

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
(ФГБОУ ВО «ВГУ»)

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой  
высокомолекулярных соединений и коллоидной химии  
Шестаков А.С.  
26.04.2023



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.О.15 Высокомолекулярные соединения**

**1. Код и наименование направления подготовки/специальности:**

04.03.01 Химия

**2. Профиль подготовки/специализация:** теоретическая и экспериментальная химия

**3. Квалификация (степень) выпускника:** бакалавр

**4. Форма обучения:** очная

**5. Кафедра, отвечающая за реализацию дисциплины:** кафедра высокомолекулярных соединений и коллоидной химии

**6. Составители программы:** Шестаков Александр Станиславович, доктор химических наук, доцент

**7. Рекомендована:** научно-методическим советом химического факультета,  
протокол № 4 от 25.04.2023

**8. Учебный год:** 2026-2027

**Семестр(ы):** 7,8

## 9. Цели и задачи учебной дисциплины

*Целями освоения учебной дисциплины являются:*

- формирование системных знаний о физической природе полимерного состояния веществ,
- формирование системных знаний об общих закономерностях и особенностях образования полимеров, их свойствах и практическом использовании на основе научных достижений.

*Задачи учебной дисциплины:*

- обучение основным понятиям и представлениям о высокомолекулярных соединениях как веществах;
- изучение особенностей и общих закономерностей синтеза полимеров;
- изучение свойств высокомолекулярных соединений и свойств их растворов, а также выявления взаимосвязи структура-свойства;
- получение сведений о химических превращениях макромолекул и направлениях практического применения полимеров;
- формирование у студента способностей и навыков к проведению экспериментальных и теоретических работ;
- умению обобщать и анализировать полученную информацию и экспериментальные результаты.

**10. Место учебной дисциплины в структуре ООП:** курс входит в блок Б1, обязательную часть. Студент для изучения курса должен освоить курсы органической, физической, аналитической химии. Студент должен иметь представления о термодинамике и кинетике, владеть математическим аппаратом химии, иметь представление об основных классах неорганических и органических веществ и их реакционной способности. Дисциплина является предшествующей для курсов Б1.В.ДВ.04.02 Методы исследования полимеров, Б1.В.ДВ.05.02 Синтез и физико-химические свойства полимеров и их дисперсий.

**11. Планируемые результаты обучения по дисциплине/модулю (знания, умения, навыки), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников):**

Код	Название компетенции	Код(ы)	Индикатор(ы)	Планируемые результаты обучения
ОПК-1	Способен анализировать и интерпретировать результаты химических экспериментов, наблюдений и измерений	ОПК-1.1	систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов	Знать: основы метрологии, материальную базу химического анализа, методологию постановки эксперимента Уметь: планировать эксперимент, проводить поиск справочной информации для постановки эксперимента и обработки экспериментальных данных, вести лабораторный журнал Владеть: приемами лабораторного синтеза и анализа, оформления полученных результатов
		ОПК-1.2	предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии	
		ОПК-1.3	формулирует заключения и выводы	

			по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности	
ОПК-2	Способен проводить с соблюдением норм техники безопасности химический эксперимент, включая синтез, анализ, изучение структуры и свойств веществ и материалов, исследование процессов с их участием	ОПК-2.1	работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности	Знать: основные методы исследования полимеров; химические, физико-химические и физические основы создания конструкционных и функциональных полимерных материалов; способы синтеза полимеров. Уметь: определять и рассчитывать размеры макромолекул; оценивать основные физико-механические параметры полимеров; оценивать состав конечного полимера после протекания химических реакций; рассчитывать степень сшивки полимерной сетки. Владеть: приемами регулирования реакций синтеза полимеров, изомерии и молекулярно-массовых характеристик конечного материала путем изменения концентраций компонентов, температуры, качества растворителя и т.д.; методами моделирования макромолекул и расчетными процедурами оценки их размеров; принципами направленной модификации химической структуры полимера для придания нужных свойств; методологией создания новых полимерных материалов.
		ОПК-2.2	проводит синтез веществ и материалов разной природы с использованием имеющихся методик	
		ОПК-2.3	проводит стандартные операции для определения химического и фазового составов веществ и материалов на их основе	
		ОПК-2.4	проводит исследование свойств веществ и материалов с использованием серийного научного оборудования	
ОПК-3	Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием с использованием современной вычислительной техники	ОПК-3.1	применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности	Знать: современные экспериментальные методы исследования технологических процессов и природных сред; знать основы современных информационных технологий Уметь: уверенно работать в качестве пользователя персонального компьютера; использовать компьютерные средства и методы моделирования в научно-исследовательской работе Владеть: навыками, приемами и технологиями построения и анализа эмпирических моделей, основами организации экспериментальных исследований
		ОПК-3.2	использует стандартное программное обеспечение при решении задач химической направленности	
ОПК-6	Способен представлять результаты своей работы в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе	ОПК-6.1	представляет результаты работы в виде отчета на русском языке	Знать: основные нормы современного русского языка (орфографические, пунктуационные, грамматические, стилистические, орфоэпические) и систему функциональных стилей русского языка; Уметь: пользоваться основной справочной литературой, толковыми и нормативными словарями русского языка; основными сайтами поддержки грамотности в сети «Интернет» Владеть: навыками создания на русском языке грамотных и логически непротиворечивых письмен-
		ОПК-6.2	представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры	
		ОПК-6.3	представляет результаты работы в виде тезисов доклада на русском и	

			английском языке в соответствии с нормами и правилами, принятыми в химическом сообществе	ных и устных текстов учебной и научной тематики реферативного характера, ориентированных на соответствующее направление подготовки
		ОПК-6.4	готовит презентацию по теме работы и представляет ее на русском и английском языках	

