

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Ректор Белорусского
государственного университета

_____ А.Д.Король

27 июня 2025 г.

Регистрационный № 3179/6.



ЭЛЕМЕНТЫ ФИЗИЧЕСКОЙ ХИМИИ В ШКОЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Учебная программа учреждения образования по учебной дисциплине для
специальности:

6-05-0531-04 Химия (научно-педагогическая деятельность)

2025 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 6-05-0531-04-2023 и учебного плана БГУ № 6-5.5-43/01 от 15.05.2023.

СОСТАВИТЕЛЬ:

С.М.Рабчинский, заведующий кафедрой общей химии и методики преподавания химии химического факультета Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент

РЕЦЕНЗЕНТ:

О.Н.Мусская, ведущий научный сотрудник лаборатории фотохимии и электрохимии государственного научного учреждения «Институт неорганической химии Национальной академии наук Беларуси», кандидат химических наук

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

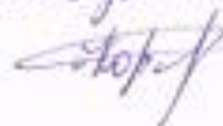
Кафедрой физической химии и электрохимии БГУ
(протокол № 15 от 19.06.2025)

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 11 от 26.06.2025)

Заведующий кафедрой



Е.А.Стрельцов

Г.В. Коваленко-Рабчинская


ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Предметом данной учебной дисциплины является изучение основ физической химии в рамках школьного курса химии. Газовые законы, свойства растворов, зависящие от их концентрации, тепловые эффекты химических реакций, скорость химических реакций и химическое равновесие в газовой фазе и в растворе, влияние на растворимость веществ в воде температуры, давления и состава раствора, электролитическая диссоциация, а также реакции металлов с растворами электролитов – это примеры тем школьной химии для понимания которых важно овладеть базовыми знаниями по физической химии. Особенно важным это становится для участников школьных химических олимпиад и конкурсов.

Цели и задачи учебной дисциплины

Целью учебной дисциплины «Элементы физической химии в школьном образовании» является выработка у студентов системного представления о физико-химических явлениях и применении полученных знаний на практике для обучения школьников решению задач по физической химии.

Задачи учебной дисциплины:

формировать у студентов представления о подходах к количественному описанию химического равновесия, протеканию химических реакций во времени, основах теории электрохимических процессов;
выработать у студентов устойчивые умения и навыки решения задач по физической химии;
бучить студентов оптимальным методам решения задач по физической химии.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина относится к модулю «Дополнительные главы углубленного школьного курса химии» компонента учреждения образования.

Учебная дисциплина «Элементы физической химии в школьном образовании» базируется на материале, представленном в курсах «Электрохимия», «Физическая химия» и «Неорганическая химия».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Элементы физической химии в школьном образовании» должно обеспечить формирование следующих компетенций:

Специализированные компетенции:

Дополнять содержание курса химии в учреждениях среднего образования с учетом понимания взаимосвязи между различными разделами химии, последовательности изложения основных законов и концепций химической науки, методик проведения химических расчетов.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- теоретический материал о физико-химических свойствах веществ и количественных соотношениях, описывающих превращения этих веществ;

- фундаментальные законы, понятия, представления химической термодинамики и химического равновесия;

- основы современных теорий в области физической химии и способы их применения для решения теоретических и практических задач в любых областях химии

- основные законы, теории, постулаты физической химии;

- границы применимости основных законов и теорий физической химии;

- условия, необходимые для протекания химических процессов и факторы, определяющие их направление и скорость;

уметь:

- использовать термодинамические расчеты для определения направления и глубины протекания химических процессов;

- самостоятельно ставить задачу физико-химического исследования в химических системах, выбирать оптимальные пути и методы решения подобных задач как экспериментальных, так и теоретических; обсуждать результаты физико-химических исследований, ориентироваться в современной литературе по физической химии, вести научную дискуссию по вопросам физической химии

иметь навыки:

- решения расчетных задач по физической химии;

- применения фундаментальных термодинамических соотношений для предсказания и расчета условий протекания реакций в системах различной химической природы.

- владения базовыми знаниями по основным разделам физической химии;

- решения типичных задач физической химии как аналитическими, так и численными методами с использованием современного программного обеспечения.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 5 семестре. В соответствии с учебным планом всего на изучение учебной дисциплины «Элементы физической химии в школьном образовании» отведено для очной формы получения высшего образования – 90 часов, в том числе 36 аудиторных часов: лекции – 20 часов, семинарские занятия – 16 часов. Из них:

Лекции – 20 часов, семинарские занятия – 12 часов, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачетные единицы.

