

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
**Муромский институт (филиал)**  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования  
**«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(МИ ВлГУ)**

Кафедра *ТБ*

«УТВЕРЖДАЮ»  
Заместитель директора по УР  
\_\_\_\_\_ Д.Е. Андрианов  
\_\_\_\_\_ 23.05.2023

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

*Химические реакторы*

**Направление подготовки**

*18.03.01 Химическая технология*

**Профиль подготовки**

*Химическая технология неорганических  
веществ*

Семестр	Трудоем- кость, час./зач. ед.	Лек- ции, час.	Практи- ческие занятия, час.	Лабора- торные работы, час.	Консультация, час.	Конт- роль, час.	Всего (контакт- ная работа), час.	СРС, час.	Форма промежу- точного контроля (экз., зач., зач. с оц.)
7	108 / 3	16	16		1,6	0,25	33,85	74,15	Зач.
Итого	108 / 3	16	16		1,6	0,25	33,85	74,15	

Муром, 2023 г.

### 1. Цель освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины - изучение основных закономерностей химических процессов, протекающих в реакционных аппаратах, и основ теории химических реакторов, рассматриваются основные методы и приемы повышения эффективности их работы.

Задачей дисциплины является знание принципов работы химических реакторов.

### 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина базируется на дисциплинах Оборудование производств неорганических веществ, Основы технологии химического производства, Общая химическая технология, Процессы и аппараты химической технологии. Углубление и расширение вопросов, изложенных в дисциплине «Химические реакторы», будет осуществляться при написании бакалаврских работ.

### 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции	Результаты обучения по дисциплине	
ПК-1 Способен осуществлять химико-технологический процесс в соответствии с регламентом и использовать технические средства для измерения основных параметров технологического процесса	ПК-1.3 Осуществляет химико-технологический процесс в соответствии с регламентом	знать назначение химических реакторов (ПК-1.3) уметь осуществлять химико-технологические процессы с использованием химических реакторов (ПК-1.3)	темы для устного опроса, тест

## 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

### 4.1. Форма обучения: очная

Уровень базового образования: среднее общее.

Срок обучения 4г.

#### 4.1.1. Структура дисциплины

№ п\п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником							Самостоятельная работа	Форма текущего контроля успеваемости (по неделям семестра), форма промежуточной аттестации(по семестрам)
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Контрольные работы	КП / КР	Консультация	Контроль		
1	Понятие о химическом реакторе. Гомогенные и гетерогенные химические процессы.	7	12	12						32	устный опрос, тестирование
2	Каталитические процессы. Классификация реакторов.	7	4	4						42,15	устный опрос, тестирование
Всего за семестр		108	16	16				1,6	0,25	74,15	Зач.
Итого		108	16	16				1,6	0,25	74,15	

#### 4.1.2. Содержание дисциплины

##### 4.1.2.1. Перечень лекций

###### Семестр 7

*Раздел 1. Понятие о химическом реакторе. Гомогенные и гетерогенные химические процессы.*

###### Лекция 1.

Понятие о химическом реакторе. Нахождение уровня химического процесса и химического реактора в иерархической структуре химического производства. Качественные и количественные критерии оценки эффективности химического процесса, протекающего в аппарате (2 часа).

###### Лекция 2.

Гомогенные химические процессы. Кинетические и термодинамические закономерности химических процессов. Влияние условий проведения процесса на степень превращения сырья, выход продукта. Пути и способы интенсификации гомогенных процессов (2 часа).

###### Лекция 3.

Понятие оптимальных температур для обратимых и необратимых химических процессов. Оборудование для проведения гомогенных процессов (2 часа).

###### Лекция 4.

Гетерогенные химические процессы. Понятие, основные особенности и стадии гетерогенного процесса. Наблюдаемая скорость химического превращения. Влияние внешних условий протекания процесса на наблюдаемую скорость превращения. Лимитирующая стадия и способы ее определения. Области протекания гетерогенных процессов (2 часа).

## **Лекция 5.**

Гетерогенный некаталитический процесс в системе «газ-твёрдое тело». Кинетические модели. Математическое описание. Уравнения для определения наблюдаемой скорости превращения. Пути интенсификации процесса. Типы реакторов для проведения процессов в системе «газ-твёрдое тело» (2 часа).

## **Лекция 6.**

Гетерогенный некаталитический процесс в системе «газ-жидкость». Кинетические модели. Математическое описание. Уравнения для определения наблюдаемой скорости превращения. Пути интенсификации процесса. Типы реакторов для проведения процессов в системе «газ-жидкость» (2 часа).

*Раздел 2. Каталитические процессы. Классификация реакторов.*

## **Лекция 7.**

Каталитические процессы. Сущность, назначение катализа. Виды катализа. Гомогенный катализ и его особенности (2 часа).

## **Лекция 8.**

Гетерогенный катализ на твёрдом катализаторе. Механизм, стадии и области протекания гетерогенного каталитического процесса. Пути интенсификации гетерогенно-каталитических процессов. Основные технологические показатели и требования, предъявляемые к промышленным катализаторам. Состав и способы изготовления контактных масс. Типы реакторов для проведения гетерогенно-каталитических процессов (2 часа).

### **4.1.2.2. Перечень практических занятий**

#### **Семестр 7**

*Раздел 1. Понятие о химическом реакторе. Гомогенные и гетерогенные химические процессы.*

##### **Практическое занятие 1**

Термодинамические и кинетические основы химического процесса. Методики расчёта (2 часа).

##### **Практическое занятие 2**

Термодинамические и кинетические основы химического процесса. Алгоритмы решения (2 часа).

##### **Практическое занятие 3**

Термодинамические и кинетические основы химического процесса. Решение задач (2 часа).

##### **Практическое занятие 4**

Материальный и тепловой балансы химического процесса. Методики расчёта (2 часа).

##### **Практическое занятие 5**

Материальный и тепловой балансы химического процесса. Алгоритмы решения (2 часа).

##### **Практическое занятие 6**

Материальный и тепловой балансы химического процесса. Решение задач (2 часа).

*Раздел 2. Каталитические процессы. Классификация реакторов.*

##### **Практическое занятие 7**

Степень превращения, выход и избирательность в химическом процессе. Методики расчёта (2 часа).

