

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
Физико-технологический институт



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке
А.В. Германенко
2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ТЕХНОЛОГИЯ РЕДКИХ, РАССЕЯННЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ
ЭЛЕМЕНТОВ

Перечень сведений о программе аспирантуры	Учетные данные
Программа аспирантуры Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов	Код ПА 2.6.8.
Группа специальностей Химические технологии, науки о материалах, металлургия	Код 2.6.
Федеральные государственные требования (ФГТ)	Приказ Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20 октября 2021 г. № 951
Самостоятельно утвержденные требования (СУТ)	Приказ «О введении в действие «Требований к разработке и реализации программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре УрФУ» №315/03 от 31.03.2022

Екатеринбург
2023 г.

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№	ФИО	Ученая степень, ученое звание	Должность	Структурное подразделение
1	Рычков Владимир Николаевич	Д.х.н.	Зав. кафедрой	Кафедра редких металлов и наноматериалов

Рекомендовано:

Учебно-методическим советом Физико-технологического института

Протокол № 7 от 10.03.2023 г.

Председатель УМС института



С. В. Никифоров

Согласовано:

Начальник ОПНПК



Е.А. Бутрина

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ДИСЦИПЛИНЫ «ТЕХНОЛОГИЯ РЕДКИХ, РАССЕЯННЫХ И РАДИОАКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ»

1.1. Аннотация содержания дисциплины

Дисциплина «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов» относится к базовой части программы аспирантуры.

Цель дисциплины: теоретическая и научная подготовка аспиранта по общенаучным, профессиональным и специальным дисциплинам научной специальности 2.6.8 – «Технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов», в частности, формирование знаний, умений и навыков, необходимых для решения задач в области химической технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов, физико-химических основ их получения, экологических аспектов и охраны окружающей среды.

Изучение дисциплины предполагает выполнение следующей задачи:

- формирование знаний, необходимых для решения задач, связанных с разработкой новых и совершенствованием действующих технологий редких, рассеянных и радиоактивных элементов.

1.2. Язык реализации дисциплины – русский.

1.3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

Знать:

- главные направления исследований и новейших технологических решений в области технологии редких, рассеянных и радиоактивных элементов;

- основные методы, используемые при аттестации материалов, созданных на основе редких и рассеянных элементов;

- основные законы и положения термодинамики гетерогенных равновесий, физико-химического анализа и физической химии.

Уметь:

- рационально формировать комплекс физико-химических и химических методов, позволяющих наиболее полно и целесообразно извлекать редкие, рассеянные и радиоактивные элементы из рудного и техногенного сырья, в том числе технологии подземного и кучного выщелачивания, а также получения функциональных инновационных материалов на основе редких, рассеянных и радиоактивных элементов;

- творчески применять главные положения стратегии синтеза соединений для создания инновационных технологий.

Владеть (демонстрировать навыки и опыт деятельности):

- методологией синтеза технологий получения и физико-химического исследования редких, рассеянных и радиоактивных элементов и материалов на их основе, в том числе, приемами создания инновационных технологий;

- методами обработки результатов эксперимента;

- навыками работы с научной литературой с целью определения направления исследования и решения спецзадач.

1.4. Объем дисциплины

№ п/п	Виды учебной работы	Объем дисциплины		Распределение объема дисциплины в 6 семестре (час.)
		Всего часов	В т.ч. контактная работа (час.)	
1.	Аудиторные занятия	4	4	4
2.	Лекции	4	4	4
3.	Самостоятельная работа	104	0,6	104

	аспирантов, включая все виды текущей аттестации			
4.	Промежуточная аттестация	104	1	Экзамен
5.	Общий объем по учебному плану, час.	108	6,93	108
6.	Общий объем по учебному плану, з.е.	3		3

