

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
Физическая химия

**Код модуля**  
1150269

**Модуль**  
Естественно-научные основы профессиональной  
деятельности

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Брусницына Людмила Александровна	кандидат химических наук, доцент	Доцент	физической и коллоидной химии
2	Виноградова Татьяна Владимировна	кандидат химических наук, без ученого звания	Доцент	физической и коллоидной химии
3	Степановских Елена Ивановна	кандидат химических наук, доцент	Доцент	физической и коллоидной химии

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

С.А. Иванченко

**Авторы:**

- Брусницына Людмила Александровна, Доцент, физической и коллоидной химии
- Степановских Елена Ивановна, Доцент, физической и коллоидной химии

**1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Физическая химия**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	5	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Практические/семинарские занятия Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Экзамен	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	2
		Коллоквиум	2
		Расчетная работа	4

**2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Физическая химия**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-3 -Способен проводить исследования и изыскания для решения прикладных инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности, включая проведение измерений, планирование и постановку экспериментов, интерпретацию	Д-1 - Проявлять заинтересованность в содержании и результатах исследовательской работы З-1 - Изложить основные приемы и методы проведения исследований и изысканий, которые могут быть использованы для решения поставленных прикладных задач, относящихся к профессиональной деятельности З-2 - Характеризовать возможности доступной	Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Экзамен

<p>полученных результатов</p>	<p>исследовательской аппаратуры для реализации предложенных приемов и методов решения поставленных прикладных инженерных задач относящихся к профессиональной деятельности  З-3 - Описать последовательность действий при обработке и интерпретации полученных результатов исследований и изысканий  П-1 - Подготовить и провести экспериментальные измерения, исследования и изыскания для решения поставленных прикладных задач, относящихся к профессиональной деятельности  П-2 - Представить интерпретацию полученных результатов в форме научного доклада (сообщения)  П-3 - Составить план проведения исследований и изысканий, включающий перечень необходимых ресурсов и временные затраты  У-1 - Обосновать выбор приемов, методов и соответствующей аппаратуры для проведения исследований и изысканий, которые позволят решить поставленные прикладные задачи, относящиеся к профессиональной деятельности  У-2 - Определять перечень необходимых ресурсов и временные затраты при составлении плана проведения исследований и изысканий  У-3 - Анализировать и объяснить полученные результаты исследований и изысканий</p>	
<p>ОПК-1 -Способен формулировать и решать задачи, относящиеся к</p>	<p>З-2 - Обосновать значимость использования фундаментальных естественнонаучных и</p>	<p>Коллоквиум № 1  Коллоквиум № 2  Контрольная работа № 1  Контрольная работа № 2</p>

профессиональной деятельности, применяя фундаментальные знания основных закономерностей развития природы, человека и общества	философских знаний в формулировании и решении задач профессиональной деятельности знаний П-1 - Работая в команде, формулировать и решать задачи в рамках поставленного задания, относящиеся к области профессиональной деятельности У-2 - Определять конкретные пути решения задач профессиональной деятельности на основе фундаментальных естественнонаучных знаний	Лекции Расчетная работа №1 Расчетная работа №2 Расчетная работа №3 Расчетная работа №4 Экзамен
---	--	---

### 3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)

#### 3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

<b>1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.60</b>		
Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>Теоретический коллоквиум 1</i>	3,14	76
<i>Теоретический коллоквиум 2</i>	3,9	24
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.40</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – экзамен</b> <b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.60</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – 0.20</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>РР 1</i>	3,5	20
<i>РР 2</i>	3,8	18
<i>РР 3</i>	3,11	18
<i>РР 4</i>	3,14	24
<i>Контрольная работа 1</i>	3,6	10
<i>Контрольная работа 2</i>	3,13	10
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям – 1.00</b>		

<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет</b> <b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– 0.00</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.20</b>		
<b>Текущая аттестация на лабораторных занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<i>Выполнение лабораторных работ, включая тест-допуск перед работой, выполнение работы и отчет</i>	3,14	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1.00</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b> <b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – 0.00</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –</b>		
<b>Текущая аттестация на онлайн-занятиях</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –</b> <b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям –</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

<b>Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта</b>	<b>Сроки – семестр, учебная неделя</b>	<b>Максимальная оценка в баллах</b>
<b>Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– не предусмотрено</b>		
<b>Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – не предусмотрено</b>		

## 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

<b>Результаты обучения</b>	<b>Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам</b>
----------------------------	---

Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

#### Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)				
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания		
		Традиционная характеристика уровня		Качественная характеристика уровня
1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

### 5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

#### 5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### 5.1.2. Практические/семинарские занятия

Примерный перечень тем

1. Расчет изменений энтропии в системах без химического превращения.
2. Расчет свойств идеального газа.
3. Расчет состава многокомпонентной гомогенной системы.
4. Расчет изменений экстенсивных свойств за счет протекания химической реакции.
5. Решение прямой задачи химического равновесия.
6. Решение обратной задачи химического равновесия.
7. Расчет свойств однокомпонентной многофазной системы.
8. Расчет по диаграмме состояния бинарной системы в парожидкостном равновесии.
9. Расчеты по диаграмме плавкости.

