Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра металлургии черных металлов и химической технологии

УТВЕРЖДАЮ
Директор института металлургии
и материаловедения
_____ А.А. Уманский
подпись
«____» _____ 20___ г.

ПРОГРАММА
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ

Кандидатский экзамен по специальной дисциплине - Металлургия
черных, цветных и редких металлов

2.6.2 «Металлургия черных, цветных и редких металлов»

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2026

Новокузнецк
2026

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: b74f1896a8e5f6d1b42349567b351e7a7b0d4c48
Владелец: Директор ИМиМ Уманский Александр Александрович
Действителен: с 8 июля 2025 г. по 1 октября 2026 г.
Дата и время: 07-05-2026 15:52:37 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цель экзамена по учебной дисциплине

Целью экзамена по учебной дисциплине является оценивание результатов освоения аспирантами учебной дисциплины.

2 Планируемые результаты освоения учебной дисциплины

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на достижение следующих **образовательных результатов**:

Код и наименование ОР3	Планируемые результаты обучения
ОР3: выполняет исследования и разработку современных технологических процессов черной и цветной металлургии	– знать: основные современные методы и технологические процессы при производстве металлов и сплавов.. – уметь: ориентироваться в структуре основных металлургических методов и технологий металлургических процессов, различать основные виды технологических процессов в металлургии..

3 Объем и содержание экзамена по учебной дисциплине

Объем экзамена по учебной дисциплине

Семестр / курс		***ИТОГО***	***7 семестр***
Трудоёмкость	*академ. час.*	***18***	*18*
Лекции, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Курсовая работа / проект, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*		***18***	*18*
в форме практической подготовки		***0***	*0*

Содержание экзамена по учебной дисциплине

Раздел 1 Физико-химические основы производства сталей и сплавов. (Строение расплавов. Основные реакции, протекающие при производстве сталей и сплавов. Термодинамика и кинетика сталеплавильных реакций.);

Раздел 2 Вредные примеси и способы борьбы с ними. (Вредные примеси в стали. Вредные примеси в стали – фосфор, сера, азот,

водород, кислород. Влияние примесей на качество сталей. Источники поступления, физико-химические закономерности их удаления.);

Раздел 3 Основные способы производства сталей. (Структура сталеплавильного производства. Кислородно-конвертерный процесс, электросталеплавильный процесс. Преобразование энергии в сталеплавильных процессах. Особенности протекания основных реакций в процессах производства сталей.);

Раздел 4 Физико-химические основы производства ферросплавов. (Классификация ферросплавных процессов. Основные реакции и особенности процессов. Выбор восстановителя при производстве сплавов. Шлаковый и бесшлаковый процессы. Флюсовый и бесфлюсовый процессы. Непрерывный и периодический процессы.);

Раздел 5 Углеродотермические процессы. (Производство сплавов кремния, высокоуглеродистого феррохрома и ферромарганца, сплавов силикомарганца и ферросиликохрома. Физико-химические основы углеродотермических процессов. Особенности выплавки кремнистых сплавов, углеродистого феррохрома и ферромарганца, силикомарганца и ферросиликохрома.);

Раздел 6 Силикотермические процессы. (Производство средне- и низкоуглеродистого феррохрома и ферромарганца. Физико-химические основы силикотермических процессов. Особенности выплавки средне- и низкоуглеродистого ферромарганца и феррохрома. Производство металлического марганца и металлического хрома. Технология силикотермической плавки металлического марганца. Использование КХО при плавке металлического марганца. Разновидности технологии выплавки металлического хрома.);

Раздел 7 Алюминотермические процессы. (Производство сплавов ферромолибдена и ферротитана. Технология выплавки ферромолибдена, получение молибденового концентрата. Технология выплавки ферротитана.).

4 Форма проведения экзамена по учебной дисциплине, оценочные средства, шкала и критерии оценивания

Экзамен по учебной дисциплине проводится в письменной форме, позволяющей оценить результаты освоения учебной дисциплины.

Оценивание результатов освоения учебной дисциплины осуществляется на основе следующей оценочной шкалы:

Оценивание аспирантов на экзамене

Требования к знаниям	Оценка
Оценка «отлично» выставляется аспиранту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется	отлично

Требования к знаниям	Оценка
с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию образовательных результатов.	
Оценка «хорошо» выставляется аспиранту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения.	хорошо
Оценка «удовлетворительно» выставляется аспиранту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой.	удовлетворительно
Оценка «неудовлетворительно» выставляется аспиранту, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится аспирантам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине.	неудовлетворительно

Вопросы к экзамену по учебной дисциплине приведены в приложении.