2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины	Содержание
P1	Применение редких, рассеянных и радиоактивных элементов. Вопросы экономики.	Применение редких, рассеянных и радиоактивных элементов: металлы, оксиды, соединения. Использование редких элементов в инновационной технологии энергетике. Производство и потребление редких, рассеянных и радиоактивных элементов.
P2	Общая характеристика редких, рассеянных и радиоактивных элементов. Физические и химические свойства редких металлов и их соединений.	Общая характеристика редких, рассеянных и радиоактивных элементов. Историческая справка. Физические и химические свойства редких металлов. Химические свойства соединений редких, рассеянных и радиоактивных элементов, имеющие технологическое значение.
P3	Редкие, рассеянные и радиоактивные элементы в природе: минералы, руды, месторождения. Обогащение руд	Основные черты геохимии редких и рассеянных элементов. Распространенность в природе. Геохимическая классификация. Классификация руд и металлов. Минералы и месторождения редких и рассеянных элементов. Обогащение руд редких металлов: гравитационные, электромагнитные, электростатические и флотационные способы. Схемы обогащения.
P4	Вскрытие концентратов редких металлов. Комплексные схемы переработки руд, содержащих редкие, рассеянные и радиоактивные элементы	Методы получения оксидов, нитридов, карбидов, хлоридов, фторидов и др. соединений урана, тория, редких и рассеянных элементов. Физико-химические основы методов очистки урана и тория после вскрытия рудного материала. Выщелачивание концентратов редких элементов. Подземное выщелачивание. Вскрытие концентратов редких металлов способами спекания/сплавления. Хлорирование как способ переработки редкометалльных руд. Переработка вторичного сырья и техногенных отходов, содержащих редких и рассеянные элементы.
P5	Технологические схемы получения соединений редких, рассеянных и радиоактивных	Технологические схемы получения соединений лития, рубидия и цезия. Технологические схемы получения соединений бериллия. Технологические схемы получения соединений циркония и гафния. Технологические схемы получения соединений урана и тория.

	элементов	
P6	Технологические схемы разделения и аффинажа соединений редких и радиоактивных металлов	Аффинаж соединений урана. Разделение редкоземельных элементов. Технологические схемы разделения циркония и гафния. Способы разделения ниобия и тантала.
P7	Методы получения редких и радиоактивных металлов	Металлотермические методы получения. Электролитическое получение. Плазменные методы получения редких металлов. Получение сплавов. Получение компактных металлов.
P8	Способы рафинирования редких и радиоактивных металлов	Вакуумно-дуговые способы рафинирования. Электролитические методы рафинирования. Иодидное рафинирование.

3. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ, САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

3.1. Практические занятия

Не предусмотрено.

3.2. Примерная тематика самостоятельной работы

3.2.1. Примерный перечень тем рефератов

Не предусмотрено.

3.2.2. Примерная тематика индивидуальных или групповых проектов

Не предусмотрено.

4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (Приложение 1)

4.1. Критерии оценивания результатов контрольно-оценочных мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине

Применяются утвержденные в Институтах новых материалов и технологий и физико-технологическом критерии оценивания достижений аспирантов по каждому контрольно-оценочному мероприятию. Система критериев оценивания опирается на три уровня освоения компонентов компетенций: пороговый, повышенный, высокий.

Компоненты компетенций	Признаки уровня освоения компонентов компетенций		
	пороговый	повышенный	высокий
Знания	Аспирант демонстрирует знание-знакомство, знание-копию: узнает объекты, явления и понятия, находит в них различия, проявляет знание источников получения информации, может осуществлять самостоятельно репродуктивные действия над знаниями путем самостоятельного воспроизведения и применения информации.	Аспирант демонстрирует аналитические знания: уверенно воспроизводит и понимает полученные знания, относит их к той или иной классификационной группе, самостоятельно систематизирует их, устанавливает взаимосвязи между ними, продуктивно применяет в знакомых ситуациях.	Аспирант может самостоятельно извлекать новые знания из окружающего мира, творчески их использовать для принятия решений в новых и нестандартных ситуациях.
Умения	Аспирант умеет корректно	Аспирант умеет	Аспирант умеет

	выполнять предписанные действия по инструкции, алгоритму в известной ситуации, самостоятельно выполняет действия по решению типовых задач, требующих выбора из числа известных методов, в предсказуемо изменяющейся ситуации	самостоятельно выполнять действия (приемы, операции) по решению нестандартных задач, требующих выбора на основе комбинации известных методов, в непредсказуемо изменяющейся ситуации	самостоятельно выполнять действия, связанные с решением исследовательских задач, демонстрирует творческое использование умений (технологий)
Личностные качества	Аспирант имеет низкую мотивацию учебной деятельности, проявляет безразличное, безответственное отношение к учебе, порученному делу	Аспирант имеет выраженную мотивацию учебной деятельности, демонстрирует позитивное отношение к обучению и будущей трудовой деятельности, проявляет активность.	Аспирант имеет развитую мотивацию учебной и трудовой деятельности, проявляет настойчивость и увлеченность, трудолюбие, самостоятельность, творческий подход.