##### **Практическое занятие 8**

Степень превращения, выход и избирательность в химическом процессе. Алгоритмы решения (2 часа).

### **4.1.2.3. Перечень лабораторных работ**

Не планируется.

### **4.1.2.4. Перечень тем и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы**

Перечень тем, вынесенных на самостоятельное изучение:

1. Понятие о химическом реакторе. Химический реактор в структуре химического производства. Критерии оценки эффективности химического процесса.
2. Гомогенные химические процессы.
3. Оборудование для проведения гомогенных процессов.
4. Гетерогенные химические процессы.
5. Гетерогенный некаталитический процесс в системе «газ-твёрдое тело».
6. Гетерогенный некаталитический процесс в системе «газ-жидкость».
7. Каталитические процессы. Гомогенный катализ.
8. Гетерогенный катализ на твёрдом катализаторе. Типы реакторов для проведения гетерогенно-каталитических процессов.
9. Классификация реакторов.
10. Построение математических моделей химических реакторов, работающих в изотермическом режиме. Материальный баланс реакторов.
11. Методики расчета объема реакторов непрерывного и периодического действия.
12. Неизотермические процессы в химических реакторах.
13. Понятие тепловой устойчивости работы химического реактора.
14. Реальные химические реакторы. Причины отклонения от идеальности. Модели реальных реакторов.

Для самостоятельной работы используются методические указания по освоению дисциплины и издания из списка приведенной ниже основной и дополнительной литературы.

#### **4.1.2.5. Перечень тем контрольных работ, рефератов, ТР, РГР, РПР**

Не планируется.

#### **4.1.2.6. Примерный перечень тем курсовых работ (проектов)**

Не планируется.

### **5. Образовательные технологии**

В процессе обучения сочетаются аудиторные и электронные формы преподавания, что приводит к системе смешанного обучения: т.е. обеспечивает возможность сочетания в учебном процессе лучших черт аудиторной и электронной форм обучения. Причем интерактивность, позволяет развивать активно-деятельностные формы обучения.

### **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.**

Фонды оценочных материалов (средств) приведены в приложении.

### **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.**

#### **7.1. Основная учебно-методическая литература по дисциплине**

1. Общая химическая технология. Ч.1. Химические процессы и реакторы : учебное пособие / составители Ю. Б. Швалёв, Д. А. Горлушко. — 2-е изд. — Томск : Томский политехнический университет, 2019. — 187 с. - <http://www.iprbookshop.ru/96108>
2. Основы расчетов химических реакторов : учебно-методическое пособие / Ф. Р. Гариева, И. Н. Гончарова, А. Г. Сафиулина [и др.]. — Казань : Издательство КНИТУ, 2022. — 80 с. - <https://www.iprbookshop.ru/129148>
3. Общая химическая технология и химические реакторы. Сборник задач : учебное пособие / Н. Ю. Санникова, А. С. Губин, Л. А. Власова [и др.]. — Воронеж : Воронежский государственный университет инженерных технологий, 2021. — 60 с. - <https://www.iprbookshop.ru/119643>

## **7.2. Дополнительная учебно-методическая литература по дисциплине**

1. Решетняк, Е. П. Исследование свойств биохимического реактора как объекта управления / Е. П. Решетняк, О. В. Луценко, И. В. Харина. — Саратов : Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, Вузовское образование, 2007. — 15 с. - <http://www.iprbookshop.ru/8154>
2. Решетняк, Е. П. Синтез адаптивной системы управления биохимическим реактором с оцениванием сигналов модального управления / Е. П. Решетняк, О. В. Луценко, И. В. Харина. — Саратов : Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, Вузовское образование, 2008. — 15 с. - <http://www.iprbookshop.ru/8155>
3. Решетняк, Е. П. Адаптивная система модального управления биохимическим реактором / Е. П. Решетняк, А. В. Комиссаров, И. В. Харина. — Саратов : Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, Вузовское образование, 2009. — 13 с. - <http://www.iprbookshop.ru/8161>
4. Решетняк, Е. П. Синтез дискретной адаптивной системы управления биохимическим реактором с оцениванием сигналов модального управления / Е. П. Решетняк. — Саратов : Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова, Вузовское образование, 2012. — 13 с. - <http://www.iprbookshop.ru/8164>

## **7.3. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

В образовательном процессе используются информационные технологии, реализованные на основе информационно-образовательного портала института ([www.mivlgu.ru/iop](http://www.mivlgu.ru/iop)), и инфокоммуникационной сети института:

- предоставление учебно-методических материалов в электронном виде;
- взаимодействие участников образовательного процесса через локальную сеть института и Интернет;
- предоставление сведений о результатах учебной деятельности в электронном личном кабинете обучающегося.

Информационные справочные системы:

Сайт о химии для химиков. Химическая энциклопедия, фармацевтические справочники, методики синтеза и другие полезные материалы он-лайн. <https://xumuk.ru/>  
Химический портал ChemToday <https://chemtoday.ru/>  
Chemical Portal Промышленная химия <https://chemicalportal.ru/>

Программное обеспечение:

LibreOffice (Mozilla Public License v2.0)

## **7.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

[iprbookshop.ru](http://iprbookshop.ru)  
[mivlgu.ru/iop](http://mivlgu.ru/iop)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

Спортивный зал

Шведские стенки, гимнастические маты, гимнастические скамейки, баскетбольные стойки, баскетбольные фермы, электронное табло, мини-футбольные ворота, навесные перекладины, навесные брусья, мячи волейбольные, мячи баскетбольные, мячи футбольные, стол для армреслинга, теннисные столы, набивные мячи, скакалки, обручи, степ-платформы, судейская вышка, боксерские мешки и груши

Лекционная аудитория

проектор NEC Projector MP40G: ноутбук Acer 5720G-302G16Mi.

Лаборатория аналитической и коллоидной химии

Стенд «Система водоподготовки»; вытяжные шкафы; газоанализатор переносной МАГ-6ПВ с ПО Eksis Visual Lab; магнитная мешалка «РИТМ-01»; аппарат Киппа; цифровой микроскоп Levenhuk; водяная баня - 2шт; набор химического оборудования для титриметрии – 2шт.; штативы химические с держателями – 5 шт.; Универсальный комплект на базе «Эксперт-001»; автоматический титратор АТП-02; испаритель ротационный UL-200Е; спектрофотометр ПЭ-5400 УФ; потенциостат-гальваностат Р-2Х с электрохимической ячейкой; специальная химическая посуда.

