

Белорусский государственный университет



Основы физической химии

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 04 01 Физика (по направлениям)

направление специальности:

1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность)

2020 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 04 01 2013, учебного плана № G31-163/уч., № G31и-174/уч. от 30 мая 2013 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

А.В. БАГЛОВ – старший преподаватель кафедры энергофизики Белорусского государственного университета.

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

БОДНАРЬ И.В. – профессор кафедры проектирования информационно-компьютерных систем учреждения образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», д-р хим. наук, профессор;
ЧЕРЕНДА Н.Н. – доцент кафедры физики твердого тела Белорусского государственного университета, канд. физ.-мат. наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой энергофизики
(протокол № 3 от 29.10.2020);

Советом физического факультета БГУ
(протокол № 3 от 29.10.2020)

Заведующий кафедрой энергофизики



А.В.Мазаник

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Программа учебной дисциплины «Основы физической химии» разработана для специальности 1-31 04 01 Физика (по направлениям), направление специальности 1-31 04 01-01 Физика (научно-исследовательская деятельность), специализации 1-31 04 01-01 07 «Энергофизика».

Физическая химия является важнейшей фундаментальной дисциплиной естественно-научного цикла. Курс физической химии является необходимой базой для глубокого понимания взаимосвязи физических и химических явлений, теоретических основ химического синтеза, основ термодинамики химических процессов. Изучение дисциплины способствует пониманию теоретических и практических аспектов физической химии, их принципиальных возможностей для решения конкретных научно-исследовательских задач, что обеспечивает всестороннюю подготовку современного специалиста.

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель выработать умение научно обоснованного предсказания хода физико-химического процесса и его конечного результата на основе исследования строения и свойства веществ и их смесей, общих закономерностей протекания химических и фазовых превращений, условий химического и фазового равновесия.

Задачи учебной дисциплины:

1. сформировать представление о физической химии, основных законах и методах, математическом аппарате физической химии;
2. показать возможность на основе анализа физико-химических свойств веществ, прогнозировать возможность и основные закономерности протекания химических реакций и процессов;
3. научить анализировать общие закономерности протекания химических реакций во времени и создавать обоснованные модели химических процессов.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием: учебная дисциплина относится к **циклу** дисциплин специализации компонента учреждения высшего образования.

Связи с другими учебными дисциплинами: материал курса основан на знаниях и представлениях, заложенных при изучении учебной дисциплины «Основы физики твердого тела и полупроводников».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Основы физической химии» должно обеспечить формирование следующих академических, социально-личностных и профессиональных компетенций:

академические компетенции:

АК-1. Уметь применять базовые научно-теоретические знания для решения теоретических и практических задач.

АК-2. Владеть системным и сравнительным анализом.

АК-3. Владеть исследовательскими навыками.
АК-4. Уметь работать самостоятельно.
АК-5. Быть способным порождать новые идеи (обладать креативностью).
АК-6. Владеть междисциплинарным подходом при решении проблем.
АК-7. Иметь навыки, связанные с использованием технических устройств, управлением информацией и работой с компьютером.

АК-8. Обладать навыками устной и письменной коммуникации.

АК-9. Уметь учиться, повышать свою квалификацию в течение всей жизни.
социально-личностные компетенции:

СЛК-2. Быть способным к социальному взаимодействию.

СЛК-3. Обладать способностью к межличностным коммуникациям.

СЛК-5. Быть способным к критике и самокритике.

СЛК-6. Уметь работать в команде.

профессиональные компетенции:

ПК-1. Применять знания теоретических и экспериментальных основ физики, современных технологий и материалов, методы исследования физических объектов, методы измерения физических величин, методы автоматизации эксперимента.

ПК-2. Использовать новейшие открытия в естествознании, методы научного анализа, информационные образовательные технологии, физические основы современных технологических процессов, научное оборудование и аппаратуру.

ПК-3. Проводить планирование и реализацию физического эксперимента, оценивать функциональные возможности сложного физического оборудования.

ПК-4. Пользоваться глобальными информационными ресурсами, компьютерными методами сбора, хранения и обработки информации, системами автоматизированного программирования, научно-технической и патентной литературой.

ПК-5. Осуществлять поиск, систематизацию и анализ информации по перспективным направлениям развития отрасли, инновационным технологиям, проектам и решениям.