LMS-платформа

1. Физическая химия (Степановских Е.И.)

[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3679](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3679)

2. Физическая химия (Брусницына Л.А.)

[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3704](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3704)

#### 5.1.3. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Расчет изменения энтропии в однокомпонентной системе
2. Определение интенсивных свойств бинарного раствора
3. Решение прямой и обратной задач химического равновесия
4. Расчет изменений экстенсивных свойств системы при протекании в ней газовой реакции

реакции

5. Определение интегральной теплоты растворения вещества
6. Исследование равновесия «жидкость-пар» в однокомпонентной системе.

Определение мольной теплоты испарения чистой жидкости

7. Определение мольной массы растворенного вещества и истинного состава растворов криоскопическим методом

8. Исследование равновесия «жидкость-пар» в двухкомпонентной системе. Построение диаграммы «температура-состав»

9. Построение и анализ диаграмм плавкости бинарной системы

LMS-платформа

1. Физическая химия (Степановских Е.И.)

[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3679](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3679)



## 5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

### Базовый

#### 5.2.1. Контрольная работа № 1

Примерный перечень тем

1. Первый закон термодинамики. Теплоемкость. Второй закон термодинамики. Энтропия. Расчет изменения энтропии.
2. Соотношения между термодинамическими функциями идеального газа.
3. Свойства компонентов в растворах, понятие о парциальных мольных величинах. Методы определения парциальных мольных величин

Примерные задания

#### Контрольная работа 1

##### Раздел 1 Основные понятия и законы химической термодинамики

##### Раздел 2 Гомогенные системы

Нужно решить две задачи.

*Примеры задач по разделу 1*

1. Определить изобарическое изменение энтропии и энтальпии при нагревании от 400 до 1100 К образца кристаллического сульфата кальция, имеющего массу 8,6 кг.
2. Используя справочные данные, найти значения стандартных мольных изменений энтропии, энтальпии и энергии Гиббса при 298 К для газовой реакции  $2\text{H}_2 = \text{H}_2 + \text{J}_2$
3. Изобразите графически зависимость мольной изобарной теплоемкости этиленгликоля от температуры 100 до 300 °С.

*Примеры задач по разделу 2*

1. Для двухкомпонентного водно-аммиачного раствора известна зависимость объема раствора от числа молей аммиака при постоянных параметрах: температуре (293 К), давлении 1 атм и числе молей воды 5,556 моль.

$n_2$ , моль	0	0,392	0,682	1,498	2,521
$V \cdot 10^4$ , м <sup>3</sup>	1,002	1,097	1,167	1,361	1,602

Вычислить парциальные мольные объемы обоих компонентов при мольной доле аммиака равной 0,15 и парциальные мольные объемы смешения.

2. Для двухкомпонентного жидкого раствора ацетон(1)-трихлорметан(2) известна зависимость мольного объема раствора от мольной доли.

$N_2$	0	0,255	0,424	0,617	0,870	1,000
$v \cdot 10^5$ , м <sup>3</sup> /моль	7,400	7,982	8,359	8,790	9,378	9,690

Найти парциальные мольные объемы первого и второго компонента при мольной доле трихлорметана 0,6.

3. В водно-спиртовом растворе (спирт – этанол) при мольной доле спирта 0,143 мольная изобарная теплоемкость раствора равна 94,7 Дж/(моль·К), а парциальная мольная изобарная теплоемкость воды равна 85 Дж/(моль·К). Вычислить парциальную мольную изобарную теплоемкость спирта в этом растворе.

1. Физическая химия(Степановских Е.И.)  
[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3679](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3679)

2. Физическая химия (Брусницына Л.А.)  
[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3704](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3704)

### 5.2.2. Контрольная работа № 2

Примерный перечень тем

1. Расчет изменений экстенсивных свойств за счет протекания реакции.
2. Закон химического равновесия для газовых реакций
3. Решение прямой и обратной задач химического равновесия.
4. Фазовые равновесия в одно и двухкомпонентных системах.

Примерные задания

#### Контрольная работа 2

Раздел 3 Расчет изменений экстенсивных свойств системы. Химическое равновесие

Раздел 4 Фазовое равновесие

Нужно решить две задачи.

Примеры задач по разделу 3

1. При 1 атм и 325 °С степень термической диссоциации  $\text{COCl}_2$ , протекающей согласно реакции  $\text{COCl}_2 = \text{CO} + \text{Cl}_2$  равна 0,039, а при 525 °С и 1 атм она равна 0,55. Найдите степень термич. диссоциации  $\text{COCl}_2$  при 425 °С и 1 атм.

2. Известны парциальные давления компонентов газовой смеси  $p_{\text{SO}_2} = 0,25$  атм,  $p_{\text{O}_2} = 0,125$  атм,  $p_{\text{SO}_3} = 0,625$  атм при 727 °С. Определите, в каком направлении (прямом или обратном) будет протекать следующая реакция:  $2\text{SO}_2 + \text{O}_2 = 2\text{SO}_3$ , а также определите, в каком направлении будет смещаться равновесие при изобарном повышении температуры.