Форма промежуточной аттестации – зачёт.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Тема 1 Основные понятия химической термодинамики

Предмет и задачи физической химии. Термодинамические системы. Термодинамические переменные. Обратимые и необратимые процессы. Понятие температуры. Внутренняя энергия, изменение внутренней энергии, теплота, работа для различных процессов (изобарного, изохорного, адиабатического). Первый закон термодинамики. Расчет теплоты, работы и изменения внутренней энергии для различных процессов

Тема 2 Тепловые эффекты химических реакций

Понятие теплоты и энтальпии химической реакции. Энтальпия образования и энтальпия сгорания веществ. Понятие о стандартных условиях. Закон Гесса. Энергия химических связей. Оценки теплот химических реакций по энергиям связей. Расчет энтальпии химической реакции по энтальпиям образования и энтальпиям сгорания веществ. Оценка энтальпий химических реакций по энергии связей участвующих веществ.

Тема 3 Химические равновесия

Второй закон термодинамики. Понятие энтропии. Третий закон термодинамики. Энергия Гиббса химической реакции, ее связь с константой равновесия.

Стандартное состояние. Условия химического равновесия. Принцип Ле Шателье. Различные виды констант равновесия, соотношения между ними. Зависимость констант равновесия от температуры. Равновесия в растворах.

Вычисление изменения энтропии и энергии Гиббса химических реакций. Расчеты равновесных концентраций и давлений участников реакций по константам равновесия в газовой фазе.

Расчеты состава равновесных систем по уравнениям реакций диссоциации, гидролиза, данным растворимости.

Влияние температуры и концентраций реагирующих веществ на образование роданида железа (III) при взаимодействии растворов соли железа (III) и роданида калия.

Тема 4 Фазовые равновесия

Понятия фазы и компонента. Идеальные и реальные растворы. Понятие о коэффициенте активности. Коллигативные свойства растворов. Законы Рауля и Генри. Криоскопия, эбулиоскопия.

Определение молекулярной массы веществ криоскопическим и эбулиоскопическим методами.

Тема 5 Основные положения химической кинетики

Термодинамический и кинетический подходы к изучению свойств систем. Скорость химической реакции, ее связь со скоростями по реагентам. Основной постулат химической кинетики. Константа скорости, порядок химической

реакции, молекулярность элементарной химической реакции. Механизм химической реакции. Методы определения порядка химической реакции.

Кинетика 0-ого, 1-ого и 2-ого порядков. Радиоактивный распад.

Зависимость скорости реакции от температуры. Уравнение Аррениуса.

Определение порядка химической реакции. Расчеты по кинетическим уравнениям для реакций целого порядка. Расчеты по уравнению Аррениуса.

Тема 6 Кинетика сложных реакций

Принцип независимости отдельных стадий. Обратимые и параллельные реакции. Методы квазиравновесных и квазистационарных концентраций. Понятие о кинетике цепных и фотохимических реакций.

Расчеты по кинетическим уравнениям для сложных реакций. Вывод кинетических уравнений реакций для заданного механизма.

Влияние концентрации на скорость реакции окисления тиосульфата натрия иодатом (реакция Ландольта).

Тема 7 Основные положения электрохимии

Химические и электрохимические процессы. Электрохимическая цепь и ее компоненты. Электролиз. Законы Фарадея.

Электродные равновесия. Связь ЭДС и энергии Гиббса. Уравнения Нернста, электродный потенциал. Стандартный электродный потенциал.

Расчеты с использованием законов Фарадея. Применение уравнения Нернста для расчетов химических равновесий в растворе.

Сборка и изучение гальванического элемента Якоби-Даниэля.

Очная (дневная) форма получения высшего образования с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ)

[illegible]

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Основная литература

Буданов, В. В. Химическая термодинамика : учебное пособие для студ. вузов / В. В. Буданов, А. И. Максимов ; под ред. О. И. Койфмана. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2024. – 317 с. - URL:

Бажин, Н. М. Основы химической термодинамики : учебное пособие [для вузов] / Н. М. Бажин, В. Н. Пармон. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2024. - 208 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/386087>.

