

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Химии и биотехнологии имени В.В. Тутуриной»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №16 от 12 мая 25 г.

Рабочая программа дисциплины

«АНАЛИТИЧЕСКАЯ И ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Направление: 22.03.02 Metallургия

Metallургия цветных, редких и благородных металлов

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Яковлева Ариадна
Алексеевна
Дата подписания: 13.05.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Евстафьев Сергей
Николаевич
Дата подписания: 19.05.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Немчинова Нина
Владимировна
Дата подписания: 14.05.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 25 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Аналитическая и физическая химия» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ОПК ОС-1 Способность решать задачи в области профессиональной деятельности, применяя методы математического анализа и естественнонаучные знания	ОПК ОС-1.4, ОПК ОС-1.5, ОПК ОС-1.7

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ОПК ОС-1.4	Использует знания методов контроля и анализа веществ для решения физико-химических задач в области технологии металлургических процессов	Знать процессы, используемые в металлургических технологиях; основные закономерности протекания физико-химических процессов. Уметь выбрать оптимальный, с аналитической точки зрения, метод анализа и контроля анализируемого объекта и провести статистическую обработку результатов аналитических определений; рассчитывать и анализировать химические и физико-химические процессы. Владеть основными приёмами и методиками проведения контроля и анализа веществ
ОПК ОС-1.5	Применяет физико-химические законы и закономерности в области химической термодинамики, оценивает возможность протекания реакции на основе принципа энергетического минимума, демонстрирует знания принципов и методов физико-химического анализа при оценке диаграмм состояния системы	Знать законы и закономерности химической термодинамика, включая темы «свойства растворов» и «химическое равновесие», законы фазового равновесия Уметь вести расчеты на основе принципа минимума энергии Гиббса при оценке возможности протекания самопроизвольного процесса, читать диаграммы состояния Владеть математическими приемами термодинамических расчетов, навыками оформления отчетов по лабораторным и практическим работам с использованием стандартов и правил учебного заведения

ОПК ОС-1.7	Применяет и обобщает законы феноменологической кинетики, принципы и методы управления эффективностью процесса с учетом кинетических и диффузионных факторов; в области электрохимии демонстрирует знания механизмов и закономерностей электродных процессов	Знать законы и закономерности в области феноменологической кинетики и теоретической электрохимии Уметь вести расчеты и оценивать кинетические характеристики химических реакций (константы скорости, энергии активации), оценивать режимы протекания гетерогенных реакций, рассчитывать электрические проводимости растворов электролитов, записывать электрохимические цепи, оценивать самопроизвольность электродных процессов, отличать устройства гальванических элементов и электролизеров, использовать законы Фарадея и учитывать явления электродной поляризации; Владеть математическими приемами расчетов по химической кинетике и электрохимии, навыками оформления отчетов по лабораторным и практическим работам с использованием стандартов и правил учебного заведения
------------	---	---

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Аналитическая и физическая химия» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Химия», «Физика»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Металлургия легких металлов», «Металлургия редких металлов», «Металлургия тяжелых цветных металлов», «Теория гидрометаллургических процессов», «Теория пирометаллургических процессов», «Теория электрометаллургических процессов», «Учебная практика: научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 8 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)			
	Всего	Семестр № 2	Семестр № 3	Семестр № 4
Общая трудоемкость дисциплины	288	72	108	108

Аудиторные занятия, в том числе:	144	32	64	48
лекции	64	16	32	16
лабораторные работы	48	16	16	16
практические/семинарские занятия	32	0	16	16
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	108	40	44	24
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	0	0	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен, Зачет	Зачет	Зачет	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 2

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Химические методы анализа	1	6	1, 2	4			1, 3, 4	6	Отчет по лаборатор ной работе
2	Физико- химические методы анализа	2	6	3, 4	4			1, 3, 4	6	Отчет по лаборатор ной работе
3	Методы разделения	3	2	5	8			1, 3, 4	12	Устный опрос
4	Организация аналитического контроля на предприятиях металлургическог о производства	4	2					2	16	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		16		16				40	

Семестр № 3

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Физико-химическая термодинамика	1, 2	14	1, 2	6	1, 2, 3	10	1, 2, 3, 4	26	Отчет по лабораторной работе

2	Термодинамические расчеты									Отчет
3	Равновесие	3, 4, 5	18	3, 4, 5	10	4, 5	6	1, 2, 3, 4	18	Отчет по лабораторной работе
4	Расчет константы равновесия химической реакции. Расчет материального баланса по диаграммам состояния в системе расплав-твердая фаза в двухкомпонентных системах									Отчет
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		32		16		16		44	

Семестр № 4

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)				
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Равновесие в растворах электролитов	1, 2	4	1, 2	4	1, 3	6	1, 2, 3	8	Отчет по лаборатор ной работе
2	Равновесие в электрохимическ их системах									Отчет
3	Явления переноса в растворах электролитов	3	4	3	2	2	2	1, 2, 3	8	Отчет по лаборатор ной работе
4	Законы феноменологичес кой кинетики	4, 5, 6	8	4, 5, 6, 7	10	4, 5, 6, 7	8	1, 2, 3	8	Отчет по лаборатор ной работе
5	Влияние температуры на скорость химической реакции									Отчет
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		16		16		16		60	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 2

№	Тема	Краткое содержание
1	Химические методы анализа	Предмет и задачи аналитического контроля. Качественный анализ. Количественный анализ. Классические (химические) методы количественного анализа. Кислотно-основное титрование. -восстановительное титрование.

