

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

Структурное подразделение «Металлургии цветных металлов (129)»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №09 от 09 февраля 2026 г.

Рабочая программа дисциплины

«ФИЗИКО-ХИМИЯ КРЕМНИЯ»

Направление: 22.03.02 Metallургия

Металлургия цветных, редких и благородных металлов

Квалификация: Бакалавр

Форма обучения: заочная

Документ подписан простой электронной подписью Составитель программы: Бельский Сергей Сергеевич Дата подписания: 31.05.2026

Документ подписан простой электронной подписью Утвердил и согласовал: Немчинова Нина Владимировна Дата подписания: 10.06.2026

Год набора – 2026

Иркутск, 2026 г.

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

1.1 Дисциплина «Физико-химия кремния» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПКС-1 Готовность использовать основные понятия, законы и модели термодинамики, химической кинетики, электрохимии в профессиональной деятельности	ПКС-1.1

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПКС-1.1	Использует основные понятия термодинамики и термодинамические модели применительно к области кремния и/или редкоземельных элементов	Знать основные законы термодинамики Уметь применять на практике знания законов термодинамики Владеть навыками построения электронного строения атомов кремния

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Физико-химия кремния» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Химия», «Математика», «Физика»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Производство кремния и проектирование цехов», «Теория гидрометаллургических процессов», «Теория пирометаллургических процессов», «Теория электрометаллургических процессов»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 3 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Учебный год № 2
Общая трудоемкость дисциплины	108	108
Аудиторные занятия, в том числе:	14	14
лекции	8	8
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	6	6
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	90	90
Трудоемкость промежуточной аттестации	4	4

Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Зачет	Зачет
--	-------	-------

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Учебный год № 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	Общие сведения о кремнии. Области применения кремния	1	2					4	4	Контрольн ая работа
2	Физико-химические свойства кремния	2	2			1, 2	6	1, 2, 3, 4, 5	54	Тест
3	Кремний в периодической системе химических элементов	3	2					2, 4, 5	16	Тест
4	Основные природные минералы с кремнеземом, их структура	4	2					2, 4, 5	16	Тест
	Промежуточная аттестация								4	Зачет
	Всего		8				6		94	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Учебный год № 2

№	Тема	Краткое содержание
1	Общие сведения о кремнии. Области применения кремния	Кремний является вторым по распространенности элементом в земной коре (после кислорода), составляет около 27,7% массы земной коры. Кремний — это химический элемент, широко используемый в различных отраслях. Он применяется в производстве сплавов, полупроводников, стекла, бетона, керамики и солнечных батарей, а также в качестве абразива и в различных химических соединениях. Кремний используется в производстве микропроцессоров, микросхем и других полупроводниковых устройств, что делает его ключевым элементом в компьютерной и мобильной технике. Кремний является основным материалом для производства фотоэлектрических элементов, которые

		преобразуют солнечную энергию в электрическую.
2	Физико-химические свойства кремния	Физические свойства кремния. Химические свойства кремния. Некоторые важные соединения кремния. Нитрид кремния. Свойства и области применения нитрида кремния. Карбид кремния (карборунд). Природный карбид кремния - муассанит. Распространение карбида кремния в космосе. Полиморфизм SiC. Структуры основных политипов карбида кремния. Подobie структуре алмаза. 250 кристаллических форм карбида кремния. Физические и химические свойства SiC. Области применения карбида кремния. Кремнийорганические соединения. Физические свойства кремния: строение атома. Характер s-р-гибридизации орбиталей. Электропроводность. Полупроводниковые свойства. Аллотропия. Аморфный кремний. Кристаллический кремний
3	Кремний в периодической системе химических элементов	Положение кремния в Периодической системе химических элементов Д.И. Менделеева. Положение кремния - 4 группа и 3 период. Химические свойства кремния: взаимодействие с кислотами, щелочами. Взаимодействие с водородом. Взаимодействие с галогенами. Взаимодействие с элементами VI группы (кислород, сера, селен). Взаимодействие с элементами V группы (азот, фосфор, мышьяк, сурьма). Взаимодействие с элементами IV группы (вышележащий углерод, нижележащий германий). Взаимодействие с элементами III группы (бор, алюминий, галлий). Взаимодействие с металлами: силициды, ферросилиций
4	Основные природные минералы с кремнеземом, их структура	Кремнезём и его разновидности. Кварцевое стекло. Скрытокристаллический кремнезём. Аморфный кремнезём. Силикатные минералы и материалы. Кремнийорганические соединения