4.2. Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации

4.2.1. Перечень примерных вопросов для зачета

Не предусмотрено.

4.2.2. Перечень примерных вопросов для экзамена

1. Определение понятия «Редкий элемент». Основные области применения редких металлов.
2. Электролитические способы получения бериллийсодержащих сплавов.
3. Общая характеристика редких металлов I группы периодической системы элементов.
4. Получение бериллия электролизом расплавов солей.
5. Литий. Соединения лития. Применение лития и его соединений.
6. Получение металлического бериллия методами металлотермии.
7. Сырьевые источники и минералы лития. Обогащение литиевых руд.
8. Получение оксида бериллия.
9. Сернокислотный способ переработки литиевых концентратов.
10. Щелочной способ переработки сподумена.
11. Физические и химические свойства бериллия.
12. Получение металлического лития.
13. Минералы бериллия.
14. Металлотермическое восстановление в производстве редких щелочных металлов.
15. Электролиз расплавленных солей как способ производства редких щелочных металлов.
16. Вакуумная дистилляция медно-кальциевых сплавов.
17. Основные области применения рубидия, цезия и их соединений.
18. Сырьевые источники рубидия и цезия.
19. Сульфатный способ вскрытия бериллового концентрата.
20. Извлечение рубидия и цезия из лепидолитовых и сподуменовых концентратов.
21. Производство металлических рубидия и цезия.
22. Переработка поллуцита кислотным методом.
23. Получение фторида и хлорида бериллия.
24. Методы разделения рубидия и цезия.
25. Методы рафинирования бериллия.
26. Способы рафинирования металлического лития.
27. Получение бериллия высокой чистоты.
28. Физические и химические свойства лития.
29. Оксид и гидроксид лития. Способы получения и химические свойства.
30. Фторидный способ вскрытия бериллового концентрата.

31. Соли лития. Их использование в технологии.
32. Оксиды и гидроксиды рубидия и цезия. Способы получения и химические свойства.
33. Получение металлического бериллия.
34. Соли рубидия и цезия, использование в технологии.
35. Сырьевые источники бериллия. Методы обогащения бериллийсодержащих руд.
36. Общая характеристика редкоземельных элементов. Историческая справка.
37. Физические и химические свойства РЗЭ.
38. Применение редких металлов в технике.
39. Использование редких металлов в инновационной энергетике.
40. Оксиды РЗЭ как выгорающие добавки к ядерному топливу.
41. Общая характеристика химических соединений РЗЭ.
42. Физические и химические свойства редкоземельных металлов.
43. Оксиды и гидроксиды РЗЭ.
44. Карбонаты, сульфаты, нитраты, оксалаты РЗЭ.
44. Хлориды и фториды РЗМ.
46. РЗЭ в природе. Минералы РЗЭ.
47. Ионные руды.
48. Получение концентратов редкоземельных элементов методами обогащения.
49. Переработка лопарита. Вскрытие лопарита хлорированием в расплаве.
50. Переработка лопарита. Переработка плава хлоридов.
51. Получение карбонатов РЗЭ. Синтез полиритов.
52. Переработка апатита. Азотнокислая схема. Получение концентратов РЗЭ, стронция и фтора.
53. Разделение РЗЭ методами селективного окисления-восстановления.
54. Выделение церия. Методы отделения европия от суммы РЗЭ.
55. Разделение РЗЭ методами ионного обмена. Элюэнтная хроматография.
56. Разделение РЗЭ методами ионного обмена. Фронтальная хроматография.
57. Разделение РЗЭ методами ионного обмена. Вытеснительная хроматография.
58. Особенности аппаратного оформления хроматографического разделения РЗМ.
59. Разделение РЗЭ методами экстракции. Используемые экстрагенты и их характеристики.
60. Применение высаливателей в технологии разделения РЗМ.
61. Особенности аппаратного оформления экстракционного разделения РЗЭ.
62. Схемы полного разделения РЗЭ.
63. Производство соединений РЗЭ высокой чистоты. Оксалатная, очистка.
64. Производство соединений РЗЭ высокой чистоты. Экстракционная очистка.
65. Производство соединений РЗЭ высокой чистоты. Химико-сорбционная очистка.
66. Получение фторидов РЗЭ.
67. Получение хлоридов РЗМ.
68. Цирконий и гафний. Общие сведения. История открытия.
69. Изотопы циркония и гафния.
70. Физические свойства циркония и гафния.
71. Механические свойства циркония.
72. Коррозионные свойства циркония.
73. Химические свойства циркония и гафния.
74. Взаимодействие циркония и гафния с кислородом, азотом, водородом, углеродом, кислотами, щелочами, металлами.
75. Оксидные, гидроксидные соединения.
76. Сложные оксиды. Циркон и гафнон.
77. Соли кислородных кислот: сульфаты, карбонаты, нитраты, фосфаты.
78. Галогениды циркония и гафния.
79. Применение циркония и гафния: металлы, оксиды, соединения.
80. Цирконий и его сплавы как конструкционные материалы атомных реакторов.