В результате освоения учебной дисциплины студент должен:

знать:

- основные задачи, положения, постулаты и законы физической химии, их обоснование;
- границы применимости основных законов физической химии, идеализированных моделей и схем;
- условия, необходимые для протекания химических процессов и факторы, определяющие их направление и скорость;

уметь:

- применять изученные законы и понятия при характеристике составов, строения и свойств веществ, химических реакций, способов получения веществ и их практического использования;
- проводить численные расчеты при решении химических задач;

- устанавливать связь между строением и свойствами веществ;
- обрабатывать и анализировать результаты физико-химического эксперимента;

владеть:

- методами физико-химического анализа как совокупности теоретических положений и экспериментальных методов исследования взаимодействия веществ при различных условиях.

Структура учебной дисциплины

Дисциплина изучается в 6 семестре. Всего на изучение учебной дисциплины «Основы физической химии» отведено:

– для очной формы получения высшего образования – 60 часов, в том числе 28 аудиторных часа, из них: лекции – 24 часа, управляемая самостоятельная работа – 4 часа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 1,5 зачетные единицы.

Форма текущей аттестации – зачет.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1 Строение и состояние вещества

Тема 1.1 *Строение атомов, молекул и химическая связь*. Атомно-молекулярное учение. Общий спектр электромагнитных колебаний. Квантовая теория атома водорода. Атомы других элементов. Сродство к электрону. Образование и полярность химической связи. Дипольный момент и полярная структура молекул. Ион водорода и водородная связь. Атомная энергия образования молекул и энергия связей.

Тема 1.2 *Газы и жидкости*. Идеальные и реальные газы. Парциальные давления в смесях идеальных газов. Теплоемкость газов. Реальные газы. Сжижение газов. Уравнения состояния реальных газов. Свойства газов при высоком разрежении и высоком давлении. Жидкое состояние. Давление насыщенного пара жидкостей. Теплота испарения жидкостей. Вязкость жидкостей.

Тема 1.3 *Кристаллические и аморфные твердые тела*. Основные сведения о кристаллическом состоянии веществ. Внутренняя структура кристаллов. Симметрия кристаллов. Принцип плотной упаковки. Энергия решетки. Кристаллы с ковалентной связью. Молекулярные кристаллы. Кристаллогидраты. Органические кристаллы. Общая характеристика кристаллического состояния. Реальные кристаллы. Температуры и теплоты плавления кристаллов. Теплоемкость кристаллов.

Тема 1.4 *Первый закон термодинамики*. Предмет химической термодинамики, основные понятия и величины. Работа расширения идеальных газов. Первый закон термодинамики. Закон Гесса. Экспериментальное определение тепловых эффектов. Расчеты тепловых эффектов химических реакций. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Внутренняя энергия и энтальпия.

Тема 1.5 *Второй закон термодинамики*. Основной смысл и значение второго закона термодинамики. Возможности и направления самопроизвольного протекания процессов. Статистическая природа второго закона термодинамики. Формулировки второго закона термодинамики. Энтропия. Необратимые процессы. Характеристические функции и термодинамические потенциалы. Применение второго закона к идеальным и неидеальным газам. Влияние изменения внешних условий на равновесия.

Раздел 2 Фазовое и химическое равновесие

Тема 2.1 *Фазовые равновесия*. Общее условие равновесия в гетерогенных системах. Химический потенциал. Правило фаз. Однокомпонентные системы. Равновесные соотношения при фазовых переходах. Зависимость температур плавления и полиморфного превращения от давления.

Тема 2.2 *Растворы*. Газовые смеси. Жидкие растворы. Разбавленные растворы: температура кристаллизации, температура кипения, осмотическое давление. Концентрированные растворы. Давление насыщенного пара в

различных системах. Активность и коэффициент активности. Теплота испарения растворов. Состав пара и температура кипения растворов. Растворы газов в жидкостях.

Тема 2.3 *Фазовые равновесия в конденсированных системах.* Взаимная растворимость жидкостей. Третий компонент в двухслойной жидкой системе. Закон распределения. Графическое представление состава тройных систем. Изотермические равновесия в тройной жидкой системе. Экстракция из растворов. Растворимость твердых веществ. Кристаллизация из растворов. Диаграммы состояния в простых системах с эвтектикой. Системы, компоненты которых образуют соединения между собой. Системы, компоненты которых образуют смешанные кристаллы (твердые растворы).