Сборник примеров и задач по электрохимии : учебное пособие / [сб. разработан Введенским А. В., Калужиной С. А., Кравченко Т. А. и др. ; общ. науч. ред. проведено Введенским А. В., Козадеровым О. А.]. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2024. - 205 с. - URL:

Буданов, В. В. Химическая кинетика : учебное пособие для студентов вузов / В. В. Буданов, Т. Н. Ломова, В. В. Рыбкин. - Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар : Лань, 2024. - 283 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/211475>.

Дополнительная литература

Клындюк, А. И. Физическая химия: учебное пособие для студентов учреждений высшего образования по химико-технологическим специальностям / А. И. Клындюк, Г.С. Петров, Е.А. Чижова. - Минск : БГТУ, 2024. - 450 с.

Мечковский, Л.А. Химическая термодинамика: учебное пособие в 2-х ч. / Л.А. Мечковский, А.В. Блохин – Мн.: БГУ. – Ч.1: Феноменологическая термодинамика. Основные понятия, фазовые равновесия. – 2012. – 144 с.;

Мечковский, Л.А. Химическая термодинамика: учебное пособие в 2-х ч. / Л.А. Мечковский, А.В. Блохин – Мн.: БГУ. – Ч.2: Термодинамика многокомпонентных систем. Химические равновесия. Элементы статистической термодинамики. – 2013. – 200 с.

Дамаскин, Б. Б. Электрохимия: учеб. пособие для студ., обуч. по напр. подготовки "Химия" / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина. – Изд. 3-е, испр. – Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2022. – 672 с.

Ремин В. В. Теоретическая и математическая химия для школьников. Подготовка к химическим олимпиадам. — 3-е изд., испр. и доп. — М.: МЦНМО, 2018. — 640 с

Неорганическая химия: В 3 т. / Под ред. Ю. Д. Третьякова. Т. 1: Физико-химические основы неорганической химии: Учебник для студ. высш. учеб. заведений / М.Е.Тамм, Ю. Д. Третьяков; — М.: Издательский центр «Академия», 2004. — 240 с.

Физическая химия: учебник для студ. в 2 кн. / Г. В. Булидорова [и др.]. - Москва: КДУ, 2016. - Кн. 2: Электрохимия. Химическая кинетика. - Москва: КДУ, 2016. - 456 с.

имакова, Е. В. Физическая химия. Электрохимические системы: Учебное пособие / Новосибирский государственный технический университет. - Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет (НГТУ), 2020. - 116 с. - Режим доступа:

. Н. Хвалюк Олимпиады школьников по химии: Тестовые задания с ответами. Минск: Народная асвета, 2006.

. В. Лунин, В. Г. Ненайденко, О. Н. Рыжова, Н. Е. Кузьменко. Химия 21 века в задачах Международных Менделеевских олимпиад. Москва: МГУ, 2006.

. Тиноко, К. Зауэр, Дж. Вэнг, Дж. Паглиси. Физическая химия. Принципы и применение в биологических науках. М.: Техносфера, 2005.

. В. Еремин, С. И. Каргов, И. А. Успенская, Н. Е. Кузьменко, В. В. Лунин. Основы физической химии. Теория и задачи: уч. пособие для вузов. – М.: Экзамен, 2005.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой отметки

Объектом диагностики компетенций студентов являются знания, умения, полученные ими в результате изучения учебной дисциплины. Выявление учебных достижений студентов осуществляется с помощью мероприятий текущей и промежуточной аттестации.

Для текущего контроля и самоконтроля знаний и умений студентов по дисциплине «Элементы физической химии в школьном образовании» можно использовать устный опрос и контрольные работы на практических занятиях с выставлением текущих отметок по десятибалльной шкале, а также отчет по домашним практическим упражнениям.

Формой промежуточной аттестации по дисциплине «Элементы физической химии в школьном образовании» учебным планом предусмотрен зачёт.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы

Тема 3 Химические равновесия. (1 ч.)

Расчет констант равновесия химических реакций.

(Форма контроля – контрольная работа)

Тема 4 Фазовые равновесия (1 ч.)

Расчет растворимости газа и давления пара растворителя над раствором. Расчет молекулярной массы растворенного вещества криоскопическим и эбулиоскопическим методами и по величине осмотического давления раствора.

(Форма контроля – контрольная работа)

Тема 5 Основные положения химической кинетики (1 ч.)

Расчет кинетических параметров химических реакций. Расчет энергий активации химических реакций

(Форма контроля – контрольная работа)

Тема 7 Основные положения электрохимии (1 ч.)

