

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Химический Факультет



УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана химического факультета

  
А.С. Князев

« 28 » января 2025г.

ПРОГРАММА

вступительного испытания по специальной дисциплине  
соответствующей научной специальности программы подготовки научных и  
научно-педагогических кадров в аспирантуре

**1.4.1. Неорганическая химия**

Томск - 2025

**Авторы-разработчики:**

Борило Людмила Павловна, д.т.н., профессор кафедры неорганической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, профессор.

Кузнецова Светлана Анатольевна, к.х.н, доцент кафедры неорганической химии Национального исследовательского Томского государственного университета, доцент.

Согласовано:

Руководитель ОП

  
подпись

Л.П. Борило

## **1. Общие положения**

**1.1.** Программа вступительного испытания по специальной дисциплине соответствующей научной специальности программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре 1.4.1. Неорганическая химия (далее – Программа) сформирована на основе требований федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к программам магистратуры (специалитета) по соответствующим направлениям (специальностям) подготовки. Программа разработана для поступления на обучение в аспирантуру НИ ТГУ.

Программой устанавливается:

- форма, структура, процедура сдачи вступительного испытания;
- шкала оценивания;
- максимальное и минимальное количество баллов для успешного прохождения вступительного испытания;
- критерии оценки ответов.

Вступительное испытание проводится на русском языке или на английском языке для абитуриентов из стран дальнего зарубежья, поступающих на программу, реализуемую на английском языке.

Форма, процедура сдачи вступительного испытания, а также шкала оценивания и критерии оценки ответов экзаменуемого, установленные Программой, не зависят от языка проведения вступительного испытания.

**1.2.** Организация и проведение вступительного испытания осуществляется в соответствии с Правилами приема, утвержденными приказом ректора НИ ТГУ, действующими на текущий год поступления.

**1.3.** 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, структура, процедура, программа вступительного испытания и шкала оценивания ответов**

**2.1.** Вступительное испытание по специальной дисциплине проводится в форме экзамена (письменно) в соответствии с перечнем тем и вопросов, установленных данной Программой.

**Структура экзамена.**

Экзамен проводится по экзаменационным билетам, включающим

2 теоретических вопроса и 2 практических вопроса по научной специальности 1.4.1. Неорганическая химия. Продолжительность подготовки ответа по билету 2 часа.

**2.2.** Процедура проведения экзамена представляет собой сдачу экзамена в очной форме и (или) с использованием дистанционных технологий (при условии идентификации поступающих при сдаче ими вступительных испытаний): очно и дистанционно.

Для дистанционных вступительных испытаний используются платформа «Среда электронного обучения iDO» и другие программы для организации видеоконференций. Для наблюдения за участниками экзамена и идентификации их личности в НИ ТГУ создана система прокторинга. Проктор (наблюдатель) перед началом каждого экзамена при помощи веб-камеры поступающего проводит инструктаж и собеседование по вопросам организации и проведения экзамена, идентификацию личности путем сравнения фото в паспорте и лица сдающего (поступающий показывает в веб-камеру свой паспорт в развернутом виде рядом со своим лицом).

Видео, транслируемое с веб-камеры участника экзаменов, доступно проктору для наблюдения и записывается на сервер для дальнейшего просмотра при возникновении спорных ситуаций.

**2.3.** Результаты проведения вступительного испытания оформляются протоколом, в котором фиксируются вопросы экзаменаторов к поступающему. На каждого поступающего ведется отдельный протокол.

#### **2.4. Программа экзамена.**

Примерный перечень тем и вопросов для подготовки к сдаче экзамена

##### **1. Основы атомно-молекулярного учения**

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

##### **2. Квантовомеханическая модель атома**

Развитие представлений о строении атома: ядро, протоны, нейтроны, электроны. Волновая теория строения атома, двойственная природа электрона, принцип неопределённости. 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. Принцип Паули и емкость электронных оболочек, правило Хунда. Строение электронных оболочек многоэлектронных атомов, энергия атомных орбиталей.