## **9. Методические указания по освоению дисциплины**

Для успешного освоения теоретического материала обучающийся: знакомится со списком рекомендуемой основной и дополнительной литературы; уточняет у преподавателя, каким дополнительным пособиям следует отдать предпочтение; ведет конспект лекций и прорабатывает лекционный материал, пользуясь как конспектом, так и учебными пособиями.

На практических занятиях пройденный теоретический материал подкрепляется решением задач по основным темам дисциплины. Каждой подгруппе обучающихся преподаватель выдает задачу, связанную с термодинамическими и кинетическими расчетами химических процессов. В конце занятия обучающие демонстрируют полученные результаты преподавателю и при необходимости делают работу над ошибками.

Самостоятельная работа оказывает важное влияние на формирование личности будущего специалиста, она планируется обучающимся самостоятельно. Каждый обучающийся самостоятельно определяет режим своей работы и меру труда, затрачиваемого на овладение учебным содержанием дисциплины. Он выполняет внеаудиторную работу и изучение разделов, выносимых на самостоятельную работу, по личному индивидуальному плану, в зависимости от его подготовки, времени и других условий.

Форма заключительного контроля при промежуточной аттестации – зачет. Для проведения промежуточной аттестации по дисциплине разработаны фонд оценочных средств и балльно-рейтинговая система оценки учебной деятельности студентов. Оценка по дисциплине выставляется в информационной системе и носит интегрированный характер, учитывающий результаты оценивания участия студентов в аудиторных занятиях, качества и своевременности выполнения заданий в ходе изучения дисциплины и промежуточной аттестации.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению  
*18.03.01 Химическая технология* и профилю подготовки *Химическая технология*  
*неорганических веществ*  
Рабочую программу составил д.в.н. Гусейнов Н.Г. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры *ТБ*

протокол № 17 от 23.05.2023 года.

Заведующий кафедрой *ТБ* \_\_\_\_\_ *Шарапов Р.В.*

(Подпись)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической  
комиссии факультета

протокол № 6 от 23.05.2023 года.

Председатель комиссии МСФ \_\_\_\_\_ *Калиниченко М.В.*

(Подпись)

(Ф.И.О.)



**Фонд оценочных материалов (средств) по дисциплине**  
**Химические реакторы**

**1. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости по дисциплине**

Тесты для текущего контроля знаний:

1. К каким веществам относится понятие степень превращения?
  - а) к полупродуктам; б) к отходам производства;
  - в) к концентрату; г) к сырью .
2. К каким веществам относится понятие степень конверсии?
  - а) к полупродуктам; б) к отходам производства;
  - в) к концентрату; г) к сырью
3. Что обозначает технологический показатель ХА:
  - а) неизвестное количество вещества А; б) выход продукта А;
  - в) количество прореагировавшего вещества А;
  - г) степень превращения реагента А
4. Совокупность химических, механических, физических и физико-химических процессов, связанных друг с другом и проводимых в определенной последовательности в целях получения из сырья готовой продукции называют.....
  - а) химико- технологическим процессом;
  - б) физико-механическим процессом;
  - в) массообменным процессом;
  - г) химическим воздействием.
5. Для восстановления активности катализатора, его:
  - а) конденсируют;
  - б) регенерируют;
  - в) компримируют;
  - г) дегидрируют
6. Расщепление нефтепродуктов под действием высоких температур 480 – 850 0С
  - а) пиролиз;
  - б) термический крекинг;
  - в) каталитический крекинг;
  - г) гидрокрекинг
7. Экстрактивная дистилляция осуществляется с помощью:
  - а) жидкого поглотителя;
  - б) избирательного растворителя;
  - в) твёрдого поглотителя;
8. Центральная газофракционная установка включает в себя колонны
  - а) экстракционные;
  - б) ректификационные;
  - в) абсорбционные;
9. Подвод реагента А к поверхности твердой частицы через слой газа, обедненный этим компонентом называется...
  - а) внешняя диффузия;
  - б) внутренняя диффузия;
  - в) химическая реакция.
10. Отношение количества полученного целевого продукта к теоретически возможному его количеству при заданной степени превращения исходного реагента называется.....
  - а) селективностью;
  - б) выходом на пропущенное сырье;
  - в) активностью катализатора;

11. Скорость химической реакции велика и превышает скорость диффузии, тогда для увеличения производительности и интенсификации процесса нужно стремиться к устранению тормозящего влияния диффузии. Этот случай соответствует...

- а) гетерогенному процессу протекающему в кинетической области ;
- б) гетерогенному процессу протекающему в диффузионной области;
- в) гомогенному процессу;

12. Совокупность параметров, обеспечивающих устойчивое и максимально эффективное проведение ХТП называется.....

- а) химико- технологическим процессом;
- б) механическим процессом;
- в) технологическим режимом;
- г) химическим воздействием.

13. Отношение реально полученного количества продукта к максимально возможному его количеству, которое могло бы быть получено при данных условиях протекания химической реакции

- а) конверсию;
- б) селективность;
- в) выход продукта;
- г) активность катализатора

14. Низкомолекулярные соединения, имеющие двойные связи, из которых получают высокомолекулярные вещества

- а) мономеры;
- б) полимеры;
- в) газы стабилизации нефти

15. При приходе или расходе энергии в форме теплоты или работы происходит изменение состояния термодинамической системы называемое ...

- а) химико- технологическим процессом;
- б) физико-механическим процессом;
- в) массообменным процессом;
- г) термодинамическим процессом.

16. Проникновение газообразного реагента через поры твердого продукта реакции к ядру твердого реагента называется...

- а) внешняя диффузия;
- б) внутренняя диффузия;
- в) химическая реакция.

17. Скорость химической реакции при данном режиме осуществления процесса мала по сравнению со скоростью диффузии на стадиях предшествующих реакции принято называть

- а) гетерогенные процессы протекающие в кинетической области ;
- б) гетерогенные процессы протекающие в диффузионной области;
- в) каталитический крекинг;
- г) гидрокрекинг

18. Что означает понятие «дифференциальная селективность»?