**12. Объем дисциплины в зачетных единицах/час – 7 / 252.**

**Форма промежуточной аттестации** зачет с оценкой, экзамен.

**13. Трудоемкость по видам учебной работы**

Вид учебной работы		Трудоемкость			
		Всего	По семестрам		
			7 семестр	8 семестр	...
Контактная работа		108	72	36	
в том числе:	лекции	54	36	18	
	практические				
	лабораторные	54	36	18	
	курсовая работа				
Самостоятельная работа		108	36	72	
Промежуточная аттестация (для экзамена)		36	36		
Итого:		252	144	108	

**13.1. Содержание дисциплины**

п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела дисциплины	Реализация раздела дисциплины с помощью онлайн-курса, ЭУМК *
<b>1. Лекции</b>			
1.1	Роль науки о высокомолекулярных соединениях в научно-техническом прогрессе и основные этапы ее развития.	Место науки о полимерах в ряду фундаментальных химических дисциплин. Основные отличия ВМС от низкомолекулярных соединений.	ЭУМК «Высокомолекулярные соединения» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2310">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2310</a>
1.2	Классификация полимеров и процессов их образования. Номенклатура.	Классификация полимеров в зависимости от происхождения, химического состава и строения основной цепи. Полимеризация и поликонденсация как методы синтеза полимеров из мономеров.	
1,3	Макромолекулы и их поведение в растворе.	Конфигурационные изомеры в макромолекулах полимеров монозамещенных этиленов и диенов. Стереорегулярные полимеры. Внутримолекулярные вращения и гибкость макромолекул. Модель свободно-сочлененной цепи. Средние размеры макромолекул с учетом постоянства валентных углов. Количественные характеристики гибкости макромолекул. Функция распределения расстояний между концами свободно-сочлененной цепи (Гауссовы клубки). Связь гибкости (жесткости) макромолекул с их химическим строением. Термодинами-	

		ческое поведение макромолекул в растворе и его особенности по сравнению с поведением низкомолекулярных веществ. Невозмущенные размеры макромолекул в растворе и оценка гибкости. Физико-химические основы и методы фракционирования. Светорассеяние как метод определения среднемассовой молекулярной массы ВМС. Гидродинамические свойства макромолекул. Вискозиметрия – метод определения средневязкостной молекулярной массы. Концентрированные растворы полимеров и гели. Полиэлектролиты.	
1.4	Полимерные тела.	Структура и основные физические свойства полимерных тел. Аморфные и кристаллические полимеры. Высокоэластическое, стеклообразное и вязкотекучее состояние. Пластификация полимеров. Ориентированные структуры кристаллических и аморфных полимеров.	
1.5	Синтез полимеров.	Радикальная гомополимеризация. Механизм, кинетика. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение. Ингибиторы и замедлители. Аутоингибирование аллильных мономеров. Зависимость реакционной способности виниловых мономеров от строения и других факторов. Комплексно-радикальная полимеризация виниловых мономеров. Радикальная и комплексно-радикальная сополимеризации. Катионная полимеризация. Общая характеристика, механизм, кинетические особенности. Анионная и анионно-координационная полимеризации в присутствии гомогенных и гетерогенных катализаторов типа Циглера-Натта. Поликонденсация. Типы реакций поликонденсации. Поликонденсационное равновесие. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение при поликонденсации. Деструкция при поликонденсации. Современные достижения в области синтетических полимеров. Термостойкие полимеры. Термоэластопласты. Физиологически активные полимеры. Классификация. Физиологически активные полимеры с собственной физиологической активностью. Полимеры прививочного типа.	
1.6	Химические свойства и химические превращения высокомолекулярных соединений. Деструкция и стабилизация полимеров	Особенности реакций макромолекул. Химические реакции, не приводящие к изменению степени полимеризации: полимераналогичные превращения и внутримолекулярные реакции. Использование этих реакций для получения новых полимеров. Химические реакции, приводящие к изменению степени полимеризации. Деструкция и стабилизация полимеров. Деполимеризация. Сшивание полимеров: вулканизация каучуков, отверждение эпоксидных смол. Тенденции развития химии высокомолекулярных соединений. Новые полимеры и направления их использования.	
<b>3. Лабораторные занятия</b>			
3.1	Макромолекулы и их поведение в растворе.	Определение молекулярной массы полистирола. Оценка полидисперсности макромолекул методом турбидиметрического титрования. Определение растворимости.	
3.2	Полимерные тела.	Построение дифференциальных термомеханических кривых. Построение кривой состава сополимера и расчет констант сополимеризации стирола и метилметакрилата. Определение молекулярно-массовых характеристик методом эксклюзивной хроматографии.	

3.3	Синтез полимеров.	Полимеризация стирола в суспензии. Полимеризация стирола в блоке. Полимеризация стирола в эмульсии. Полимеризация метилметакрилата в блоке. Полимеризация винилацетата в эмульсии. Полимеризация винилацетата в суспензии. Полимеризация винилацетата в растворе. Сополимеризация стирола и метакриловой кислоты в суспензии. Поликонденсация диэтиленгликоля с адипиновой кислотой в растворе. Поликонденсация фенола и формальдегида. Моделирование процесса ионно-координационной полимеризации этилена.	
3.4	Химические свойства и химические превращения высокомолекулярных соединений. Деструкция и стабилизация полимеров.	Термическая деструкция полиметилметакрилата. Полимераналогичные превращения поливинилового спирта. Получение и свойства нитратов целлюлозы.	

