

каб. 2015, 16

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



По учебно-методической работе

А.А. Панфилов

2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Физическая химия**

Направление подготовки – 22.03.01 – Материаловедение и технология материалов

Профиль подготовки:

Уровень высшего образования: бакалавриат

Форма обучения – очная

Семестр	Трудоём- кость зач. ед. (час.)	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лаборат. работ, час.	СРС, час.	Форма промежуточного контроля (экз./зачёт)
2	2 (72)	18	18	-	36	зачёт
Итого	2 (72)	18	18	-	36	зачёт

Владимир, 2015

Мор

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

*Целью освоения дисциплины* «Физическая химия» является ознакомление студентов с современным состоянием химической науки в её части, касающейся основ строения вещества, основ химической термодинамики, термохимии, учения о химическом равновесии, основных закономерностей химической кинетики.

*Задачи курса.* Знание основных понятий и законов химии, как одной из основополагающих естественнонаучных дисциплин, стало в настоящее время базисом для изучения многих практически важных высоких технологий, в том числе – нанотехнологий. Кроме овладения основами теории химической связи, представлениями о физико-химических системах и законами термодинамики, имеется необходимость более тесного знакомства с конкретными приложениями их в термохимии, расчётах химических равновесий, термодинамическом анализе химических систем. Отдельной важнейшей задачей является изучение основ химической кинетики и овладение методикой расчётов скоростей химических реакций. От студента требуется не только усвоение общих идей и принципов теории, но и их активное применение, приложение к актуальным задачам химии, химической технологии и многих высоких технологий, таких как нанотехнологии.

В программе на основе краткого изложения общих вопросов теории строения атомов и молекул и основ химической термодинамики и кинетики рассмотрены вопросы их практического применения для термохимических и кинетических расчётов, а также расчётов химических равновесий.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Физическая химия» изучается в базовой части учебной программы.

Перечень базовых дисциплин, необходимых для успешного изучения дисциплины «Физическая химия».

1. Математика.
2. Физика.
3. Физика конденсированного состояния.
4. Физика твёрдого тела.
5. Философия (категории и законы материалистической диалектики, теория познания).

Освоение дисциплины «Физическая химия» необходимо как предшествующее для изучения следующих дисциплин:

1. Биология.
2. Экология.
3. Физико-химические основы процессов микро- и нанотехнологии.

4. Моделирование и проектирование микро- и наносистем.
5. Наноматериалы и нанотехнологии.

### **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общекультурные и профессиональные компетенции:

- готовность применять фундаментальные математические, естественнонаучные и общинженерные знания в профессиональной деятельности (ОПК-3);
- способность использовать в исследованиях и расчётах знания о методах исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессах, протекающих в материалах при их получении, обработке и модификации (ПК-4);
- способность выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов (ПК-7).

В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие общекультурные и профессиональные компетенции:

#### **1) Знать:**

- Основы современных представлений о строении молекул (ОПК-3, ПК-4, ПК-7).
- Основные законы химической термодинамики (ОПК-3, ПК-4, ПК-7).
- Учение о химическом равновесии (ОПК-3, ПК-4, ПК-7).
- Основные законы химической кинетики (ОПК-3, ПК-4, ПК-7).

#### **2) Уметь:**

- Пользоваться основными термохимическими уравнениями и проводить соответствующие вычисления (ОПК-3, ПК-4, ПК-7).
- Рассчитывать химические равновесия и определять направление обратимой химической реакции (ОПК-3, ПК-4, ПК-7).
- Рассчитывать скорость химической реакции в данных условиях (ОПК-3, ПК-4, ПК-7).

#### **3) Владеть:**

- Основными методами расчёта тепловых эффектов реакций (ОПК-3, ПК-4, ПК-7).
- Методами расчёта химических равновесий (ОПК-3, ПК-4, ПК-7).
- Основными кинетическими уравнениями (ОПК-3, ПК-4, ПК-7).

