

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б1.В.01.02 ПРОИЗВОДСТВЕННО-  
МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИЙ МОДУЛЬ

Теоретические основы металлургического производства

наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом

Направление подготовки / специальность

22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Направленность (профиль)

22.03.02.11 Металлургия CDIO

Форма обучения

очная

Год набора

2020

Красноярск 2023

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Программу составили \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ канд.техн.наук, доцент, Васюнина Н.В.

\_\_\_\_\_ должность, инициалы, фамилия

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

получение студентами базовых сведений по теории гидрометаллургических, пирометаллургических и электрометаллургических процессов и основным способам применения методов физической химии для их анализа, необходимых для освоения специальных дисциплин, а по окончании обучения в вузе – для грамотной, эффективной работы в сфере профессиональной деятельности.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

формирование компетенций, которые помогут раскрыть роль теории металлургических процессов при описании многокомпонентных систем, использовать термодинамический метод в металлургических технологиях; дадут возможность эффективно применять теорию в профессиональной деятельности.

### 1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения по дисциплине
<b>ПК-1: способностью к анализу и синтезу</b>	
ПК-1: способностью к анализу и синтезу	базовые понятия, законы и структуру разделов дисциплины формулировать цели и задачи изучаемого объекта, а также выделять компоненты системы, процесса и объекта устанавливать связи между базовыми понятиями, законами и определениями различных разделов дисциплины
<b>ПК-10: способностью осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалобработке</b>	

<p>ПК-10: способностью осуществлять и корректировать технологические процессы в металлургии и материалообработке</p>	<p>перспективы развития теории металлургических процессов как теоретической основы превращений, протекающих при выщелачивании и извлечении металлов из технологических растворов, высокотемпературных превращений физико-химическую сущность явлений и процессов, связанных с осуществлением отдельных операций гидрометаллургических, пирометаллургических технологий и электрометаллургических процессов. оценить термодинамическую вероятность протекания отдельных процессов с учетом конкретных условий и вещественного состава систем, в которых осуществляется исследуемое взаимодействие оценить влияние отдельных факторов на скорость протекания операций</p>
	<p>определить вероятную лимитирующую стадию процесса и предложить решения, обеспечивающие регулирование скоростных показателей процесса навыками работы со справочной, периодической и монографической литературой для решения практических задач самостоятельного изучения, анализа и обобщения информации для принятия решений в области формирования технологических схем, содержащих гидрометаллургические переделы работы со справочной, периодической и монографической литературой для решения практических задач пирометаллургии и др</p>
<p><b>ПК-4: готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы</b></p>	
<p>ПК-4: готовностью использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы</p>	<p>законы термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы в профессиональной деятельности, описываемые математическими зависимостями использовать известный аппарат термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы в ходе решения профессиональных задач навыком анализа исследуемого объекта с точки зрения законов термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы</p>

#### 1.4 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины: Русский.

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	е
		1
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>2 (72)</b>	
занятия лекционного типа	1 (36)	
практические занятия	0,5 (18)	
лабораторные работы	0,5 (18)	
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>2 (72)</b>	
курсовое проектирование (КП)	Нет	
курсовая работа (КР)	Нет	
<b>Промежуточная аттестация (Экзамен)</b>	<b>1 (36)</b>	

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

		Контактная работа, ак. час.							
№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа				Самостоятельная работа, ак. час.	
				Семинары и/или Практические занятия		Лабораторные работы и/или Практикумы			
		Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС	Всего	В том числе в ЭИОС
<b>1. Теория гидрометаллургических процессов</b>									
	1. Виды гидрометаллургических процессов. Типы растворов. Законы Рауля Генри. Средний химический потенциал	2							
	2. Стадии гетерогенного процесса. Отличие диффузионного режима от кинетического. Влияние температуры на скорость гетерогенного процесса: температурный процесс диффузии, правило Вант-Гоффа, температурный коэффициент константы скорости реакции, уравнение Аррениуса	2							
	3. Общее уравнение потока выщелачивания. Удельная скорость выщелачивания. Схема модели выщелачивания. Закономерности внешней и внутренней диффузии. Закономерности протекания процесса в кинетической области. Влияние условий выщелачивания на лимитирующую стадию процесса	2							