		Комплексонометрия.
2	Физико-химические методы анализа	Электрохимические методы анализа. Оптические методы анализа. Физические методы анализа.
3	Методы разделения	Экстракционные и хроматографические методы разделения веществ
4	Организация аналитического контроля на предприятиях металлургического производства	Аналитический контроль как важная часть металлургической технологии. Метрологическое обеспечение аналитического контроля

Семестр № 3

№	Тема	Краткое содержание
1	Физико-химическая термодинамика	Законы термодинамики. Статистическая термодинамика. Термодинамика растворов
2	Термодинамические расчеты	Определение тепловых эффектов по справочным данным, влияние температуры на тепловой эффект, определение энтропии реакции, расчет свободной энергии Гиббса химических реакций
3	Равновесие	Химическое равновесие. Фазовое равновесие. Поверхностные явления
4	Расчет константы равновесия химической реакции. Расчет материального баланса по диаграммам состояния в системе расплав-твердая фаза в двухкомпонентных системах	Для известной химической реакции обучающиеся рассчитывают энергию Гиббса и по ней - константу равновесия химической реакции. На диаграммах двухкомпонентных систем обучающиеся учатся находить состав равновесных фаз и их массы

Семестр № 4

№	Тема	Краткое содержание
1	Равновесие в растворах электролитов	Равновесные явления в растворах электро-литов. Классификация электролитов. Силы межчастичного взаимодействия. Строение растворов электролитов.
2	Равновесие в электрохимических системах	Расчеты по уравнению Нернста для электродных потенциалов и ЭДС электрохимической системы. Термодинамика гальванического элемента. Составление электрохимических цепей различных типов
3	Явления переноса в растворах электролитов	Электрическая проводимость в ионных средах, теоретические и экспериментальные закономерности
4	Законы феноменологической кинетики	Формальная кинетика простых гомогенных реакций. Кинетика гетерогенных реакций. Кинетика электрохимических реакций
5	Влияние температуры	Кинетическая теория активных соударений.

	на скорость химической реакции	Энергия активации и уравнение Аррениуса
--	--------------------------------	---

4.3 Перечень лабораторных работ

Семестр № 2

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Кислотно-основное титрование. Стандартизация раствора соляной кислоты. Определение содержания карбоната натрия	2
2	Окислительно-восстановительное титрование. Метод перманганатометрии. Стандартизация раствора перманганата калия. Определение содержания железа	2
3	Потенциометрическое определение уксусной кислоты	2
4	Определение тиосульфата натрия методом кулонометрического титрования	2
5	Разделение катионов меди и никеля методом ионообменной хроматографии и количественное определение никеля	8

Семестр № 3

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Определение средней теплоемкости вещества	4
2	Определение теплоты нейтрализации	2
3	Определение давления насыщенного пара	2
4	Определение критической температуры растворения	4
5	Определение константы равновесия гомогенной химической реакции	4

Семестр № 4

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
1	Определение растворимости малорастворимой соли методом кондуктометрии	2
2	Определение среднеионного коэффициента активности	2
3	Свойства растворов слабых электролитов	2
4	Определение порядка реакции	2
5	Влияние температуры на скорость химической реакции	4
6	Определение константы скорости гетерогенной реакции	2
7	Определение константы скорости реакции второго порядка (омыление этилацетата)	2

	щелочью)	
--	----------	--

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 3

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Определение теплового эффекта химических реакций	4
2	Влияние температуры на тепловой эффект химической реакции	2
3	Возможность самопроизвольного протекания процесса	4
4	Расчет константы равновесия гомогенной химической реакции	2
5	Расчет материального баланса по диаграммам состояния	4

Семестр № 4

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Равновесие в растворах электролитов	2
2	Электрическая проводимость в растворах электролитов	2
3	Составление электрохимической цепи, расчет ЭДС и электрод-ных потенциалов	4
4	Расчет кинетических параметров (порядка и константы скорости) химической реакции	2
5	Температурная зависимость скорости химической реакции	2
6	Кинетика гетерогенных процессов	2
7	Кинетика электродных процессов	2

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание отчета	8
2	Подготовка к зачёту	16
3	Подготовка к практическим занятиям	8
4	Подготовка к сдаче и защите отчетов	8

Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание отчета	10
2	Подготовка к зачёту	14

3	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	10
4	Подготовка к сдаче и защите отчетов	10

Семестр № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	12
2	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	3
3	Подготовка к сдаче и защите отчетов	9

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: деловая игра

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Яковлева А. А. Физическая химия. Примеры и задачи Иркутск, изд-во ИРНИТУ, 2021. - 116 с.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по лабораторным работам:

Яковлева А.А., Филатова Е.Г., Соболева В.Г. Физическая химия для металлургов, учебное пособие. Иркутск, Изд-во ИРНИТУ, 2019. – 132 с.

5.1.3 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Во втором семестре лабораторные работы направлены на получение навыков работы с химической посудой и приборами для методов контроля и анализа веществ, знаний по статистической обработке результатов и определению элементов в исследуемой пробе. Ход работы (при выполнении лабораторной работы)

- Прочитайте теоретическое введение.
- Проведите химический или физико-химический анализ в соответствии с методикой.
- Выполните расчеты, указанные в методических указаниях по выполнению лабораторных работ: Методы контроля и анализа веществ [Электронный ресурс] : контрольные вопросы по инструментальным методам анализа вещества / сост.: В.И. Дударев. – Иркутск: Иркут. гос. техн. ун-т, 2008. - 23 с.
- Оформите отчет в установленный преподавателем срок и в соответствии с требованиями к оформлению отчета. Отчеты в назначенный срок сдаются на проверку. Если предусмотрена устная защита лабораторной работы, то до обучающихся доводится перечень вопросов, выносимых на защиту; во время защиты отчетов обучающиеся должны объяснить полученные результаты, отмеченные преподавателем, и ответить на его вопросы.