Тема 2.4 *Химические равновесия.* Закон действия масс. Константы равновесия. Уравнения изотермы химической реакции. Химическое сродство. Уравнения изобары и изохоры химической реакции. Химические равновесия в гетерогенных реакциях. Тепловая теорема. Абсолютные энтропии. Изотермические потенциалы при различных температурах. Расчетные методы статистической термодинамики.

Тема 2.5 *Расчеты химических равновесий.* Изменение энергии Гиббса в реакциях образования химических соединений. Косвенные расчеты изменения энергии Гиббса и константы равновесия. Экспериментальные методы определения изменения энергии Гиббса. Расчеты изменения энтропии при реакции. Зависимость константы равновесия от температуры. Расчеты химических равновесий через стандартные энтропии и теплоты образования компонентов реакции. Расчеты химических равновесий с помощью справочных таблиц высокотемпературных составляющих энтальпии и энтропии.

Раздел 3 Основы электрохимии и кинетика химических реакций

Тема 3.1 *Растворы электролитов. Электродные процессы и электродвижущие силы.* Электролитическая диссоциация. Ионизация электролитов при растворении. Гидратация и сольватация ионов в растворе. Сильные и слабые электролиты. Химические свойства растворов электролитов. Электропроводность растворов. Гальванические элементы. Обратимые и необратимые цепи. Электродные потенциалы и ЭДС гальванических элементов. Окислительно-восстановительные электроды и цепи. Зависимость ЭДС гальванических элементов от температуры. Химические источники тока. Топливные элементы. Практические применения электролиза.

Тема 3.2 *Поверхностные явления.* Поверхностное натяжение. Зависимость поверхностного натяжения от температуры. Термодинамика поверхностных явлений в однокомпонентных системах. Влияние изменения величины поверхности на химические равновесия. Поверхностные свойства растворов. Поверхностная ориентация молекул. Адсорбция на поверхности твердых тел.

Тема 3.3 *Кинетика гомогенных химических реакций.* Зависимость скорости реакций от концентрации реагирующих веществ. Кинетическая классификация химических реакций. Порядок реакции. Реакции первого порядка. Реакции второго порядка. Сложные реакции. Обратимые реакции.

Определение порядка реакции. Влияние температуры на скорость реакций. Энергия активации. Расчеты констант скоростей реакций и энергии активации. Цепные реакции. Кинетика реакций в растворах. Гомогенный катализ. Фотохимические реакции.

Тема 3.4 *Кинетика гетерогенных процессов*. Основные особенности кинетики гетерогенных процессов. Возникновение новых фаз. Гетерогенный катализ. Отравление и старение катализаторов. Учение о гетерогенном катализе. О кинетике химических реакций в потоке. Гетерогенный катализ в промышленности.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Дневная форма получения образования

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Ауд. контроль УСР	Формы контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Строение и состояние вещества	10						
1.1	Строение атомов, молекул и химическая связь	2						Устный опрос
1.2	Газы и жидкости	2						Устный опрос
1.3	Кристаллические и аморфные твердые тела	2						Устный опрос
1.4	Первый закон термодинамики	2						Устный опрос
1.5	Второй закон термодинамики	2						Устный опрос
2	Фазовое и химическое равновесие	10					2	
2.1	Фазовые равновесия	2						Устный опрос
2.2	Растворы	2						Устный опрос
2.3	Фазовые равновесия в конденсированных системах	2						Устный опрос

2.4	Химические равновесия	2					2	Контрольная работа
2.5	Расчеты химических равновесий	2						Устный опрос
3	Основы электрохимии и кинетика химических реакций	4					2	
3.1	Растворы электролитов. Электродные процессы и электродвижущие силы	1						Устный опрос
3.2	Поверхностные явления	1						Устный опрос
3.3	Кинетика гомогенных химических реакций	1						Устный опрос
3.4	Кинетика гетерогенных процессов	1					2	Контрольная работа

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. Зимон, А.Д. Физическая химия / А.Д. Зимон // М. : URSS, 2020. – 318 с.
2. Еремин, В.В. Основы общей и физической химии / В.В. Еремин, А.Я. Борщевский // М. : ИД Интеллект, 2018. – 848 с.
3. Еремин, В.В. Основы физической химии. Теория и задачи. Учебное пособие в 2-х частях / В.В. Еремин, И.А. Успенская, С.И. Каргов, Н.Е. Кузьменко, В.В. Лунин // М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2020. – 624 с.