81. Вопросы экономики. Производство и потребление циркония и гафния.
82. Цирконий и гафний в природе.
83. Промышленные минералы циркония и гафния.
84. Важнейшие месторождения и запасы циркония.
85. Обогащение циркониевых руд. Схемы обогащения .
86. Очистка бадделитовых концентратов без разложения.
87. Обжигово-магнитная и обжигово-кислотная схема переработки бадделеита.
88. Прямые способы переработки циркона.
89. Вскрытие циркона спеканием с мелом.
90. Вскрытие циркона сплавлением концентратов с содой.
91. Вскрытие циркона сплавлением концентратов с кремнефторидом калия.
92. Хлоридная технология вскрытия цирконийсодержащих минералов.
93. Кислотное выщелачивание известковых и содовых продуктов разложения.
94. Выщелачивание фторидных спеков после вскрытия циркона сплавлением концентратов с кремнефторидом калия.
95. Выделение циркония из продуктов хлорирования.
96. Выделение циркония из растворов после выщелачивания в виде оксихлорида.
97. Выделение циркония из растворов после выщелачивания в виде кристаллогидрата сульфата.
95. Выделение циркония из растворов после выщелачивания в виде основного сульфата.
99. Выделение циркония из растворов после выщелачивания в виде технических кристаллов фторцирконата.
100. Разделение циркония и гафния методом дробной перекристаллизации.
101. Разделение циркония и гафния методом экстракции.
102. Разделение циркония и гафния методом ректификации.
103. Методы получения тория, циркония и гафния.
104. Металлотермические методы получения металлов. Общие положения.
105. Восстановление оксидов тория, РЗМ, циркония и гафния. Кальциетермия.
106. Восстановление оксидов РЗМ. Лантанотермия.
107. Восстановление двойных фторидов тория, циркония и гафния. Натриетермия.
108. Восстановление фторидов тория, РЗМ, циркония и гафния. Кальциетермия.
109. Восстановление хлоридов циркония и гафния. Магниетермия.
110. Электролитическое получение тория.
111. Электролитическое получение РЗМ и мишметалла.
112. Электролиз циркония из хлоридно-фторидных расплавов. Аппаратура.
113. Электролиз циркония из хлоридно-фторидных расплавов. Выделение металла из катодного продукта.
114. Электролиз циркония из хлоридно-фторидных расплавов. Улавливание, очистка анодных газов.
115. Электролитическое получение гафния из хлоридно-фторидных расплавов.
116. Электролитическое получение гафния из хлоридных расплавов.
117. Электролитическое рафинирование РЗЭ, тория, циркония и гафния.
118. Йодидное рафинирование тория.
119. Йодидное рафинирование циркония и гафния.
120. Вакуумная дистилляция РЗМ.
121. Получение компактных металлов методом порошковой металлургии.
122. Вакуумная плавка РЗМ.
123. Электронно-дуговая плавка тория, циркония и гафния.
124. Электронно-лучевая плавка циркония.
125. Электронно-лучевая плавка гафния.
126. Промышленные сырьевые источники ванадия, принципы их переработки.
127. Химизм процессов получения ванадийсодержащего чугуна и деванадация.
128. Переработка конвертерных шлаков путем окислительного обжига с селвинитом.