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зачётные единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Вид учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах).						Объем учебной работы с применением интерактивных методов (в часах.%)	Формы контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы.	Контрольные работы	СРС	КП/КР		
1	Физико-химические системы. Нулевой закон термодинамики.	2	1-2	2	2			4			
2	Первый закон термодинамики. Термохимия. Закон Гесса.	2	3-4	2	2			4			
3	Второй закон термодинамики. Термодинамические потенциалы.	2	5-9	6	4			10	6/60	Рейтинг-контроль № 1	
4	Третий закон термодинамики. Химический потенциал. Термодинамические функции.	2	10-13	4	6			10	2/20	Рейтинг-контроль. № 2	
5	Химическая термодинамика. Учение о химическом равновесии. Закон действия масс.	2	14-15	2	2			4	1/25		
6	Основные законы химической кинетики. Скорость химической реакции. Кинетические уравнения.	2	16-17	2	2			4	1/25	Рейтинг-контроль № 3	
	Всего	2		18	18			36	10/28	Зачет	

## СОДЕРЖАНИЕ КУРСА

### 1. Введение

Физико-химический подход к описанию природы. Физико-химические системы. Их классификация.

### 2. Термодинамическое описание химических систем. Первый закон термодинамики.

#### Термохимия

Параметры состояния и функции состояния. Физико-химические процессы и их классификация. Функции перехода. Нулевой закон термодинамики. Температура. Внутренняя энергия. Первый закон термодинамики. Энтальпия. Термохимия. Закон Гесса. Работа. Закон Кирхгофа.

### 3. Энтропия. Второй закон термодинамики. Термодинамические потенциалы

Статистическое обоснование энтропии. Формула Больцмана. Второй закон термодинамики. Изобарно-изотермический и изохорно-изотермический потенциалы. Главное уравнение термодинамики (объединённый закон) для закрытых и открытых систем. Химический потенциал. Характеристические функции. Уравнение Гиббса-Гельмгольца. Термодинамика фазовых переходов.

### 4. Учение о химическом равновесии

Закон действия масс. Стандартный изобарный потенциал реакции. Константы равновесия  $K_p$ ,  $K_c$ ,  $K_x$ . Уравнение изотермы Вант-Гоффа. Уравнения изобары и изохоры Вант-Гоффа. Критерии химического равновесия. Принцип Ле-Шателье-Брауна. Общие схемы расчётов химических равновесий.

### 5. Химическая кинетика

Скорости химических реакций. Элементарные химические реакции; кинетическое уравнение скорости. Молекулярность. Реальные химические процессы; кинетическое уравнение скорости этих реакций. Описание химических реакций дифференциальными уравнениями. Прямая и обратная задачи. Необратимые реакции первого и второго порядка. Зависимость скорости реакции от температуры. Закон Аррениуса. Понятие о теориях активированного комплекса и активных соударений. Общие представления об энергетике гетерогенного катализа.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ

1. Газовые законы. Первый закон термодинамики.
2. Термохимия. Закон Гесса.
3. Зависимость теплового эффекта от температуры. Закон Кирхгофа.
4. Энтропия. Формула Больцмана. Второй закон термодинамики.
5. Изобарно-изотермический и изохорно-изотермический потенциалы.
6. Химический потенциал. Характеристические функции.
7. Закон действия масс. Стандартный изобарный потенциал реакции. Константы равновесия  $K_p$ ,  $K_c$ ,  $K_x$ .
8. Уравнения изобары и изохоры Вант-Гоффа. Критерии химического равновесия.
9. Скорости химических реакций.

### 5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Изложение теоретического материала осуществляется с применением электронных средств обучения.

Некоторые разделы теоретического курса рассматриваются с использованием опережающей самостоятельной работы: студенты получают задание на изучение нового материала до его изложения на лекции.

Используются активные и интерактивные формы обучения: компьютерные симуляции вычислительных алгоритмов, разбор конкретных примеров для рассматриваемых алгоритмов. При чтении лекций могут применяться экспромтные психологические этюды.

Для оценки освоения теоретического материала студентами используются письменные контрольные работы и устный опрос.

## 6. ОДИНОВРЕМЕННЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.

### Контрольные вопросы для проведения рейтинг-контроля

#### Рейтинг-контроль №1

1. Термодинамические системы и их классификация.
2. Равновесное, неравновесное и стационарное состояние.
3. Интенсивные и экстенсивные свойства термодинамических систем.
4. Параметры состояния и функции состояния. Математическая обработка функций состояния.
5. Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы.
6. Равновесные, неравновесные и обратимые процессы.
7. Функции состояния и функции перехода. Математическая обработка функций состояния и функций перехода.
8. Внутренняя энергия, теплота и работа.
9. Первый закон термодинамики.
10. Теплоёмкость процесса при постоянном объёме. Теплоёмкость.
11. Теплоёмкость процесса при постоянном давлении. Энтальпия. Теплоёмкость.
12. Теплоёмкость. Зависимость теплоёмкости от температуры.
13. Нормальные и стандартные условия. Стандартное состояние. Стандартные молярные энтальпии.
14. Термодинамика. Закон Гесса и следствия из него.
15. Теплоёмкость образования, сгорания, растворения, теплота фазовых переходов.
16. Закон Гиббса-Гельмгольца. Теплоёмкость.

#### Рейтинг-контроль №2

1. Распределение энергии. Энтропия. Формула Больцмана.
2. Энтропия. Второй закон термодинамики.
3. Зависимость энтропии от температуры. Энтропия фазовых переходов.
4. Критерии самопроизвольности процессов. Изохорно-изотермический процесс. Максимальная работа.
5. Критерии самопроизвольности процессов. Изобарно-изотермический процесс. Полезная работа.
6. Абсолютная энтропия. Третий закон термодинамики.
7. Объёмные формы первого и второго законов. Понятие о химическом потенциале.
8. Зависимость  $\Delta G$  от температуры и от давления. Уравнение Гиббса-Гельмгольца.
9. Термодинамика фазовых переходов. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.

### Рейтинг-контроль №3

1. Закон действия масс. Константа равновесия  $k_p$ . Стандартный изобарный потенциал реакции.
2. Константы равновесия  $k_c$  и  $k_x$ . Связь между тремя константами.
3. Уравнение изобары Вант-Гоффа и изохоры Вант-Гоффа.
4. Смещение равновесий. Принцип Ле-Шателье – Брауна.
5. Правило фаз Гиббса. Однокомпонентные системы.
6. Двухкомпонентные системы. Термический анализ. Диаграммы состояния.
7. Диаграммы состояния систем с образованием химического соединения.
8. Диаграммы состояния систем с образованием твёрдых растворов.

### Контрольные вопросы для самостоятельной работы:

1. Понятие о термодинамических системах. Классификации термодинамических систем. Состояния систем – равновесные, неравновесные, стационарные.
2. Свойства термодинамических систем, интенсивные и экстенсивные свойства. Параметры состояния и функции состояния. Математическая обработка функций состояния.
3. Процессы в термодинамических системах. Самопроизвольные и несамопроизвольные. Круговые и некруговые. Равновесные и неравновесные. Классификация процессов по особым условиям. Обратимые процессы.
4. Функции состояния и функции перехода. Математическая обработка функций состояния функций перехода.
5. Внутренняя энергия, теплота и работа. Первый закон термодинамики.
6. Зависимость внутренней энергии от объёма и температуры. Теплота процесса при постоянном объёме. Теплоёмкость.
7. Зависимость внутренней энергии от давления и температуры. Теплота процесса при постоянном давлении. Энтальпия. Теплоёмкость.
8. Теплоёмкость. Зависимость теплоёмкости от температуры. Соотношение между  $c_p$  и  $c_v$  для идеального газа.
9. Нормальные и стандартные условия. Стандартное состояние. Стандартные мольные энтальпии.
10. Работа. Работа равновесного процесса. Работа других процессов.
11. Термохимия. Закон Гесса и следствия из него. Теплота образования, сгорания, растворения, теплота фазовых переходов.
12. Зависимость теплоты процесса от температуры. Законы Кирхгоффа. Теплоёмкость.
13. Распределение энергии. Энтропия. Формула Больцмана.
14. Энтропия. Второй закон термодинамики. Зависимость энтропии от температуры. Энтропия фазовых переходов.



