

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический универси-  
тет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР  
Н.И. Никифорова

«30» мая 2022 г.

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

по дисциплине

ОП.13 «Физика и химия полимеров»

Специальность:

18.02.07 «Технология производства и переработки пластических масс и эла-  
стомеров»

Квалификация:

Техник-технолог

Форма обучения:

Очная

Нижекамск 2022 г.

Составитель ФОС:

Профессор кафедры НХС



В.П. Дорожкин

ФОС по специальности среднего профессионального образования (далее – СПО) 18.02.07 «Технология производства и переработки пластических масс и эластомеров» на основании учебного плана 2022 года набора обучающихся рассмотрен и одобрен на заседании кафедры НХС, протокол от 06.04.2022 г. №8

Зав. кафедрой



Р.З. Агзамов

Эксперт:

Ответственный за ООП,  
разработчик учебного плана,  
ст. преподаватель НХС



Г.Р. Хуснутдинова

**Перечень компетенций с указанием уровней их формирования**

<b>Индекс Компетенции</b>	<b>Содержание компетенции</b>	<b>Этапы формирования компетенции</b> (указать все темы из РПД)				<b>Наименование оце- ночного средства</b>
		<b>Лекции</b>	<b>Практические Занятия, лабора- торный практи- кум</b>	<b>Лабораторные занятия</b>	<b>Курсовой про- ект (работа)</b>	
ОК-1	Выбирать способы решения задач профессиональной деятельности применительно к различным контекстам;	<i>Тема 1.1, Тема 1.2, Тема 1.3, Тема 1.4, Тема 1.5, Тема 1.6, Тема 1.7, Тема 2.1, Тема 2.2, Тема 2.3, Тема 2.4, Тема 2.5, Тема 2.6</i>	<i>Тема 1.2, Тема 1.3, Тема 1.4, Тема 1.7, Тема 2.2, Тема 2.3, Тема 2.5</i>	<i>Не предусмот- рены</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Практические заня- тия «Определение энергии когезии по- лярного и неполяр- ного полимеров», «Механодеформаци- онные свойства по- лимеров», «Релакса- ция напряжения», «Ползучесть и вос- станавливаемость полимеров», «Кине- тика набухания сет- чатых полимеров», «Радикальная поли- меризация стирола», «Катионная полиме- ризация стирола», «Синтез полиамида методом межфазной поликонденсации», экзамен</i>
ОК-2	Осуществлять поиск, анализ и интерпретацию информации, необходимой для выполнения задач профессиональной деятельности;	<i>Тема 1.1, Тема 1.2, Тема 1.3, Тема 1.4,</i>	<i>Тема 1.2, Тема 1.3, Тема 1.4, Тема 1.7, Тема 2.2, Тема 2.3,</i>	<i>Не предусмот- рены</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Практические заня- тия «Определение энергии когезии по-</i>

		Тема 1.5, Тема 1.6, Тема 1.7, Тема 2.1, Тема 2.2, Тема 2.3, Тема 2.4, Тема 2.5, Тема 2.6	Тема 2.5			лярного и неполярного полимеров», «Механодеформационные свойства полимеров», «Релаксация напряжения», «Ползучесть и восстанавливаемость полимеров», «Кинетика набухания сетчатых полимеров», «Радикальная полимеризация стирола», «Катионная полимеризация стирола», «Синтез полиамида методом межфазной поликонденсации», экзамен
ОК-9	Использовать информационные технологии в профессиональной деятельности;	Тема 1.1, Тема 1.2, Тема 1.3, Тема 1.4, Тема 1.5, Тема 1.6, Тема 1.7, Тема 2.1, Тема 2.2, Тема 2.3, Тема 2.4, Тема 2.5, Тема 2.6	Тема 1.2, Тема 1.3, Тема 1.4, Тема 1.7, Тема 2.2, Тема 2.3, Тема 2.5	Не предусмотрены	Не предусмотрены	Практические занятия «Определение энергии когезии полярного и неполярного полимеров», «Механодеформационные свойства полимеров», «Релаксация напряжения», «Ползучесть и восстанавливаемость полимеров», «Кинетика набухания сетчатых полимеров»,