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Учебный год № 2

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Компьютерная программа «Программа подготовки данных для ввода в физико-химические модели технологических процессов (версия 1)»	3
2	Формирование базы основных термодинамических данных при моделировании	3

	с помощью программного комплекса «Селектор» карботермического процесса получения кремния	
--	--	--

4.5 Самостоятельная работа

Учебный год № 2

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Контрольная работа для студентов заочной формы обучения	26
2	Подготовка к зачёту	18
3	Подготовка к практическим занятиям	12
4	Проработка разделов теоретического материала	16
5	Тест (СРС)	18

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

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

Физико-химия кремния : методические указания к практическим занятиям / Иркут. гос. техн. ун-т, 2012. - 42.

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

5.1.2.1 Выполнение контрольной работы

Цель работы

Приобрести опыт самостоятельной творческой деятельности, продемонстрировать способность к использованию творческого потенциала, повысить общекультурный уровень.

Задание на СРС

Данный вид СРС предполагает индивидуальное самостоятельное выполнение контрольной работы (теоретический вопрос и задача) по предложенной тематике с использованием перечня рекомендуемых литературы и информационных ресурсов.

Требования к форме и содержанию отчетных материалов

После самостоятельного изучения рекомендуемой литературы обучающийся должен предоставить преподавателю отчетный документ по данному виду СРС (работа сдается на проверку в электронном виде). Объем – 12-15 стр.

Рекомендации по выполнению задания

Обучающийся при выполнении данного вида СРС может пользоваться как рекомендуемыми основной и дополнительной литературой и информационными ресурсами, так и подбирать и использовать новые информационные источники по тематике теоретического вопроса (публикации в научных журналах - «Цветные металлы», «Металлург», «Известия вузов. Цветная металлургия» и др.), в материалах международных и всероссийских конференций, конгрессов (например, материалы Конгресса «Цветные металлы и минералы», г. Красноярск).

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

Во время установочной сессии обучающийся выбирает одну из предложенных тем для выполнения контрольной работы и рассчитывает тепловой эффект реакции $\text{Na}_2\text{O} + \text{SiO}_2 = \text{Na}_2\text{SiO}_3$.

Критерии оценки качества выполнения данного вида СРС

Полнота раскрытия темы теоретического вопроса и правильность расчета теплового эффекта предложенной реакции;

перечень используемых источников и уровень компилятивности по тематике; качество оформления.

5.1.2.2 Тестирование по разделам дисциплин

Целью подготовки к текущему контролю знаний (тестированию) является закрепление знаний по разделам "Физико-химические свойства кремния", "Кремний в периодической системе химических элементов", "Основные природные минералы с кремнеземом, их структура".

Для текущего контроля знаний обучающихся по данной дисциплине предусмотрен тест.

При подготовке к тесту обучающемуся необходимо проработать теоретический материал дисциплины.

Задание на СРС

При подготовке к тестированию самостоятельно изучить теоретический материал с помощью основной и дополнительной литературы и информационных ресурсов и прочесть конспект лекционного материала.

Рекомендации по выполнению заданий

Для успешного выполнения тестирования обучающемуся рекомендуется воспользоваться конспектом лекций и закрепить теоретические сведения изучением дополнительной литературы.

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

Подготовка к тестированию проводится после освоения материала раздела, для которого предусмотрен тест.

Критерии оценки качества выполнения данного вида СРС

Правильность ответов на вопросы теста – более 50%.

5.1.2.3 Подготовка к практическим занятиям

Цель

Формирование в ходе занятий компетенций, развитие навыков термодинамических расчетов.