Перечень дополнительной литературы

1. Эткинс, П. Физическая химия. В двух томах / П. Эткинс // М. : Мир, 1980. – 580 с.
2. Фичини, Ф. Основы физической химии / Ф. Фичини, Н. Ламбросо-Бадер, Ж.-К. Делезе // М. : Мир, 1972. – 312 с.
3. Воробьева, Т.Н. Химия твердого тела / Т.Н. Воробьева, А.И. Кулак, Т.В. Свиридова // Мн. : БГУ, 2011. – 320 с.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методика формирования итоговой оценки

Для диагностики компетенций используются следующие формы контроля:

- устный опрос;
- контрольная работа.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Основы физической химии» учебным планом предусмотрен зачет.

При формировании итоговой оценки используется рейтинговая оценка знаний студента, дающая возможность проследить и оценить динамику процесса достижения целей обучения. Рейтинговая оценка предусматривает использование весовых коэффициентов для текущего контроля знаний и текущей аттестации студентов по дисциплине.

Формирование оценки за текущую успеваемость:

- контрольная работа – 60 %;
- устный опрос – 40 %.

Рейтинговая оценка по дисциплине рассчитывается на основе оценки текущей успеваемости и зачетной оценки с учетом их весовых коэффициентов. Вес оценки по текущей успеваемости составляет 40 %, зачетной оценки – 60 %.

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 2.4 *Химические равновесия* (2 ч.)

Химическое равновесие. Смещение химического равновесия. Влияние температуры, давления и концентрации реагентов и продуктов. Принцип Ле Шателье (Ле Шателье – Брауна). Константа равновесия. Катализатор и ингибитор.

Самостоятельное дополнительное изучение химических равновесий.

Форма контроля – контрольная работа.

Тема 3.5 *Кинетика гетерогенных процессов* (2 ч.)

Гетерогенный процесс и его стадии. Признаки диффузионной и кинетической областей. Истинный и кажущийся порядок. Графический и аналитические методы определения порядка реакции. Диффузионно-кинетическая теория гетерогенного реагирования.

Самостоятельное дополнительное изучение кинетики гетерогенных процессов.

Форма контроля – контрольная работа.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины (кейс-метод, метод учебной дискуссии)

При организации образовательного процесса используются:

- *метод анализа конкретных ситуаций (кейс-метод)*, который предполагает приобретение студентом знаний и умений для решения практических задач; анализ ситуации, используя профессиональные знания, собственный опыт, дополнительную литературу и иные источники.
- *метод учебной дискуссии*, который предполагает участие студентов в целенаправленном обмене мнениями, идеями для предъявления и/или согласования существующих позиций по определенной проблеме. Использование метода обеспечивает появление нового уровня понимания изучаемой темы, применение знаний (теорий, концепций) при решении проблем, определение способов их решения.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для эффективной самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине рекомендуется использовать размещенные в электронной библиотеке учебно-программные материалы, рекомендуемую основную и

дополнительную литературу, а также иные, находящиеся в открытом доступе, источники информации.

Также рекомендуется применение заданий различных уровней сложности: задания базового уровня сложности предполагают использование знаний из ограниченной предметной области, задания более высокого уровня сложности требуют от студентов комплексного анализа проблемы с привлечением знаний из смежных областей.

Для текущего контроля качества усвоения знаний по дисциплине рекомендуется использовать устные опросы и письменные тестирования.

Рекомендуемые разделы для составления заданий контрольных работ

1. Строение атомов, молекул и химическая связь
2. Фазовые равновесия в конденсированных системах
3. Химические равновесия
4. Расчеты химических равновесий
5. Поверхностные явления
6. Кинетика гомогенных химических реакций
7. Кинетика гетерогенных процессов