5 Учебно-методическое и информационное обеспечение экзамена по учебной дисциплине

а) литература:

1 Афанасьев, В. В. Методология и методы научного исследования : учебник для вузов / В. В. Афанасьев, О. В. Грибкова, Л. И. Уколова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Юрайт, 2024. — 163 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-17663-6. – URL: https://urait.ru/bcode/539084 (дата обращения: 06.05.2026);

2 Поляков, Е. Г. Металлургия редкоземельных металлов : учебное пособие для вузов / Е. Г. Поляков, А. В. Нечаев, А. В. Смирнов. — 2-е изд., стер. — Москва : Юрайт, 2024. — 501 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-12813-0. – URL: https://urait.ru/bcode/543235 (дата обращения: 06.05.2026);

3 Дрещинский, В. А. Методология научных исследований : учебник для вузов / В. А. Дрещинский. — 3-е изд., перераб. и доп. —

Москва : Юрайт, 2024. — 349 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16977-5. – URL: https://urait.ru/bcode/539139 (дата обращения: 06.05.2026);

4 Селетков, С. Г. Методология диссертационного исследования : учебник для вузов / С. Г. Селетков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Юрайт, 2024. — 281 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-16989-8. – URL: https://urait.ru/bcode/532166 (дата обращения: 06.05.2026);

5 Цымбал, В. П. Новые металлургические технологии : учебное пособие для вузов / В. П. Цымбал, П. А. Сеченов, И. А. Рыбенко. — Москва : Юрайт, 2024. — 260 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-15018-6. – URL: https://urait.ru/bcode/544583 (дата обращения: 06.05.2026);

6 Горовая, В. И. Научно-исследовательская работа : учебное пособие для вузов / В. И. Горовая. — Москва : Юрайт, 2024. — 103 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-14688-2. – URL: https://urait.ru/bcode/544055 (дата обращения: 06.05.2026);

7 Еланский, Г. Н. Строение и свойства металлических расплавов : учебное пособие для вузов / Г. Н. Еланский, Д. Г. Еланский. — Москва : Юрайт, 2024. — 212 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-13144-4. – URL: https://urait.ru/bcode/542849 (дата обращения: 06.05.2026);

8 Рейзлин, В. И. Математическое моделирование : учебное пособие для вузов / В. И. Рейзлин. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Юрайт, 2024. — 126 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-08475-7. – URL: https://urait.ru/bcode/537305 (дата обращения: 06.05.2026);

9 Макаров, А. Н. Теплообмен в электродуговых и факельных металлургических печах и энергетических установках : учебное пособие / А. Н. Макаров. – Санкт-Петербург : Лань, 2021. – 384 с. – ISBN 978-5-8114-16 53-0. – URL: https://e.lanbook.com/book/168683 (дата обращения: 06.05.2026);

10 Рыжков, И. Б. Основы научных исследований и изобретательства : учебное пособие для вузов / И. Б. Рыжков. — 5-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-9041-7. – URL: https://e.lanbook.com/book/183756 (дата обращения: 06.05.2026);

11 Рощин, В. Е. Электрометаллургия и металлургия стали : учебник / В.Е. Рощин, А.В. Рощин. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2021. – 576 с. – ISBN 978-5-9729-0630-7. – URL: https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=617668 (дата обращения: 06.05.2026);

12 Шкляр, М. Ф. Основы научных исследований : учебное пособие : [16+] / М. Ф. Шкляр. – 10-е изд. – Москва : Дашков и К°, 2025. – 206 с. : табл. – (Учебные издания для вузов). – ISBN 978-5-394-05747-2. – URL:

https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=720234 (дата обращения: 06.05.2026);

13 Муравьева, И.В. Контроль состава веществ и материалов химическими и физико-химическими методами : учебное пособие / И. В. Муравьева. – Москва : МИСиС, 2021. – 70 с. – ISBN 978-5-907227-46-0. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785907227460.html (дата обращения: 06.05.2026);

14 Верховлюк, А.М. Взаимодействие жидких и твердых фаз в металлургических процессах : монография / А.М. Верховлюк. – Москва : Инфра-Инженерия, 2021. – 184 с. – ISBN 978-5-9729-0712-0. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972907120.html (дата обращения: 06.05.2026);

15 Дашевский, В.Я. Ферросплавы: теория и технология : монография / В. Я. Дашевский . – Москва : Инфра-Инженерия, 2021. – 288 с. – ISBN 978-5-9729-0566-9. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972905669.html (дата обращения: 06.05.2026);

16 Металлургическая теплотехника : учебное пособие / В.И. Лукьяненко, Г.Н. Мартыненко, А.В. Исанова, В.В. Черниченко. – Москва : Инфра-Инженерия, 2021. – 200 с. – ISBN 978-5-9729-0626-0. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972906260.html (дата обращения: 06.05.2026);

