. Кислород, физические и химические свойства, аллотропия. Получение кислорода в лаборатории и в промышленности. Роль кислорода в природе и применение в технике. Вода. Строение молекулы воды. Физические и химические свойства воды.

38. Общая характеристика элементов главной подгруппы V группы периодической системы. Азот, физические и химические свойства. Аммиак, промышленный синтез, физические и химические свойства аммиака. Соли аммония. Азотная кислота, соли азотной кислоты, азотные удобрения.

39. Фосфор, аллотропные формы, физические и химические свойства. Оксид фосфора (V). Фосфорная кислота и ее соли, фосфорные удобрения.

40. Общая характеристика элементов главной подгруппы IV группы периодической системы. Химические свойства углерода, аллотропические формы. Оксиды углерода (II) и (IV), их химические свойства. Семейства угольной и синильной кислот, их соли.

41. Кремний, физические и химические свойства. Оксид кремния (IV) и кремниевые кислоты, силикаты. Соединения кремния в природе. Их использование в технике.

42. Общая характеристика элементов главной подгруппы III группы периодической системы. Бор, получение, очистка, применение. Оксид бора, борные кислоты, полибораты.

43. Металлы. Их положение в периодической системе, физические и химические свойства. Электрохимический ряд напряжений металлов. Металлы и сплавы в технике. Основные способы получения металлов.

44. Общая характеристика p-металлов главных подгрупп III, IV, V групп системы.

45. Алюминий. Соединения алюминия в природе, получение, его роль в технике. Характеристика элемента и его соединений на основе положения в периодической системе и строения атома. Амфотерность оксида и гидроксида алюминия, соли алюминия.

46. Общая характеристика элементов подгруппы галлия, свойства металлов, оксидов, гидроксидов. Соли трехвалентных элементов, их применение.

47. Германий, олово, свинец. Общая характеристика элементов, нахождение в природе, получение, свойства. Аллотропные модификации олова. Химические свойства германия, олова и свинца.

48. Моно- и диоксиды германия, олова и свинца. Гидроксиды двух- и четырехвалентных соединений элементов, их получение и свойства.

49. Гидролиз соединений германия, олова и свинца. Сопоставление кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений элементов. Применение простых веществ и соединений.

50. Общая характеристика элементов подгруппы мышьяка. Свойства соединений трех- и пентавалентных сурьмы и висмута, их применение.

51. Общая характеристика d-металлов, положение их в периодической системе. Соединения элементов подгруппы меди и цинка. Получение соединений одно- и двухвалентной меди, их применение. Комплексные соединения меди (II).

52. Оксид, гидроксид и соли цинка, их применение. Биологическая роль меди и цинка.



53. Элементы подгруппы титана, их оксиды, гидроксиды, галогениды; сульфаты титанила, цирконила. Получение, свойства, применение.

54. Общая характеристика соединений шестивалентных элементов подгруппы хрома: оксиды, гидроксиды, соли. Способность элементов образовывать изо- и гетерополисоединения, применение этих соединений.

55. Общая характеристика элементов подгруппы марганца. Соединения марганца в различных степенях окисления, сравнение кислотно-основных свойств их оксидов и гидроксидов, сравнение окислительно-восстановительных свойств. Применение соединений марганца, биологическая роль марганца.

56. Общая характеристика соединений двух- и трехвалентных элементов семейства железа: оксиды, гидроксиды, соли, комплексные соединения железа, кобальта, никеля. Биологическая роль железа и кобальта.

57. Общая характеристика f-элементов, положение их в периодической системе, электронное строение атомов. Лантаноиды, нахождение в природе, извлечение, получение индивидуальных редкоземельных элементов (РЗЭ).

58. Проблема разделения РЗЭ. Изменение химических свойств с возрастанием порядкового номера, лантаноидное сжатие, степени окисления, координационные числа ионов. Физические и химические свойства соединений лантаноидов. Комплексные соединения.

### **Материаловедение (химическая технология)**

59. Кристаллическое строение металлов. Полиморфизм. Строение твердых тел. Анизотропия.

60. Кристаллическое строение сплавов. Диаграммы состояния сплавов с образованием твердых растворов с неограниченной и ограниченной растворимостью.

61. Процесс кристаллизации. Фазы и структуры в металлических сплавах.

62. Металлы и сплавы в химико-технологических процессах.

63. Процессы массопереноса в химическом производстве.

## **Основная литература**

1. Третьяков Ю.Д., Мартыненко Л.И., Григорьев А.Н., Цивадзе А.Ю. Неорганическая химия. Химия элементов: учебник для студентов вузов, обучающихся по направлению 510500 «Химия» и специальности 011000 «Химия»: [в 2 т.]. - М.: Изд-во Моск. ун-та, 2007.
2. Гринвуд Н., Эрншо А. Химия элементов: в 2-х т. – М., 2011.
3. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия. - М., 2003.
4. Карапетьянц М.Х., Дракин С.И. Общая и неорганическая химия. - М., 1994.
5. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия. - М., 2007.
6. Лидин Р.А., Молочко В.А., Андреева Л.Л. Химические свойства неорганических веществ. - М.: КолосС, 2003.
7. Общая и неорганическая химия: учебник для вузов: в 2 т./ Воробьев А.Ф., Кузнецов Н.Т., Цивадзе А.Ю., Симанова С.А., Василев В.А. - М.: Академкнига, 2007.

## **Дополнительная литература:**

1. Неорганическая химия: в 3-х т. / Под ред. Ю.Д. Третьякова. Т. 1. Физико-химические основы неорганической химии / М.Е. Тамм, Ю.Д. Третьяков.- М., 2004.
2. Неорганическая химия: в 3-х т. / Под ред. Ю.Д. Третьякова. Т. 2. Химия непереходных элементов / А.А. Дроздов, В.П. Зломанов, Г.Н. Мазо, Ф.М. Спиридонов.- М., 2004.
3. Неорганическая химия: в 3-х т. / Под ред. Ю.Д. Третьякова. Т. 3. Химия переходных элементов: Кн. 1, 2 / А.А. Дроздов, В.П. Зломанов, Г.Н. Мазо, Ф.М. Спиридонов.- М., 2007.
4. Шрайвер Д., Эткинс П. Неорганическая химия. В 2-х т. – М., 2004.
5. Некрасов Б.В. Основы общей химии.- В 2-х т.- М., 1973.
6. Реми Г. Курс неорганической химии.- В 2-х т.- М., 1966.
7. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия.- В 3-х т.- М., 1969.
8. Турова Н.Я. Неорганическая химия в таблицах.- М., 1996.
9. Рипан Р., Четяну И. Неорганическая химия.- В 2-х т.- М., 1972.

10. Химическая энциклопедия / Под ред. Н.С. Зефирова.- В 5-и т.- М., 1989 - 1997.