3. При температуре 375 К константа равновесия газовой реакции  $\text{SO}_2 + \text{Cl}_2 = \text{SO}_2\text{Cl}_2$  составляет 9,27 (в шкале моль/л). Рассчитать равновесные концентрации реагентов, если их начальные концентрации составляют (моль/л): 1,0; 1,0; 3,0 соответственно. Газовую смесь считать идеальной.

Примеры задач по разделу 4

1. В таблице приведены результаты изучения на опыте изотермического ( $T = 318\text{K}$ ) смещения фазового равновесия жидкость (ж) – пар (п) в гетерогенной системе с двумя компонентами  $\text{H}_2\text{O}$  (1) –  $\text{H}_2\text{O}_2$  (2):

$p$ , Па	9384	3066	1040
$N_2^{(п)}$	0	0,17	1,00
$N_2^{(ж)}$	0	0,60	1,00

где  $p$  – давление,  $N_2^{(п)}$  и  $N_2^{(ж)}$  – мольные доли компонента 2 в паровой и жидкой фазах. Паровая фаза близка к идеальному газовому раствору.

Определить для жидкой фазы с  $N_2^{(ж)} = 0,60$  коэффициенты активности компонентов.

2. На линии ликвидуса диаграммы плавкости системы медь (компонент А) – магний (компонент В) имеются два максимума с абсциссами  $\varphi_B = 0,161$  и  $\varphi_B = 0,435$ . Найдите составы устойчивых химических соединений, образующихся в этой системе. Как по диаграмме плавкости можно найти энтальпию плавления чистых компонентов?

LMS-платформа

1. Физическая химия (Степановских Е.И.)  
[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3679](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3679)

2. Физическая химия (Брусницына Л.А.)  
[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3704](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3704)

### 5.2.3. Коллоквиум № 1

### Примерный перечень тем

1. Основные понятия и законы химической термодинамики
2. Гомогенные системы
3. Расчет изменений экстенсивных свойств системы. Химическое равновесие
4. Фазовое равновесие

### Примерные задания

**ТЗ 1.** Выберите один или несколько правильных вариантов ответов

Математическое выражение для энтальпии имеет вид

- $H = U + pV$
- $H = U - TS$
- $H = G + TS$
- $H = F - TS$
- $H = G - TS$

**ТЗ 2.** Выберите один или несколько правильных вариантов ответов

Энергию Гиббса можно вычислить по формуле

- $G = U - TS$
- $G = H - TS$
- $G = F + pV$
- $G = F - TS$
- $G = H - pV$

**ТЗ 3.** Выберите один или несколько правильных вариантов ответов

Определительное выражение для энергии Гельмгольца имеет вид

- $F = H - TS$
- $F = U - TS$
- $F = G - TS$
- $F = G - pV$
- $F = U + pV$

**ТЗ 4.** Выберите один или несколько правильных вариантов ответов

Для энтальпии естественным является следующий набор переменных

- $T, p, \xi$
- $T, V, n_k$
- $S, p, \xi$
- $S, V, \xi$
- $S, p, n_k$

**ТЗ 5.** Выберите один или несколько правильных вариантов ответов

Для получения проверяемых на практике соотношений внутреннюю энергию удобно рассматривать как функцию

- $f(T, S, \xi)$
  - $f(S, V, \xi)$
  - $f(S, p, \xi)$
  - $f(S, V, n_k)$
  - $f(S, p, n_k)$
-

**ТЗ 6.** Выберите один или несколько правильных вариантов ответов  
Фундаментальное уравнение Гиббса для закрытой системы без химического превращения имеет вид

- $dG = TdS - pdV$
- $dG = -TdS - Vdp$
- $dG = -SdT + Vdp$
- $dG = SdT + pdV$
- $dG = SdT - Vdp$

**ТЗ 7.** Выберите один или несколько правильных вариантов ответов  
Частная производная энтальпии по энтропии (при постоянстве давления и состава системы) равна

- температуре
- давлению
- температуре со знаком минус
- химическому потенциалу
- объему

**ТЗ 8.** Выберите один или несколько правильных вариантов ответов  
Критерием самопроизвольности протекания изобарно-изотермического процесса в закрытой системе является

- энергия Гельмгольца
- энергия Гиббса
- энтальпия
- внутренняя энергия
- энтропия

**ТЗ 9.** Выберите один или несколько правильных вариантов ответов  
Математическое выражение первого закона термодинамики для изолированной систем имеет вид

- $dU = 0$
- $dU = dQ - pdV$
- $U = \text{const}$
- $dU = dQ + pdV$
- $dU = dQ$

**ТЗ 10.** Выберите один или несколько правильных вариантов ответов

Второй закон термодинамики

- сформулирован постулативно
- выведен на основании законов квантовой химии
- носит статистический характер
- имеет ограничения по области действия
- абсолютен в применении

**ТЗ 11.** Введите ответ в поле ввода

Выражение «Энтропия бездефектного кристалла при абсолютном нуле равна нулю» называется \_\_\_\_\_

**ТЗ 12.** Введите ответ в поле ввода

Частная производная энтальпии по температуре при постоянстве давления в закрытой системе является \_\_\_\_\_