а) Долю от переработанного сырья, пошедшего на получение целевого продукта при проведении сложных реакций;

б) Отношение скоростей прямой и обратной реакций при проведении простой обратимой реакции;

в) Отношение скорости переработки реагента А по одной из реакций к общей скорости его переработки по всем одновременно идущим реакциям;

г) Отношение скорости переработки реагента А к скорости образования целевого продукта.

19. Что в технологических критериях эффективности ХТС характеризует понятие интегральная селективность?

- а) Долю переработанного сырья при проведении простой необратимой реакции;
- б) Долю переработанного сырья при проведении простой обратимой реакции;

- в) Суммарную долю переработанного сырья при проведении сложных параллельных реакций;
- г) Долю от переработанного сырья, пошедшего на получение целевого продукта при проведении сложных реакций;
20. 2-Изопропил-5-метилциклогексанол по строению углеводородного скелета является соединением:
- а) карбоциклическим;
  - б) гетероциклическим;
  - в) непредельным;
  - г) ароматическим;
  - д) ациклическим.
21. Третичным одновалентным углеводородным радикалом является:
- а) неогексил;
  - б) бензилиден;
  - в) аллил;
  - г) трет-пентил;
  - д) изопентил.
22. Вицинальным двухвалентным углеводородным радикалом является:
- а) бензилиден;
  - б) фенил;
  - в) м-толил;
  - г) о-фенилен;
  - д) п-фенилен.
23. По заместительной номенклатуре соединение фенилэтилкетон называется:
- а) метиловый эфир бензойной кислоты;
  - б) фенилэтилкетон;
  - в) 1 – фенилпропанон-1;
  - г) метилбензоат;
  - д) бензилэтилкетон.
24. По заместительной номенклатуре соединение сульфаниловая кислота называется:
- а) п – аминофенилсульфоновая кислота;
  - б) сульфаниловая кислота;
  - в) 4 – аминокциклогексансульфоновая кислота;
  - г) п – аминобензолсульфоновая кислота;
  - д) п – аминобензойная кислота.
25. По функциональным группам анестезин (этиловый эфир п-аминобензойной кислоты) является:
- а) амид и простой эфир;
  - б) сложный эфир и амин;
  - в) кетон и простой эфир;
  - г) карбоновая кислота, простой эфир и амин;
  - д) простой эфир.
26. По функциональным группам фенилсалицилат (фениловый эфир о-гидроксibenзойной кислоты) является:
- а) карбоновая кислота;
  - б) спирт;
  - в) кетон, простой эфир, фенол;
  - г) кетон;
  - д) фенол, сложный эфир.
27. Все атомы кислорода являются  $sp^3$ -гибридными в составе:
- а) диэтилового эфира;
  - б) метоксибензола;
  - в) фенол;
  - г) п-гидроксибензилового спирта;

д) щавелевоуксусной кислоты.

28. Все атомы кислорода имеют пиридиновое строение в составе функциональной группы:

- а) фенолов;
- б) карбоновых кислот;
- в) альдегидов;
- г) спиртов;
- д) сложных эфиров.

29. Есть гетероатомы с пиррольным строением в составе функциональных групп:

- а) ароматические амины;
- б) предельные алифатические амины;
- в) алифатические амины;
- г) нитрозосоединения;
- д) альдегиды.

30. Верно ли утверждение что скорость гомогенного процесса больше, чем скорость гетерогенного процесса?

31. В гетерогенно-каталитическом процессе

- а) реагирующие вещества и катализатор находятся в одной фазе
- б) реагирующие вещества и катализатор находятся в разной фазе
- в) реагирующие вещества находятся в разных фазах
- г) реагирующие вещества и продукты реакции находятся в разных фазах

32. К технологическим показателям катализаторов относятся (выбор одного или несколько вариантов)

- а) Активность, селективность
- б) Конверсия, интенсивность
- в) Температура зажигания, теплопроводность
- г) Степень превращения, производительность

33. Самая медленная стадия процесса, которая замедляет весь процесс, называется ....

34. Верно ли утверждение, что при увеличении площади контакта фаз скорость реакции в гетерогенном процессе уменьшается

35. К гидравлическим процессам относятся (выбор одного или нескольких):

- а) Осаждение, псевдооживление,
- б) Испарение, экстракция
- в) Перемешивание в жидкой фазе, фильтрование,
- г) Адсорбция, нагревание

36. Верно ли утверждение, что при турбулентном режиме движения жидкостей средняя скорость движения жидкости одинакова по сечению?

37. Процесс разделения жидких или газовых неоднородных систем путем выделения из жидкой или газовой фазы твердых или жидких частиц дисперсной фазы называется ....

38. Движущей силой процесса фильтрования служит (выбор одного или нескольких):

- а) Разность давлений перед фильтром и после него
- б) Центробежная сила, оказывающая давление на фильтр.
- в) Разность концентраций перед фильтром и после него
- г) Разность температур смеси перед фильтром и после него

39. Процесс приведения твердого зернистого материала в состояние, при котором его свойства приближаются к свойствам жидкости, называется ....

40. Аппараты, применяемые для сжатия газов:

- а) Насосы
- б) Компрессоры
- в) Теплообменники
- г) Мешалки

41. Механическое перемешивание осуществляется при помощи аппаратов:

- а) Мешалок
- б) Барботеров

- в) Центрифуг
- г) Вентиляторов

42. Пневматическое перемешивание осуществляется при помощи реакторов:

- а) Мешалок
- б) Барботеров
- в) Центрифуг
- г) Вентиляторов

43. К массообменным процессам относятся (выбор одного или нескольких):

- а) Ректификация, адсорбция
- б) Ионный обмен, экстракция
- в) Абсорбция, конвекция
- г) Осаждение, фильтрация

44. Движущей силой процесса массообмена является:

- а) Разность давлений двух фаз
- б) Градиент концентрации распределяемого вещества
- в) Разность температур двух фаз

45. Способы массопередачи (выбор одного или нескольких):

- а) Молекулярная диффузия
- б) Конвективная диффузия
- в) Тепловое излучение
- г) Сублимация

46. Экстракция – это процесс:

а) Процесс поглощения газов или паров из газовых или паровых смесей жидкими поглотителями

б) Извлечения одного или нескольких растворенных веществ из одной жидкой фазы другой фазой, практически несмешивающейся с первой.