17 Рощин, В.Е. Физика пирометаллургических процессов : учебник / Рощин В.Е., Рощин А.В. – Москва : Инфра-Инженерия, 2021. – 304 с. – ISBN 978-5-9729-0701-4. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972907014.html (дата обращения: 06.05.2026);

18 Физическое моделирование технических систем сталеплавильного производства : учебное пособие / С.П. Еронько, Е.В. Ошовская, М.Ю. Ткачев [и др.] . – Москва : Инфра-Инженерия, 2021. – 324 с. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972906994.html (дата обращения: 06.05.2026);

19 Рощин, В.Е. Структуры стальных слитков и дефекты деформированного металла в заготовках : учебное пособие / Рощин В.Е., Рощин А.В. – Москва : Инфра-Инженерия, 2021. – 340 с. – ISBN 978-5-9729-0739-7. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972907397.html (дата обращения: 06.05.2026);

20 Жук, В.Л. Оптимизация энергозатрат в металлургических технологиях : учебное пособие / Жук В.Л., Заика В.И., Тупилко И.В. – Москва : Инфра-Инженерия, 2021. – 212 с. – ISBN 978-5-9729-0730-4. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972907304.html (дата обращения: 06.05.2026);

21 Перспективные металлургические и технологические процессы производства конструкционных материалов : монография / В.И.

Муравьев, П.В. Бахматов, А.В. Фрянов, В.В. Григорьев. – Москва : Инфра-Инженерия, 2021. – 328 с. – ISBN 978-5-9729-0740-3. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972907403.html (дата обращения: 06.05.2026);

22 Верховлюк, А.М. Физическая химия - основа металлургических процессов : учебное пособие / Верховлюк А.М., Верховлюк Г.А. – Москва : Инфра-Инженерия, 2021. – 216 с. – ISBN 978-5-9729-0568-3. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972905683.html (дата обращения: 06.05.2026).

б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 –]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 –]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 –]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 –]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 –]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 –]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 –]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

8 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 –]. – URL: http://eivis.ru. – Режим доступа: по подписке.

в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– 7-Zip;

– Adobe Acrobat Reader;

– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– Р7-Офис.

г) базы данных и информационно-справочные системы:

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 –]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

6 Материально-техническое обеспечение экзамена по учебной дисциплине

Материально-техническое обеспечение экзамена включает учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций, промежуточной аттестации, помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Программа промежуточной аттестации по учебной дисциплине составлена в соответствии с **федеральными государственными требованиями** к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов, утвержденными Приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951.

Составитель(и):

доцент Фейлер Сергей Владимирович (кафедра металлургии черных металлов и химической технологии).

Программа промежуточной аттестации рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Согласована:

Начальник сталеплавильного
отдела Управления по технологии
производства рельсового проката
Технической дирекции по производству
железнодорожного проката
филиала «ЗСМК» ПАО «ЕВРАЗ», к.т.н.  Д.В. Бойков

должность, степень, звание специалиста в соответствующей области науки — подпись — инициалы, фамилия

Приложение

Вопросы к экзамену по учебной дисциплине для промежуточной аттестации

1 Строение металлических расплавов;
2 Теории строения металлургических шлаков;
3 Физические и химические свойства шлаков;
4 Реакции окисления и восстановления;
5 Растворимость газообразующих примесей;
6 Распределение примесей между металлом и шлаком;
7 Роль атмосферы в процессах производства сталей;
8 Основные реакции сталеплавильного производства;
9 Азот в стали и методы его удаления;
10 Водород в стали и методы его удаления;
11 Кислород в стали и способы раскисления;
12 Сера в стали и десульфурация металла;
13 Фосфор в стали и дефосфорация металла;
14 Легирование стали;
15 Классификация неметаллических включений;
16 Удаление неметаллических включений;
17 Оценка загрязненности стали;
18 Основные сталеплавильные процессы и их особенности;
19 Основы конвертерного производства сталей;
20 Физико-химические основы производства чугуна;
21 Технологические особенности выплавки стали в сверхмощных дуговых сталеплавильных печах;
22 Закономерности выплавки высокохромистых расплавов;
23 Моделирование высокотемпературных взаимодействий в карбидообразующих системах в условиях плазменного потока;
24 Требования к углеродистым восстановителям;
25 Особенности протекания основных металлургических реакций в процессах производства стали;
26 Классификация ферросплавных процессов по виду используемого агрегата;
27 Непрерывные ферросплавные процессы;
28 Периодические ферросплавные процессы;
29 Классификация ферросплавных процессов в зависимости от вида восстановителя;
30 Технологические особенности внепечной обработки стали.