

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 (135)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №16 от 18 мая 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

«АНАЛИТИЧЕСКАЯ И ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

Направление: 22.03.02 Metallurgy

Электрометаллургия алюминия

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Яковлева Ариадна
Алексеевна
Дата подписания: 17.06.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Евстафьев Сергей
Николаевич
Дата подписания: 19.06.2026

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Немчинова Нина
Владимировна
Дата подписания: 19.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 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 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 равновесной термодинамики	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 физико-химические законы и закономерности в области феноменологической и электрохимической кинетики, знает и использует методы и законы явлений переноса	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: «Металлургические технологии», «Металлургия благородных металлов», «Металлургия легких металлов», «Металлургия редких металлов», «Металлургия тяжелых цветных металлов», «Теория гидрометаллургических процессов», «Теория пирометаллургических процессов», «Теория электрометаллургических процессов»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 9 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудовое время в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)			
	Всего	Семестр № 2	Семестр № 3	Семестр № 4
Общая трудовое время дисциплины	324	72	108	144
Аудиторные занятия, в том	136	20	40	76

числе:				
лекции	68	10	20	38
лабораторные работы	39	10	10	19
практические/семинарские занятия	29	0	10	19
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	152	52	68	32
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	2	1, 2	4			1, 3, 4	14	Отчет по лаборатор ной работе
2	Физико- химические методы анализа	2	2	3, 4	6			1, 3, 4	14	Отчет по лаборатор ной работе
3	Методы разделения	3	2					2	10	Устный опрос
4	Организация аналитического контроля на предприятиях металлургическог о производства	4	4					2	14	Устный опрос
	Промежуточная аттестация									Зачет
	Всего		10		10				52	

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	12	1, 2, 3	8	1, 2, 3	8	1, 2, 3, 4	37	Устный опрос
2	Термодинамическое расчёты									Отчет

3	Равновесие	2	8	4	2	4	2	1, 2, 3, 4	31	Устный опрос
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		20		10		10		68	

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, 3	10			1	2	1, 3, 4	6	Отчет по лаборатор ной работе
2	Равновесные электрохимическ ие системы	2	6	6	4	3	4	1, 2, 4	6	Отчет
3	Явления переноса в растворах электролитов			11	3	2	2	1, 2, 4	6	Отчет по лаборатор ной работе
4	Законы феноменологичес кой кинетики	4	22	9, 10, 12	12	4, 5, 6, 7	11	1, 2, 4	14	Отчет по лаборатор ной работе
5	Влияние температуры на скорость химической реакции									Отчет
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		38		19		19		68	

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
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	Равновесные электрохимические системы	Электродное равновесие и электродвижущие силы
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 на скорость химической реакции	Кинетическая теория активных соударений. 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	3
4	Определение тиосульфата натрия методом кулонометрического титрования	3

Семестр № 3

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

Семестр № 4

№	Наименование лабораторной работы	Кол-во академических часов
6	Определение среднеионного коэффициента активности	4
9	Влияние температуры на скорость химической реакции	4
10	Определение константы скорости гетерогенной реакции	4
11	Свойства растворов слабых электролитов	3
12	Определение константы скорости реакции второго порядка	4

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	2
4	Расчет материального баланса по диаграммам	2

	состояния	
--	-----------	--

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 скоро-сти) химической реакции	4
5	Температурная зависимость скорости химической реакции	2
6	Кинетика гетерогенных процессов	2
7	Кинетика электродных процессов	3

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Оформление отчетов по лабораторным и практическим работам	8
2	Подготовка к зачёту	24
3	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	8
4	Подготовка к сдаче и защите отчетов	12

Семестр № 3

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание отчета	10
2	Подготовка к зачёту	28
3	Подготовка к практическим занятиям	10
4	Подготовка к сдаче и защите отчетов	20

Семестр № 4

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Написание отчета	11
2	Подготовка к практическим занятиям	8
3	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	2
4	Подготовка к сдаче и защите отчетов	11

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 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 10

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 орос читается 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

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 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.

демонстрируется знание теоретического и практического материала, необходимого для выполнения работ

Отчет по лабораторной работе принят преподавателем, если он оформлен по стандарту СТО ИРНТУ 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. Отчет по практическим работам считается защищенным, если обучающийся продемонстрировал знания теории по контрольным вопросам и освоение компетенций ОПК-ОС-1.

6.1.4 семестр 3 | 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

6.1.5 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 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 10

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.

6.1.6 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 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.

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	Устное собеседование по

	термодинамики, владеет знаниями принципов и методов физико-химического анализа при оценке диаграмм состояния системы. При собеседовании материал излагается полно, четко и логически последовательно	теоретическим 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 химии	Устное собеседование по теоретическим вопросам экзаменационного билета

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 входе свободного собеседования по материалам лекций.