в) Процесс поглощения газов или паров твердыми поглотителями или поверхностным слоем жидких поглотителей.

г) Выделения твердой фазы при затвердевании веществ, находящихся в жидком состоянии, или процесс выделения твердого растворенного вещества из раствора

47. Абсорбция – процесс:

а) Выделения твердой фазы при затвердевании веществ, находящихся в жидком состоянии, или процесс выделения твердого растворенного вещества из раствора

б) Извлечения одного или нескольких растворенных веществ из одной жидкой фазы другой фазой, практически несмешивающейся с первой.

в) Поглощения газов или паров из газовых или паровых смесей жидкими поглотителями

г) В) Процесс поглощения газов или паров твердыми поглотителями или поверхностным слоем жидких поглотителей.

48. В основе процесса абсорбции лежит закон:

- а) Бернулли
- б) Рауля
- в) Сохранения массы вещества
- г) Постоянства состава

49. Адсорбция – это процесс:

а) поглощения газов или паров твердыми поглотителями или поверхностным слоем жидких поглотителей.

б) Поглощения газов или паров из газовых или паровых смесей жидкими поглотителями

в) Извлечения одного или нескольких растворенных веществ из одной жидкой фазы другой фазой, практически несмешивающейся с первой.

г) процесс разделения жидких однородных смесей на составляющие их компоненты или группы компонентов (фракции) в результате взаимодействия паровой и жидкой фаз.

50. Ректификация – это процесс

а) Поглощения газов или паров твердыми поглотителями или поверхностным слоем жидких поглотителей.

б) Поглощения газов или паров из газовых или паровых смесей жидкими поглотителями

в) Извлечения одного или нескольких растворенных веществ из одной жидкой фазы другой фазой, практически несмешивающейся с первой.

г) Разделения жидких однородных смесей на составляющие их компоненты или группы компонентов (фракции) в результате взаимодействия паровой и жидкой фаз.

51. Кристаллизация представляет собой процесс:

а) Поглощения газов или паров твердыми поглотителями или поверхностным слоем жидких поглотителей.

б) Поглощения газов или паров из газовых или паровых смесей жидкими поглотителями

в) Извлечения одного или нескольких растворенных веществ из одной жидкой фазы другой фазой, практически несмешивающейся с первой.

г) Выделения твердой фазы при затвердевании веществ, находящихся в жидком состоянии, или процесс выделения твердого растворенного вещества из раствора.

52. К тепловым процессам относятся (выбор одного или нескольких)::

а) Конденсация, выпаривание

б) Адсорбция, экстракция

в) Перемешивание в жидкой фазе, фильтрование,

г) Нагревание, испарение

53. Способы распространения теплоты (виды теплообмена) (выбор одного или нескольких):

а) Теплопроводность

б) Конвекция

в) Тепловое излучение

г) Диффузия

д) Теплопередача

е) Испарение

54. Вид теплообмена, который возможен в условиях тесного соприкосновения между отдельными частицами тела называется ...

55. Конвекция – это

а) перенос тепла частицами капельных жидкостей и газов путем их перемещения из одной части пространства в другую

б) перенос тепла при соприкосновении частиц тела

в) Излучения тепла в виде лучистой энергии

г) процесс переноса тепла от более нагретой жидкости к менее нагретой через разделяющую их стенку

56. Теплопередача –

а) перенос тепла частицами капельных жидкостей и газов путем их перемещения из одной части пространства в другую

б) перенос тепла при соприкосновении частиц тела

в) Излучения тепла в виде лучистой энергии

г) процесс переноса тепла от более нагретой жидкости к менее нагретой через разделяющую их стенку

57. Движущей силой тепловых процессов является:

а) градиент температуры

б) градиент давления

в) Градиент концентрации распределяемого вещества

58. Нагревание – процесс

а) процесс понижения температуры перерабатываемых материалов путем отвода от них тепла

б) Повышения температуры перерабатываемых материалов путем подвода к ним тепла.

- в) Сжижения паров вещества путем отвода от них тепла  
 г) Концентрирования растворов твердых нелетучих веществ путем удаления из них летучего растворителя в виде пара
59. Процесс понижения температуры перерабатываемых материалов путем отвода от них тепла называется ...
60. Процесс сжижения паров вещества путем отвода от них тепла называется ...
61. Процесс концентрирования растворов твердых нелетучих веществ путем удаления из них летучего растворителя в виде пара называется ...
62. Тепловое излучение -
- а) перенос тепла частицами капельных жидкостей и газов путем их перемещения из одной части пространства в другую  
 б) перенос тепла при соприкосновении частиц тела  
 в) Излучения тепла в виде лучистой энергии  
 г) процесс переноса тепла от более нагретой жидкости к менее нагретой через разделяющую их стенку
63. При отсутствии теплообмена с окружающей средой химический реактор является ...
64. Основным показателем работы реактора, свидетельствующим о его совершенстве и соответствии заданной цели, является ...
65. Реактор называется изотермическим,
- а) Если за счет теплообмена с окружающей средой в нем обеспечивается постоянство температуры.  
 б) При отсутствии теплообмена с окружающей средой  
 в) Поддержание необходимой температуры процесса осуществляется только за счет теплоты химического процесса без использования внешних источников энергии
66. Реактор называется автотермическим,
- а) Если за счет теплообмена с окружающей средой в нем обеспечивается постоянство температуры.  
 б) При отсутствии теплообмена с окружающей средой  
 в) Поддержание необходимой температуры процесса осуществляется только за счет теплоты химического процесса без использования внешних источников энергии
67. По способу организации процесса химические реакторы подразделяют на :
- а) периодические, непрерывные, полунепрерывные  
 б) Стационарные и нестационарные  
 в) реакторы смешения и реакторы вытеснения

#### **Общее распределение баллов текущего контроля по видам учебных работ для студентов**

Рейтинг-контроль 1	2 практических занятия, тестирование	15
Рейтинг-контроль 2	3 практических занятия, тестирование	15
Рейтинг-контроль 3	3 практических занятия, тестирование	30
Посещение занятий студентом		16
Дополнительные баллы (бонусы)		5
Выполнение семестрового плана самостоятельной работы		19