В третьем и четвертом семестрах самостоятельная работа обучающихся предполагает следующие виды:

- подготовка к практическим занятиям и лабораторным работам;

- оформление отчетов по практическим и лабораторным работам;
- подготовка к сдаче и защите отчетов;
- подготовка к зачету (3 семестр).

Для занятий самостоятельной работой используются разработки сотрудников:

- Яковлева А.А., Филатова Е.Г., Соболева В.Г. Физическая химия для металлургов, учебное пособие. Иркутск, Изд-во ИРНИТУ, 2019. – 132 с.
- Яковлева А. А. Физическая химия. Примеры и задачи Иркутск, изд-во ИРНИТУ, 2021. - 116 с.

Отчеты по лабораторным работам и практическим занятиям должны быть оформлены в установленный преподавателем срок и соответствовать требованиям к оформлению отчетов (СТО ИРНИТУ 027-2021). Отчеты в назначенный срок сдаются на проверку. При устной защите отчетов до обучающихся доводится перечень контрольных вопросов, выносимых на защиту и приведенных в методических разработках. Во время защиты отчетов обучающиеся должны уметь объяснять полученные результаты, знать цели и задачи работы, отвечать на вопросы преподавателя и демонстрировать освоение компетенций ОПК ОС-1 «Способность решать задачи профессиональной деятельности на основе применения знаний математических, естественных и технических наук».

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 2 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Лабораторные работы выполняются в специализированных лабораториях Д-301, Д-304, Д-301-а и Д-308. В указанных лабораториях имеются лабораторные и письменные столы, вытяжные шкафы, стеклянная и другая химическая посуда, приборы и оборудование, предназначенные для физико-химического эксперимента. Название и тема работы, которые задает преподаватель, отражаются на титульном листе отчета.

Подготовка отчетов по практическим и лабораторным работам выполняется обучающимися самостоятельно.

Отчеты по лабораторным работам состоит из теоретического введения по теме лабораторной работы, ходе ее выполнения и результатов проведенного исследования. При защите отчетов преподаватель проверяет: правильность и точность проведения анализа, знание теоретического материала необходимого для выполнения исследования.

Критерии оценивания.

Отчет по лабораторной работе принят преподавателем, если он оформлен по стандарту СТО ИРНИТУ 027-2021 и защищен при устном собеседовании. Количество лабораторных работ назначается преподавателем в начале семестра. В течение семестра обучающийся выполняет определенный набор лабораторных работ (в зависимости от учебного плана и графика проведения занятий). К завершению семестра обучающийся должен выполнить назначенное количество работ, сдать и защитить по ним отчеты, демонстрируя умение анализировать полученные результаты. Отчет по лабораторным работам считается защищенным, если обучающийся продемонстрировал знания теории по контрольным вопросам и освоение компетенции ОПК-ОС-1.

: К завершению семестра обучающийся должен выполнить такое количество практических заданий, которое было оговорено в начале семестра (в зависимости от

учебного плана и графика занятий). Отчеты должны быть аккуратно оформлены, иметь титульный лист с обозначением темы и задания; графическая часть должна быть выполнена на миллиметровой бумаге или в программе Excel с распечаткой и вклеиванием графика в отчет. При оформлении графиков обучающийся должен демонстрировать свое умение правильно выбирать масштаб, обозначать оси, грамотно усреднять результаты и умело оценивать ошибки. При расчетах обучающийся должны научиться оценивать значимость полученных результатов, правильно выбирать порядок величин, отыскивать их размерность, используя международную систему СИ.

6.1.2 семестр 2 | Устный опрос

Описание процедуры.

Вопросы устного опроса охватывают темы, связанные с методами разделения и организацией аналитического контроля на предприятиях и пройденные по программе в 3 учебном семестре. Обучающийся получает не более трех четко сформулированных вопросов из указанных разделов, рассчитанных по объему на ответ в течение до 10 минут. Преподаватель может задавать уточняющие вопросы по существу ответа и дополнительные вопросы.

Критерии оценивания.

Если обучающийся продемонстрировал знания теории по контрольным вопросам и освоение компетенций ОПК-ОС-1, то устный опрос считается завершенным.

Контрольные вопросы по теме "Методы разделения":

1. В каких случаях возникает необходимость разделения веществ при проведении химического анализа?
2. Какие приемы разделения веществ в растворах используются в заводских условиях, в научно-исследовательских лабораториях?
3. В чем заключается суть хроматографии?
4. В чем заключается теоретические основы ионного обмена?
5. Что такое селективные иониты, ионообменные смолы и т.п.?

Контрольные вопросы по теме "Организация аналитического контроля на предприятиях металлургического производства":

1. Как организован аналитический контроль на металлургических предприятиях?
2. Кому подчиняется эта структура и как она организована?
3. Какие функции и обязанности имеют работники центральной заводской лаборатории?
4. В каком соотношении находятся ГОСты и стандарты предприятия?
5. Имеет ли право работник заводской лаборатории заниматься научно-исследовательской работой? Ме металлургического

6.1.3 семестр 3 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Лабораторные работы выполняются в специализированных лабораториях Д-301, Д-304, Д-301-а и Д-308. В указанных лабораториях имеются лабораторные и письменные столы, вытяжные шкафы, стеклянная и другая химическая посуда, приборы и оборудование, предназначенные для физико-химического эксперимента. Название и тема работы, которые задает преподаватель, отражаются на титульном листе отчета. Подготовка отчетов по практическим и лабораторным работам выполняется

обучающимися самостоятельно.

Отчеты по лабораторным работам состоит из теоретического введения по теме лабораторной работы, ходе ее выполнения и результатов проведенного исследования. При защите отчетов преподаватель проверяет: правильность и точность проведения анализа, знание теоретического материала необходимого для выполнения исследования.