						<i>«Радикальная полимеризация стирола», «Катионная полимеризация стирола», «Синтез полиамида методом межфазной поликонденсации», экзамен</i>
ПК-2.1	Подготавливать исходное сырье и материалы к работе;	<i>Тема 2.1, Тема 2.2, Тема 2.3, Тема 2.4, Тема 2.5, Тема 2.6</i>	<i>Тема 1.2, Тема 1.3, Тема 1.4, Тема 1.7, Тема 2.2, Тема 2.3, Тема 2.5</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Практические занятия «Определение энергии когезии полярного и неполярного полимеров», «Механодеформационные свойства полимеров», «Релаксация напряжения», «Ползучесть и восстанавливаемость полимеров», «Кинетика набухания сетчатых полимеров», «Радикальная полимеризация стирола», «Катионная полимеризация стирола», «Синтез полиамида методом межфазной поликонденсации», экзамен</i>
ПК-2.2	Получать изделия из полимерных материалов и эластомеров основными (экструзия, литье,	<i>Тема 2.6</i>	<i>Тема 2.2, Тема 2.3, Тема 2.5</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Практические занятия «Радикальная</i>

	термоформование, прессование) и вспомогательными (вальцевание и каландрование, спекание, вулканизация, вспенивание) методами;					<i>полимеризация стирола», «Катионная полимеризация стирола», «Синтез полиамида методом межфазной поликонденсации», экзамен</i>
ПК-2.3	Контролировать качество сырья, материалов, полуфабрикатов, готовой продукции;	<i>Тема 2.1, Тема 2.2, Тема 2.3, Тема 2.4, Тема 2.5, Тема 2.6</i>	<i>Тема 1.2, Тема 1.3, Тема 1.4, Тема 1.7, Тема 2.2, Тема 2.3, Тема 2.5</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Не предусмотрены</i>	<i>Практические занятия «Определение энергии когезии полярного и неполярного полимеров», «Механодеформационные свойства полимеров», «Релаксация напряжения», «Ползучесть и восстанавливаемость полимеров», «Кинетика набухания сетчатых полимеров», «Радикальная полимеризация стирола», «Катионная полимеризация стирола», «Синтез полиамида методом межфазной поликонденсации», экзамен</i>

***Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)***

<b><i>Оценочные средства</i></b>	<b><i>Кол-во</i></b>	<b><i>Min, баллов (базовый уро- вень)</i></b>	<b><i>Max, баллов (повышенный уро- вень)</i></b>
<b><i>Практическая работа</i></b>	<b><i>5 (3 се- местр) 3 (4 се- местр)</i></b>	<b><i>36</i></b>	<b><i>60</i></b>
<b><i>Экзамен</i></b>	<b><i>1</i></b>	<b><i>24</i></b>	<b><i>40</i></b>
<b><i>Итого:</i></b>		<b><i>60</i></b>	<b><i>100</i></b>

**Шкала оценивания**

Цифровое выражение	Выражение в баллах:	Словесное выражение	Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:	
			экзамен / зачет с оценкой	зачет
5	87 - 100	Отлично (зачтено)	Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если ответы на вопросы по темам дисциплины последовательны, логически изложены, допускаются незначительные недочеты в ответе студента, такие как отсутствие самостоятельного вывода, речевые ошибки и пр
4	74 - 86	Хорошо (зачтено)	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	
3	60 - 73	Удовлетворительно (зачтено)	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	
2	Ниже 60	Неудовлетворительно (не зачтено)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент не знает основных понятий темы дисциплины, не отвечает на дополнительные и наводящие вопросы преподавателя.



**Экзаменационные билеты по дисциплине  
ОП.13 Физика и химия полимеров**

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
*Подготовительный факультет*  
*Кафедра нефтехимического синтеза*

Направление подготовки/специальность: 18.02.07 «Технология производства и переработки пластических масс и эластомеров»

Семестр 3

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. НХС \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Экзаменационный билет № 1**

1. Классификация полимеров по химическому строению.
2. Термодинамика высокоэластической деформации.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
*Подготовительный факультет*  
*Кафедра нефтехимического синтеза*

Направление подготовки/специальность: 18.02.07 «Технология производства и переработки пластических масс и эластомеров»

Семестр 3

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. НХС \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Экзаменационный билет № 2**

1. Классификация полимеров по их топологическому строению.
2. Статистическая теория высокоэластической деформации сшитых эластомеров.





1. Понятие термодинамического сегмента. Термодинамическая и кинетическая гибкость макроцепи. Модель свободносочлененной макроцепи.
2. Электрические свойства полимеров. Механизмы электропроводности. Электрическая прочность. Свойства полимерных электретов.