Задание на СРС

Изучить основную и дополнительную литературу по теме предстоящего практического занятия.

Рекомендации к выполнению задания

При подготовке к практическому (семинарскому) занятию следует в первую очередь рассмотреть вопросы по теме занятия. При подготовке к практическим занятиям необходимо проработать литературу, указанную преподавателем, в объеме изучаемой темы. Самостоятельное изучение разделов курса производится с использованием литературных источников и интернет-ресурсов.

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

Обучающийся знакомится с РПД, в которой указан перечень практических занятий и рекомендуемая основная и дополнительная литература.

Критерии оценки качества выполнения работы

Активная работа обучающегося на практическом занятии (анализ полученных в результате расчетов результатов, предложение путей изменения исходных данных для достижения правильности расчета и т.п.).

5.1.2.5 Подготовка к зачету

Цель

Проверка сформированности компетенций в период изучения дисциплины.

Задание на СРС.

Обучающийся получает для подготовки перечень вопросов к зачету по тематике дисциплины с учетом проверки сформированности компетенций.

Требования к форме и содержанию отчетных материалов

Зачет проводится в форме тестирования по вопросам, вынесенным на зачет.

Рекомендуемый график выполнения отдельных этапов СРС

Подготовка к зачету осуществляется на зачетной неделе.

Критерии оценки качества выполнения работы

Зачет по дисциплине - ответы на вопросы теста более 50%.

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 учебный год 2 | Тест

Описание процедуры.

При подготовке к тестированию самостоятельно изучить теоретический материал с помощью основной и дополнительной литературы и информационных ресурсов и прочитать конспект лекционного материала.

Пример теста (по теме "Физико-химические свойства кремния"):

Вариант

1. Какое из соединений кремния является самым распространённым на Земле?

- а) Силикаты
- б) Кремнезём
- в) Асбест

2. В каких соединениях степень окисления кремния равна -4?

- а) Si_3N_4 и SiH_4
- б) Ca_2Si и Mg_2Si
- в) Только в SiH_4

3. Чем отличаются атомы кремния и углерода?

- а) Зарядом ядра
- б) Числом валентных электронов
- в) Числом энергетических уровней

4. С каким веществом кремний не реагирует?

- а) Углерод
- б) Магний
- в) Водород

5. Выберите правильную схему осуществимой реакции:

- а) $\text{K}_2\text{SiO}_3 + \text{Na}(\text{OH})_2 \rightarrow$
- б) $\text{H}_2\text{SiO}_3 + \text{KOH} \rightarrow$
- в) $\text{SiO}_2 + \text{KOH} \rightarrow$

6. В реакциях с кислородом и магнием кремний проявляет свойства:

- а) Окислителя в обоих случаях
- б) Восстановителя в реакции с кислородом, окислителя с магнием
- в) Восстановителя в обоих случаях

7. Что общего между оксидами кремния (IV) и углерода (IV)?

- а) Тип кристаллической решётки
- б) Степень окисления атомов
- в) Оба являются кислотными оксидами

8. Чем можно объяснить повышенную реакционную способность силана по сравнению с метаном?
- Химическая связь Si-H прочнее, чем C-H
 - Различным агрегатным состоянием
 - Химическая связь C-H прочнее, чем Si-H
9. Выберите свойства, характерные для кремневой кислоты:
- Сильная и летучая
 - Слабая и нерастворимая в воде
 - Образует силикагель
10. Какие свойства характерны для кварцевого стекла?
- Повышенная прозрачность и устойчивость к высокой температуре
 - Быстрое остывание и красивый внешний вид
 - Способность окрашиваться в различные цвета

Критерии оценивания.

Правильность ответов на вопросы теста – более 50%.

6.1.2 учебный год 2 | Контрольная работа

Описание процедуры.

Обучающиеся самостоятельно выполняют контрольную работу, которую сдают в начале сессии на 2-ом курсе.

Контрольная работа состоит из 2-х частей (по вариантам согласно порядковому номеру - последним цифрам зачетной книжки):

1 часть – теоретический вопрос.