Критерии оценивания.

Отчет по лабораторной работе принят преподавателем, если он оформлен по стандарту СТО ИРНИТУ 027-2021 и защищен при устном собеседовании. Количество лабораторных работ назначается преподавателем в начале семестра. В течение семестра обучающийся выполняет определенный набор лабораторных работ (в зависимости от учебного плана и графика проведения занятий). К завершению семестра обучающийся должен выполнить назначенное количество работ, сдать и защитить по ним отчеты, демонстрируя умение анализировать полученные результаты. Отчет по лабораторным работам считается защищенным, если обучающийся продемонстрировал знания теории по контрольным вопросам и освоение компетенции ОПК-ОС-1.

: К завершению семестра обучающийся должен выполнить такое количество практических заданий, которое было оговорено в начале семестра (в зависимости от учебного плана и графика занятий). Отчеты должны быть аккуратно оформлены, иметь титульный лист с обозначением темы и задания; графическая часть должна быть выполнена на миллиметровой бумаге или в программе Excel с распечаткой и вклеиванием графика в отчет. При оформлении графиков обучающийся должен демонстрировать свое умение правильно выбирать масштаб, обозначать оси, грамотно усреднять результаты и умело оценивать ошибки. При расчетах обучающийся должны научиться оценивать значимость полученных результатов, правильно выбирать порядок величин, отыскивать их размерность, используя международную систему СИ.

6.1.4 семестр 3 | Отчет

Описание процедуры.

На практических занятиях преподаватель объясняет обучающимся практические аспекты прослушанного на лекции теоретического материала, обсуждаются алгоритмы решения, методы обработки экспериментальных данных, оценка погрешностей, теория размерности. На занятиях обучающиеся учатся использовать справочную литературу для

9

выполнения расчётов, использовать основные методы построения математической модели и описания экспериментальных зависимостей, использовать теоретические знания физической химии для решения практических задач. После проведения аудиторных практических занятий обучающийся получает задание по решению типовых задач для СРС.

К завершению семестра обучающийся должен выполнить такое количество практических заданий, которое было оговорено в начале семестра (в зависимости от учебного плана и графика занятий). Отчеты должны быть аккуратно оформлены, иметь титульный лист с обозначением темы и задания; графическая часть должна быть выполнена на миллиметровой бумаге или в программе Excel с распечаткой и вклеиванием графика в отчет. При оформлении графиков обучающийся должен демонстрировать свое умение правильно выбирать масштаб, обозначать оси, грамотно усреднять результаты и умело оценивать ошибки. При расчетах обучающийся должны научиться оценивать значимость полученных результатов, правильно выбирать порядок величин, отыскивать их размерность, используя международную систему СИ. Отчет по практическим работам

считается защищенным, если обучающийся продемонстрировал знания теории по контрольным вопросам и освоение компетенций ОПК-ОС-1.

Критерии оценивания.

Отчет считается сданным, если предложенные задания выполнены правильно, демонстрируется знание теоретического и практического материала, необходимого для выполнения работ

Отчет по лабораторной работе принят преподавателем, если он оформлен по стандарту СТО ИРНИТУ 027-2021 и защищен при устном собеседовании. Количество лабораторных работ назначается преподавателем в начале семестра. В течение семестра обучающийся выполняет определенный набор лабораторных работ (в зависимости от учебного плана и графика проведения занятий). К завершению семестра обучающийся должен выполнить назначенное количество работ, сдать и защитить по ним отчеты, демонстрируя умение анализировать полученные результаты. Отчет по лабораторным работам считается защищенным, если обучающийся продемонстрировал знания теории по контрольным вопросам и освоение компетенций ОПК-ОС-1.

: К завершению семестра обучающийся должен выполнить такое количество практических заданий, которое было оговорено в начале семестра (в зависимости от учебного плана и графика занятий). Отчеты должны быть аккуратно оформлены, иметь титульный лист с обозначением темы и задания; графическая часть должна быть выполнена на миллиметровой бумаге или в программе Excel с распечаткой и вклеиванием графика в отчет. При оформлении графиков обучающийся должен демонстрировать свое умение правильно выбирать масштаб, обозначать оси, грамотно усреднять результаты и умело оценивать ошибки. При расчетах обучающийся должен научиться оценивать значимость полученных результатов, правильно выбирать порядок величин, отыскивать их размерность, используя международную систему СИ. Отчет по практическим работам считается защищенным, если обучающийся продемонстрировал знания теории по контрольным вопросам и освоение компетенций ОПК-ОС-1.

6.1.5 семестр 4 | Отчет по лабораторной работе

Описание процедуры.

Лабораторные работы выполняются в специализированных лабораториях Д-301, Д-304, Д-301-а и Д-308. В указанных лабораториях имеются лабораторные и письменные столы, вытяжные шкафы, стеклянная и другая химическая посуда, приборы и оборудование, предназначенные для физико-химического эксперимента. Название и тема работы, которые задает преподаватель, отражаются на титульном листе отчета.

Подготовка отчетов по практическим и лабораторным работам выполняется обучающимися самостоятельно.

Отчеты по лабораторным работам состоят из теоретического введения по теме лабораторной работы, ходе ее выполнения и результатов проведенного исследования. При защите отчетов преподаватель проверяет: правильность и точность проведения анализа, знание теоретического материала необходимого для выполнения исследования.

Критерии оценивания.