### 13.2. Темы (разделы) дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела) дисциплины	Виды занятий (часов)				
		Лекции	Практические	Лабораторные	Самостоятельная работа	Всего
1	Основные определения, понятия и термины науки о полимерах	2	0	0	2	4
2	Классификация полимеров в зависимости от происхождения, химического состава и строения основной цепи.	2	0	0	2	4
3	Полимеризация и поликонденсация как методы синтеза полимеров из мономеров.	2	0	0	2	4
4	Конфигурационные изомеры в макромолекулах полимеров монозамещенных этиленов и диенов. Стереорегулярные полимеры.	2	0	0	2	4
5	Внутримолекулярные вращения и гибкость макромолекул. Модель свободно-сочлененной цепи. Средние размеры макромолекул с учетом постоянства валентных углов.	2	0	0	4	6
6	Количественные характеристики гибкости макромолекул. Функция распределения расстояний между концами свободно-сочлененной цепи (Гауссовы клубки). Связь гибкости (жесткости) макромолекул с их химическим строением.	2	0	0	2	4
7	Термодинамическое поведение макромолекул в растворе и его особенности по сравнению с поведением низкомолекулярных веществ. Невозмущенные размеры макромолекул в растворе и оценка гибкости.	2	0	0	4	6
8	Физико-химические основы и методы фракционирования. Светорассеяние как метод оп-	2	0	0	4	6

	ределения среднемассовой молекулярной массы ВМС. Гидродинамические свойства макромолекул.					
9	Вискозиметрия – метод определения средневязкостной молекулярной массы. Концентрированные растворы полимеров и гели. Полиэлектролиты.	2	0	6	6	14
10	Структура и основные физические свойства полимерных тел. Аморфные и кристаллические полимеры.	2	0	0	2	4
11	Высокоэластическое, стеклообразное и вязкотекучее состояние. Пластификация полимеров. Ориентированные структуры кристаллических и аморфных полимеров.	2	0	0	4	6
12	Радикальная гомополимеризация. Механизм, кинетика. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение.	4	0	24	8	36
14	Ингибиторы и замедлители. Аутоингибирование аллильных мономеров. Зависимость реакционной способности виниловых мономеров от строения и других факторов.	2	0	0	4	6
15	Комплексно-радикальная полимеризация виниловых мономеров. Радикальная и комплексно-радикальная сополимеризации. Живая ионная и псевдоживая радикальная полимеризация.	2	0	0	8	10
16	Катионная полимеризация. Общая характеристика, механизм, кинетические особенности.	2	0	0	6	8
17	Анионная и анионно-координационная полимеризации в присутствии гомогенных и гетерогенных катализаторов типа Циглера-Натта.	2	0	0	8	10
18	Поликонденсация. Типы реакций поликонденсации. Поликонденсационное равновесие. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение при поликонденсации. Деструкция при поликонденсации.	4	0	8	8	20
19	Современные достижения в области синтетических полимеров. Термостойкие полимеры. Термоэластопласты. Физиологически активные полимеры. Классификация. Физиологически активные полимеры с собственной физиологической активностью. Полимеры прививочного типа.	2	0	0	4	6
20	Особенности реакций макромолекул. Химические реакции, не приводящие к изменению степени полимеризации: полимеранало-	4	0	8	8	20

	гичные превращения и внутримолекулярные реакции. Использование этих реакций для получения новых полимеров.					
21	Химические реакции, приводящие к изменению степени полимеризации. Деструкция и стабилизация полимеров.	2	0	4	6	12
22	Деполимеризация. Сшивание полимеров: вулканизация каучуков, отверждение эпоксидных смол.	4	0	6	6	16
23	Тенденции развития химии высокомолекулярных соединений. Новые полимеры и направления их использования. Полимеры для нанотехнологии и промышленности наносистем.	2	0	0	6	8
	Итого:	54	0	54	108	216

#### 14. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

В учебном процессе используются следующие формы работы:

- проведение лекций,
- проведение лабораторных работ,
- занятия в интерактивной форме (дискуссии),
- внеаудиторная самостоятельная работа студентов.

Организационная структура лекционного занятия:

1. Формулировка темы, целей занятия, постановка проблемного вопроса.
2. Разъяснение вопросов теоретического и практического плана для решения поставленной проблемы.
3. Рассмотрение путей решения проблемного вопроса на конкретных примерах.
4. Заключение, формулировка выводов.
5. Формулировка задания для самостоятельной домашней работы. Озвучивание темы следующего занятия.

Организационная структура лабораторного занятия:

1. Формулировка целей занятия и ответы на вопросы студентов.
2. Ознакомление с теоретической основой работы, основными приемами и техникой безопасности при работе с используемыми приборами и реактивами.
3. Выполнение экспериментальной части работы.
4. Обработка экспериментальных результатов и предоставление их для предварительной проверки преподавателю.

Защита лабораторной работы проводится с целью выявления уровня освоения материала по тематике работы, способности дать правильную трактовку результатам, полученным при выполнении работы. Защита работы заключается в оформлении работ, устной беседе преподавателя со студентом по полученным в работе результатам и основным теоретическим понятиям по теме работы.

Текущий контроль проводится путем проверки выполнения домашнего задания, входного контроля (в виде контрольной работы).

Контроль освоения теоретического материала проводится после прослушивания студентами лекционного материала по каждой теме в виде коллоквиума и выполнения домашних заданий. Выполнение домашних заданий контролирует лектор. Ежеженедельно студенты имеют возможность выяснять все вопросы, освоение которых вызывает трудности, на консультациях с лектором в специально отведенные для этого контактные часы.

При реализации дисциплины с использованием дистанционных образовательных технологий используются инструменты электронной информационно-образовательной среды ВГУ «Электронный университет ВГУ» (<https://edu.vsu.ru>) и/или «MOOK ВГУ»



(<https://mooc.vsu.ru>), сервисы видеоконференций (BigBlueButton, Zoom, Discord и др.), электронная почта, мессенджеры и соцсети.

## 15. Перечень основной и дополнительной литературы, ресурсов интернет, необходимых для освоения дисциплины

а) основная литература:

№ п/п	Источник
1	Высокомолекулярные соединения : учебник и практикум для академического бакалавриата / [М.С. Аржаков и др.] ; Моск. гос. ун-т им. М.В. Ломоносова ; под ред. А.Б. Зезина .– Москва : Юрайт, 2018 .– 339 с.
2	Семчиков Ю.Д. Введение в химию полимеров/ Ю.Д.Семчиков, С.Ф. Жильцов, С.Д. Зайцев. – Санкт-Петербург ; Москва ; Краснодар: Лань, 2012. – 222 с.
3	Семчиков Ю. Д. Высокомолекулярные соединения / Ю. Д. Семчиков. - М.: Академия, 2008. - 368с.
4	Киреев В.В. Высокомолекулярные соединения : учебник для академического бакалавриата: в 2 ч. / В.В. Киреев .— Москва : Юрайт, 2016 .