15. Критерий самопроизвольности процессов. Изохорно-изотермический процесс. Максимальная работа. Свободная и связанная энергия.
16. Критерий самопроизвольности процессов. Изобарно-изотермический процесс. Полезная работа. Свободная и связанная энергия.
17. Абсолютная энтропия. Третий закон термодинамики. Объединение первого и второго законов. Понятие о химическом потенциале.
18. Зависимость  $G$  от температуры и от давления. Уравнение Гиббса-Гельмгольца.
19. Термодинамика фазовых переходов. Две формы уравнения Клапейрона-Клаузиуса. Давление насыщенного пара жидкости.
20. Закон действия масс. Константа равновесия  $k_p$ . Стандартный изобарный потенциал реакции. Константы равновесия  $k_c$  и  $k_x$ . Связь между тремя константами.
21. Константы равновесия  $k_p$ ,  $k_c$  и  $k_x$ . Уравнение изобары Вант-Гоффа и изохоры Вант-Гоффа.
22. Смещение равновесий. Принцип Ле-Шателье – Брауна. Влияние катализатора на химическое равновесие.
23. Правило фаз Гиббса. Однокомпонентные системы.
24. Двухкомпонентные системы. Термический анализ. Диаграммы состояния. Определение соотношения фаз и состава фаз.
25. Диаграммы состояния систем с образованием химического соединения, плавящегося конгруэнтно и инконгруэнтно. Принцип соответствия.
25. Диаграммы состояния систем с образованием твёрдых растворов для всех составов и с ограниченной растворимостью. Принцип соответствия.
26. Скорость химической реакции. Дифференциальное уравнение скорости. Элементарная химическая реакция и реальные химические процессы. Молекулярность. Кинетическое уравнение скорости элементарной стадии и реальной реакции. Порядок реакции.
27. Время полураспада. Необратимая реакция первого порядка. Уравнение Аррениуса. Энергетическая диаграмма реакции.

#### Вопросы к зачёту:

1. Понятие о термодинамических системах. Классификации термодинамических систем. Состояния систем – равновесные, неравновесные, стационарные.
2. Свойства термодинамических систем, интенсивные и экстенсивные свойства. Параметры состояния и функции состояния. Математическая обработка функций состояния.
3. Процессы в термодинамических системах. Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Круговые и некруговые. Равновесные и неравновесные. Классификация процессов по особым условиям. Обратимые процессы.

4. Функции состояния и функции перехода. Математическая обработка функций состояния функций перехода.
5. Внутренняя энергия, теплота и работа. Первый закон термодинамики.
6. Зависимость внутренней энергии от объёма и температуры. Теплота процесса при постоянном объёме.
7. Зависимость внутренней энергии от давления и температуры. Теплота процесса при постоянном давлении. Теплоёмкость.
8. Теплоёмкость. Зависимость теплоёмкости от температуры. Соотношение между  $c_p$  и  $c_v$  для идеальных газов.
9. Нормальные стандартные условия. Стандартное состояние. Стандартные мольные энтальпии.
10. Работы равновесного процесса. Работа других процессов.
11. Теплоты сгорания. Закон Гесса и следствия из него. Теплота образования, сгорания, растворения, теплоты фазовых переходов.
12. Зависимость теплоты процесса от температуры. Законы Кирхгоффа. Теплоёмкость.
13. Работы энергии. Энтропия. Формула Больцмана.
14. Энтропия. Второй закон термодинамики. Зависимость энтропии от температуры. Энтропия фазовых переходов.
15. Критерий произвольности процессов. Изохорно-изотермический процесс. Максимальная работа и связанная энергия.
16. Критерий произвольности процессов. Изобарно-изотермический процесс. Полезная работа. Свободная энергия.
17. Абсолютная энтропия. Третий закон термодинамики. Объединение первого и второго законов. Понятие химического потенциала.
18. Зависимость  $G$  от температуры и от давления. Уравнение Гиббса-Гельмгольца.
19. Термодинамика фазовых переходов. Две формы уравнения Клапейрона-Клаузиуса. Давление насыщенного пара жидкости.
20. Зависимость константы равновесия масс: Константа равновесия  $k_p$ . Стандартный изобарный потенциал реакции. Константа равновесия  $k_c$  и  $k_x$ . Связь между тремя константами.
21. Константа равновесия  $k_p$ ,  $k_c$  и  $k_x$ . Уравнение изобары Вант-Гоффа и изохоры Вант-Гоффа.
22. Состояние равновесий. Принцип Ле-Шателье – Брауна. Влияние катализатора на химическое равновесие.
23. Потенциал Гиббса. Однокомпонентные системы.
24. Кинетика химической реакции. Дифференциальное уравнение скорости. Элементарная химическая реакция и реальные химические процессы. Молекулярность. Кинетическое уравнение скорости элементарной стадии и реальной реакции. Порядок реакции.