**2. Промежуточная аттестация по дисциплине**  
**Перечень вопросов к экзамену / зачету / зачету с оценкой.**  
**Перечень практических задач / заданий к экзамену / зачету / зачету с оценкой (при наличии)**

Темы для устного опроса  
ПК-1

Блок 1 (знать)

1. Химический реактор, моделирование и математическая модель.
2. Иерархический подход в моделировании. Классификация каталитических процессов.
3. Концепция дифференциального 3-х фазного реактора: выбор модели, расчет скорости для реакции 1-го порядка.
4. Дифференциальный реактор: модель и алгоритм нахождения скорости реакции произвольного вида (Ленгмюровская и степенная кинетика).
5. Разогрев зерна катализатора в газовом потоке.
6. К каким веществам относится понятие степень превращения ?
7. К каким веществам относится понятие степень конверсии?
8. Что обозначает технологический показатель ХА:
9. Как называют совокупность химических, механических, физических и физико-химических процессов, связанных друг с другом и проводимых в определенной последовательности в целях получения из сырья готовой продукции?.
10. Что делают для восстановления активности катализатора?
11. Как называется процесс расщепления нефтепродуктов под действием высоких температур 480 – 850 0С?
12. Как осуществляется экстрактивная дистилляция?
13. В чем заключается принцип работы центральной газодиффузионной установки?
14. Как называется подвод реагента А к поверхности твердой частицы через слой газа, обедненный этим компонентом?
15. Как называется отношение количества полученного целевого продукта к теоретически возможному его количеству при заданной степени превращения исходного реагента?
16. Когда скорость химической реакции велика и превышает скорость диффузии, тогда для увеличения производительности и интенсификации процесса нужно стремиться к устранению тормозящего влияния диффузии.
17. Как называется совокупность параметров, обеспечивающих устойчивое и максимально эффективное проведение ХТП?
18. Как называется отношение реально полученного количества продукта к максимально возможному его количеству, которое могло бы быть получено при данных условиях протекания химической реакции?
19. Как осуществляется разогрев поверхности катализатора с учетом стефановского потока?
20. Коэффициент ускорения абсорбции при гомогенной реакции.
21. Особенности степенной кинетики на примере пластины.
22. Реакция нулевого порядка на сферическом зерне.
23. Степень использования и коэффициент ускорения для суспендированного катализатора.
24. К каким веществам относится понятие степень превращения?
25. К каким веществам относится понятие степень конверсии?
26. Что обозначает технологический показатель ХА?
27. Что является элементом ХТС?
28. Аппаратом в ХТС является?
29. Что является механическим элементом в ХТС?
30. Расскажите про теплообменный элемент ХТС?



31. Расскажите про массообменный элемент ХТС.
32. Расскажите про энергетический элемент ХТС.
33. Расскажите про реакционный элемент ХТС.
34. Какая подсистема не относится к основным подсистемам химического производства?
35. Какая подсистема относится к основным подсистемам химического производства?
36. Что является низшим уровнем иерархической структуры ХТС?
37. Каким условиям должен удовлетворять элементарный объем, для которого составляются балансовые уравнения?
38. Каким должен быть элементарный промежуток времени при составлении балансовых уравнений для реакторов, работающих в стационарном режиме?
39. Каким должен быть элементарный промежуток времени при составлении балансовых уравнений для реакторов, работающих в нестационарном режиме?
40. Почему балансовые уравнения (уравнения материального и энергетического балансов) составляют основу математической модели химического реактора?
41. Почему при стационарном режиме работы химического реактора в нем не происходит накопления вещества и теплоты?
42. Какой показатель качества воды характеризует содержание в ней суммарное количество минеральных и органических примесей, находящихся в растворенном и коллоидном состоянии?
43. Назначение химических реакторов
44. Кинетика химических реакций
45. Классификация химических реакторов
46. Основные технологические характеристики работы реактора
47. Влияние технологических параметров реакционного процесса на выбор конструкционного материала
48. Характеристика реакторов различного гидродинамического режима
49. Расчет реактора идеального смешения периодического действия
50. Расчет реактора идеального смешения непрерывного действия
51. Устройство, принцип действия, область применения, преимущества и недостатки реакторов для реакций в газовой фазе
52. Устройство, принцип действия, область применения, преимущества и недостатки реакторов для реакций в газовой фазе
53. Устройство, принцип действия, область применения, преимущества и недостатки реактора типа
54. Устройство, принцип действия, область применения, преимущества и недостатки реактора для получения ацетилена
55. Устройство, принцип действия, область применения, преимущества и недостатки реактора для синтеза соляной кислоты
56. Устройство, принцип действия, область применения, преимущества и недостатки реактора для хлорирования метана

## Блок 2 (уметь)

1. Учет нескольких компонентов при определении скорости реакции. Понятие лимитирующей стадии (пример реакции 1-1 порядка).
2. Наблюдаемая скорость реакции для обратимой реакции. Примеры.
3. Наблюдаемая скорость реакции в трехфазном реакторе с учетом гомогенной реакции.
4. Вывод формулы степени использования катализатора для реакции 1-го порядка. 5. Общая степень использования катализатора для 3-х фазного реактора.
5. Влияние стефановского потока на межфазный массоперенос.
6. Влияние стефановского потока на межфазный теплоперенос.