Отчет по лабораторной работе принят преподавателем, если он оформлен по стандарту СТО ИРНИТУ 027-2021 и защищен при устном собеседовании. Количество лабораторных работ назначается преподавателем в начале семестра. В течение семестра обучающийся выполняет определенный набор лабораторных работ (в зависимости от учебного плана и графика проведения занятий). К завершению семестра обучающийся должен выполнить

назначенное количество работ, сдать и защитить по ним отчеты, демонстрируя умение анализировать полученные результаты. Отчет по лабораторным работам считается защищенным, если обучающийся продемонстрировал знания теории по контрольным вопросам и освоение компетенции ОПК-ОС-1.

: К завершению семестра обучающийся должен выполнить такое количество практических заданий, которое было оговорено в начале семестра (в зависимости от учебного плана и графика занятий). Отчеты должны быть аккуратно оформлены, иметь титульный лист с обозначением темы и задания; графическая часть должна быть выполнена на миллиметровой бумаге или в программе Excel с распечаткой и вклеиванием графика в отчет. При оформлении графиков обучающийся должен демонстрировать свое умение правильно выбирать масштаб, обозначать оси, грамотно усреднять результаты и умело оценивать ошибки. При расчетах обучающийся должен научиться оценивать значимость полученных результатов, правильно выбирать порядок величин, отыскивать их размерность, используя международную систему СИ.

6.1.6 семестр 4 | Отчет

Описание процедуры.

На практических занятиях преподаватель объясняет обучающимся практические аспекты прослушанного на лекции теоретического материала, обсуждаются алгоритмы решения, методы обработки экспериментальных данных, оценка погрешностей, теория размерности. На занятиях обучающиеся учатся использовать справочную литературу для

9
выполнения расчётов, использовать основные методы построения математической модели и описания экспериментальных зависимостей, использовать теоретические знания физической химии для решения практических задач. После проведения аудиторных практических занятий обучающийся получает задание по решению типовых задач для СРС.

К завершению семестра обучающийся должен выполнить такое количество практических заданий, которое было оговорено в начале семестра (в зависимости от учебного плана и графика занятий). Отчеты должны быть аккуратно оформлены, иметь титульный лист с обозначением темы и задания; графическая часть должна быть выполнена на миллиметровой бумаге или в программе Excel с распечаткой и вклеиванием графика в отчет. При оформлении графиков обучающийся должен демонстрировать свое умение правильно выбирать масштаб, обозначать оси, грамотно усреднять результаты и умело оценивать ошибки. При расчетах обучающийся должен научиться оценивать значимость полученных результатов, правильно выбирать порядок величин, отыскивать их размерность, используя международную систему СИ. Отчет по практическим работам считается защищенным, если обучающийся продемонстрировал знания теории по контрольным вопросам и освоение компетенций ОПК-ОС-1.

Критерии оценивания.

Отчет считается сданным, если предложенные задания выполнены правильно, демонстрируется знание теоретического и практического материала, необходимого для выполнения работ

Отчет по лабораторной работе принят преподавателем, если он оформлен по стандарту СТО ИРНИТУ 027-2021 и защищен при устном собеседовании. Количество лабораторных работ назначается преподавателем в начале семестра. В течение семестра обучающийся выполняет определенный набор лабораторных работ (в зависимости от учебного плана и графика проведения занятий). К завершению семестра обучающийся должен выполнить назначенное количество работ, сдать и защитить по ним отчеты, демонстрируя умение

анализировать полученные результаты. Отчет по лабораторным работам считается защищенным, если обучающийся продемонстрировал знания теории по контрольным вопросам и освоение компетенции ОПК-ОС-1.

: К завершению семестра обучающийся должен выполнить такое количество практических заданий, которое было оговорено в начале семестра (в зависимости от учебного плана и графика занятий). Отчеты должны быть аккуратно оформлены, иметь титульный лист с обозначением темы и задания; графическая часть должна быть выполнена на миллиметровой бумаге или в программе Excel с распечаткой и вклеиванием графика в отчет. При оформлении графиков обучающийся должен демонстрировать свое умение правильно выбирать масштаб, обозначать оси, грамотно усреднять результаты и умело оценивать ошибки. При расчетах обучающийся должны научиться оценивать значимость полученных результатов, правильно выбирать порядок величин, отыскивать их размерность, используя международную систему СИ. Отчет по практическим работам считается защищенным, если обучающийся продемонстрировал знания теории по контрольным вопросам и освоение компетенций ОПК-ОС-1.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ОПК ОС-1.4	Умеет применять теоретические положения при решении практических вопросов и физико-химических задач в области методов контроля и анализа веществ	Устное собеседование по вопросам к зачету
ОПК ОС-1.5	Демонстрирует умение выполнять расчеты в области химической термодинамики, владеет знаниями принципов и методов физико-химического анализа при оценке диаграмм состояния системы. При собеседовании материал излагается полно, четко и логически последовательно	Устное собеседование по вопросам к зачету
ОПК ОС-1.7	Обучающийся владеет и грамотно использует основные понятия и терминами дисциплины, ответы на вопросы отличаются грамотностью и полнотой. Демонстрирует умение анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в областях химической кинетики и электрохимии. Использует вычислительные приемы для решения задач по физической	Устное собеседование по теоретическим вопросам экзаменационного билета

	химии	
--	-------	--

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 2, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

В конце семестров № 2 и № 3 (в последнюю неделю) обучающийся сдает зачет лектору в ходе свободного собеседования по материалам лекций.