25. Время полураспада. Необратимая реакция первого порядка. Уравнение Аррениуса. Энергетическая диаграмма реакции.

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

1. В.И. Грызунов, И.Р. Кузеев, Е.В. Пояркова и др. Физическая химия - 2-е изд., стер. - М. : ФЛИНТА, 2014. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785976519633.html>.
2. Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметдинов, Х.М. Ярошевская и др. Физическая химия. Казань: Изд-во КНИТУ, 2012. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788213675.html>.
3. В. В. Еремин Основы физической химии: в 2 ч. Ч. 1 : Теория -3-е изд. М. БИНОМ. 2013. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321063.html>
4. В. В. Еремин Основы физической химии: в 2 ч. Ч. 1 : Задачи -3-е изд. М. БИНОМ. 2013. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785996321070.html>.
5. Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметдинов, Х.М. Ярошевская. Формальная кинетика. Казань: Изд-во КНИТУ, 2014. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788216997.html>.

### Дополнительная литература:

1. Афанасьев Б.Н., Акулова Ю.П. Физическая химия. Изд. Лань. 1-е изд. 2012. [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=4312](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=4312).
2. Г.В. Булидорова, Ю.Г. Галяметдинов, Х.М. Ярошевская. Основы химической термодинамики (к курсу физической химии): учебное пособие. Казань: Изд-во Казан. гос. технол. ун-та/ 2011. <http://www.studentlibrary.ru/cgi-bin/mb4>.
3. Афанасьев Б.Н., Акулова Ю.П. Физическая химия. Издательств: Лань, 2014.

### Программное обеспечение и Интернет-ресурсы.

1. <http://www.scirus.com/>
2. <http://www.ihtik.lib.ru/>
3. <http://www.y10k.ru/books/>
4. <http://www.abc.chemistry.bsu.by/current/fulltext.htm>
5. <http://www.sciencedirect.com>
6. <http://chemteq.ru/lib/book>
7. <http://www.chem.msu.su/rus>
8. <http://djvu-inf.narod.ru/nclib.htm>
9. <http://www.elsevier.com/>
10. <http://www.uspkhim.ru/>
11. <http://www.strf.ru/database.aspx>

## **8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

При чтении лекционного курса используются мультимедийные средства обучения в виде набора слайдов с демонстрацией через проектор.

На лабораторных занятиях используются компьютеры и соответствующее программное обеспечение.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению

22.03.01 – Материаловедение и технология материалов

Рабочую программу составил доцент Лобко В.Н. *Л*

Рецензент

*Главный технолог ООО "Казанское  
интеллектуально-инновационное объединение"*

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры химии *Серода В.Е.*

Протокол № 5 от 17.12. 2015 г.

Заведующий кафедрой *Кухтин* (*Кухтин В.А.*)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии  
направления 22.03.01 – “Материаловедение и технология материалов”

Протокол № 4а от 22.12.2015 2015 г.

Председатель комиссии *Кечин* (*Кечин В.А.*)

Программа переутверждена:

на 2016-2017 учебный год. Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.16 года

Зав. кафедрой *Кухтин*

на 2017-2018 учебный год. Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.17 года

Зав. кафедрой *Кечин В.А.*

на 2018-2019 учебный год. Протокол заседания кафедры № 1 от 31.08.18 года

Зав. кафедрой *Кечин В.А.*

на \_\_\_\_\_ учебный год. Протокол заседания кафедры № \_\_ от \_\_\_\_\_ года

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_

на \_\_\_\_\_ учебный год. Протокол заседания кафедры № \_\_ от \_\_\_\_\_ года

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_