

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
электроники, фотоники и  
молекулярной физики**

**В.В. Иванов**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Макрокинетика
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра химической физики
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: А.А. Берлин, д-р хим. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры химической физики 29.05.2020

## Аннотация

Курс "Макрокинетика" имеет цель обучить студентов роли процессов массо- и теплопередачи в химической кинетике. Задачей курса является научить студентов основам учета массо- и теплопередачи в сложных химических процессах в химической технологии, атмосфере, получении новых материалов и т.д.

В результате освоения курса студент будет знать, как учитываются диффузия, конвекция, теплопередача в химической кинетике; уметь рассчитывать работу химического реактора, поведение атмосферных процессов, процессов горения в различных масштабах и пр.; владеть методами и приемами учета массо- и теплопередач.

Основное содержание курса изложено в следующих разделах:

1. Введение
2. Общие сведения из диффузии и теплопередачи
3. Диффузионная изотермическая кинетика
4. Кинетика с турбулентным переносом
5. Неизотермические процессы, адиабатические и сверхадиабатические
6. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез
7. Открытые системы, реактора непрерывного действия
8. Колебательные химические реакции
9. Некоторые приложения для расчетов химических процессов

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- обучить студентов роли процессов массо- и теплопередачи в химической кинетике.

#### Задачи дисциплины

- научить студентов основам учета массо- и теплопередачи в сложных химических процессах в химической технологии, атмосфере, получении новых материалов и т.д.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- как учитываются диффузия, конвекция, теплопередача в химической кинетике.

уметь:

- рассчитать работу химического реактора, поведение атмосферных процессов, процессов горения в различных масштабах и пр.

владеть:

- владеть методами и приемами учета массо- и теплопередач.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Введение	2			5
2	Общие сведения из диффузии и теплопередачи	4			5
3	Диффузионная изотермическая кинетика	4			5
4	Кинетика с турбулентным переносом	4			10
5	Неизотермические процессы, адиабатические и сверхадиабатические	2			10
6	Самораспространяющийся высокотемпературный синтез	2			10
7	Открытые системы, реактора непрерывного действия	4			10
8	Колебательные химические реакции	2			10
9	Некоторые приложения для расчетов химических процессов	6			10
Итого часов		30			75
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

##### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 1 (Осенний)

###### 1. Введение

Введение. Общие положения макрокинетики.

###### 2. Общие сведения из диффузии и теплопередачи

Основные уравнения. Теория подобия.

###### 3. Диффузионная изотермическая кинетика

Кинетика растворения. Сложение сопротивлений. Диффузионная кинетика в порах, растворах. Нестационарная диффузионная кинетика.

###### 4. Кинетика с турбулентным переносом

Взаимосвязь процессов турбулентного смешения жидких потоков и химического превращения.

#### 5. Неизотермические процессы, адиабатические и сверхадиабатические

Неизотермические процессы, адиабатические и сверхадиабатические. Горение, пламена (тепловые и цепные, диффузионные).

#### 6. Самораспространяющийся высокотемпературный синтез

Способ проведения экзотермических реакций в твердых порошках.

#### 7. Открытые системы, реактора непрерывного действия

Применение открытых систем и реакторов непрерывного действия на примере полимеризации.

#### 8. Колебательные химические реакции

Колебания в химических реакциях для химической технологии, биологических процессов.

#### 9. Некоторые приложения для расчетов химических процессов

Расчеты химических реакторов. Атмосферные процессы.

### **5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

### **6. Перечень рекомендуемой литературы**

#### Основная литература

1. Франк-Каменецкий Д.А., Диффузия и теплопередача в химической кинетике. - М.: Наука, 1987 - 490 с.
2. Зельдович Я.Б., Воеводский В.В., Тепловой взрыв и распространение пламени в газах. - Алматы: Казак университет, 2004 - 210 с.

#### Дополнительная литература

1. Мержанов А.Г., Усвицкий И.М., Созидающий огонь. - М.: Советская Россия, 1989,
2. Мержанов А.Г., Нерсисян М.Д., Самораспространяющийся высокотемпературный синтез оксидных материалов, ЖВХО им. Д.И. Менделеева, т.35, №6, с.700, 1990.
3. Берлин Ал.Ал., Минскер К.С., Дюмаев К.М., Новые унифицированные энерго- и ресурсосберегающие высокопроизводительные технологии повышенной экологической чистоты на основе трубчатых турбулентных реакторов, ОАО "НИИТЭХИМ", М., 1996
4. Манелис Г.Б., Сверхадиабатика, Природа, 1996, №3-4, с.43.
5. В.П. Захаров, А.А. Берлин, Г.С. Дьяконов, Р.Я. Дебердеев, Быстрые химические реакции в турбулентных потоках. - Казань: Из-во КНИТУ, 2016.

### **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Не используются

**8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

не предусмотрены.

**9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике.

В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра химической физики
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	А.А. Берлин, д-р хим. наук, профессор

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Макрокинетика» обучающийся должен:

### знать:

- как учитываются диффузия, конвекция, теплопередача в химической кинетике.

### уметь:

- рассчитать работу химического реактора, поведение атмосферных процессов, процессов горения в различных масштабах и пр.

### владеть:

- владеть методами и приемами учета массо- и теплопередач.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

## 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Вопросы к экзамену:

1. Колебательные реакции. Может ли быть колебательный режим у цепной реакции  $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2\text{HCl}$
2. Распространение пламени.
3. Теории подобия, критерии подобия.
4. Реакции в порах катализатора.
5. Принцип сложения кинетических сопротивлений.
6. Химические реактора. Рассчитать функцию распределения по временам пребывания для трубчатого реактора вытеснения.
7. Сравнительные особенности реакции полимеризации в непрерывных реакторах идеального смешения и вытеснения
8. Турбулентность и химическая кинетика. Преимущества и недостатки турбулентного и ламинарного режимов течения.
9. Сверхадиабатика. Рассчитать максимальную температуру.
10. Внутренняя и внешняя диффузионная и кинетическая области. Как самым простым экспериментальным способом определить область протекания реакции.
11. Макрокинетика горения.
12. Преимущества и недостатки проведения химической реакции в диффузионном и кинетическом режиме.
13. Кинетика растворения твердых тел.

14. Испарение и горение капель жидкости, горение угля.
15. Основные уравнения массо- и теплопередачи и химической кинетики.
16. Тепловой взрыв.
17. Модели реакторов, условия «идеальности».
18. Основные уравнения переноса и химической кинетики.

Примеры экзаменационных билетов:

Пример 1

1. Макрокинетика горения.
2. Преимущества и недостатки проведения химической реакции в диффузионном и кинетическом режиме

Пример 2

1. Теории подобия, критерии подобия.
2. Реакции в порах катализатора.

Критерии оценивания

Оценка отлично 10 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 9 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично 8 баллов - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо 6 баллов - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо 5 баллов - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно 4 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно 3 бала - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно 2 бала - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.



Оценка неудовлетворительно 1 бал - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

#### **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

При проведении экзамена обучающемуся предоставляется 40 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету не должен превышать одного астрономического часа.