Подготовительный факультет  
Кафедра нефтехимического синтеза  
Направление подготовки/специальность: 18.02.07 «Технология производства и переработки пластических масс и эластомеров»  
Семестр 4

Зав. каф. НХС \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » 20 \_\_\_\_ г.

Основные понятия о процессе полимеризации. Основные отличия поликонденсации от полимеризации.

Подготовительный факультет  
Кафедра нефтехимического синтеза  
Направление подготовки/специальность: 18.02.07 «Технология производства и переработки пластических масс и эластомеров»  
Семестр 4

Зав. каф. НХС \_\_\_\_\_  
«        » 20    г.

Основные кинетические закономерности поликонденсации. Неравновесная поликонденсация.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Подготовительный факультет*  
*Кафедра нефтехимического синтеза*

Направление подготовки/специальность: 18.02.07 «Технология производства и переработки пластических масс и эластомеров»

Семестр 4

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. НХС \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### Экзаменационный билет № 7

Анионная полимеризация: рост цепи. Ионно-координационная полимеризация: обрыв цепи.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Подготовительный факультет*  
*Кафедра нефтехимического синтеза*

Направление подготовки/специальность: 18.02.07 «Технология производства и переработки пластических масс и эластомеров»

Семестр 4

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. НХС \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### Экзаменационный билет № 8

Анионная полимеризация: инициирование, обрыв цепи.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Подготовительный факультет*  
*Кафедра нефтехимического синтеза*

Направление подготовки/специальность: 18.02.07 «Технология производства и переработки пластических масс и эластомеров»

Семестр 4

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. НХС \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### Экзаменационный билет № 9

Основные понятия об ионной полимеризации. Катионная полимеризация: инициирование цепи.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Подготовительный факультет*  
*Кафедра нефтехимического синтеза*

Направление подготовки/специальность: 18.02.07 «Технология производства и переработки пластических масс и эластомеров»

Семестр 4

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. НХС \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### Экзаменационный билет № 10

Термическая деструкция полимеров. Механодеструкция полимеров.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Подготовительный факультет*  
*Кафедра нефтехимического синтеза*

Направление подготовки/специальность: 18.02.07 «Технология производства и переработки пластических масс и эластомеров»

Семестр 4

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. НХС \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### Экзаменационный билет № 11

Катионная полимеризация: рост, обрыв цепи.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Подготовительный факультет*  
*Кафедра нефтехимического синтеза*

Направление подготовки/специальность: 18.02.07 «Технология производства и переработки пластических масс и эластомеров»

Семестр 4

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. НХС \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### Экзаменационный билет № 12

Способы инициирования радикальной полимеризации.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Подготовительный факультет*  
*Кафедра нефтехимического синтеза*

Направление подготовки/специальность: 18.02.07 «Технология производства и переработки пластических масс и эластомеров»

Семестр 4

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. НХС \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### Экзаменационный билет № 13

Термоокислительная деструкция полимеров.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Подготовительный факультет*  
*Кафедра нефтехимического синтеза*

Направление подготовки/специальность: 18.02.07 «Технология производства и переработки пластических масс и эластомеров»

Семестр 4

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. НХС \_\_\_\_\_  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### Экзаменационный билет № 14

Полимераналогичные превращения.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Подготовительный факультет*  
*Кафедра нефтехимического синтеза*

Направление подготовки/специальность: 18.02.07 «Технология производства и переработки пластических масс и эластомеров»

Семестр 4

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. НХС \_\_\_\_\_  
«            »            20    г.

### Экзаменационный билет № 15

Химические превращения полимеров. Причины изменения реакционной способности функциональных групп в полимерных цепях. Механодеструкция полимеров.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Подготовительный факультет*  
*Кафедра нефтехимического синтеза*

Направление подготовки/специальность: 18.02.07 «Технология производства и переработки пластических масс и эластомеров»

Семестр 4

УТВЕРЖДАЮ

Зав. каф. НХС \_\_\_\_\_  
«            »            20    г.

### Экзаменационный билет № 16

Рост цепи при радикальной полимеризации. Кинетический анализ радикальной полимеризации.



Максимальный экзаменационный рейтинг 40 баллов. Экзамен считается сданным, если обучающийся получил за него не менее 24 баллов.