б) дополнительная литература:

№ п/п	Источник
5	Тагер А. А. Физикохимия полимеров / А. А. Тагер. - М.: Химия, 2007. - 544с.
6	Говарикер В. Р. Полимеры / В. Р. Говарикер, Н. В. Висванатхан, Дж. Шридхар. - М.: Иностранная литература, 1990. – 396 с.
7	Кабанов В. А. Комплексно-радикальная полимеризация/В. А. Кабанов, В. П. Зубов, Ю. Д. Семчиков. - М.: Наука, 1987. – 256 с.
8	Шур А. М. Высокомолекулярные соединения/А. М. Шур. - М.: Высш. шк., 1981. – 656 с.
9	Платэ Н. А. Физиологически активные полимеры/Н. А. Платэ, А. Е. Васильев. - М.: Химия, 1986. - 296 с.
10	Кирш Ю. Э. Поли-N-винилпирролидон и другие поли-N-виниламиды/Ю. Э. Кирш. - М.: Наука, 1998.-252 с.

в) информационные электронно-образовательные ресурсы (официальные ресурсы интернет)\*:

№ п/п	Ресурс
11	"Университетская библиотека online", <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a>
12	Электронно-библиотечная система "Консультант студента", <a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>
13	<a href="https://www.lib.vsu.ru">https://www.lib.vsu.ru</a> - Зональная научная библиотека ВГУ.
14	<a href="http://www.en.edu.ru/">http://www.en.edu.ru/</a> - Естественно-научный образовательный портал - является составной частью федерального портала "Российское образование". Содержит ресурсы и ссылки на ресурсы по естественно-научным дисциплинам (физика, химия и биология).
15	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a> - информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам».
16	<a href="http://www.elibrary.ru">http://www.elibrary.ru</a> –Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU - крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 12 млн. научных статей и публикаций. На платформе eLIBRARY.RU доступны электронные версии более 1400 российских научно-технических журналов, в том числе более 500 журналов в открытом доступе.
17	ЭУМК «Высокомолекулярные соединения» <a href="https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2310">https://edu.vsu.ru/course/view.php?id=2310</a>

## 16. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы

№ п/п	Источник
1	Кузнецов В.А. Практикум по высокомолекулярным соединениям / В.А. Кузнецов. - Воронеж: Изд.дом ВГУ, 2014. - 166 с.
2	Высокомолекулярные соединения: методические указания / сост.: А. С. Шестаков и др. – Воронеж : ВГУ, 2015. – 36 с.
3	Инструкция по технике безопасности при работе в лаборатории с применением химических веществ. Воронеж : ВГУ, 2002 – 33 с.
4	Практикум по высокомолекулярным соединениям /под ред. В. А. Кабанова. - М.: Химия, 1985. - 224 с.

## 17. Образовательные технологии, используемые при реализации учебной дисциплины, включая дистанционные образовательные технологии (ДОТ), электронное обучение (ЭО), смешанное обучение:

При реализации дисциплины используются классические образовательные технологии без замены аудиторных занятий (лекций и лабораторных занятий) на ДОТ. Основные типы лекций – вводные лекции (в начале изучения дисциплины) и информационные лекции с визуализацией (мультимедийные презентации). Проведение текущих аттестаций и промежуточных аттестаций осуществляется в форме устного собеседования по КИМ. Самостоятельная работа по всем разделам предполагает выполнение обязательных письменных домашних заданий.

## 18. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

1. Приборы для разгонки мономеров в условиях вакуума.
2. Приборы для проведения полимеризации
3. Приборы для проведения поликонденсации
4. Прибор для термодеструкции полимера
5. Прибор Федотова для определения набухаемости.
6. Рефрактометр ИРФ-454 Б2М
7. Вискозиметры Оствальда-Пинкевича, ВПЖ и Уббелоде.
8. Титровальная установка.
9. Весы аналитические.
10. Весы техно-химические.
11. Модульный спектрометр динамического и статического рассеяния света Photocor-Complex.
12. Компьютер.
13. Турбидиметр.
14. Ультразвуковой диспергатор.
15. Водоструйные насосы.
16. Шкаф сушильный
17. Шкаф вакуумный.
18. Фотометр КФК-3 «ЗОМЗ»
19. Аппараты Сокслета.
20. Термостаты.

## 19. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестаций

Порядок оценки освоения обучающимися учебного материала определяется содержанием следующих разделов дисциплины:

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
1.	Роль науки о высокомолекулярных соединениях в научно-техническом прогрессе и основные этапы ее развития.	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.3, ОПК-2.4	Тестовые задания
2.	Классификация полимеров и процессов их образования. Номенклатура.	ОПК-1, ОПК-2	ОПК-1.3, ОПК-2.4	Тестовые задания Домашние задания
3.	Макромолекулы и их поведение в растворе.	ОПК-1, ОПК-6	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ОПК-6.4	Лабораторные работы Домашние задания Коллоквиум
4.	Полимерные тела.	ОПК-3	ОПК-3.1, ОПК-3.2	Практикоориентированные задания
5.	Синтез полимеров.	ОПК-2, ОПК-6	ОПК-2.1, ОПК-2.2,	Лабораторные работы, Курсовая работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Компетенция(и)	Индикатор(ы) достижения компетенции	Оценочные средства
			ОПК-2.3, ОПК-2.4 ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ОПК-6.4	Коллоквиум
6.	Химические свойства и химические превращения высокомолекулярных соединений. Деструкция и стабилизация полимеров	ОПК-2	ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4	Лабораторные работы, Тестовые задания, Курсовая работа
Промежуточная аттестация форма контроля – экзамен, зачет с оценкой				Перечень вопросов

## 20. Типовые оценочные средства и методические материалы, определяющие процедуры оценивания

Оценка знаний, умений и навыков, характеризующая этапы формирования компетенций в рамках изучения дисциплины осуществляется в ходе текущей и промежуточной аттестаций.