Расчет массы продуктов электролиза, выхода по току. Написание электродных реакций в растворах, расчет потенциалов электродов.

(Форма контроля – контрольная работа)

Примерная тематика семинарских занятий

Семинарское занятие № 1. «Тепловые эффекты химических реакций».

Термохимические расчеты. Расчет энтальпий, энтропий и энергий Гиббса химических реакций.

Семинарское занятие № 2. «Химические равновесия».

Расчет констант равновесия химических реакций.

Семинарское занятие № 3. «Фазовые равновесия».

Расчет коэффициента активности растворенного вещества в реальном растворе. Расчет растворимости газа и давления пара растворителя над идеальным раствором. Расчет осмотического давления, температур замерзания и кипения идеального раствора электролита и неэлектролита. Определение молекулярной массы веществ криоскопическим и эбулиоскопическим методами.

Семинарское занятие № 4. «Основные положения химической кинетики».

Основные понятия химической кинетики. Вычисление скорости реакции по экспериментальным данным. Расчет константы скорости в реакциях нулевого и первого порядков по экспериментальным данным. Расчет константы скорости в реакциях второго и третьего порядков по экспериментальным данным.

Семинарское занятие № 5. «Кинетика сложных реакций».

Методы определения порядка реакции. Кинетические особенности параллельных реакций. Кинетические особенности обратимых реакций. Применение метода Боденштейна и квазиравновесного приближения к описанию модельных реакций.

Семинарское занятие № 6. «Основные положения электрохимии».

Решение задач с использованием закона Фарадея, расчёт энергии сольватации ионов и энергии ионной кристаллической решетки. Решение задач на нахождение удельной, эквивалентной и молярной электропроводностей электролитов, а также констант диссоциации органических кислот, чисел переноса электролитов. Расчёт потенциалов электродов разного рода, составление электрохимических цепей, расчет величины ЭДС для электрохимических цепей.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется **практико-ориентированный подход** с анализом конкретных исследовательских задач (ситуаций) который предполагает:

- освоение содержание образовательной программы через решение практических исследовательских задач с использованием информационно-коммуникационных технологий;
- анализ ситуации, используя профессиональные знания, дополнительную литературу и иные источники;
- приобретение студентом знаний и умений для решения практических задач, ориентацию на генерирование идей;
- использованию процедур, способов оценивания, исследовательских практик, фиксирующих сформированность профессиональных компетенций.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы

Для организации самостоятельной работы необходимо наличие методических указаний, электронных учебно-методических комплексов, в том числе представленных на образовательном портале, фондов оценочных средств, конкретных электронных информационных ресурсов, исходя из специфики организации самостоятельной работы по учебной дисциплине.

Управляемая самостоятельная работа проводится при использовании материалов и заданий, размещенных на электронном образовательном портале БГУ (LMS Moodle) и электронных ресурсов, разработанных авторами курса, размещенных в сети интернет.

Примерный перечень заданий к зачёту

термодинамическая система и окружающая среда. Типы термодинамических

систем. Равновесное состояние системы, его описание. Параметры состояния системы, их классификация: внешние и внутренние, интенсивные и экстенсивные, независимые параметры и функции, основные параметры. Внутренняя энергия системы, работа и теплота, их определение, единицы измерения.

Энтальпия, ее определение. Тепловой эффект реакции. Закон Гесса. Термохимические уравнения.

Следствия из закона Гесса. Стандартное состояние и стандартные условия. Выбор стандартного состояния газов и конденсированных фаз. Стандартные теплоты образования и сгорания химических соединений.

Зависимость теплового эффекта химической реакции от температуры.

Правило фаз Гиббса. Диаграммы состояния индивидуальных веществ на примере диаграммы состояния воды.

Диаграмма состояния (плавкости) двухкомпонентной системы с неограниченной растворимостью компонентов в жидком и твердом состояниях.

Диаграмма плавкости двухкомпонентных систем с одной фазой переменного состава (с простой эвтектикой), с неограниченной растворимостью в жидком состоянии и ограниченной растворимостью в твердом состоянии. Факторы, влияющие на растворимость компонентов при образовании твердых растворов внедрения и замещения.

Термодинамика систем с химическими реакциями. Химическое равновесие. Химическое равновесие в смесях идеальных газов. Закон действующих масс, термодинамический вывод. Термодинамическая константа равновесия, другие виды констант равновесия и связь между ними.