**ТЗ 13.** Введите ответ в поле ввода

Общей количественной мерой, характеризующие различные типы взаимодействия системы с окружающей средой является \_\_\_\_\_

**ТЗ 14.** Установите соответствие между обобщенными координатами и обобщенными потенциалами

- |                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| • энтропия                   | • химический потенциал   |
| • число молей компонента $k$ | • отрицательное давление |
| • объем                      | • температура            |

**ТЗ 15.** Установите соответствие между термодинамической функцией и ее определительным выражением

- |                       |            |
|-----------------------|------------|
| • энтальпия           | • $U + pV$ |
| • энергия Гельмгольца | • $H - TS$ |
| • энергия Гиббса      | • $U - TS$ |

База тестовых заданий охватывает весь курс физической химии и содержит порядка 200 заданий. Преподаватель в зависимости от учебной ситуации может проводить коллоквиум по всем темам, или частично по темам раздела курса. Все тестовые задания выложены в Гиперметоде

LMS-платформа

1. Физическая химия (Степановских Е.И.)

[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3679](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3679)

2. Физическая химия (Брусницына Л.А.)

[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3704](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3704)

#### 5.2.4. Коллоквиум № 2

Примерный перечень тем

1. Основные понятия и законы химической термодинамики
2. Гомогенные системы
3. Расчет изменений экстенсивных свойств системы. Химическое равновесие
4. Фазовое равновесие

Примерные задания

Этот контроль результатов обучения состоит из 9 минутестов, целью которых является побуждение студентов к еженедельной работе с курсом. Сложность заданий в этом виде

контроля невелика, число тестовых заданий от 3 до 4. Цель - вовлечение студентов в процесс обучения

**ТЗ 1. Выберите правильный вариант ответа**

Мольная масса бинарного раствора равна

- $M_1N_1+M_2N_2$
- $M_1+M_2$
- $\frac{1}{2}(M_1+M_2)$
- $M_1\varphi_1+M_2\varphi_2$
- $(M_1+M_2)(N_1+N_2)$

**ТЗ 2. Впишите ответ**

Экзотермическими называются процессы, в которых изменение энтальпии \_\_\_\_\_

**ТЗ 3. Впишите ответ**

Удельная изобарная теплоемкость имеет размерность \_\_\_\_\_

**ТЗ 4. Установите соответствие между видом теплоемкости и ее размерностью**

- |            |             |
|------------|-------------|
| • удельная | • Дж/К      |
| • мольная  | • Дж·моль/К |
| • полная   | • Дж/кг·К   |

LMS-платформа

1. Физическая химия (Степановских Е.И.)

[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3679](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3679)

2. Физическая химия (Брусницына Л.А.)

[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3704](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3704)

### 5.2.5. Расчетная работа №1

Примерный перечень тем

1. Виды систем. Интенсивные и экстенсивные свойства. Классификация состояний системы. Термодинамические процессы. Энтальпия. Первый закон термодинамики. Теплоемкость. Второй закон термодинамики. Энтропия. Расчет изменения энтропии.

2. Термодинамические функции. Энергия Гельмгольца, энергия Гиббса. Характеристические функции. Уравнение Гиббса – Гельмгольца. Фундаментальное уравнение Гиббса. Химический потенциал.

Примерные задания

В рамках расчетной работы РР-1 "Расчет изменения экстенсивных свойств в однокомпонентных системах" необходимо решить задачи по темам раздела 1 «Основные понятия и законы химической термодинамики». Тема каждой задачи указана перед условием. Каждый лектор разработал свой набор задач, поэтому тут приведены примеры задач расчетной работы в двух вариантах: Степановских Е.И. и Брусницыной Л.А.

## РР-1 Расчет изменения экстенсивных свойств в однокомпонентных системах (лектор Степановских Е.И.)

**Тема:** экстенсивные свойства однокомпонентной системы

**Условие задачи 1**

Один моль кристаллического оксида хрома (VI) нагрели от 298 до 500 К при постоянном давлении 1 атм.

Найдите:

- 1) изменение энтропии при этом процессе
- 2) изменение энтальпии при этом процессе
- 3) изменение энергии Гиббса при этом процессе

**Тема:** газовые законы; свойства гомогенных систем

**Условие задачи 2**

При 298 К в контейнер объемом 10 л введены азот, массой 25 г и кислород массой 50 г.

Найдите:

- 1) числа молей каждого газа;
- 2) парциальные давления газов в смеси;
- 3) общее давление;
- 4) мольные доли газов.

**Тема:** расчет изменения энтропии при изменении температуры системы

**Условие задачи 3**

Идеальный газ гелий занимает при температуре 400 К объем 41 л. При постоянном давлении равном 1 атм его перевели в состояние с температурой 500 К.

Нужно найти:

- 1) число молей газа;
- 2) изменение энтропии при этом переходе, полагая, что теплоемкость газа не зависит от температуры

## РР I «Расчет изменения экстенсивных свойств в однокомпонентных системах» (лектор Брусницына Л.А.)

**Тема:** «Первый закон термодинамики и его приложение к некоторым процессам»

**Задача 1**

При нормальных условиях азот, ведущий себя как идеальный газ, изобарически расширяется до объема 0,2 м<sup>3</sup>. Масса азота 0,1 кг.