*Экзаменационный рейтинг для экзамена в 3 семестре*

Вопрос	Балл
Экзаменационный вопрос №1	0-18
теоретическая часть (определения, общие характеристика и т.п.)	0-8
вывод уравнений	0-2
правильность конечного результата	0-8
Экзаменационный вопрос №2	0-18
теоретическая часть (определения, общие характеристика и т.п.)	0-8
вывод уравнений	0-2
правильность конечного результата	0-8
Дополнительный вопрос № 1	0-2
Дополнительный вопрос № 2	0-2
Итого	0-40

*Экзаменационный рейтинг для экзамена в 4 семестре*

Вопрос	Балл
Экзаменационный вопрос №1	0-30
теоретическая часть (определения, общие характеристика и т.п.)	0-12
вывод уравнений	0-6
правильность конечного результата	0-12
Дополнительный вопрос № 1	0-5
Дополнительный вопрос № 2	0-5
Итого	0-40

**Примерный перечень оценочных средств**

№п/п	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	2	3	4
1	Практическое занятие	В ходе практических работ студенты овладевают умениями пользоваться работать с нормативными документами и инструктивными материалами, справочниками, составлять техническую документацию; выполнять чертежи, схемы, таблицы, решать разного рода задачи, делать вычисления, определять характеристики различных веществ, объектов, явлений. Цель	Темы практических занятий; контрольные вопросы и задания по теме практического занятия

		практических занятий заключается в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач в процессе совместной деятельности с преподавателями.	
--	--	--	--

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)  
 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
 высшего образования  
 «Казанский национальный исследовательский технологический университет»

*Подготовительный факультет*

*Кафедра нефтехимического синтеза*

Учебным планом по направлению подготовки 18.02.07 «Технология производства и переработки пластических масс и эластомеров» для обучающихся предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине ОП.13 «Физика и химия полимеров» в 3 и 4 семестрах. Обучающимся предлагаются разноуровневые задачи и задания реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей.

### **Комплект практических заданий по дисциплине ОП.13 Физика и химия полимеров**

#### **3 семестр**

#### **Тема 1.2: Определение энергии когезии полярного и неполярного полимеров**

Студентам предоставляются результаты испытаний на набухание вулканизатов на основе каучуков из таблицы 2 ( $m_n$  и  $m_0$ ).  
 Объемную степень набухания в условиях равновесия ( $Q_p$ ) рассчитывают по формуле:

$$Q_p = 1 + \frac{\rho_k}{\rho_p} \cdot \left( \frac{m_n}{m_0} - 1 \right)$$

Для нахождения параметра растворимости полимера строят графическую зависимость ( $Q_p$ ;  $\sigma_p$ ). Точка максимума на кривой соответствует параметру растворимости полимера  $\sigma_k$ , следовательно,

$$\text{ПЭК} = \sigma_k^2 .$$

Таблица 1 – Рекомендуемые типы растворителей для определения плотности энергии когезии разных каучуков

Каучук	Растворители	$\sigma$ (МДж/ м <sup>3</sup> ) <sup>0,5</sup>	Каучук	Растворители	$\sigma$ (МДж/ м <sup>3</sup> ) <sup>0,5</sup>
Натуральный	Пентан	14,19	Бутадиен– нитрильный СКН–40	Бензол	18,86
	Октан	15,546		Хлорбен- зол	19,43
	Циклогек- сан	16,875		Этилаце- тат	18,61
	Толуол	18,35		Ацетон	19,92
	Бензол	18,86		Этило- вый спирт	26,33
	С СL <sub>4</sub>	17,65		1,2–ди- хлорэтан	20,37
Бутилкаучук	Пентан	14,2	Полисульфид- ный	Толуол	18,35
	Гептан	15,3		Бензол	18,86
	Октан	15,55		Хлорбен- зол	19,43
	Циклогек- сан	16,88		Бутило- вый спирт	22,03
	П.-ксилол	18,47			
Хлоропреновый	Циклогек- сан	16,875	Силоксановый	Пентан	14,2
	П.-ксилол	18,47		Гексан	14,99
	О.-ксилол	18,47		Гептан	15,3
	Бензол	18,86		Октан	15,55
	1,2–дихлор- этан	20,37			

Контрольные вопросы:

- 1) Напишите химическую формулу звена полиизопренового и бутадиен-
- 2) нитрильного каучуков.
- 3) Какой из этих каучуков обладает более высокой энергией когезии.
- 4) Напишите формулу расчета энергии когезии.
- 5) Дайте определение понятия «Энергия когезия полимера»
- 6) По какому графику определяется энергия когезии полимера.