7. Выведите уравнение связи между степенями превращения двух реагентов, вступающих в реакцию  $aA + bB = rR + sS$ , если известно, что для проведения реакции взято  $n$  моль реагента А и  $n$  моль реагента В.
8. В чем различия между действительной и равновесной степенями превращения реагента?
9. С какой целью при проведении химических процессов в промышленных условиях один из реагентов часто берут в избытке по отношению к стехиометрии реакции?
10. Каковы пути использования реагента, взятого в избытке и не вступившего в реакцию?
11. Выведите уравнение связи между выходом продукта и степенью превращения одного из реагентов для обратимой химической реакции, не сопровождающейся побочными взаимодействиями.
12. Рассчитайте выход продукта Р, если известно, что при проведении последовательных реакций  $A + B = P + R$ ,  $P + M = S + Z$  получено 12 моль продукта Р, 4 моль продукта S, а для проведения реакций было взято по 20 моль реагентов А и В.
13. Выведите уравнение взаимосвязи между выходом целевого продукта R, степенью превращения реагента А и полной селективностью  $\phi$  при проведении двух необратимых последовательных реакций  $A = R$  (целевая реакция),  $R = S$  (побочная реакция).
14. Выведите уравнение взаимосвязи между выходом целевого продукта, степенью превращения реагента и полной селективностью при проведении параллельных обратимых реакций  $aA + bB = rR$  (целевая реакция),  $a_2A + b_2B = sS$  (побочная реакция).
15. Рассчитайте полную селективность, если при проведении последовательных реакций  $A = R + M$  (целевая реакция),  $R = S + N$  (побочная реакция) получено 6 моль продукта R и 2,5 моль продукта S.
16. В гомогенной химической реакции участвуют два реагента А и В. Реакция имеет первый порядок по реагенту А и второй порядок по реагенту В. Увеличение концентрации какого реагента даст больший эффект увеличения скорости реакции?
17. Выведите уравнение зависимости дифференциальной селективности от концентрации реагента А для параллельных реакций, имеющих разный порядок по реагенту А.
18. Вещества А и В участвуют в двух параллельных реакциях, причем частный порядок по реагенту А выше в целевой реакции, а частный порядок по реагенту В выше в побочной реакции. Какие можно сделать рекомендации по изменению концентраций реагентов для обеспечения высокой дифференциальной селективности? Как можно эти рекомендации выполнить при технологическом оформлении процесса?
19. Определите энергию активации реакции, если при изменении температуры с 450 до 500 °С ее скорость возрастет в 2,73 раза.
20. Определите константу скорости этой реакции при температуре 793 К, если ее энергия активации  $E = 87,9$  кДж/моль.
21. Характерные масштабы для зерна катализатора, характерные масштабы в 3-х фазных системах.
22. Изотермическая температура при реакции с испарением.
23. Классификация 3-х фазных реакторов.
24. Примеры процессов в 3-фазных реакторах.
25. Методы теории размерностей для оценки параметров моделей.
26. Диффузионная модель реактора (лимитирует газофазный компонент). Граничные условия.
27. Диффузионная модель реактора. Предельные случаи.
28. Какими математическими операторами описывается перенос импульса и массоперенос?
29. Почему при стационарном режиме работы химического реактора в нем не происходит накопления вещества и теплоты?
30. Сформулируйте допущения модели идеального смешения.

31. Каковы основные причины отклонения от идеальности в реальных реакторах смешения?
32. Почему при составлении балансовых уравнений для реактора идеального смешения в качестве элементарного объема может быть принят полный объем реактора?
33. Составьте уравнение материального баланса для периодического реактора идеального смешения.
34. Какие признаки могут быть положены в основу классификации химических реакторов?
35. Каковы различия в условиях перемешивания в проточных реакторах смешения и вытеснения?
36. Какой режим работы химического реактора называется стационарным?
37. Возможен ли стационарный режим в периодическом реакторе? В полунепрерывном реакторе?

### Блок 3 (владеть)

1. Аэродинамика аппаратов со стационарным зернистым слоем. Конструкции распределительных устройств.
2. Распределение жидкости в 3-х фазных реакторах с неподвижным зернистым слоем.
3. суспензионные реактора с механическим перемешиванием.
4. Суспензионные реактора с перемешиванием барботажем.
5. 3-х фазные реактора с псевдооживленным слоем.
6. Как может быть получен хлорангидрид уксусной кислоты?
7. Как изменится скорость химической реакции при увеличении температуры на 10°C?
8. При каких условиях хлор НЕ может быть получен?
9. Чему равно общее количество различных трипептидов, которые могут быть получены из глицина и треонина?
10. Содержанием каких элементов в воде обуславливается временная жесткость?
11. Содержанием каких элементов в воде обуславливается постоянная жесткость?
12. Почему эффективность повышения температуры, как средства относительного увеличения скорости реакции, выше при низких температурах, чем при высоких температурах?
13. Проанализируйте зависимость дифференциальной селективности от температуры для двух параллельных реакций одинакового порядка.
14. Определите объем проточного реактора идеального смешения, необходимый для достижения степени превращения исходного реагента  $x_A = 0,85$  при проведении реакции  $2A = R + S$ , если  $c_{A,0} = 2,5$  кмоль/м<sup>3</sup>,  $k = 18,2$  м<sup>3</sup>/(кмоль·ч), реагенты подают в реактор с объемным расходом  $v = 1,2$  м<sup>3</sup>/ч.
15. Определите степени превращения реагентов А и В на выходе из проточного реактора идеального смешения объемом 0,5 м<sup>3</sup> при проведении реакции  $A + B = R + S$ , если  $C_{A,0} = 1,2$  кмоль/м<sup>3</sup>,  $C_{B,0} = 1,6$  кмоль/м<sup>3</sup>, объемный расход  $v = 5$  м<sup>3</sup>/ч, константа скорости  $k = 12$  м<sup>3</sup>/(кмоль·ч).
16. В проточном реакторе идеального смешения проводят реакцию  $2A \rightarrow R + S$ , протекающую в газовой фазе при температуре 800 К и давлении  $6 \cdot 10^5$  Па.
17. В реактор подают смесь, объемная доля реагента А в которой составляет 70 %, а объемная доля инертного компонента – 30 %. Определите среднее время пребывания, необходимое для достижения степени превращения  $x_A = 0,8$ , если константа скорости  $k = 414,7$  м<sup>3</sup>/(кмоль·ч).
18. В проточном реакторе идеального смешения проводят обратимую реакцию. Определите объем реактора, необходимый для достижения степени превращения, составляющей 75 % равновесной, если объемный расход  $v = 0,01$  м<sup>3</sup>/ч,  $k_1 = 0,18$  ч<sup>-1</sup>,  $k_2 = 0,24$  ч<sup>-1</sup>