Примерный перечень вопросов к зачету

1. Строение атома и молекул. Электромагнитное излучение. Боровская теория атома водорода. Водородоподобные атомы.
2. Сродство к электрону. Образования и виды химической связи. Связывающие и антисвязывающие (разрыхляющие) орбитали.
3. Полярные молекулы и их дипольный момент. Кратные химические связи.
4. Идеальные и реальные газы. Теплоемкость газов. Сжижение газов.
5. Уравнения состояния реальных газов. Свойства газов при высоком разрежении и высоком давлении.
6. Жидкое состояние. Давление насыщенного пара жидкостей. Теплота испарения жидкостей.
7. Агрегатные состояния вещества. Общая характеристика кристаллического состояния. Теплоемкость кристаллов.
8. Внутренняя структура кристаллов. Симметрия кристаллов. Принцип плотной упаковки. Реальные кристаллы.
9. Кристаллы с ковалентной связью. Молекулярные кристаллы. Кристаллогидраты. Органические кристаллы. Температуры и теплоты плавления кристаллов.
10. Предмет химической термодинамики, основные понятия и величины. Экспериментальное определение тепловых эффектов. Внутренняя энергия и энтальпия.

11. Работа расширения идеальных газов. Закон Гесса. Расчеты тепловых эффектов химических реакций. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры.
12. Основной смысл и значение второго закона термодинамики. Возможности и направления самопроизвольного протекания процессов.
13. Статистическая природа второго закона термодинамики. Формулировки второго закона термодинамики.
14. Энтропия. Необратимые процессы. Характеристические функции и термодинамические потенциалы.
15. Характеристические функции и термодинамические потенциалы. Применение второго закона к идеальным и неидеальным газам. Влияние изменения внешних условий на равновесия.
16. Общее условие равновесия в гетерогенных системах. Химический потенциал.
17. Правило фаз. Равновесные соотношения при фазовых переходах.
18. Разбавленные растворы: температура кристаллизации, температура кипения, осмотическое давление. Концентрированные растворы.
19. Теплота испарения растворов. Состав пара и температура кипения растворов. Растворы газов в жидкостях.
20. Взаимная растворимость жидкостей. Третий компонент в двухслойной жидкой системе. Закон распределения.
21. Графическое представление состава тройных систем. Изотермические равновесия в тройной жидкой системе.
22. Системы, компоненты которых образуют соединения между собой. Системы, компоненты которых образуют смешанные кристаллы (твердые растворы).
23. Растворимость твердых веществ. Кристаллизация из растворов. Диаграммы состояния в простых системах с эвтектикой.
24. Константы равновесия. Уравнения изотермы химической реакции. Химическое сродство.
25. Уравнения изобары и изохоры химической реакции. Химические равновесия в гетерогенных реакциях. Тепловая теорема.
26. Изменение энергии Гиббса в реакциях образования химических соединений. Косвенные расчеты изменения энергии Гиббса и константы равновесия.
27. Экспериментальные методы определения изменения энергии Гиббса. Расчеты изменения энтропии при реакции.
28. Электролитическая диссоциация. Ионизация электролитов при растворении.
29. Гидратация и сольватация ионов в растворе. Сильные и слабые электролиты. Термодинамические свойства растворов электролитов. Химические свойства растворов электролитов.
30. Электродвижущие силы. Гальванические элементы. Обратимые и необратимые цепи. Электродные потенциалы и ЭДС гальванических элементов.

31. Химические источники тока. Топливные элементы. Химические процессы при электролизе. Практические применения электролиза.
32. Поверхностное натяжение. Зависимость поверхностного натяжения от температуры.
33. Термодинамика поверхностных явлений в однокомпонентных системах. Влияние изменения величины поверхности на химические равновесия.
34. Поверхностные свойства растворов. Поверхностная ориентация молекул. Адсорбция на поверхности твердых тел.
35. Зависимость скорости реакций от концентрации реагирующих веществ. Кинетическая классификация химических реакций.
36. Порядок реакции. Реакции первого порядка. Реакции второго порядка.
37. Сложные реакции. Обратимые реакции. Определение порядка реакции.
38. Влияние температуры на скорость реакций. Энергия активации. Расчеты констант скоростей реакций и энергии активации.
39. Цепные реакции. Кинетика реакций в растворах. Гомогенный катализ. Фотохимические реакции.
40. Основные особенности кинетики гетерогенных процессов. Возникновение новых фаз.
41. Гетерогенный катализ. Отравление и старение катализаторов.
42. Кинетика химических реакций в потоке. Гетерогенный катализ в промышленности.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

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)

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО
ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

на ____ / ____ учебный год

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
_____ (протокол № ____ от _____ 20__ г.)

Заведующий кафедрой

УТВЕРЖДАЮ
Декан факультета