**Тема 1.3: Механодеформационные свойства полимеров**

Студенты получают экспериментальные данные по растяжению двух вулканизатов, отличающихся друг от друга плотностью вулканизационной сетки (с разным содержанием вулканизующего агента). Далее студенты проводят анализ полученных результатов по следующим пунктам:

1. установить основные отличия механического поведения сетчатых эластомеров от механического поведения гумовых тел в условиях одноосного растяжения;
2. определить, как влияет степень сшивания эластомера на его механическое поведение при одноосном растяжении;
3. рассчитать модуль упругости и молекулярную массу отрезка макроцепи между двумя соседними узлами сшивки образцов сшитых эластомеров;
4. определить, какому из двух уравнений (классическому уравнению высокоэластической деформации сетчатых эластомеров или эмпирическому уравнению Муни-Ривлина) лучше соответствуют полученные экспериментальные данные по одноосному растяжению сетчатого эластомера.

Контрольные вопросы:

- 1) Дайте качественное определение модуля материала.
- 2) Напишите формулу Алфрей.
- 3) Как влияет степень сшивания резины на ее модуль высокоэластичности?
- 4) Какие количественные характеристики сетчатых эластомеров Вы знаете.
- 5) Каким уравнением связаны между собой модуль высокоэластичности и
- 6)  $M_c$ .

### Тема 1.3: Релаксация напряжения

Студентам предоставляются экспериментальные данные процесса релаксации напряжения ( $\sigma$  – напряжение;  $t$  – время), по которым им строится график зависимости этих величин. После чего необходимо объяснить падение напряжения во времени с позиции релаксационных процессов перестройки физической структуры испытываемого образца сетчатого эластомера, а также имеющихся в нем химических связей. Для этого необходимо представить все уровни организации физической и химической структуры испытываемого материала, которые можно описать графически:  $\left( \ln \frac{\sigma_t}{\sigma_0}; t \right), \ln(\sigma_t/\sigma_0)'; t, \ln(\sigma_t/\sigma_0)''; t, \ln(\sigma_t/\sigma_0)'''; t, \ln(\sigma_t/\sigma_0)''''; t$

Каждый временной интервал соответствует определенному релаксационному процессу, которые студенты и должны выделить.

Контрольные вопросы:

- 1) Какие процессы называются релаксационными?
- 2) Каким уравнением описывается процесс релаксации? Напишите его
- 3) Назовите три стадии, на которые можно разделить процесс релаксации по

скорости протеканию структурных изменений.

4) В каких временных пределах происходит релаксация наполненных резин?

#### Тема 1.4: Ползучесть и восстанавливаемость полимеров

Студенты получают экспериментальные данные по ползучести, восстанавливаемости и гистерезису в полимерах.

Студент, используя теоретические основы рассматриваемых вопросов ползучести, восстанавливаемости и гистерезиса, а также расчетные данные, должен всесторонне обсудить результаты. При объяснении имеющихся экспериментально-расчетных данных нужно, прежде всего, обратить внимание на влияние химической, топологической и физической структуры испытанных образцов на изучаемые релаксационные явления.

По полученным расчетно-экспериментальным данным необходимо построить график зависимости величины деформации  $\epsilon$  от времени  $t$ .

По результатам ползучести студентам рекомендуется рассчитать величину молекулярной массы отрезка макроцепи между соседними узлами сшивки ( $M_c$ ) обоих образцов с разным содержанием серы.

Обсуждение результатов по гистерезису начинается с расчета количественных характеристик. Заканчивается работа сравнением полученных количественных характеристик для обоих образцов.

#### Контрольные вопросы:

- 1) Дайте определение понятия «релаксация».
- 2) Чем отличается релаксация в низкомолекулярных соединениях и полимерах?
- 3) Какие виды релаксаций в практике использования полимерных изделий Вы знаете?
- 4) Опишите релаксационное явление «гистерезис» в полимерах.
- 5) В чем заключается отличие физической и химической релаксаций в полимерах.

#### Тема 1.7: Кинетика набухания сетчатых полимеров

Студентам предоставляются экспериментальные данные по набуханию вулканизата в различных растворителях, после чего экспериментально-расчетные данные процесса набухания вносятся в таблицу 4

Таблица 4 – Экспериментально-расчетные данные процесса набухания

$t, \text{с}$	$\Delta V$	$q_v = \frac{\Delta V}{V_0}$	$\ln(q_\infty - q)$

Строят графики зависимостей степени набухания и величины  $\ln(q_\infty - q)$  от

времени для двух растворителей и с учетом уравнения находят постоянные набухания резины в них.