### **3. Периодический закон Д.И. Менделеева. Периодическая система элементов**

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

### **4. Теории химической связи и валентности**

Механизм образования химической связи, её характеристики, типы связей. Свойства ковалентной связи: насыщенность связи, понятие валентности, развитие этого понятия; направленность ковалентной связи. Теории ковалентной связи: теория валентных связей (ВС), теория молекулярных орбиталей (МО). Концепция гибридизации атомных орбиталей, пространственное строение молекул и ионов. Ионная связь. Свойства ионной связи, отличие в свойствах соединений с ионной и ковалентной связью. Трактовка полярных связей согласно концепции поляризации ионов.

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

### **5. Химия комплексных соединений**

Основы координационной теории Вернера. Состав комплексных соединений, пространственная конфигурация комплексных ионов. Положение в периодической системе элементов, являющихся типичными комплексообразователями и донорными атомами моно- и полидентантных лигандов. Классы комплексных соединений: одноядерные с моно- и полидентатными лигандами; многоядерные комплексы;  $\pi$ -комплексы; карбонилы. Изомерия комплексных соединений и комплексного иона. Химическая связь в комплексных соединениях с точки зрения электростатического подхода, теории валентных связей и теории молекулярных орбиталей. Теория кристаллического поля, применение ее для объяснения магнитных свойств и цветности комплексов. Комплексообразование в растворах. Устойчивость комплексных ионов.

### **6. Закономерности протекания химических процессов**

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

Скорость химических реакций. Влияние различных факторов на скорость реакции: концентрации веществ, давления (для реакций, протекающих в газовой фазе), температуры, катализатора. Закон действующих масс. Правило Вант-Гоффа. Понятие об энергии активации. Гомогенный и гетерогенный катализ, их механизмы.

### **7. Растворы электролитов и неэлектролитов**

Истинные растворы. Образование растворов. Тепловые эффекты при растворении. Гидратная теория Д.И. Менделеева. Гидраты, сольваты, кристаллогидраты. Растворимость газов, жидкостей, твердых веществ в воде. Свойства разбавленных растворов неэлектролитов. Осмос, осмотическое давление. Давление насыщенного пара растворителя над раствором, понижение давления пара. Повышение температуры кипения и понижение температуры замерзания растворов. Законы Рауля.

Свойства растворов электролитов. Теория электролитической диссоциации. Сильные и слабые электролиты. Степень электролитической диссоциации, константа диссоциации, их связь. Связь изотонического коэффициента со степенью диссоциации. Кажущаяся степень диссоциации сильных электролитов. Активность ионов. Произведение растворимости малорастворимых веществ.

Обменные реакции в растворах электролитов. Ионное произведение воды. Водородный показатель pH. Индикаторы. Гидролиз солей. Влияние различных факторов на гидролиз солей. Произведение растворимости малорастворимых веществ.

Химические источники электрического тока. ЭДС гальванического элемента. Восстановительные стандартные электродные потенциалы и их определение с помощью водородного электрода сравнения. Уравнение Нернста. Влияние концентрации, реакции среды на электродные потенциалы. Направление протекания окислительно-восстановительных процессов.

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

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

Положение неметаллов в периодической системе, общая их характеристика.

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

Галогены. Их общая характеристика. Соединения галогенов в природе, их применение. Хлор. Его физические и химические свойства. Галогеноводороды, получение, свойства, применение. Соляная кислота и ее соли. Кислородные соединения галогенов: оксиды, кислоты, соли.

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. 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.

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

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

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

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

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

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

Германий, олово, свинец. Общая характеристика элементов, нахождение в природе, получение, свойства. Аллотропные модификации олова. Химические свойства германия, олова и свинца. Моно- и диоксиды германия, олова и свинца. Гидроксиды двух- и четырехвалентных соединений элементов, их получение и свойства. Гидролиз соединений германия, олова и свинца. Сопоставление кислотно-основных и окислительно-восстановительных свойств соединений элементов. Применение простых веществ и соединений.

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

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

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

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

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.

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

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

## **9. Материаловедение (химическая технология)**

Кристаллическое строение металлов. Полиморфизм.

Строение твердых тел. Анизотропия.

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

Процесс кристаллизации. Фазы и структуры в металлических сплавах.

Металлы и сплавы в химико-технологических процессах.

Процессы массопереноса в химическом производстве.