Текущая аттестация проводится в соответствии с Положением о текущей аттестации обучающихся по программам высшего образования Воронежского государственного университета. Текущая аттестация проводится в форме: устного опроса (индивидуальный опрос); лабораторные работы; оценки результатов практической деятельности (курсовая работа). Критерии оценивания приведены выше.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего образования.

Контрольно-измерительные материалы промежуточной аттестации включают в себя теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень полученных знаний и практическое задание, позволяющее оценить степень сформированности умений и навыков. При оценивании используются качественные шкалы оценок. Критерии оценивания приведены в п. 20.2. При реализации дисциплины с применением дистанционных образовательных технологий оценки за экзамен/зачет могут быть выставлены по результатам текущей аттестации обучающегося в семестре.

### 20.1. Текущий контроль успеваемости

Контроль успеваемости по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: практикоориентированные задания, лабораторные работы, тестовые задания, курсовая работа

Перечень лабораторных работ:

- 1) Полимеризация стирола в суспензии.
- 2) Полимеризация стирола в блоке.
- 3) Полимеризация стирола в эмульсии.
- 4) Полимеризация метилметакрилата в блоке.
- 5) Полимеризация винилацетата в эмульсии.
- 6) Полимеризация винилацетата в суспензии.
- 7) Полимеризация винилацетата в растворе.
- 8) Сополимеризация стирола и метакриловой кислоты в суспензии.
- 9) Поликонденсация диэтиленгликоля с адипиновой кислотой в растворе.
- 10) Поликонденсация фенола и формальдегида.
- 11) Определение молекулярной массы полистирола.
- 12) Оценка полидисперсности макромолекул методом турбидиметрического титрования.
- 13) Определение растворимости.

- 14) Построение дифференциальных термомеханических кривых.
- 15) Построение кривой состава сополимера и расчет констант сополимеризации стирола и метилметакрилата.
- 16) Определение молекулярно-массовых характеристик методом эксклюзивной хроматографии.
- 17) Термическая деполимеризация полиметилметакрилата.
- 18) Полимераналогичные превращения поливинилового спирта.
- 19) Получение и свойства нитратов целлюлозы.
- 20) Моделирование процесса ионно-координационной полимеризации этилена.

Темы курсовых работ:

1. Получение поливинилацетата полимеризацией винилацетата в блоке
2. Получение и исследование свойств блочного поливинилацетата
3. Получение суспензионного поливинилацетата
4. Суспензионная полимеризация винилацетата
5. Определение молекулярной массы и размера частиц полиакриламида
6. Исследование молекулярно-массовых характеристик полиакриламида
7. Молекулярно-массовые характеристики различных фракций полиакриламида
8. Радикальная полимеризация винилпирролидона в растворе
9. Синтез поли-N-винилпирролидона полимеризацией в растворе
10. Получение поливинилтриазола полимеризацией в водном растворе и исследование его свойств
11. Синтез поливинилтриазола и определение его молекулярно-массовых характеристик
12. Блочный винилацетат и его полимераналогичные превращения
13. Получение поливинилацетата полимеризацией винилацетата в блоке
14. Радикальная полимеризация винилацетата в суспензии
15. Получение суспензионного поливинилацетата
16. Синтез микрогеля на основе поли-N-винилкапролактама методом эмульсионной полимеризации
17. Синтез радикальной полимеризацией поли-N-винилкапролактама и определение средне-вязкостной молекулярной массы
18. Синтез сополимера метилметакрилата со стиролом в суспензии
19. Определение кислотно-основных и сорбционных свойств анионообменников
20. Получение сшитых сополимеров 1-винил 3,5-диметилпиразола с этиленгликольдиметокрилатом
21. Определение статической обменной емкости анионитов
22. Синтез поливинилацетата и его полимераналогичных производных
23. Кинетика полимеризации винилацетата
24. Синтез поливинилпирролидона
25. Синтез полиакрилонитрила и его превращения в полиакриламидоксим
26. Синтез поливинилформамида и его полимераналогичные превращения
27. Синтез поливинилкапролактама. Изучение свойств его водных растворов
28. Эмульсионная полимеризация стирола
29. Полимеризация N-винилформамида и получение поливиниламина путем кислотного и щелочного гидролиза ПВФА
30. Кинетика полимеризации стирола рефрактометрическим методом
31. Синтез микрогеля на основе N-винилкапролактама
32. Получение полиакриламида радикальной полимеризацией, индуцированного деструкцией хитозана
33. Синтез водорастворимых сополимеров N-винилпирролида с винилацетатом
34. Получение водорастворимого полимера на основе N-винилформамида
35. Радикальная сополимеризация N-винилформамида с N-винилпирролидоном
36. Определение состава сополимеров N-винилформамида с N-винилпирролидоном
37. Определение состава сополимеров N-винилпирролида с винилацетатом
38. Получение поли-N-винилкапролактама с различной молекулярной массой
39. Получение сетчатого поли-N-винилкапролактама с различной степенью сшивки.
40. Синтез сополимера N-винилкапролактама и N-винилпирролидона

Лабораторные работы выполняются на занятии в течение 2 академических часов. За этот период студент должен, ознакомившись с порядком выполнения задания, при помощи преподавателя и лаборанта выполнить практическую часть работы, представить полученные результаты преподавателю и, если позволяет время, приступить к оформлению работы и формулировке выводов. Следующее лабораторное занятие студент начинает с представления оформленной работы, отчитывается по работе и получает следующее практическое задание.

Вопросы для домашнего задания формулирует лектор на лекционном занятии. На следующем лекционном занятии студенты представляют решение домашнего задания, занятие начинается с обсуждения вариантов решения.

Коллоквиумы проводятся на лабораторном занятии, о чем преподаватель заранее сообщает обучающимся. Темы, по которым проводятся коллоквиумы, и программа к ним представлена в соответствующих методических указаниях, рекомендованных студентам. По согласованию с обучающимися коллоквиум и зачет может проводиться в форме устной беседы или форме тестирования по основным разделам курса. Экзамен проводится только в устной форме.