129. Переработка конвертерных шлаков путем окислительного обжига с содой.
130. Способы разделения ниобия и тантала.
131. Переработка конвертерных шлаков путем окислительного обжига с известняком.
132. Промышленные сырьевые источники ниобия и тантала. Основные минералы, руды и месторождения.
133. Переработка колумбит-танталитового концентрата сплавлением с NaOH.
134. Переработка колумбит-танталитового концентрата сплавлением с KOH.
135. Переработка колумбит-танталитового концентрата с помощью плавиковой кислоты
136. Металлотермические способы получения VB-металлов.
137. Сернокислотная схема переработка колумбит-танталитового концентрата.
138. Ректификационное разделение ниобия и тантала.
139. Переработка лопаритового концентрата хлорированием в расплаве.
140. Способы получения феррованадия и феррониобия.
141. Производство оксидов ниобия и тантала.
142. Обогащение титаномагнетитов.
143. Переработка карнититовых и туюмунитовых руд.
144. Вакуумные методы в технологии рафинирования VB-металлов.
145. Сырьевые источники ниобия в России и мире.
146. Получение ванадия, ниобия и тантала методами порошковой металлургии.
147. Особенности рафинирования VB-металлов вакуумными методами.
148. Оксиды ванадия. Ванадаты. Химические свойства. Ванадиевые бронзы.
149. Иодидное рафинирование VB-металлов.
150. Электрохимические способы получения VB-металлов.
151. Современное состояние сырьевого рынка урана.
152. Сырьевые источники тория.
153. Промышленные методы получения урана.
154. Электролитическое рафинирование урана и тория.
155. Сплавы урана. Легирование и литьё урана.
156. Поведение урана в геохимических процессах образования и метаморфизма горных пород.
157. Тенденции и конъюнктура развития производства и потребления урана и тория.
158. Кислотное разложение руд и концентратов урана и тория.
159. Вскрытие углеродсодержащих рудных материалов хлорированием.
160. Автоклавное выщелачивание урана из рудных материалов.
161. Соединения урана и тория, используемые для их очистки осадительными методами.
162. Экстракционные процессы в технологии урана и тория.
164. Электролитическое выделение диоксида урана из расплавленных солевых смесей.
165. Классификация и характеристики способов получения тетрафторида урана.
166. Перспективные виды ядерного топлива.
167. Механическая обработка металлического урана.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Рекомендуемая литература

1. Закгейм А. Ю. Общая химическая технология. Введение в моделирование химико-технологических процессов. Учебное пособие. М.: Логос, 2012. - 304 с.
2. Лебедев В.М. Технология ядерных материалов. Записки технолога. М.: Машиностроение, 2011.
3. Рыженков Д.И., Лёвина В.В., Дзидзигуриди Э.Л. Наноматериалы. Учебное пособие. М.: Бином. 2010. 365 с.
4. Толстов Е.А., Толстов Д.Е. Физико-химические геотехнологии освоения месторождений урана и золота в Кызылкумском районе. М.: Геоинформцентр, 2002.
5. Тураев Н.С., Жерин И.И., Химия и технология урана. М.: Издательский дом "Руда и металлы", 2006.