19. В каких случаях появляется необходимость численного (например, графического) решения уравнения материального баланса проточного реактора идеального смешения для определения концентрации реагента на выходе из реактора? В чем суть такого решения?
20. Определите концентрацию реагента А на выходе из проточного реактора идеального смешения объемом 1,2 м<sup>3</sup>, если для проведения реакции  $A=R + S$  подают реагент А с начальной концентрацией  $C_{A,0} = 1,5$  кмоль/м<sup>3</sup> и объемным расходом 3 м<sup>3</sup>/ч.
21. В проточном реакторе идеального смешения при проведении реакции первого порядка  $A=R$  достигнута степень превращения реагента А  $x_A = 0,8$  при температуре, когда константа скорости  $k = 0,2$ . Во сколько раз меньший объем реактора идеального вытеснения потребуется для проведения этой же реакции при прочих равных условиях (объемный расход и температура)?
22. Реакция  $A + B \rightarrow R$  описывается кинетическим уравнением второго порядка. При ее проведении в реакторе идеального вытеснения объемом V достигается степень превращения  $x_A = 0,9$ , если  $C_{B,0} : C_{A,0} = 2$ . Каким должно быть отношение начальных концентраций исходных реагентов, чтобы в реакторе идеального смешения равного объема V при равном объемном расходе реакционной смеси достигалась та же степень превращения?
23. Экспериментальные методы определения гидродинамических режимов, растворимости газа, доли газа и жидкости в трехфазных реакторах.
24. Экспериментальные методы: Определение продольной дисперсии, распределение жидкости в трехфазных реакторах.
25. Трехфазные реактора с неподвижным слоем: Массоперенос жидкость-катализатор.
26. Трехфазные реактора с неподвижным слоем: Массоперенос газ-жидкость.
27. Лабораторные 3-х фазные реактора для изучения кинетики.
28. Интерпретация экспериментальных данных при исследовании кинетики.
29. Какая жесткость воды устраняется известковым методом?
30. В каскаде реакторов идеального смешения проводят реакцию  $A + 2B \rightarrow R + 2S$  до достижения 80 %-ной степени превращения реагента А.
31. Определите число секций и суммарный объем каскада реакторов для следующих условий осуществления процесса:  $C_{A,0} = 1$  кмоль/м<sup>3</sup>,  $C_{B,0} = 1$  кмоль/м<sup>3</sup>,  $k = 0,2$  м<sup>3</sup>/(кмоль·ч), объем каждой секции  $V_i = 1$  м<sup>3</sup>, объемный расход  $v = 0,2$  м<sup>3</sup>/ч. Определите также объем единичного реактора идеального смешения и объем реактора идеального вытеснения для тех же условий проведения процесса.
32. Преимущества и недостатки реактора барбатажного типа
33. Преимущества и недостатки реактора пленочного типа
34. Преимущества и недостатки реактора пенного типа
35. Преимущества и недостатки многосекционного эрлифтного аппарата
36. Преимущества и недостатки барбатажного кожухотрубчатого реактора
37. Преимущества и недостатки секционированного кожухотрубчатого реактора
38. Классификация реакторов для некаталитических реакций системы газ-твердое
39. Расчет времени контакта твердого реагента при заданной степени превращения, при различных лимитирующих стадиях: диффузия в пленке газа; диффузия в золе; химическая реакция
40. Реакторы для каталитических реакций, их классификация

### **Методические материалы, характеризующие процедуры оценивания**

Индивидуальный семестровый рейтинг студента формируется на основе действующего в ВУЗе Положения "О проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся".

Промежуточная аттестация осуществляется путем формируются индивидуальных заданий для каждого студента на основе контрольных вопросов.

В течение семестра студент получает баллы успеваемости за выполнение всех видов учебных поручений (формируется индивидуальный рейтинг студента по контрольным

неделям) : посещение лекций, выполнение практических работ. Зачет выставляется в случае, если итоговая оценка студента составляет не менее 50 баллов.

Максимальная сумма баллов, набираемая студентом по дисциплине равна 100.

Оценка в баллах	Оценка по шкале	Обоснование	Уровень сформированности компетенций
Более 80	«Отлично»	Содержание курса освоено полностью, без пробелов, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному	<b>Высокий уровень</b>
66-80	«Хорошо»	Содержание курса освоено полностью, без пробелов, некоторые практические навыки работы с освоенным материалом сформированы недостаточно, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество выполнения ни одного из них не оценено минимальным числом баллов, некоторые виды заданий выполнены с ошибками	<b>Продвинутый уровень</b>
50-65	«Удовлетворительно»	Содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, необходимые практические навыки работы с освоенным материалом в основном сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий выполнено, некоторые из выполненных заданий, возможно, содержат ошибки	<b>Пороговый уровень</b>
Менее 50	«Неудовлетворительно»	Содержание курса не освоено, необходимые практические навыки работы не сформированы, выполненные учебные задания содержат грубые ошибки	<b>Компетенции не сформированы</b>

### 3. Задания в тестовой форме по дисциплине

Примеры заданий:

1. К каким последствиям приведет повышение температуры при проведении обратимой эндотермической реакции:

а) увеличению равновесной степени превращения сырья и уменьшению скорости процесса

б) уменьшению выхода продукта и увеличению давления

в) увеличению выхода продукта и скорости реакции

г) уменьшению давления и увеличению скорости реакции

2. Если протекает обратимая экзотермическая реакция, то повышение температуры:

а) приводит к увеличению равновесной степени превращения реагента

б) приводит к уменьшению равновесной степени превращения реагента

в) приводит к увеличению равновесного выхода продукта

г) не влияет на смещение равновесия реакции

3. В какой области протекает гетерогенный процесс в системе Г-Т, если его скорость зависит от линейной скорости газового потока:

а) внешнEDIффузионной

б) внутрEDIффузионной

в) кинетической

г) переходной

4. С ростом степени превращения реагентов скорость реакции .....

5. Протекающие в реакторах химические реакции сопровождаются ..... эффектами

6. В реакторе ..... все отдельные стадии процесса химического превращения вещества осуществляются параллельно, одновременно и, следовательно, непроизводительные затраты времени на операции загрузки и выгрузки отсутствуют.

Полный перечень тестовых заданий с указанием правильных ответов, размещен в банке вопросов на информационно-образовательном портале института по ссылке <https://www.mivlgu.ru/iop/question/edit.php?courseid=192&category=36361%2C1685&qshowtext=0&recurse=0&recurse=1&showhidden=0>

Оценка рассчитывается как процент правильно выполненных тестовых заданий из их общего числа.