## 20.2 Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация по дисциплине осуществляется с помощью следующих оценочных средств: собеседование по экзаменационным билетам (по билетам к зачету).

### Вопросы к экзамену, зачету

1. Основные отличия ВМС от низкомолекулярных соединений.
2. Классификация и номенклатура ВМС.
3. Конфигурационные изомеры в макромолекулах монозамещенных этиленов и диенов.
4. Внутримолекулярное вращение и гибкость макромолекул.
5. Молекулярная масса ВМС - среднечисловая, среднемассовая и средневязкостная. Методы определения.
6. Физико-химические основы фракционирования, методы и типы фракционирования.
7. Аморфные и кристаллические полимеры, их свойства.
8. Структура и надмолекулярная организация кристаллических полимеров.
9. Полиэлектролиты. Химические и физико-химические особенности.
10. Концентрированные растворы полимеров и гели.
11. Высокоэластическое состояние полимеров.
12. Стеклообразное состояние полимеров.
13. Вязкотекучее состояние ВМС.
14. Пластификация полимеров.
15. Гибкость (жесткость) макромолекул. Связь гибкости с химическим строением
16. Принципы классификации процессов образования полимеров из мономеров.
17. Радикальная полимеризация. Механизм стадий инициирования, роста и обрыва цепи.
18. Инициирование в радикальной полимеризации.
19. Кинетика радикальной полимеризации при низких степенях превращения.
20. Ингибиторы и замедлители радикальной полимеризации.
21. Аутоингибирование аллиловых мономеров, особенности их полимеризации.
22. Особенности комплексно-радикальной полимеризации виниловых мономеров.
23. Регулирование молекулярной массы при радикальной полимеризации.
24. Радикальная двухкомпонентная сополимеризация. Уравнение Майо-Льюиса. Кривые зависимости мономерный состав - полимерный состав.
25. Анионная полимеризация. Механизм, особенности.
26. Анионно-координационная полимеризация по механизму "живых" цепей..
27. Синтез блок- сополимеров.
28. Катионная полимеризация, особенности, механизм.
29. Зависимость реакционной способности виниловых мономеров в полимеризации от их строения и других факторов.
30. Поликонденсация. Типы реакций поликонденсации. Поликонденсационное равновесие.
31. Молекулярная масса и молекулярно-массовое распределение (ММР) полимеров при поликонденсации.
32. Неравновесная поликонденсация. Деструкция при поликонденсации.

33. Химические реакции ВМС, приводящие к изменению степени полимеризации.
34. Химические превращения полимеров, не приводящие к изменению степени полимеризации.
35. Сшивание полимеров. Вулканизация каучуков, отверждение эпоксидных смол.
36. Термостойкие полимеры. Влияние структуры на термические характеристики ВМС.
37. Физиологически активные полимеры с собственной физиологической активностью.
38. Физиологически активные полимеры. Модели прививочного типа.
39. Деструкция и стабилизация ВМС.
40. Псевдоживая радикальная полимеризация.

При проведении промежуточной аттестации может быть реализовано тестирование по следующим вопросам для формирования соответствующих компетенций.

ОПК-1. Способен анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

Индикаторы.

ОПК 1.1 Систематизирует и анализирует результаты химических экспериментов, наблюдений, измерений, а также результаты расчетов свойств веществ и материалов.

ОПК 1.2 Предлагает интерпретацию результатов собственных экспериментов и расчетно-теоретических работ с использованием теоретических основ традиционных и новых разделов химии.

ОПК 1.3 Формулирует заключения и выводы по результатам анализа литературных данных, собственных экспериментальных и расчетно-теоретических работ химической направленности.

Планируемые результаты обучения:

**знать:**

основы метрологии, материальную базу химического анализа, методологию постановки эксперимента

**уметь:**

планировать эксперимент, проводить поиск справочной информации для постановки эксперимента и обработки экспериментальных данных, вести лабораторный журнал

**владеть:**

приемами лабораторного синтеза и анализа, оформления полученных результатов

Физические свойства полимера не изменяются:

- а) при химической модификации составных повторяющихся звеньев;
- б) при сшивании полимерных цепей;
- в) при добавлении или удалении одного или нескольких составных звеньев.

Правильный ответ: в).

Степень (коэффициент) полимеризации молекулы полимера это:

- а) число составных звеньев в молекуле полимера;
- б) число мономерных звеньев в молекуле полимера;
- в) число составных повторяющихся звеньев в молекуле полимера.

Правильный ответ: б).

Каким методом можно определить среднемассовую молекулярную массу:

- а) эбуллиоскопия; б) вискозиметрия; в) светорассеяние; г) осмометрия.

Правильный ответ: в).

Передача цепи в ходе радикальной полимеризации невозможна на:

- а) мономер; б) инициатор; в) растворитель; г) полимер; д) ингибитор

Правильный ответ: д).

Использование избытка одного из мономеров в равновесной гетерополиконденсации:

- а) позволяет синтезировать реакционноспособные мономеры;
- б) снижает молекулярную массу продукта поликонденсации;

в) позволяет синтезировать разветвлённый полимер;  
г) позволяет получить модифицированный полимер.  
Правильный ответ: б).

Какие заместители виниловых мономеров (с точки зрения электронных эффектов) способствуют протеканию катионной полимеризации:  
Правильный ответ: электронодонорные.

Ламели характерны для ... формы существования полимеров.  
Правильный ответ: кристаллической.

Перечислите основные типы сополимеров.  
Правильный ответ: статистические, блочные, чередующиеся, привитые, градиентные.

Коэффициент, связывающий напряжение в упругом теле с его относительным удлинением называется модуль ....  
Правильный ответ: Юнга.

Приведенная вязкость раствора полимера при полиэлектролитном набухании .... с уменьшением концентрации.  
Правильный ответ: возрастает, растёт, увеличивается,

ОПК 2. Способен проводить химический эксперимент с использованием современного оборудования, соблюдая нормы техники безопасности.  
Индикаторы.