Пример задания:

Для 2 семестра Контрольные вопросы к зачёту

1. Основные метрологические характеристики аналитических методов (воспроизводимость, правильность, чувствительность, предел обнаружения).
2. Кислотно-основные индикаторы. Ионно-хромофорная теория индикаторов.
3. Различные принципы классификации аналитических методов.
4. Аналитический сигнал, его интенсивность, шум.
5. Классификация методов количественного химического анализа. Химическая реакция как источник аналитической информации.
6. Константа равновесия химической реакции. Правило ионного произведения воды. Водородный показатель. Расчет pH.
7. Константа равновесия и ЭДС окислительно-восстановительных реакций. Окислительно-восстановительное титрование. Примеры применения перманганатометрии.
8. Классификация и сущность титриметрических методов анализа. Точка эквивалентности, конченная точка титрования.
9. Стандартные образцы состава веществ и материалов (ГСО, ОСО, СОП).
10. Классификация инструментальных методов анализа. Основные способы определения концентрации аналита в инструментальных методах.
11. Классификация оптических методов анализа. Основные характеристики электромагнитного излучения.
12. Абсорбционные оптические методы анализа. Основной закон светопоглощения, его использование в аналитических целях.
13. Эмиссионные методы анализа. Аналитические возможности люминисцентного и пламенно-фотометрических методов.
14. Классификация потенциометрических методов анализа. Прямая потенциометрия, измерение потенциала, уравнение Нернста. Потенциометрическое титрование
15. Кулонометрические методы анализа, классификация, аналитические возможности. Кулонометрическое титрование.
16. Основные виды вольтамперометрических методов анализа. Применение и аналитические возможности полярографии.
17. Классификация хроматографических методов анализа по различным принципам.
18. Сущность закона Ламберта – Бугера – Бера? Уравнение, выражающее основной закон поглощения в интегральной форме.
19. Сущность метода ионообменной хроматографии, аналитические возможности и практическое значение.
20. Какие типы ионообменных смол применяются в хроматографии?
21. Стандартные образцы состава веществ и материалов (ГСО, ОСО, СОП).

Для 3 семестра

Физико-химическая термодинамика. Законы термодинамики. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия, энтальпия, теплота и работа. Изменения энтальпии и внутренней энергии в процессах для идеального газа. Термодинамическое обоснование закона Гесса. Теплоемкость, зависимость теплоемкости от температуры. Зависимость теплового эффекта от температуры. Уравнение Кирхгофа. Термодинамическая обратимость и необратимость процессов. Работа и теплота обратимого процесса. Энтропия. Применение энтропии как критерия равновесия и направления самопроизвольных процессов в изолированных системах. Изменение энтропии в различных процессах. Термодинамические свойства газов и газовых смесей. Постулат Планка. Объединенное выражение первого и второго начал термодинамики. Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца. Расчеты энергии Гиббса и Гельмгольца по справочным величинам.

Термодинамика растворов. Химический потенциал и общие условия равновесия систем. Определение понятия «раствор». Экстенсивные и интенсивные свойства растворов. Уравнения Гиббса-Дюгема. Энергия Гиббса и химический потенциал компонентов раствора. Классификация растворов. Идеальные растворы. Аддитивность экстенсивных свойств идеальных растворов (энтальпий, объемов, теплоемкостей). Химический потенциал компонентов идеального раствора. Давление насыщенного пара компонентов идеального раствора. Закон Рауля. Растворимость в идеальных растворах. Уравнение Шредера. Активность компонента раствора. Стандартные состояния компонентов раствора. Химический потенциал компонента неидеального раствора. Отклонения от закона Рауля и его причины. Растворимость газов, жидкостей и твердых тел в неидеальных растворах. Осмотическое давление. Предельно разбавленные растворы. Фугитивность компонентов предельно разбавленных растворов.

Статистическая термодинамика. Статистическая формулировка второго начала термодинамики. Расчет абсолютной энтропии вещества в твердом, жидком и газообразном состояниях. Расчет изменения энтропии химических реакций по справочным данным при различных температурах.

Химическое равновесие. Кинетическая и термодинамическая характеристики равновесного состояния системы. Константа равновесия. Способы выражения константы равновесия в гомогенных системах. Вычисление состава равновесной смеси, выхода продуктов. Уравнение изотермы химической реакции. Химическое сродство. Стандартное химическое сродство и реакционная способность. Гетерогенное равновесие. Зависимость константы равновесия от температуры. Уравнения изобары и изохоры химической реакции. Расчет констант равновесия по справочным термодинамическим величинам. Химическое равновесие при различных температурах (метод Темкина – Шварцмана)

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Демонстрирует правильное применение теоретических положений при решении практических вопросов и задач в области методов контроля и анализа веществ Демонстрирует умение выполнять расчеты в области химической термодинамики, владеет знаниями принципов и методов физико-химического анализа при оценке диаграмм состояния системы.	Не демонстрирует правильное применение теоретических положений при решении практических вопросов и задач в области методов контроля и анализа веществ Не демонстрирует умение выполнять расчеты в области химической термодинамики, владеет знаниями принципов и методов физико-химического анализа при оценке диаграмм состояния системы.

При собеседовании материал излагается полно, четко и логически последовательно	При собеседовании материал излагается обрывочно, нечетко и логически непоследовательно
--	--

6.2.2.2 Семестр 3, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.2.1 Описание процедуры

В конце семестров № 2 и № 3 (в последнюю неделю) обучающийся сдает зачет лектору в ходе свободного собеседования по материалам лекций.