2 часть - решение задачи.

Перечень теоретических вопросов:

- Назовите основные сплавы, в которых одним из компонентов является кремний.
- Производство и потребление кремния. Страны и объёмы производства (конец XX в. – начало XXI в.).
- Для каких изделий различного назначения с учетом эксплуатационных требований может применяться кремний?
- С учетом требований охраны окружающей среды в составе каких материалов и отрасли применяется кремний?
- Назовите зарубежные заводы по производству кремния и ферросплавов.
- Какие предприятия по производству кремния расположены в России?

Задача

Рассчитать тепловой эффект реакции $\text{Na}_2\text{O} + \text{SiO}_2 = \text{Na}_2\text{SiO}_3$.

Критерии оценивания.

Правильность решения задачи контрольной работы.

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
ПКС-1.1	Демонстрирует знания основных понятий термодинамики и термодинамических моделей применительно к области кремния	Тестирование

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Учебный год 2, Типовые оценочные средства для проведения зачета по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Зачет проводится в форме тестирования по вопросам к зачету

Перечень вопросов к зачету:

1. Основные понятия термодинамики, применительно к области кремния
2. Как объяснить стабильность атома Si с известного расположения нейтронов и протонов в ядре этого элемента на определённых энергетических уровнях?
3. Основные понятия термодинамических моделей
4. Чем объяснить полупроводниковые свойства кремния?
5. Какие основные химические свойства кремния Вы знаете ?
6. Какие кремнийорганические соединения сейчас широко используются в промышленности?
7. Назовите галогенидные соединения кремния
8. Какие природные соединения на основе кремния Вы можете назвать?
9. Что представляет собой «кварцевое стекло»?
10. Какие разновидности силикатного стекла нашли широкое применение в промышленности?

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Зачтено	Не зачтено
Демонстрирует знания основных понятий термодинамики и термодинамических моделей применительно к области кремния	Не демонстрирует знания основных понятий термодинамики и термодинамических моделей применительно к области кремния

7 Основная учебная литература

1. Немчинова Н. В. Физикохимия и карботермия кремния : учебное пособие при подготовке бакалавров по направлению 22.03.02 "Металлургия" / Н. В. Немчинова, 2017. - 287.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-41252.pdf>

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Аморфный кремний и родственные материалы : сб. обзоров / Под ред. Х. Фрицше, 1991. - 542.

2. Физико-химия кремния : методические указания к практическим занятиям / Иркут. гос. техн. ун-т, 2012. - 42.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files/er-1685.pdf>

3. Сиванова Ольга Васильевна. Кремний, его соединения, материалы на их основе : учеб. пособие / Ольга Васильевна Сиванова, 1996. - 60.

4. Кремний и германий [Текст] : сб. ст. / Ред. Э. С. Фалькевич и др. Вып. 1, 1969. - 118.

5. Воронков М. Г. Кремний в живой природе / М. Г. Воронков, И. Г. Кузнецов, 1984. - 157.

6. Румак Николай Владимирович. Система кремний - двуокись кремния в МОП-структурах / Николай Владимирович Румак; АН БССР, Физ.-техн. ин-т, 1986. - 239.

7. Венгин С. И. Технический кремний / С. И Венгин, А. С. Чистяков, 1972. - 206.

8. Барышок В. П. Вездесущий животворный кремний : монография / В. П. Барышок, М. Г. Воронков, 2014. - 275.

9. Немчинова Н. В. Кремний: свойства, получение, применение : учебное пособие / Н. В. Немчинова, В. Э. Клец, 2008. - 271.

[Сайт] – URL: <http://elib.istu.edu/viewer/view.php?file=/files3/er-35851.pdf>

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. Microsoft Windows (XP Prof + Vista Bussines) rus VLK поставка 08_2007
2. Microsoft Office 2003 VLK (поставки 2007 и 2008)

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Экран Projecta SlimScreen настенный
2. Проектор "Epson EB-S18"
3. Ноутбук Dell Inspiron N5110