ОПК 2.1 Работает с химическими веществами с соблюдением норм техники безопасности.  
ОПК 2.2 Использует существующие и разрабатывает новые методики получения и характеристики веществ и материалов для решения задач профессиональной деятельности.  
ОПК 2.3 Проводит исследования свойств веществ и материалов с использованием современного научного оборудования.

Планируемые результаты обучения:

**знать:**

основные методы исследования полимеров; химические, физико-химические и физические основы создания конструкционных и функциональных полимерных материалов; способы синтеза полимеров.

**уметь:**

определять и рассчитывать размеры макромолекул; оценивать основные физико-механические параметры полимеров; оценивать состав конечного полимера после протекания химических реакций; рассчитывать степень сшивки полимерной сетки.

**владеть:**

приемами регулирования реакций синтеза полимеров, изомерии и молекулярно-массовых характеристик конечного материала путем изменения концентраций компонентов, температуры, качества растворителя и т.д.; методами моделирования макромолекул и расчетными процедурами оценки их размеров; принципами направленной модификации химической структуры полимера для придания нужных свойств; методологией создания новых полимерных материалов.

Высокоэластическое состояние характерно для:

а) аморфных полимеров;  
б) кристаллических полимеров;  
в) стеклообразных полимеров.  
Правильный ответ: а).

Что является активным центром при полимеризации виниловых мономеров в присутствии иницирующей системы  $Fe^{2+} + H_2O_2$ ?  
а) катион; б) анион; в) радикал; г) реакция не протекает.  
Правильный ответ: в).

Для какого из мономеров полимеризации с раскрытием цикла величина теплового эффекта наибольшая:

а) оксид этилена; б) тетрагидрофуран; в) диоксан; г) капролактан.

Правильный ответ: а).

В каком способе проведения радикальной полимеризации мономер и инициатор находятся в разных фазах?

а) растворная; б) блочная; в) суспензионная; г) эмульсионная.

Правильный ответ: г).

Для какой из стадий процесса радикальной полимеризации энергетический барьер максимален?

а) инициирования; б) роста; в) передачи цепи; г) обрыва цепи.

Правильный ответ: а).

Для какого состояния полимеров проявляется эффект Вайсенберга?

а) кристаллическое; б) вязкотекучее; в) высокоэластическое; г) стеклообразное.

Правильный ответ: б).

Какой газ образуется при термическом разложении АИБН?

Правильный ответ: азот.

Молекулярная масса полимера ...по мере выхода из колонки в методе гель-проникающей (эксклюзионной) хроматографии.

Правильный ответ: снижается, уменьшается.

Добавление пластификатора ... температуру стеклования полимера.

Правильный ответ: снижает, уменьшает.

Гель-эффект заключается в резком... скорости процесса радикальной полимеризации.

Правильный ответ: увеличении, возрастании.

ОПК-3. Способен применять расчетно-теоретические методы для изучения свойств веществ и процессов с их участием, используя современное программное обеспечение и базы данных профессионального назначения.

Индикаторы.

ОПК 3.1 Применяет теоретические и полуэмпирические модели при решении задач химической направленности.

ОПК 3.2 Использует стандартное программное обеспечение и специализированные базы данных при решении задач профессиональной деятельности.

Планируемые результаты обучения:

**знать:**

современные экспериментальные методы исследования технологических процессов и природных сред; знать основы современных информационных технологий

**уметь:**

уверенно работать в качестве пользователя персонального компьютера; использовать компьютерные средства и методы моделирования в научно-исследовательской работе **владеть:**

навыками, приемами и технологиями построения и анализа эмпирических моделей, основами организации экспериментальных исследований

Масса макромолекул увеличивается в ходе:

а) рекомбинации; б) диспропорционирования; в) передачи цепи на мономер; г) передачи цепи на растворитель

Правильный ответ а).



При радиохимическом иницировании в процессе облучения мономер превращается в:  
а) радикал; б) катион; в) анион; г) катион-радикал; д) анион-радикал.  
Правильный ответ: г).

Гель-эффект (эффект Тромсдорфа) наблюдается чаще всего при полимеризации:  
а) в растворе; б) в блоке; в) в эмульсии; г) в газовой фазе  
Правильный ответ: б).

Площадь внутри петли гистерезиса в координатах  $\sigma$  от  $\epsilon$  соответствует:  
а) остаточному напряжению в эластомере; б) остаточному удлинению в эластомере; в) выделяющейся теплоте; г) частоте сокращений эластомера.  
Правильный ответ: в).

При радикальной полимеризации какого мономера макрорадикал наиболее активен?  
а) стирол; б) бутадиен; в) акрилонитрил; г) винилацетат  
Правильный ответ: г)

Каково значение степени полидисперсности полимера, если значения молекулярных масс, определенные осмометрически, вискозиметрически и методом светорассеяния для него совпадают?  
Правильный ответ: 1.

Чему равны константы  $r_1$  и  $r_2$  при образовании чередующегося сополимера?  
Правильный ответ: 0.

Сколько фаз находится внутри бинодали?  
Правильный ответ: 2.

Чему равна степень полимеризации в ходе равновесной поликонденсации при достижении степени превращения 99%?  
Правильный ответ: 100.

С ... сегмента Куна гибкость полимерной цепи увеличивается.  
Правильный ответ: уменьшением

ОПК-6. Способен представлять результаты профессиональной деятельности в устной и письменной форме в соответствии с нормами и правилами, принятыми в профессиональном сообществе.

Индикаторы.

ОПК 6.1 Представляет результаты работы в виде отчета по стандартной форме на русском языке.

ОПК 6.2 Представляет информацию химического содержания с учетом требований библиографической культуры.

ОПК 6.3 Готовит презентацию по теме работы и представляет ее на русском и английском языках.

ОПК 6.4 Представляет результаты работы в виде научной публикации (тезисы доклада, статья, обзор) на русском и английском языке.