В результате проведения расчетов студент получает численные значения  $q_{\max}$ ,  $k$  для вулканизата, набухшего в растворителях. В данном разделе он должен объяснить различия в полученных значениях, рассматривая, в первую очередь, такое важное понятие как степень термодинамического сродства между полимером и растворителем.

Контрольные вопросы:

- 1) Каким образом обычно определяют параметр растворимости полимеров?
- 2) Как связаны между собой параметр растворимости и плотность энергии когезии?
- 3) В каком случае параметр растворимости полимера и растворителя равны?
- 4) Из чего складывается энергия межмолекулярного взаимодействия?

**4 семестр**

**Тема 2.2: Радикальная полимеризация стирола**

Данная работа сводится к определению влияния времени и температуры полимеризации на скорость РЦП (радикально-цепной полимеризации) стирола и эффективную энергию активации реакции полимеризации. Определяется скорость и порядок РЦП по мономеру стирола.

Контрольные вопросы:

- 1) Рассчитайте сколько молей стирола содержится в его объеме 10 мл.
- 2) Напишите химическую формулу использованного в работе инициатора полимеризации.
- 3) Как Вы рассчитали практический выход полистирола в своей работе.
- 4) По какой причине радикальная полимеризация протекает медленно?
- 5) Почему инициатора в полимеризации нужно брать в молях значительно меньше, чем мономера?

**Тема 2.3: Катионная полимеризация стирола**

Данная работа сводится к оценке влияния основных факторов на кинетику ИКП (ионно-каталитическая полимеризация) стирола, а также проведению сравнительного анализа данных ИКП стирола с РЦП стирола.

Контрольные вопросы:

- 1) По какой причине катионная полимеризация протекает намного быстрее радикальной?
- 2) Назовите распространенные инициаторы катионной полимеризации стирола?
- 3) Назовите типы химических процессов, протекающих в процессе полимеризации.
- 4) Какой каучук на «Нижекамскнефтехим» выпускается по технологии

катионной полимеризации?

5) Напишите химическую формулу звена полистирола.

## **Тема 2.5: Синтез полиамида методом межфазной поликонденсации**

В данной работе нужно рассмотреть особенности кинетики эмульсионной полимеризации, а именно проанализировать кинетическую кривую, уделив внимание наиболее характерным участкам, из которых можно выделить следующие: ингибирование, ускорение, стационарный режим и участок снижения скорости полимеризации, вследствие уменьшения концентрации мономера.

### Контрольные вопросы:

- 1) Напишите химическую формулу звена синтезируемого полиамида.
- 2) Чем отличаются мономеры используемые в поликонденсации от мономеров используемых в полимеризации?
- 3) Как Вы определили практический выход полиамида?
- 4) Почему этот метод поликонденсации называется «межфазная поликонденсация».

## **Критерии оценки практических занятий**

В 3 семестре обучающийся выполняет 5 практических задания, в 4 – 3 практических задания. Практическое занятие оценивается минимум в 36 баллов (если не справился с заданием без помощи преподавателя), максимум в 60 баллов (если справился с заданием самостоятельно).

**51-60 баллов** ставится, если: работа выполнена полностью; в логических рассуждениях и обосновании решения нет пробелов и ошибок; в решении нет математических ошибок (возможны некоторые неточности, опiski, которая не является следствием незнания или непонимания учебного материала), т.е. правильно выполнено 86-100 % работы. Правильно даны ответы на контрольные вопросы.

**46-51 баллов** ставится, если: работа выполнена полностью, но обоснования шагов решения недостаточны (если умение обосновывать рассуждения не являлось специальным объектом проверки); допущены одна ошибка, или есть два - три недочёта в выкладках, рисунках, чертежах или графиках (если эти виды работ не являлись специальным объектом проверки), т.е. правильно выполнено 74-84 % работы. В ответах на контрольные вопросы присутствуют неточности или ошибки.

**41-46 баллов** ставится, если: допущено не более двух ошибок или более двух - трех недочетов в выкладках, чертежах или графиках, но обучающийся обладает обязательными умениями по проверяемой теме, т.е. правильно выполнено 60 -73 % работы. В ответах на контрольные вопросы присутствуют неточности или ошибки.

**36-41 баллов** ставится, если работа выполнена менее чем на 60%. Ответы на контрольные вопросы даны неверно.

Итоговый рейтинг по практическим занятиям проставляется как среднее

арифметическое баллов за решение 5 (3 семестр) и 3 (4 семестр) практических заданий.