## **Основная литература**

1. Третьяков Ю.Д. Неорганическая химия. Химия элементов: кн. 1, 2 / Ю.Д. Третьяков, Л.И. Мартыненко, А.Н. Григорьев, А.Ю. Цивадзе. – М.: Химия, 2001. – 471, 1053 с. [Электронная библиотека ТГУ \(доступно читателям НБ ТГУ\)](#)
2. Некрасов Б.В. Основы общей химии: в 2 т. / Б.В. Некрасов. – СПб.: Лань, 2003. – 656, 687 с.

3. Угай Я.А. Общая и неорганическая химия / Я.А. Угай. – М.: Высшая школа, 2000–2004. – 526 с. [Электронная библиотека ТГУ \(доступно читателям НБ ТГУ\)](#)
4. Кузнецов И.Н. Диссертационные работы. Методика подготовки и оформления. М.: Дашков и Ко, 2014. – 488 с. [Электронная библиотека ТГУ \(доступно читателям НБ ТГУ\)](#)
5. Готтштайн Г. Физико-химические основы материаловедения / Г. Готтштайн; пер. с англ. К.Н. Золотовой, Д.О. Чаркина; под ред. В.П. Зломанова. – М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. – 400 с. [Электронная библиотека ТГУ \(доступно читателям НБ ТГУ\)](#)
6. Морозов А.И. Физика твердого тела. Кристаллическая структура. М.: МИРЭА, 2010. 139 с. [Электронная библиотека ТГУ \(доступно читателям НБ ТГУ\)](#)
7. Дроздов А.А. Неорганическая химия: в 3 т.; т. 1, 2; т. 3 (кн. 1., 2) / А.А. Дроздов, В.П. Зломанов, Г.Н. Мазо, Ф.М. Спиридонов; под ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: Академия, 2004 – 2008. – 233, 365, 348, 399 с. [Электронная библиотека ТГУ \(доступно читателям НБ ТГУ\)](#)
8. Ахметов Н.С. Общая и неорганическая химия / Н.С. Ахметов. – М.: Высшая школа, 2009. – 742 с. [Электронная библиотека ТГУ \(доступно читателям НБ ТГУ\)](#)
9. Иванова Ф.И. Теоретические основы неорганической химии: учебное пособие / Ф. И. Иванова. – Чебоксары: Изд-во Чувашского ун-та, 2010. – 245 с.
10. Агарков А.П. Экономика и управление на предприятии / А.П. Агарков [и др.]. – М.: Дашков и Ко, 2021. – 400 с. <https://koha.lib.tsu.ru/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=304687>

### **Дополнительная литература**

1. Кузин Ф.А. Кандидатская диссертация. Методика написания, правила оформления и порядок защиты. Практическое пособие для аспирантов и соискателей учёной степени. 3-е изд. – М., 2008. – 208 с.
2. Жабров В.А., Калинин В.Т., Марголин В.И., Николаев А.И., Тупик В.А. Физико-химические процессы синтеза наноразмерных объектов. СПб.: Изд-во «ЭЛМОР», 2012. 328с.
3. Иванов В.К., Щербаков А.Б., Баранчиков А.Е., Козик В.В. Нанокристаллический диоксид церия: свойства, получение, применение. – Томск: Изд-во Том.уни-та, 2013. – 284 с.
4. Сироткин О.С. Основы инновационного материаловедения. – М.: ИНФРА-М, 2011. – 158 с. – (Научная мысль).
5. Зинов В.Г., Козик В.В., Сырымкин В.И., Цыганов С.А. Технологический Менеджмент: Учебное пособие. – Томск: Изд-во Том.ун-та, 2010. – 576 с.

Примеры экзаменационных билетов:

**Национальный исследовательский  
Томский государственный университет  
Химический факультет  
ВСТУПИТЕЛЬНЫЙ ЭКЗАМЕН  
по направлению подготовки 1.4.1 Неорганическая химия**