6. Бойко В.И., Власов В.А., Жерин И.И., Маслов А.А., Шаманин И.В., Торий в ядерном топливном цикле, М.: Издательский дом "Руда и металлы", 2006.
7. Жиганов А.М., Гузеев В.В., Андреев Г.Г. Технология диоксида урана для керамического ядерного горючего. Томск: SST, 2002.
8. Лебедев В.М. Ядерный топливный цикл. М.: Энергоатомиздат, 2005.
9. Скороваров Д.И., Смирнов Ю.В. и др. Гидрометаллургия переработки уранорудного сырья. М.: Атомиздат, 1979.
10. Громов Б.В. Введение в химическую технологию урана. М.: Атомиздат, 1978.
11. Сокурский Ю.Н., Стерлин Я.М., Федорченко В.А. Уран и его сплавы. М.: Атомиздат, 1971.
12. Галкин Н.П., Судариков Б.Н. и др. Технология урана. М.: Атомиздат, 1964.
13. Стерлин Я.М. Metallургия урана. М.: Госатомиздат, 1962.
14. Майоров А.А., Браверман И.Б. Технология получения порошков керамической двуокиси урана. М.: Энергоатомиздат, 1985.
15. Галкин Н.П., Майоров А.А. и др. Химия и технология фтористых соединений урана. М.: Госатомиздат, 1961.
16. Галкин Н.П., Майоров А.А., Верятин У.Д. Технология переработки концентратов урана. М.: Атомиздат, 1960.
17. Зеликман А.Н., Меерсон Г.А. Metallургия редкоземельных металлов, тория, урана. - М.: Metallургииздат, 1973.
18. Каплан Г.Е. Торий, его сырьевые ресурсы, химия и технология. - М.: Атомиздат, 1964.
19. Коровин С.С. Редкие и рассеянные элементы. Химия технология, М.: МИСИС, т.1, 1996; т.2, 1999.
20. Коровин С.С., Дробот Д.В., Федоров П.И., Редкие и рассеянные элементы. Химия технология, Т. 1, М.: МИСИС, 1996.
21. Коровин С.С., Дробот Д.В., Федоров П.И., Редкие и рассеянные элементы. Химия технология, Т. 2, М.: МИСИС, 1999.
22. Зеликман А.Н., Коршунов Б. Г. Metallургия редких металлов. – изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Metallургия, 1991.
23. Ягодин Г.А., Синегрибова О. А., Чекмарев А. Н. Технология редких металлов в атомной технике. – М.: Атомиздат, 1974.
24. Плюшев В.Е., Степин Б.Д. Химия и технология соединений лития, рубидия и цезия. – М.: Химия, 1970.
25. Остроушко Ю.И. и др. Литий. Химия и технология. – М.: Атомиздат, 1960.
26. Коленкова М.А., Крейн О.Е. Metallургия рассеянных и легких редких металлов. – М.: Metallургия, 1977.
27. Киффер Р., Браун Х. Ванадий, ниобий, тантал: Пер. с нем. – М.: metallургия, 1968.
28. Зеликман А. Н. и др. Ниобий и тантал. – М.: Metallургия, 1990
29. Тугоплавкие металлы, их сплавы и соединения. Справочник, т.3. // Никерова Л.Н., Таужнянская З. А., Дорохина Л. И. и др. - М.: ФГУП «ЦНИИЭИцветмет», 2001.
30. Барышников Н.В., Гегер В.Е. и др. Metallургия циркония и гафния. М.: Metallургия, 1979.
31. Михайличенко А.И., Михлин Е.Б., Патрикеев Ю.Б. Редкоземельные металлы. М.: Metallургия, 1987.
32. Спеддинг Ф.Х., Даан А.Х. Редкоземельные металлы. М.: Metallургия, 1964.
33. Metallургия циркония. Пер. с английского по ред. Г.А. Меерсона. М.: ИЛ, 1959.
34. Вольдман Г.М., Зеликман А.Н. Теория гидрометаллургических процессов. Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Интермет Инжиниринг, 2003. – 464 с.
35. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. Учебник для вузов. – 10-е изд., стереотипное. – М.: ТИД «Альянс», 2004. – 757 с.
36. Карапетьянц М.Х. Введение в теорию химических процессов. М.: Высшая школа, 1981. 333 с.
37. Основы жидкостной экстракции / Под ред. Г.А. Ягодина, М.: Химия, 1981. 400 с.
38. Девятых Г.Г. Глубокая очистка веществ / Г.Г. Девятых, Ю.Е. Еллиев. -М.: Высшая школа, 1990. - 192 с.
39. Хамский Е.В. Кристаллизация в химической промышленности. М.: Химия, 1979, 344 с.
40. Теория гидрометаллургических процессов. Учеб. пособие для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Интермет Инжиниринг, 2003. – 464 с.

5.2. Методические разработки

Не используются.

5.3. Программное обеспечение

Microsoft office (Word, Excel, Power point)

Adobe Reader

Браузер Internet Explorer

Пакет программ для научных исследований MATCAD.

5.4. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

1. ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>;
2. Web of Science: <http://apps.webofknowledge.com>;
3. Scopus: <http://www.scopus.com>;
4. Reaxys: <http://reaxys.com>;
5. Поисковая система EBSCO Discovery Service <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=141>;
6. Федеральный институт промышленной собственности <http://www1.fips.ru>;
7. Интеллектуальная поисковая система Нигма.РФ . режим доступа: <http://www.nigma.ru>.

5.5. Электронные образовательные ресурсы

1. Зональная научная библиотека <http://lib.urfu.ru>;
2. Каталоги библиотеки <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=76>;
3. Электронный каталог <http://opac.urfu.ru>;
4. Электронно-библиотечные системы <http://lib.urfu.ru/mod/resource/view.php?id=2330>;
5. Электронные ресурсы свободного доступа <http://lib.urfu.ru/course/view.php?id=75>;
6. Электронные ресурсы по подписке <http://lib.urfu.ru/mod/data/view.php?id=1379>.

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием

Уральский федеральный университет имеет специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

Уральский федеральный университет имеет материально-техническое обеспечение, необходимое для реализации программы аспирантуры, обеспечения дисциплин (модулей), научно-исследовательской работы и практик, в соответствии с требованиями к материально-техническому и учебно-методическому обеспечению направленности программы.