4. Общие понятия процессов ионного обмена и экстракции. Состав ионообменных смол, их основные характеристики. Равновесие ионного обмена, его количественные характеристики	2							
5. Факторы, влияющие на растворимость солей. Условия осаждения гидроксидов, основных солей и сульфидов. Разделение металлов осаждением труднорастворимых соединений	2							
6. Закономерности соосаждения примесей. Изоморфное и неизомерное соосаждение. Адсорбционное соосаждение примесей. Старение осадков	2							
7. Способы выражения концентрации раствора. Связь между концентрациями, выраженными различными способами			2					
8. Расчет термодинамических характеристик процессов выщелачивания			2					
9. Расчет коэффициента разделения, ДОО, ПДОО			2					
10. Изучение закономерностей процесса выщелачивания цинкового огарка в сернокислом растворе.					6			
11. Сорбционное выделение меди из сульфатных растворов					4			
12. Теория гидрометаллургических процессов							24	
<b>2. Теория электрометаллургических процессов</b>								
1. Основные законы электролиза. Законы Фарадея. ТЭП работы электролизера	2							

2. Основы теории электролитической диссоциации. Электропроводность электролита. Явления диффузии и миграции	2							
3. Механизм возникновения электродного потенциала. Двойной электрический слой (ДЭС). Причины возникновения ДЭС. Понятие тока обмена. Обратимый, необратимый, стационарный электродный потенциал	2							
4. Термодинамика электродных процессов. Классификация электродов и цепей. Электродные реакции. Уравнения Нерста	2							
5. Кинетика электродных процессов. Анодные и катодные реакции. Поляризация и перенапряжение. Пассивность металлов. Влияние плотности тока и состава электролита на анодное растворение металла. Нерастворимые аноды и процессы, протекающие на них. Закономерности образования и роста кристаллической фазы. Влияние различных факторов на катодное выделение металлов	2							
6. Электролиз водных растворов. Строение и свойства расплавленных солей. Физико-химические свойства расплавленных солей. Строение расплавленных солей. Плотность, вязкость, диффузия, поверхностное натяжение расплавленных солей	2							
7. Расчет коэффициента разделения, ДОО, ПДОО			2					
8. Расчёт производительности электролизёров, выхода по току, удельного расхода электроэнергии			2					
9. Расчёт составов и физико- химических свойств (плотность, удельный и мольный объём, электропроводность) расплавленных солей			2					

10. Электролитическое рафинирование меди					4			
11. Теория электрометаллургических процессов							24	
<b>3. Теория пиromеталлургических процессов</b>								
1. Термодинамика и кинетика процессов диссоциации. Критерии прочности соединений. Расчет величины давления диссоциации оксидов, карбонатов и т.д.	2							
2. Термодинамика восстановления металлов из оксидов газами (CO, H <sub>2</sub> ). Влияние температуры и природы восстанавливаемого металла на равновесие. Восстановление высших и низших оксидов	2							
3. Термодинамика реакций окисления. Кинетика и механизм окисления металлов. Термодинамика окисления сульфидов и взаимодействия сульфидов и оксидов. Кинетика и механизм окисления сульфидов	2							
4. Строение и свойства шлаковых расплавов. Классификация и роль шлаков в металлургических процессах. Потери металлов со шлаками. Форма нахождения цветных металлов в промышленных шлаках	2							
5. Ликвационное рафинирование. Уравнение Стокса, границы его применимости. Ликвационное рафинирование металлов (свинца, олова)	2							
6. Особенности кристаллизации в системах с твердыми растворами, равновесная и неравновесная кристаллизация. Равновесный и эффективный коэффициенты распределения примеси. Методы очистки ме-таллов направленной кристаллизацией, основные параметры процесса и их оптимизация. Зонная плавка	2							