Пример задания:

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-хромовая 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, конечная 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. Теплємкость, зависимость теплємкости 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

13

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, теплємкостей). 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. При собеседовании материал излагается полно, четко и логически последовательно	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 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 входе свободного собеседования по материалам лекций.

Пример задания:

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, конечная 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 потенциметрия, 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 13

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 состоянии. 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 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. При собеседовании материал излагается полно, четко и логически последовательно	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 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

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

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-1647.pdf>

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.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-1645.pdf>

3. Аналитическая химия : контрольные вопросы и расчетно-графические задания по количественным методам анализа для самостоятельной работы студентов технологических специальностей / Иркут. гос. техн. ун-т, 2007. - 26.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-2507.pdf>

4. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа : программа и методические указания к контрольной работе для химических и металлургических специальностей заочной формы обучения / Иркут. гос. техн. ун-т, 2007. - 40.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-10022.pdf>

5. Васильев. Аналитическая химия Физико-химические методы анализа, 2004. - 383.

6. Васильев. Аналитическая химия Физико-химические методы анализа, 2002. - 383.

7. Валова (Копылова) В. Д. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа [Электронный ресурс] : практикум / В. Д. Валова (Копылова), Е. И. Паршина, 2020. - [199].

[Сайт] – URL: <https://znanium.com/read?id=358370>

8. Аналитическая химия. Оптические методы анализа. Спектрофотометрия [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению лабораторных работ / Иркут. гос. техн. ун-т, 2009. - 12.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-4196.pdf>

9. Аналитическая химия. Оптические методы анализа. Спектрофотометрия [Электронный ресурс] : методические указания к выполнению лабораторных работ / Иркут. гос. техн. ун-т, 2010. - 12.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-4283.pdf>

10. Стромберг А. Г. Физическая химия : учебник для вузов / А. Г. Стромберг, Д. П. Семченко, 2009. - 526.

11. Борщевский. Физическая химия [Электронный ресурс] : учебник в 2 томах. Т. 2 : Статистическая термодинамика, 2019. - [383].

[Сайт] – URL: <https://znanium.com/read?id=355334>

12. Борщевский. Физическая химия [Электронный ресурс] : учебник в 2 томах. Т. 1 : Общая и химическая термодинамика, 2019. - [606].

[Сайт] – URL: <https://znanium.com/read?id=348716>

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. 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.

2. Васильев. Аналитическая химия : учебник для студентов вузов : в 2 кн. Кн. 1 : Титриметрический и гравиметрический методы анализа, 2005. - 366.

3. Васильев. Аналитическая химия : учебник для студентов вузов : в 2 кн. Кн. 2 : Физико-химические методы анализа, 2004. - 383.

4. Эткинс. Физическая химия Равновесная термодинамика, 2007. - 494.

5. Эткинс Физическая химия : в 2 т.: пер. с англ. Т. 1, 1980. - 580.
6. Эткинс Физическая химия : в 2 т.: пер. с англ. Т. 2, 1980. - 584.
7. Жуховицкий А. А. Физическая химия : учеб. для вузов по металлург. специальностям / А. А. Жуховицкий, Л. А. Шварцман, 2001. - 686.
8. Физическая химия : [Учеб. для вузов]: В 2кн. Кн. 1. Строение вещества. Термодинамика / К. С. Краснов, Н. К. Воробьев, И. Н. Годнев, В. Н. Васильева, 2001. - 511.
9. Физическая химия : [Учеб. для вузов]: В 2кн. Кн. 2. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ / К. С. Краснов, Н. К. Воробьев, И. Н. Годнев, В. Н. Васильева, 2001. - 318.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://elib.istu.edu/>
2. <https://нэб.рф/>
3. <http://e.lanbook.com>
4. <http://e.lanbook.com/>
5. <https://elibrary.ru/>
6. <https://elibrary.ru/defaultx.asp?>
7. <https://www.rsl.ru/>
8. <http://www.iprbookshop.ru/>
9. Электронная система нормативно-технической документации «Техэксперт»
10. «КонсультантПлюс»
11. <http://csl.isc.irk.ru/>

10 Профессиональные базы данных

1. Dr.Web
2. Microsoft Office Professional Plus 2013
3. Microsoft Windows Professional 10 Russian
4. NanoCAD + NanoCAD СПДС 22.0
5. PTC MathCAD15
6. "Распознавание текста (Optical Character Recognition)
 - OCR CuneiForm
 - SimpleOCR
 - Free OCR
7. Переводчики
 - StarDict
 - TranslateIt!
 - CAD система
8. FreeCAD
9. Архиватор 7-Zip.

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. Ионномер 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. Ионномер 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-ионномер " Эксперт-001-1.0.1" 19. Ионномер " 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