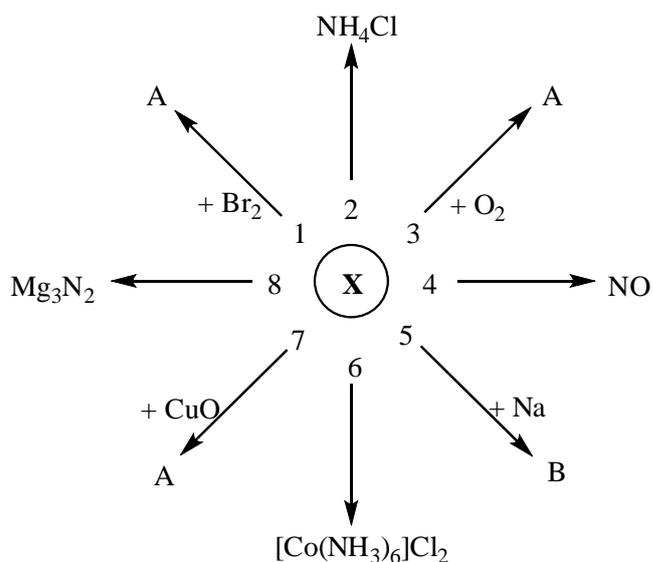
**ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1**

1. Современная квантовомеханическая модель атома водорода. Характеристика состояния электрона в атоме набором квантовых чисел; уровни, подуровни, орбитали в атоме. Представление распределения электронной плотности в атоме водорода. (30 б)

2. Сравнительная характеристика соединений серы и селена с водородом и галогенами по составу, строению, устойчивости, физическим и химическим свойствам, способам получения. Объяснение наблюдающихся закономерностей в изменении свойств однотипных соединений серы и селена. Свой ответ подтвердите соответствующими справочными данными и уравнениями реакций. (30 б)

3. Тетрахлорид вольфрама при нагревании до 500 °С в токе азота диспропорционирует. После отгонки летучего соединения остается светло-серый порошок состава  $W_xCl_y$ , который содержит 27,9% хлора. Если к раствору, содержащему 15,27 г (0,01 моль)  $W_xCl_y$  добавить избыток нитрата серебра, выпадает 5,74 г белого осадка. Определите состав и изобразите строение  $W_xCl_y$ . Напишите уравнения реакций. (20 б)

4. Вещество X – соединение азота, бесцветный газ с резким характерным запахом, легко сжижается, очень хорошо растворим в воде. При вдыхании оказывает возбуждающее влияние на дыхательный центр, а в больших дозах вызывает удушье. Применяется в медицинской практике, для синтеза многих неорганических веществ. Расшифруйте схему превращений с участием вещества X. Назовите вещества X, А и В (А и В – соединения азота), запишите уравнения всех приведенных реакций и укажите условиях их протекания.



(20 б)

### 2.5. Шкала оценивания ответов на экзамене:

неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	отлично
до 59 баллов	60 – 75 баллов	76 – 84 баллов	85 – 100 баллов

Общая продолжительность экзамена составляет 2 часа.

Максимальное количество баллов за экзамен – 100. Минимальное количество баллов для успешного прохождения экзамена – 60. Поступающий, набравший менее 60 баллов за экзамен, не может быть зачислен в аспирантуру.

### Таблица критериев оценки устных и письменных ответов (при наличии)

Вид деятельности		
Оценка	Балл	Уровень владения темой
<b>неудовлетворительно</b>	до 59	Неполный объем ответов, наличие ошибок и пробелов в знаниях. Не может в логической последовательности и исчерпывающе отвечать на все вопросы билета, не умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать материал, выделять в нем главное, устанавливать причинно-следственные связи.

<b>удовлетворительно</b>	60-75	Недостаточно полный объем ответа, наличие ошибок и некоторых пробелов в знаниях. Допускает не более 3 ошибок, подчеркивая при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать материал, выделять в нем главное: устанавливать причинно-следственные связи.
<b>хорошо</b>	76-84	Правильный и достаточно полный, не содержащий существенных ошибок ответ. В логической последовательности и исчерпывающе изложен ответ на вопросы билета. Оценка может быть снижена за отдельные несущественные ошибки.
<b>отлично</b>	85-100	Полный безошибочный ответ с правильным применением понятий и определений, с грамотным использованием необходимых терминов и понятий. В логической последовательности и исчерпывающе отвечает на все вопросы билета, подчеркивая при этом самое существенное, умеет анализировать, сравнивать, классифицировать, обобщать, конкретизировать и систематизировать материал, выделять в нем главное: устанавливать причинно-следственные связи.

Вступительное испытание проводится экзаменационной комиссией, действующей на основании приказа ректора.

Итоговая оценка за экзамен определяется как средний балл, выставленный всеми членами экзаменационной комиссии.