7. Определение окислительной способности газовой фазы			2					
8. Анализ диаграмм состояния двух- и трехкомпонентных оксидных систем			2					
9. Определение выхода и состава продуктов ликвации			2					
10. Изучение условий восстановления металлов из их оксидов					4			
11. Теория пирометаллургических процессов							24	
Всего	36		18		18		72	

## 4 Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 4.1 Печатные и электронные издания:

1. Погодаев А. М., Погодаева И. А. Теория пирометаллургических процессов: [сборник задач](Красноярск: СФУ).
2. Набойченко С. С., Шнеерсон Я. М., Калашникова М. И., Чугаев Л. В., Набойченко С. С. Автоклавная гидрометаллургия цветных металлов: Том 1(Екатеринбург: Уральский технический университет - УПИ).
3. Набойченко С. С., Агеев Н. Г., Дорошкевич А. П., Жуков В. П., Елисеев Е. И., Карелов С. В., Лебедь А. Б., Мамяченков С. В., Набойченко С. С. Процессы и аппараты цветной металлургии: учебник для вузов по направлению подготовки дипломированных специалистов "Металлургия"(Екатеринбург: Уральский технический университет - УПИ).
4. Чекушин В. С., Олейникова Н. В. Гидрометаллургические процессы: практикум для вузов по специальности 150102 "Металлургия цветных металлов"(Красноярск: Красноярский университет цветных металлов и золота [ГУЦМиЗ]).
5. Чекушин В. С., Перфильева Н. С., Олейникова Н. В. Теория гидрометаллургических процессов: [сборник описаний лабораторных работ](Красноярск: Красноярский университет цветных металлов и золота [ГУЦМиЗ]).
6. Исаева Л. А. Теоретические основы электролиза расплавленных солей: учебное пособие(Красноярск: Изд-во КГАЦМиЗ).
7. Исаева Л. А., Михалев Ю. Г. Теория электрометаллургических процессов: учеб. пособие для вузов по спец. "Металлургия цветных металлов"(Красноярск: ГУЦМиЗ).
8. Исаева Л. А. Теория электрометаллургических процессов: методические указания к лабораторным работам для студентов специальности 150102 "Металлургия цветных металлов"(Красноярск: Красноярский университет цветных металлов и золота [ГУЦМиЗ]).
9. Белоусова Н. В. Теория пирометаллургических процессов: учеб.-метод. пособие для лаб. работ [для студентов спец. 150400.62.02 "Металлургия цветных металлов"] (Красноярск: СФУ).
10. Вольдман Г. М., Зеликман А. Н. Теория гидрометаллургических процессов: учебное пособие для вузов по спец. "Химическая технология редких металлов и материалов на их основе"(Москва: Интермет инжиниринг).
11. Погодаева И. А., Погодаев А. М., Копач И. И. Теория пирометаллургических процессов: программа, метод. указ. и контрольные задания для студентов металлургических спец. заоч. формы обучения(Красноярск: Изд-во КГАЦМиЗ).
12. Исаева Л. А., Михалев Ю. Г. Теория электрометаллургических процессов: [практикум](Красноярск: Красноярский университет цветных металлов и золота [ГУЦМиЗ]).
13. Попель С. И., Сотников А. И., Бороненков В. Н. Теория

металлургических процессов: учеб. пособие для студентов металлург. спец. вузов(Москва: Металлургия).

**4.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства (программное обеспечение, на которое университет имеет лицензию, а также свободно распространяемое программное обеспечение):**

1. 1)Операционная система Microsoft Windows 7 или более поздней версии (или аналогичная)
2. 2)Офисный пакет Microsoft Office 2007 или более поздней версии (или аналогичный), включающий:
3. - текстовый редактор Word;
4. - редактор электронных таблиц Excel;
5. - редактор презентаций Power Point.

**4.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

1. Электронно-библиотечная система СФУ обеспечивает для обучающихся доступ к современным профессиональным базам данных, информационным справочным и поисковым системам.

**5 Фонд оценочных средств**

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

**6 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Лекционные и практические занятия проводятся в учебных аудиториях, оснащенных ПЭВМ, интерактивной доской и проектором.