Планируемые результаты обучения:

**знать:**

основные нормы современного русского языка (орфографические, пунктуационные, грамматические, стилистические, орфоэпические) и систему функциональных стилей русского языка;

**уметь:**

пользоваться основной справочной литературой, толковыми и нормативными словарями русского языка; основными сайтами поддержки грамотности в сети «Интернет»

**владеть:**

навыками создания на русском языке грамотных и логически непротиворечивых письменных и устных текстов учебной и научной тематики реферативного характера, ориентированных

на соответствующее направление подготовки.

С преимущественным образованием каких продуктов протекает термическая деструкция полиоксиметилена?

- а) уксусной кислоты; б) олигомерных циклов; в) этиленгликоля; г) формальдегида.  
Правильный ответ г).

Катализаторами анионной полимеризации являются:

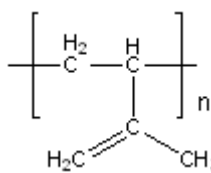
- а) кислоты Льюиса; б) амиды щелочных металлов;  
в) протонсодержащие кислоты; г) пероксиды.

Правильный ответ: б).

Аллильная группа это:

- а)  $-\text{CH}=\text{CH}_2$ ; б)  $-\text{CH}_2-\text{CH}=\text{CH}_2$ ; в)  $-\text{CH}=\text{CH}-$ ; г)  $-\text{CH}=\text{CH}-\text{CH}=\text{CH}-$ .

Правильный ответ: б).



Это:

- а) 1,2-полиизопрен; б) 3,4-полиизопрен; в) 1,4-полиизопрен; г) 2,4-полиизопрен.

Правильный ответ: б).

Числовая доля это:

- а)  $\frac{N_i M_i}{\sum N_i M_i}$ ; б)  $\frac{N_i}{\sum N_i}$ ; в)  $\frac{N_i M_i^2}{\sum N_i M_i^2}$ ; г)  $\frac{N_i M_i^3}{\sum N_i M_i^3}$ .

Правильный ответ: б).

Какая кривая соответствует чередующемуся сополимеру на схеме?

Правильный ответ: 1.

В присутствии какого из перечисленных веществ образуются теломеры: четыреххлористый углерод, гептадиен-1,6, гидрохинон, кобальтпорфирин?

Правильный ответ: четыреххлористый углерод.

Энтропия в ходе полимеризации чаще всего ....

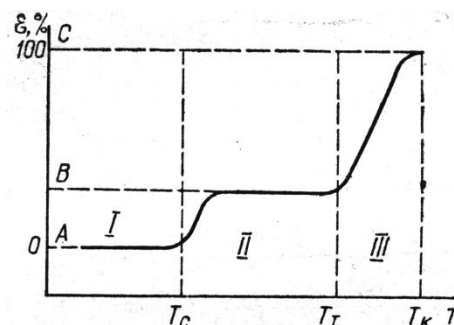
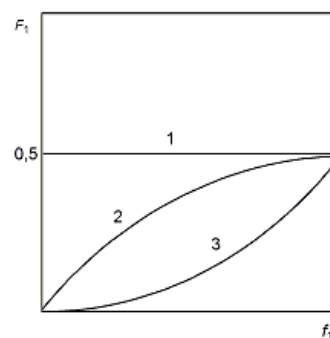
Правильный ответ: снижается, уменьшается.

Перечислите основные типы полимеризационных процессов:

Правильный ответ: радикальная, анионная, катионная, ионно-координационная.

Что такое  $T_c$  на представленной термомеханической кривой?

Правильный ответ: температура стеклования.



По окончании VIII семестра по курсу «Высокомолекулярные соединения» проводится промежуточная аттестация в форме экзамена. К экзамену обучающиеся получают перечень вопросов, из которых формируются КИМ по предмету. За день перед экзаменом проводится консультация, где студенты могут прояснить вопросы, освоение которых вызывает трудности. Приходя на экзамен, обучающийся должен иметь при себе зачетную книжку и тетрадь с лабораторным практикумом. Обучающийся выбирает КИМ и готовится к ответу. Время на подготовку регламентировано Положением о промежуточной аттестации обучающихся по программам высшего

образования.

Для оценивания результатов обучения на экзамене/зачете используются следующие показатели:

- 1) знание учебного материала и владение понятийным аппаратом науки о полимерах;;
  - 2) умение связывать теорию с практикой;
  - 3) умение иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований;
  - 4) умение применять теоретические знания, решать практические задачи;
  - 5) владение способами синтеза полимеров и методами их исследования;
- данные критерии в большей степени относятся к экзамену

Для оценивания результатов обучения на экзамене (зачете с оценкой) используется 4-балльная шкала: «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Соотношение показателей, критериев и шкалы оценивания результатов обучения

Критерии оценивания компетенций	Уровень сформированности компетенций	Шкала оценок
Полное соответствие ответа обучающегося всем перечисленным критериям. Продемонстрировано знание учебного материала и владение понятийным аппаратом в области полимерной науки, умение связывать теорию с решением практических задач, владение теоретическими основами полимерной химии, способность иллюстрировать ответ примерами, фактами, данными научных исследований	Повышенный уровень	Отлично
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует одному (двум) из перечисленных показателей, но обучающийся дает правильные ответы на дополнительные вопросы. Недостаточно продемонстрирована связь теории с практикой, или содержатся отдельные пробелы в знании вопросов теории,	Базовый уровень	Хорошо
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым двум (трем) из перечисленных показателей, обучающийся дает неполные ответы на дополнительные вопросы. Демонстрирует частичные знания теории, или не умеет иллюстрировать ответ примерами, фактами, или имеет не полное представление о способах синтеза полимеров, допускает существенные ошибки в написании формул.	Пороговый уровень	Удовлетворительно
Ответ на контрольно-измерительный материал не соответствует любым трем(четырем) из перечисленных показателей. Обучающийся демонстрирует отрывочные, фрагментарные знания, допускает грубые ошибки в рассмотрении теоретических вопросов, не может привести конкретные примеры на поставленные вопросы.	–	Неудовлетворительно