Пример задания:

Для 2 семестра Контрольные вопросы к зачёту

1. Основные метрологические характеристики аналитических методов (воспроизводимость, правильность, чувствительность, предел обнаружения).
2. Кислотно-основные индикаторы. Ионно-хромофорная теория индикаторов.
3. Различные принципы классификации аналитических методов.
4. Аналитический сигнал, его интенсивность, шум.
5. Классификация методов количественного химического анализа. Химическая реакция как источник аналитической информации.
6. Константа равновесия химической реакции. Правило ионного произведения воды. Водородный показатель. Расчет pH.
7. Константа равновесия и ЭДС окислительно-восстановительных реакций. Окислительно-восстановительное титрование. Примеры применения перманганатометрии.
8. Классификация и сущность титриметрических методов анализа. Точка эквивалентности, конченая точка титрования.
9. Стандартные образцы состава веществ и материалов (ГСО, ОСО, СОП).
10. Классификация инструментальных методов анализа. Основные способы определения концентрации аналита в инструментальных методах.
11. Классификация оптических методов анализа. Основные характеристики электромагнитного излучения.
12. Абсорбционные оптические методы анализа. Основной закон светопоглощения, его использование в аналитических целях.
13. Эмиссионные методы анализа. Аналитические возможности люминисцентного и пламенно-фотометрических методов.
14. Классификация потенциометрических методов анализа. Прямая потенциометрия, измерение потенциала, уравнение Нернста. Потенциометрическое титрование
15. Кулонометрические методы анализа, классификация, аналитические возможности. Кулонометрическое титрование.
16. Основные виды вольтамперометрических методов анализа. Применение и аналитические возможности полярографии.
17. Классификация хроматографических методов анализа по различным принципам.
18. Сущность закона Ламберта – Бугера – Бера? Уравнение, выражающее основной закон поглощения в интегральной форме.
19. Сущность метода ионообменной хроматографии, аналитические возможности и практическое значение.
20. Какие типы ионообменных смол применяются в хроматографии?

21. Стандартные образцы состава веществ и материалов (ГСО, ОСО, СОП).

Для 3 семестра

Физико-химическая термодинамика. Законы термодинамики. Первое начало термодинамики. Внутренняя энергия, энтальпия, теплота и работа. Изменения энтальпии и внутренней энергии в процессах для идеального газа. Термодинамическое обоснование закона Гесса. Теплоемкость, зависимость теплоемкости от температуры. Зависимость теплового эффекта от температуры. Уравнение Кирхгофа. Термодинамическая обратимость и необратимость процессов. Работа и теплота обратимого процесса. Энтропия. Применение энтропии как критерия равновесия и направления самопроизвольных процессов в изолированных системах. Изменение энтропии в различных процессах. Термодинамические свойства газов и газовых смесей. Постулат Планка. Объединенное выражение первого и второго начал термодинамики. Энергия Гиббса. Энергия Гельмгольца. Расчеты энергии Гиббса и Гельмгольца по справочным величинам.

Термодинамика растворов. Химический потенциал и общие условия равновесия систем. Определение понятия «раствор». Экстенсивные и интенсивные свойства растворов. Уравнения Гиббса-Дюгема. Энергия Гиббса и химический потенциал компонентов раствора. Классификация растворов. Идеальные растворы. Аддитивность экстенсивных свойств идеальных растворов (энтальпий, объемов, теплоемкостей). Химический потенциал компонентов идеального раствора. Давление насыщенного пара компонентов идеального раствора. Закон Рауля. Растворимость в идеальных растворах. Уравнение Шредера. Активность компонента раствора. Стандартные состояния компонентов раствора. Химический потенциал компонента неидеального раствора. Отклонения от закона Рауля и его причины. Растворимость газов, жидкостей и твердых тел в неидеальных растворах. Осмотическое давление. Предельно разбавленные растворы. Фугитивность компонентов предельно разбавленных растворов.

Статистическая термодинамика. Статистическая формулировка второго начала термодинамики. Расчет абсолютной энтропии вещества в твердом, жидком и газообразном состояниях. Расчет изменения энтропии химических реакций по справочным данным при различных температурах.

Химическое равновесие. Кинетическая и термодинамическая характеристики равновесного состояния системы. Константа равновесия. Способы выражения константы равновесия в гомогенных системах. Вычисление состава равновесной смеси, выхода продуктов. Уравнение изотермы химической реакции. Химическое сродство. Стандартное химическое сродство и реакционная способность. Гетерогенное равновесие. Зависимость константы равновесия от температуры. Уравнения изобары и изохоры химической реакции. Расчет констант равновесия по справочным термодинамическим величинам. Химическое равновесие при различных температурах (метод Темкина – Шварцмана)

6.2.2.2.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Демонстрирует правильное применение теоретических положений при решении практических вопросов и задач в области методов контроля и анализа веществ Демонстрирует умение выполнять расчеты в области химической термодинамики, владеет знаниями принципов и методов физико-химического анализа при оценке диаграмм состояния	Не демонстрирует правильное применение теоретических положений при решении практических вопросов и задач в области методов контроля и анализа веществ Не демонстрирует умение выполнять расчеты в области химической термодинамики, владеет знаниями принципов и методов физико-химического анализа при оценке диаграмм состояния

системы. При собеседовании материал излагается полно, четко и логически последовательно	системы. При собеседовании материал излагается обрывочно, нечетко и логически непоследовательно
---	--

6.2.2.3 Семестр 4, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.3.1 Описание процедуры

Во время сессии после завершения семестра № 4 обучающийся сдает экзамен по билетам (образец билета прилагается). У обучающегося имеется возможность выбора экзаменационного билета из нескольких. После подготовки (около 30 минут) обучающийся отвечает экзаменатору по вопросам билета, а также на дополнительные вопросы.

Пример задания:

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №

по дисциплине_ Физическая химия _____

Профиль подготовки___ Металлургия цветных, редких и благородных металлов ____

- 1._Электрическая проводимость растворов электролитов_____
- 2._Влияние температуры на скорость химической реакции._____
- 3._Электродная поляризация и ЭДС поляризации._____

6.2.2.3.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительн о	Неудовлетворительно
Обучающийся владеет и грамотно использует основные понятия и терминами дисциплины, ответы на вопросы отличаются грамотностью и полнотой. Демонстрирует умение анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-	Демонстрирует знание основных понятий и терминов физической химии и способность использовать их в профессиональной деятельности с небольшими замечаниями, иногда нуждается в подсказках	При демонстрации знаний основных законов и понятий физической химии и способности использовать их в профессиональной деятельности обнаруживаются затруднения, часто делает ошибки и нуждается в подсказках	Обучающийся не владеет и неграмотно использует основные понятия и терминами дисциплины, ответы на вопросы отличаются безграмотностью и отсутствием систематических знаний. Не демонстрирует умение анализировать, интерпретировать и обобщать результаты экспериментальных и расчетно-теоретических работ в областях химической кинетики и

теоретических работ в областях химической кинетики и электрохимии. Умеет использовать вычислительные приемы для решения по физической химии			электрохимии. Не умеет использовать вычислительные приемы для решения по физической химии
---	--	--	---

7 Основная учебная литература

1. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа : методические указания по выполнению лабораторных работ по электрохимическим методам анализа для химико-технологического и металлургического факультетов / Иркут. гос. техн. ун-т, 2007. - 28.
2. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа : методические указания по выполнению лабораторных работ по химическим методам анализа / Иркут. гос. техн. ун-т, 2007. - 26.
3. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Фотометрические методы анализа : методические указания к выполнению лабораторных работ / Иркут. гос. техн. ун-т, 2005. - 20.
4. Васильев. Аналитическая химия Титриметрические и гравиметрический методы анализа, 2004. - 366.
5. Аналитическая химия : учебник для студентов вузов : в 3 т. / под ред. Л. Н. Москвина. Т. 1 : Методы идентификации и определения веществ / А. А. Белюстин [и др.], 2008. - 574, [2].
6. Аналитическая химия : учебник для студентов вузов : в 3 т. / под ред. Л. Н. Москвина. Т. 3 : Химический анализ, 2010. - 364, [4].
7. Валова (Копылова) В. Д. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа [Электронный ресурс] : практикум / В. Д. Валова (Копылова), Е. И. Паршина, 2020. - [199].
8. Остапова Е. В. Аналитическая химия. Химические методы анализа [Электронный ресурс] : лабораторный практикум / Е. В. Остапова, Е. А. Макаревич, 2020. - 76.
9. Жебентяев А. И. Аналитическая химия. Химические методы анализа [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. И. Жебентяев, А. К. Жерносек, И. Е. Талуть, 2023. - 542.
10. Стромберг А. Г. Физическая химия : учебник для вузов / А. Г. Стромберг, Д. П. Семченко, 2009. - 526.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Аналитическая химия. Классические методы анализа и применение ПК для математической обработки результатов анализа : метод. указания по выполнению лаб. работ для специальностей ХТС, ХТО, ТЭП / Иркут. гос. техн. ун-т, 2007. - 52.
2. Васильев. Аналитическая химия Физико-химические методы анализа, 2005. - 383.
3. Золотов Юрий Александрович. Аналитическая химия: проблемы и достижения / Ю. А. Золотов; Рос. АН, Ин-т геохимии и аналит. химии им. В. И. Вернадского, Ин-т общ. и неорг. химии им. Н. С. Курнакова, 1992. - 284.
4. Эткинс. Физическая химия Равновесная термодинамика, 2007. - 494.
5. Жуховицкий А. А. Физическая химия : учеб. для вузов по металлург. специальностям / А. А. Жуховицкий, Л. А. Шварцман, 2001. - 686.
6. Физическая химия : [Учеб. для вузов]: В 2 кн. Кн. 1. Строение вещества. Термодинамика / К. С. Краснов, Н. К. Воробьев, И. Н. Годнев, В. Н. Васильева, 2001. - 511.
7. Физическая химия : в 2 кн. / под ред. К. С. Краснова. Кн. 2 : Электрохимия. Химическая кинетика и катализ, 2001. - [320].

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Свободно распространяемое программное обеспечение <http://www1.fips.ru/>

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. 1. Шкафы вытяжные типа 1500 ШВ-2-KrO"Квадро", размер 1200*750*2200 2. Потенциометр Р-307 3. Весы лабораторные ЕК300i, HL-400 4. Весы аналитические "HR-224 RCE" 5. Лабораторный рН-метр ИПЛ-301 6. Ионмер И-160МИ 7. Термостат LT-108a, ИТИ 4-84 8. Кондуктомер Эксперт -002 9. 12. Сушильный шкаф 10. Прибор универсальный 4383 11. Рефрактометр ИРФ-471 12. Ионмер ЭВ-74 13. Ультратермостат 14. Анализатор жидкости "Флюорат-02-5М" 15. Экран Projecta SlimScreen настенный 16. Проектор "Epson EB-S18» 17. рН-метры «рН-150МИ", " Эксперт-рН" 18. рН-метр-ионмер " Эксперт-001-1.0.1" 19. Ионмер " И-160МИ" 20. Колориметры фотоэлектрические КФК-2, КФК-3 21. Компьютер "i5-4440(3.1)/4Gb/500Gb/VGA/23"" 22. Компьютер "i5-4440(3.1)/4Gb/500Gb/VGA/23"" 23. Аквадистиллятор эл АЭ 10-МО 24. Спектрофотометр "ПЭ-5300В" 25. Дозатор многоканальный 5-50 мкл (в компл. с наконечниками) 26. Лаборатория редуктометрическая 27. 24. Доска магнитно-маркерная INDEX настенная ,размер 1x1.8 м 28. Водонагреватель ТЕРМЕКС (над раковиной) 29. Анализатор кулонометрический "Эксперт-006-универсальный" 30. УВИ- Спектрофотометр

"СФ-2000" 31. Принтер HP LJ Pro M401dn 32. Термостат с охлаждением "LOIP LT-108a"
33. Стол мойка 1200x600x90