*Необходимо вычислить:* 1) число молей азота; 2) начальный объем системы; 3) работу, совершаемую системой при этом переходе;

4) количество теплоты; 5) изменение внутренней энергии при изобарическом расширении газа.

**Тема:** Второй и третий законы термодинамики. Характеристические функции

**Задача 2**

Определить изменение энтропии и энтальпии при нагревании от 298 до 800 К ( $p = 1$  атм.) образца кристаллического оксида кадмия ( $CdO_{кр}$ ), имеющего массу 8,0 кг.

*Необходимо вычислить:*

- 1) число молей вещества;
- 2) изменение энтропии при рассматриваемом процессе.
- 3) изменение энтальпии при рассматриваемом процессе;

1. Физическая химия (Степановских Е.И.)  
[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3679](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3679)

2. Физическая химия (Брусницына Л.А.)  
[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3704](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3704)

### **5.2.6. Расчетная работа №2**

Примерный перечень тем

1. Гомогенные однокомпонентные системы. Идеальный газ. Химический потенциал идеального газа. Соотношения между термодинамическими функциями идеального газа. Реальный газ. Понятие о коэффициенте фугитивности.

2. Гомогенные многокомпонентные системы. Способы выражения концентраций растворов. Свойства компонентов в растворах, понятие о парциальных мольных величинах. Методы определения парциальных мольных величин. Химический потенциал компонента идеального раствора. Виды идеальных растворов. Химический потенциал компонента реального раствора. Коэффициент активности.

3. Понятие о функциях смешения

Примерные задания

В рамках расчетной работы РР-2 необходимо решить три задачи по темам раздела 2 «Гомогенные системы». Тема каждой задачи указана перед условием. Лекторы по-разному назвали эту расчетную работу и наполнение по задачам тоже разное



## РР 2 «Расчет характеристик гомогенных систем» (лектор Степановских Е.И.)

**Тема: Расчет экстенсивных свойств чистого вещества**

**Условие задачи 4**

При 298 К имеется чистый хлорбензол с плотностью массы 1106,2 кг/м<sup>3</sup> в количестве 3,56 моль.

Необходимо найти:

- 1) удельный объем вещества;
- 2) его массу;
- 3) его мольный объем;
- 4) его полный объем.

**Тема: Расчет парциальных мольных свойств компонентов раствора**

**Условие задачи 5**

Для двухкомпонентного жидкого раствора ацетон (1-й компонент) - вода (2-й компонент) при  $T = 298 \text{ K}$ ,  $p = 1 \text{ атм}$  известна зависимость мольного объема раствора  $V$  от мольной доли второго компонента  $N_2$ .

$N_2$	0	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$V \cdot 10^5, \text{ м}^3/\text{моль}$	7,54	4,96	4,22	3,02	2,54	2,20	1,94	1,80

Необходимо:

1. построить графическую зависимость мольного объема раствора от мольной доли второго компонента
2. определить парциальные мольные объемы обоих компонентов при мольной доле второго компонента, равной 0,7
3. вычислить при этой мольной доле мольную массу раствора и плотность массы раствора

**Тема: растворы и их характеристики**

**Условие задачи 6**

Раствор: вода (1) - муравьиная кислота (2) при 293 К и 1 атм имеет плотность массы 1039,4 кг/м<sup>3</sup> при массовой доле второго компонента 0,16. При этих же условиях плотность массы чистой воды 998,2 кг/м<sup>3</sup>, а чистой муравьиной кислоты 1219,6 кг/м<sup>3</sup>.

Определите:

- 1) мольную массу раствора;
- 2) мольный объем раствора и
- 3) мольное изменение объема при смешении?

## РР 2 «Расчет изменения экстенсивных свойств в многокомпонентных системах» (лектор Брусницына Л.А.)

Тема: Гомогенные многокомпонентные системы

### Задача 3

Используя справочные данные, найти значение стандартных мольных изменений энтропий, энтальпий и энергии Гиббса при 298 К для газовой реакции  $N_2O_4 = 2NO_2$ .  
Необходимо вычислить:

- 1) изменение энтальпии в ходе реакции;
- 2) изменение энтропии в ходе реакции;
- 3) изменение энергии Гиббса в ходе реакции.

Тема: «Расчет парциальных мольных свойств системы»

### Задача 4

Для двухкомпонентного раствора: (1) вода – NaCl (2) определить графически парциальный мольный объем воды и рассчитать парциальный мольный объем хлорида натрия в водном растворе с его массовой долей 0,085, если известна зависимость массовой доли растворенного вещества от удельного объема ( $V_{уд}$ ).

массовая доля NaCl	0,01	0,04	0,06	0,08	0,10
$V_{уд} \cdot 10^4$ , м <sup>3</sup> /кг	9,95	9,74	9,60	9,47	9,34

Необходимо:

- 1) построить зависимость удельного объема раствора от массовой доли второго компонента;
- 2) парциальный мольный объем воды по заданному значению массовой доли растворенного вещества;
- 3) парциальный мольный объем растворенного вещества в водном растворе с его заданной мольной долей.

Тема: Изменение термодинамических характеристик при образовании раствора

### Задача 5

При давлении  $1,0 \cdot 10^5$  Па, температуре 298 К имеются два идеальных газа: этилен (газ 1) объемом  $2,4 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup> и аргон (газ 2) объемом  $3,5 \cdot 10^{-4}$  м<sup>3</sup>. При постоянных давлении и температуре их смешивают, причем считается, что образующаяся газовая смесь близка к идеальному газовому раствору. Чему равны мольные и полные изменения энергии Гиббса, энергии Гельмгольца, энтальпии, объема, внутренней энергии и энтропии при этом?

Необходимо вычислить:

- 1) изменения энергии Гиббса;
- 2) изменения энергии Гельмгольца;
- 3) изменение энтальпии;
- 4) изменение энтропии;
- 5) изменение внутренней энергии;
- 6) изменение объема.

LMS-платформа

1. Физическая химия (Степановских Е.И.)

[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3679](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3679)

2. Физическая химия (Брусницына Л.А.)

[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3704](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3704)

### 5.2.7. Расчетная работа №3

Примерный перечень тем

1. Зависимость экстенсивных свойств, характеризующих химическую реакцию, от глубины протекания реакции. Расчет изменений экстенсивных свойств за счет протекания реакции. Теплота химической реакции. Закон Гесса.

2. Условия химического равновесия. Понятие о химическом средстве реакции. Закон химического равновесия для газовых реакций

3. Факторы, влияющие на выход продукта в системе с одной реакцией. Решение прямой и обратной задач химического равновесия.

Примерные задания

В рамках расчетной работы РР-3 необходимо решить три задачи по темам раздела 3 «Расчет изменений экстенсивных свойств системы. Химическое равновесие». Тема каждой задачи указана перед условием.

Приведены примеры задач, разработанные каждым лектором

### **РР 3 «Расчет изменения экстенсивных свойств в системах с химическим превращением» (лектор Степановских Е.И.)**

**Тема:** критерии самопроизвольного протекания реакции

**Условие задачи 7**

При 1 атм и 800 К в газовой системе протекает крекинг гексана. Запишите критерии самопроизвольности процесса и уравнения, по которым эти критерии можно вычислить. Располагая данными о значениях мольной энтальпии и энтропии каждой реакции при данной температуре, оцените приближенно, какая из двух реакций термодинамически наиболее вероятна

Реакция	Стандартная мольная энтальпия реакции, кДж/моль	Стандартная мольная энтропия реакции, Дж/(моль·К)
1. $2C_6H_{14} = C_{12}H_{26} + H_2$	168,9	183,3
2. $C_6H_{14} = C_5H_9CH_3_{ж\text{вл}} + H_2$	53,2	69,35

**Тема:** химическое равновесие; обратная задача химического равновесия.

**Условие задачи 8**

Для газовой реакции  $2A = 2B + C$  известно, что величина равновесной глубины реакции равна 0,7 моль, а равновесное давление 1,3 атм. Начальные количества исходных веществ равны стехиометрическим коэффициентам, продукта реакции в начальный момент нет. Необходимо найти:

- 1) равновесные мольные доли всех участников реакции;
- 2) величину константы равновесия.

**Тема:** зависимость константы равновесия от температуры

**Условие задачи 9**

При изучении равновесия газовой реакции при давлении  $1,013 \cdot 10^5$  Па обнаружили, что при температуре 630 К константа равновесия реакции равна 126,5 ( $[p]=1$ Па), а при температуре 1150 К она равна 580.

Нужно найти: 1) значение стандартной мольной энтальпии этой реакции в указанном диапазоне температур;

- 2) значение константы равновесия реакции при температуре 800 К.

### РР 3 «Расчет константы равновесия химической реакции» (лектор Брусницына Л.А.)

**Тема: «Константа равновесия химической реакции»**

#### Задача 6

Реакция  $0,5A + 2B = C$  протекает в газовой фазе при температуре 298 К и давлении  $P = 1,1$  атм. Составьте уравнение закона химического равновесия, если начальные количества веществ равны стехиометрическим коэффициентам, продуктов реакции в начальный момент нет. Рассчитайте константу химического равновесия  $K_p$  ( $[p] = 1$  атм) и равновесный состав смеси, если известно, что глубина химической реакции при этой температуре равна 0,40.

*Необходимо вычислить:*

- 1) значение константы равновесия реакции  $K_p$ ;
- 2) состав равновесной смеси в молях ( $n_A, n_B, n_C$ );
- 3) состав равновесной смеси в мольных долях ( $N_A, N_B, N_C$ ).

**Тема: «Расчет равновесного состава газовой химической реакции»**

#### Задача 7

При температуре 375 К константа равновесия газовой реакции составляет 9,27 [в шкале моль/л]. Рассчитать равновесную концентрацию  $SO_2Cl_2$ , если исходные концентрации реагентов составляют значения, моль/л:  $C(SO_2) = 1,0$ ;  $C(Cl_2) = 1,0$ ;  $C(SO_2Cl_2) = 0,0$ .

**Тема: «Расчет стандартной мольной теплоты реакции»**

#### Задача 8

По заданным значениям константы равновесия газовой реакции  $K_p$  [в шкале Па] при разных температурах ( $T, K$ ) найти значение стандартной мольной теплоты реакции, полагая, что искомая величина не зависит от температуры.

T, K	283	293	307	333
$K_p$	49	91	298	1139

*Найти:* Значение стандартной мольной теплоты реакции.

*Необходимо вычислить:*

- 1) значение стандартной мольной теплоты реакции аналитическим способом;
- 2) значение стандартной мольной теплоты реакции графическим способом;

LMS-платформа

1. Физическая химия (Степановских Е.И.)

[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3679](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3679)

2. Физическая химия (Брусницына Л.А.)

[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3704](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3704)

#### 5.2.8. Расчетная работа №4

Примерный перечень тем

1. Фазовое равновесие в однокомпонентной системе. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона. Диаграммы состояния.

2. Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах. Равновесие «жидкость – пар». Закон Рауля. Отклонение от закона Рауля. Изотермические диаграммы. Законы Коновалова. Диаграммы кипения. Правило рычага.

3. Равновесие «жидкость – твердое вещество». Уравнение Шредера. Диаграммы плавкости. Различные виды диаграмм и методы их анализа.

Примерные задания

В рамках расчетной работы РР-4 необходимо решить задачи по темам раздела 4 «Фазовое равновесие». Тема каждой задачи указана перед условием. Варианты задач каждого лектора приведены далее

#### РР 4 «Расчет и построение диаграмм гетерогенных систем»

(лектор Степановских Е.И.)

Тема: *фазовые равновесия в однокомпонентной системе*

*Условие задачи 10*

Имеются экспериментальные данные по зависимости давления насыщенных паров ацетона над жидким веществом при разных температурах.

Температура, К	303	307	309	312	316
Давление насыщенных паров, Па	38500	44500	47500	53500	62500

Определите графическим методом величину стандартной мольной энтальпии испарения ацетона

Тема: *парожидкостное равновесие в двухкомпонентной системе*

*Условие задачи 11*

При исследовании системы «Вода (1 компонент)»<sub>2</sub> ацетон (2 компонент)» получена зависимость парциальных давлений компонентов от состава жидкой фазы.

$N_2^{(ж)}$	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
$p_1 \cdot 10^{-4}$ , Па	0,316	0,267	0,253	0,220	0,149	0,000
$p_2 \cdot 10^{-4}$ , Па	0,000	1,879	2,253	2,479	2,706	3,056

Постройте графики зависимости парциальных давлений компонентов и общего давления над системой от мольной доли второго компонента в жидкой фазе. Определите, имеются ли отклонения от закона Рауля, определите их знак и вычислите коэффициенты активности каждого компонента раствора в системе, с мольной долей второго компонента в жидкой фазе, равной 0,3.

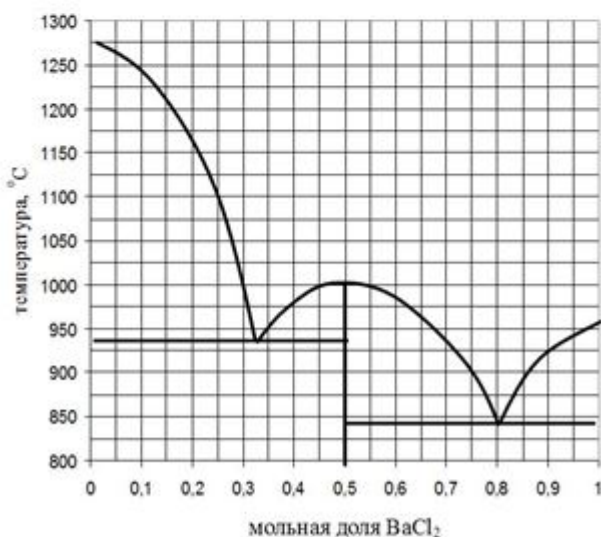


Диаграмма плавкости  $BaF_2 - BaCl_2$

Тема: *диаграммы плавкости*

*Условие задачи 12*

На рисунке приведено схематичное изображение диаграммы системы  $BaF_2 - BaCl_2$  при атмосферном давлении. Скопируйте диаграмму и проанализируйте ее, для этого:

- 1) подпишите все поля и характерные точки на этом рисунке;
- 2) определите природу твердой фазы и найдите число молей твердой фазы в точке, характеризуемой координатами: мольная доля  $BaCl_2$  равна 0,2; температура 1050 К, если первоначальное число молей в системе равно 10 моль;
- 3) укажите тип химического соединения и определите его состав;
- 4) укажите, как называется эта диаграмма.

## РР 4 «Фазовое равновесие в однокомпонентной и двухкомпонентной системе» (лектор Брусницына Л.А.)

Тема: «Фазовое равновесие в однокомпонентной системе»

### Задача 9

Для чистого аммиака известны температурные зависимости давления насыщенного пара при равновесии жидкость - пар и кристаллы - пар

Кристаллы - пар	T, К	172,4	178,6	185,2	192,3	194,0
	p, Па	403	897	1998	4447	5333
Жидкость - пар	T, К	198,8	204,8	217,4	227,8	239,6
	p, Па	7999	13330	29732	53330	101320

В тройной точке плотности массы вещества в жидком и кристаллическом состоянии равны соответственно 817 и 827 кг/м<sup>3</sup>.

Необходимо

1. Построить графики зависимости давления насыщенного пара от температуры  $P = f(T)$  и график зависимости  $\ln P = f(1/T)$ .
2. Определить координаты тройной точки.
3. Рассчитайте графически молярные теплоты испарения и возгонки, полагая, что они не зависят от температуры.
4. Определить молярную теплоту плавления.
5. Найти температуру плавления воды ( $T_{пл}$ ) при  $p = 3 \cdot 10^7$  Па.

Тема: Фазовое равновесие «жидкость-пар» в двухкомпонентной системе

### Задача 10

В табличной форме задана зависимость состава жидкой и газообразной фаз от температуры в бинарной жидкой при постоянном давлении в системе CH<sub>3</sub>OH (1-й компонент) – (CH<sub>3</sub>)<sub>2</sub>CO (2-й компонент).

T, К	337,7	333,1	331,3	330,2	328,2	328,5	351
$N_2^ж$	0,00	0,048	0,159	0,475	0,718	0,872	1,00
$N_2^г$	0,00	0,151	0,353	0,475	0,549	0,683	1,00

Необходимо:

1. Построить диаграмму «температура-состав» для равновесия «жидкость-пар».
2. Определить при какой температуре начнёт кипеть раствор с молярной долей второго компонента 0,23.
3. Определите массу компонентов в парах и в жидкости, если 5 кг раствора упомянутого состава нагреть до 333 К.

LMS-платформа

1. Физическая химия (Степановских Е.И.)

[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3679](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3679)

2. Физическая химия (Брусницына Л.А.)

[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3704](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3704)

## 5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

### 5.3.1. Экзамен

Список примерных вопросов

1. Классификация термодинамических систем. Экстенсивные и интенсивные свойства системы. Виды взаимодействия между системой и окружающей средой.
2. Термодинамические процессы и их виды. Функции состояния термодинамической системы. Функции перехода. Примеры.
3. Первый закон термодинамики. Приложение первого закона термодинамики к некоторым процессам в идеальных газах.
4. Теплоемкость и её виды. Зависимость теплоемкости от температуры.
5. Выражение для химического потенциала чистого идеального газа. Понятие о стандартном состоянии и стандартных условиях.
6. Второй закон термодинамики. Энтропия. Некомпенсированная теплота. Третий закон термодинамики.
7. Характеристические функции. Вывод уравнения Гиббса-Гельмгольца.
8. Способы вычисления изменения энтропии в различных процессах.
9. Фундаментальное уравнение Гиббса и его анализ.
10. Критерии равновесия и самопроизвольного протекания процесса в различных системах
11. Идеальный газ – пример однокомпонентной системы.
12. Расчет изменения экстенсивных свойств системы, представляющей собой идеальный газ, при переходе ее из одного состояния в другое.
13. Реальные газы. Понятие о фугитивности. Химический потенциал реального газа. Способы определения коэффициентов фугитивности.
14. Растворы. Их классификация. Способы выражения концентрации раствора.
15. Парциальные мольные свойства компонентов раствора. Способы определения парциальных мольных свойств.
16. Идеальные и реальные растворы. Химический потенциал компонента в таких растворах.
17. Понятия о функциях смешения.
18. Понятия об избыточных функциях. Регулярные и атермальные растворы.
19. Химическое равновесие. Закон химического равновесия. Константа химического равновесия.
20. Уравнение изотермы химической реакции.
21. Уравнение изобары Вант-Гоффа.
22. Равновесие в гетерогенных системах.
23. Расчет равновесного состава газовой смеси.
24. Фазовые равновесия. Правило фаз Гиббса.
25. Равновесие в однокомпонентных системах. Применение уравнения Клаузиуса-Клапейрона для описания фазовых равновесий в однокомпонентных системах.
26. Коллигативные свойства растворов
27. Диаграммы равновесия «жидкость – пар» в двухкомпонентной системе.
28. Диаграмма плавкости системы с образованием твердых растворов.
29. Диаграмма плавкости системы с простой эвтектикой.
30. Особые случаи диаграмм состояния двухкомпонентных систем.

LMS-платформа

1. Физическая химия (Степановских Е.И.)

[https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject\\_id/3679](https://learn.urfu.ru/subject/index/card/subject_id/3679)

**5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности**

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	учебно-исследовательская, научно-исследовательская профориентационная деятельность целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности Технология самостоятельной работы	ОПК-3	Д-1	Коллоквиум № 1 Коллоквиум № 2 Лабораторные занятия Лекции Практические/семинарские занятия Расчетная работа №1 Расчетная работа №2 Расчетная работа №3 Расчетная работа №4