Изобарно-изотермический потенциал (энергия Гиббса) химической реакции. Уравнение изотермы химической реакции. Стандартная энергия Гиббса реакции и ее связь с константой равновесия.

Химические равновесия в жидких растворах. Гетерогенные химические равновесия. Смещение равновесия. Принцип Ле-Шателье – Брауна, его термодинамическая трактовка.

Зависимость константы равновесия от температуры. Влияние давления на химическое равновесие.

Вычисление стандартной энергии Гиббса и констант равновесия химических реакций по таблицам термодинамических величин.

Вычисление констант равновесия химических реакций с помощью функции приведенной энергии Гиббса и методом комбинирования реакций. Вычисление равновесного состава реакций, протекающих в идеально-газовой системе.

Предмет химической кинетики. Особенности кинетического подхода к описанию химических реакций. Прямая и обратная задачи химической кинетики. Основной постулат химической кинетики. Область применения закона действия масс.

Основные понятия химической кинетики. Скорость реакции, константа

скорости, порядок и молекулярность реакции – единицы измерения и физический смысл.

стинная и средняя скорость химической реакции, экспериментальное определение скорости химической реакции. Факторы, влияющие на скорость химической реакции.

бщий и частный порядок химической реакции. Кинетическая классификация реакций по их порядку. Временной и концентрационный порядок реакции.

инетические кривые и кинетические уравнения для элементарных реакций различного порядка.

онстанта скорости химической реакции, ее физический смысл и размерность для реакций различных порядков.

сновные принципы химической кинетики: принцип независимости химических реакций, принцип лимитирующей стадии химического процесса, принцип детального равновесия.

инетические особенности протекания простых необратимых реакций нулевого порядка.

инетические особенности протекания простых необратимых реакций первого порядка.

инетические особенности простых необратимых реакций второго порядка при одинаковой и различной начальной концентрации участников реакции.

онятие об интегральных и дифференциальных методах определения порядка реакции и константы скорости.

инетические особенности протекания обратимых реакций.

инетические особенности протекания параллельных реакций.

инетические особенности протекания последовательных реакций.

риближенные методы химической кинетики: метод стационарных концентраций Боденштейна и условия его применимости, квазиравновесное приближение.

лектрохимическая цепь и ее компоненты. Электролизеры (электрохимические ванны) и гальванические элементы (химические источники тока).

аконы Фарадея. Выход по току. Кулонометры и кулонометрия. Понятие о кулонометрическом анализе веществ.

онные равновесия в растворах электролитов: электролитическая диссоциация воды, диссоциация сильных и слабых электролитов, гидролиз солей, буферные растворы.

ольватация и гидратация ионов.

нергия ионной кристаллической решетки и энергия сольватации. Расчет энергии ионной кристаллической решетки и энергии сольватации.

ежионное взаимодействие в растворах электролитов. Понятия активности, средней ионной активности и среднего ионного коэффициента активности.

онятия «удельная», «эквивалентная» и «молярная» электропроводности. Зависимость от концентрации для сильных и слабых электролитов. Измерение удельной электропроводности растворов.

вязь молярной электропроводности с константой диссоциации слабых электролитов. Определение произведения растворимости труднорастворимых

соединений (солей) путем измерения удельной электропроводности их насыщенных растворов. Понятие о кондуктометрии.

гидродинамическая модель проводимости растворов электролитов.

электродвижущая сила (э.д.с.). Электрохимическое равновесие на границе раздела фаз.

электродвижущая сила (ЭДС) и ее связь с изменением энергии Гиббса. Уравнение Нернста. Понятие электродного потенциала.

стандартный электродный потенциал. Международная конвенция об ЭДС и электродных потенциалах.

классификация электродов.

электрохимические цепи и их классификация.

термодинамика гальванического элемента. Практическое применение метода измерения э.д.с. гальванических элементов.

скорость электрохимической реакции. Электродная поляризация и электродное перенапряжение, его виды. Электрохимическое перенапряжение.

диффузионное перенапряжение. Понятие о методе полярографии и амперометрическом титровании.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы учреждения высшего образования по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола)
Физическая химия	Физической химии и электрохимии	Предложения отсутствуют	Рекомендовать к утверждению учебную программу (протокол № 15 от

Заведующий кафедрой физической химии
и электрохимии

доктор химических наук, профессор

Е.А.Стрельцов

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ УО

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 202_ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета

