



Государственное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ В АТОМНОЙ ТЕХНИКЕ

Рабочая программа для направления 240600 «Химическая технология материалов современной энергетики»
Специальности 240601 «Химическая технология материалов современной энергетики»

Институт: физико-технический, ФТИ.

Обеспечивающая кафедра: ХТРЭ - «Химическая технология редких, рассеянных и радиоактивных элементов».

Курс – пятый.

Семестр – десятый.

Учебный план набора 2006 года.

Распределение учебного времени

Лекции	88 часов (ауд.)
Практические занятия	8 часов (ауд.)
Зачёт	4 часа (ауд.)
Экзамен	6 часов (ауд.)
Консультации	6 часов (ауд.)
Всего аудиторных занятий	112 часов
Самостоятельная (внеаудиторная) работа	48 часа
Общая трудоемкость	160 часов
Экзамен в 10 семестре	
Зачёт в 10 семестре	

2011 год



ТЕКУЩИЙ И ИТоговый контроль результатов изучения дисциплины

1. ТЕКУЩИЙ контроль

Показателями регулярной работы и усвоения содержания дисциплины являются регулярное посещение аудиторных занятий, выполнение в срок индивидуальных заданий и сдача теоретических коллоквиумов.

Последовательность усвоения содержания дисциплины расписана в календарном плане дисциплины (выдается каждому студенту).

1.2 КАЛЕНДАРНЫЙ ПЛАН

дисциплины «Химическая технология редких металлов в атомной энергетике»

Весовой коэффициент дисциплины в учебном плане семестра	0,1852
Точки рубежного контроля текущего рейтинга	5,9,14 недели
Максимальный рейтинг текущего контроля	250,540,800 баллов
Максимальный рейтинг итогового контроля	1000 баллов
Суммарный максимальный рейтинг дисциплины	185,2 балла

	Вид занятий	Недели семестра															
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Лекционные разделы																
1.	Введение									+							
2.	Технология золота и серебра									+	+						
3.	Технология литья										+	+					
4.	Технология бериллия											+					
5.	Технология РЗЭ											+	+				
6.	Технология титана												+	+			
7.	Технология циркония и гафния													+	+		
8.	Технологии ниобия и тантала															+	+
	Практические занятия										+	+		+			+
	Коллоквиумы																
	№1											+					
	№2													+			
	№3															+	
	Срок сдачи домашнего задания																
	№1											+					
	№2												+				
	№3													+			
	№4															+	
	Максимальный рейтинг по точкам контроля												290			720	

При подсчете суммы баллов рубежного контроля (5, 9, 14 недели) суммируются баллы за посещение аудиторных занятий (5 баллов за 1 час), баллы



за выполненные в срок индивидуальные задания (указаны в каждом задании) и баллы за контрольные работы.

Сроки сдачи индивидуальных заданий и количество баллов за них (Приложение 1):

ДЗ № 1: 20 баллов;

ДЗ № 2: 60 баллов;

ДЗ № 3: 50 баллов;

ДЗ № 4: 50 баллов.

Выполнение индивидуального задания позднее установленного срока влечет снижение баллов на 10 за одну неделю после срока.

Сроки проведения теоретических коллоквиумов и количество баллов за них:

КР № 1: 11 неделя;

КР № 2: 13 неделя;

КР № 3: 15 неделя.

Отличной оценки заслуживает контрольная работа при полном освещении темы. Отсутствие какого-либо раздела темы или недостаточное их освещение ведет к снижению оценки.

Оценки за контрольные работы переводятся в баллы рейтинговой системы:

Отлично – 90 баллов.

Хорошо – 70 баллов.

Удовлетворительно – 60 баллов.

2 Программа самостоятельной познавательной деятельности

Программа самостоятельной познавательной деятельности студентов по дисциплине предусматривает:

- выполнение четырех индивидуальных заданий – 10 часов;
- подготовку к трем коллоквиумам – 27 часов;
- подготовка к экзамену – 11 часов.

Содержание 45 вариантов для каждого из четырех индивидуальных заданий представлено в Приложении 1. Для каждого задания определен срок его выполнения и величина его коэффициента в баллах.

Для подготовки к контрольным работам сформулированы темы (Приложение 2). Содержание каждой темы должно быть изложено в последовательности: физико-химические основы процесса, аппаратурно-технологическая схема, технологические режимы процесса.

3 ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. П.С. Киндяков, Б.Г. Коршунов, П.Н. Федоров, И.П. Кисляков (под ред. К.А. Большакова). Химия и технология редких и рассеянных элементов / М.: Высшая школа, 1976.
2. А.Н. Зеликман, Г.А. Меерсон. Металлургия редких металлов / М.: Металлургия, 1973.
3. А.Г. Бабкин, В.Г. Майоров, А.И. Николаев. Экстракция ниобия, тантала и других элементов из фторидных растворов / Л.: Наука, 1988.
4. Е.А. Казачков. Расчеты по теории металлургических процессов / М.: Металлургия, 1988.
5. Г.А. Ягодин, О.А. Синегрибова, А.М. Чекмарев. Технология редких металлов в атомной технике / М.: Атомиздат, 1974.
6. И.Н. Масленицкий, Л.В. Чугаев, В.Ф. Борбат (под ред. Л.В. Чугаева). Металлургия благородных металлов. - М.: Металлургия, 1987.



7. Ю.А. Котляр, М.А. Меретуков, Л.С. Стрижко. Металлургия благородных металлов. Учебник в двух книгах, М: МИСИС, Издательский дом «Руда и металлы», 2005.
8. М.Н. Алкацев . Процессы цементации в цветной металлургии, М.: Металлургия , 1981.
9. В.А. Бочаров, В.А. Игнаткина. Технология обогащения золотосодержащих руд и россыпей. Курс лекций. М.: Издательство «Учеба», 2003.
10. А.П. Надольский. Расчет процессов и аппаратов производства тугоплавких металлов / М.: Металлургия, 1980.
11. А.А. Маслов, Р.В. Оствальд. Обезмеживание медно-золотых концентратов способом сульфатизации. Указания к выполнению лабораторных работ по спец.технологии/ Томск, ТПУ, 2003.
12. А.А. Маслов, Р.В. Оствальд. Химическая технология золота и серебра. конспект лекций/ Томск, ТПУ, 2009.
13. А.А. Маслов, Р.В. Оствальд, В.В. Шагалов. Химическая технология золота и серебра. Электронный учебник/ Томск, ТПУ, 2009.
14. А.А. Маслов, Р.В. Оствальд. Химическая технология золота и серебра. Сборник задач и упражнений. Томск, ТПУ, 2009.



ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ
по дисциплине «Химическая технология тория, редких и рассеянных элементов»

ЗАДАНИЕ 1

Рассчитать какое количество металла выделится на катоде при электролизе раствора или расплава соли силой протекающего тока А за время минут.

Исходные данные:

Вариант	Соль	Ток, А	Время, мин.
1.	NiSO ₄	1,5	8
2.	NiSO ₄	1,6	10
3.	NiSO ₄	1,7	12
4.	NiSO ₄	1,8	13
5.	CdSO ₄	1,9	15
6.	CdSO ₄	2,0	16
7.	CdSO ₄	2,1	18
8.	CdSO ₄	2,2	19
9.	ZnSO ₄	2,3	21
10.	ZnSO ₄	2,4	23
11.	ZnSO ₄	2,5	24
12.	ZnSO ₄	2,6	26
13.	Cr ₂ (SO ₄) ₃	2,7	30
14.	Cr ₂ (SO ₄) ₃	2,8	32
15.	Cr ₂ (SO ₄) ₃	2,9	31
16.	Cr ₂ (SO ₄) ₃	3,0	29
17.	Bi(NO ₃) ₃	3,1	28
18.	Bi(NO ₃) ₃	3,2	27
19.	Bi(NO ₃) ₃	3,3	25
20.	Bi(NO ₃) ₃	3,4	22
21.	CuSO ₄	3,5	18
22.	CuSO ₄	3,6	17
23.	CuSO ₄	3,7	14
24.	Hg ₂ (NO ₃) ₂	2,0	35
25.	Hg ₂ (NO ₃) ₂	2,4	36
26.	Hg ₂ (NO ₃) ₃	2,8	37
27.	Hg ₂ (NO ₃) ₃	3,2	38
28.	Fe ₂ (SO ₄) ₃	3,3	13
29.	Fe ₂ (SO ₄) ₃	3,4	15
30.	Fe ₂ (SO ₄) ₃	3,0	17
31.	Fe ₂ (SO ₄) ₃	3,1	18
32.	CoSO ₄	3,9	21
33.	CoSO ₄	4,1	25
34.	CoSO ₄	4,0	28



35.	CoSO ₄	4,3	29
36.	Ce(NO ₃) ₃	3,9	30
37.	Ce(NO ₃) ₃	3,6	31
38.	Ce(NO ₃) ₃	3,2	43
39.	Ce(NO ₃) ₃	3,3	40
40.	Eu(NO ₃) ₃	1,8	38
41.	Eu(NO ₃) ₃	1,9	36
42.	Eu(NO ₃) ₃	2,1	34
43.	Eu(NO ₃) ₃	2,3	32
44.	Sc(NO ₃) ₃	2,6	17
45.	Sc(NO ₃) ₃	2,9	24.

Срок сдачи домашнего задания 1 - 3 неделя.

Рейтинг домашнего задания 1 - 20 баллов.

ЗАДАНИЕ 2

Рассчитать вещественный состав концентрата монацитового песка, если элементный состав, выраженный через оксиды (% мас.), следующий.

Вариант	Состав концентрата								
	ThO ₂	Ce ₂ O ₃	U ₃ O ₈	P ₂ O ₅	TiO ₂	ZrO ₂	Fe ₃ O ₄	SiO ₂	H ₂ O
1.	3,5	58,0	-	26,35	2,2	1,56	3,25	5,14	-
2.	3,7	51,0	0,15	23,45	2,2	5,0	4,10	10,40	-
3.	4,3	57,0	0,20	26,26	2,0	1,8	3,70	4,04	0,70
4.	4,9	56,5	0,22	26,26	2,0	2,0	3,60	4,52	-
5.	5,1	57,5	0,15	26,75	2,0	2,2	3,60	1,9	0,80
6.	5,2	53,0	0,25	24,87	1,8	2,4	3,95	7,71	0,82
7.	5,3	58,5	0,28	27,29	1,8	2,6	2,96	1,27	-
8.	5,5	56,0	0,30	26,28	0,6	2,8	2,37	5,15	1,00
9.	5,6	53,5	0,32	25,24	1,5	3,0	5,94	4,90	-
10.	5,8	54,0	0,34	25,53	1,4	3,2	5,78	3,43	0,52
11.	6,0	54,5	0,36	25,83	1,2	3,4	3,82	4,14	0,75
12.	6,3	55,0	0,38	26,16	1,1	3,6	3,78	2,68	1,00
13.	6,4	55,5	0,40	26,42	0,9	3,8	3,20	3,58	-
14.	6,6	52,5	0,42	25,20	0,8	3,9	2,84	6,81	0,93
15.	6,8	52,0	0,44	25,06	0,7	4,0	4,32	5,90	0,78
16.	7,2	57,3	0,46	27,50	-	4,2	-	3,20	0,14
17.	7,4	49,3	0,48	24,11	2,2	4,4	5,08	5,53	1,50
18.	7,8	52,0	0,50	25,43	1,5	4,6	4,62	2,90	0,67
19.	8,0	50,0	0,50	24,63	0,8	4,7	3,62	6,65	1,10
20.	8,2	50,5	0,50	24,92	1,2	4,8	4,23	4,73	0,92
21.	6,3	53,5	0,50	25,54	1,4	2,7	4,06	5,20	0,80
22.	6,2	54,1	0,32	25,72	1,3	2,6	3,77	5,48	0,51
23.	6,1	55,9	0,44	26,49	1,8	1,92	5,52	0,95	0,88
24.	6,0	55,8	0,43	26,40	2,0	1,6	6,95	0,82	-



25.	5,8	51,2	0,28	24,31	1,2	4,3	2,72	9,05	1,14
26.	5,7	50,0	0,52	23,81	3,82	4,2	6,43	4,70	0,82
27.	4,2	52,0	0,32	24,10	0,60	5,3	5,08	8,23	0,17
28.	5,2	53,0	0,25	24,87	0,70	3,5	5,95	5,71	0,82
29.	5,5	54,0	0,82	25,54	2,32	2,63	4,82	4,37	-
30.	5,9	55,2	0,43	26,10	1,82	3,21	4,78	2,16	0,40
31.	6,2	53,2	0,63	25,40	2,01	4,03	6,07	2,46	-
32.	6,3	53,0	0,58	25,34	1,93	3,82	4,62	4,07	0,34
33.	6,4	52,3	0,62	25,08	2,43	3,72	6,43	2,82	0,20
34.	6,5	51,3	0,42	24,63	2,73	4,02	5,37	4,21	0,82
35.	6,6	52,3	0,47	25,12	1,2	3,40	4,12	5,23	1,56
36.	6,7	54,2	0,61	26,01	1,3	2,83	3,81	4,02	0,52
37.	6,8	53,8	0,71	25,90	1,2	0,78	6,23	4,68	-
38.	6,9	54,3	0,71	26,15	0,82	3,71	3,03	4,13	0,25
39.	7,0	52,7	0,58	25,46	1,46	4,07	5,23	3,50	-
40.	7,2	49,8	0,82	24,34	2,31	4,06	7,03	4,21	0,23
41.	7,3	50,2	0,77	24,54	2,43	4,76	6,57	3,46	-
42.	7,4	52,3	0,27	25,36	1,83	5,07	0,45	7,32	-
43.	7,8	52,0	0,50	25,43	0,70	5,40	4,62	3,00	0,55
44.	8,0	50,0	0,50	24,63	2,70	2,80	3,62	6,65	1,10
45.	6,1	55,9	0,44	26,49	0,80	2,92	4,52	1,95	0,88

Срок сдачи домашнего задания 2 - 6 неделя.
Рейтинг домашнего задания 2 - 60 баллов.

ЗАДАНИЕ 3

Рассчитать материальный баланс сернокислотного разложения концентрата состава, указанного в домашнем задании 2. Количество концентрата ____ т. Расход 93% - ной H_2SO_4 _____ % от стехиометрического количества. Результаты расчёта представить в виде таблицы.

Вариант	Количество концентрата, т	Расход H_2SO_4 , %
1.	1,2	200
2.	1,3	250
3.	1,4	200
4.	1,5	300
5.	1,6	250
6.	1,7	200
7.	1,8	250
8.	1,9	300
9.	2,0	200
10.	2,1	250



11.	2,2	200
12.	2,3	250
13.	2,4	220
14.	2,5	210
15.	2,6	230
16.	2,7	250
17.	2,8	270
18.	2,9	200
19.	3,0	220
20.	1,9	250
21.	2,7	260
22.	2,3	300
23.	1,9	200
24.	2,0	260
25.	1,9	250
26.	1,8	240
27.	1,7	230
28.	1,6	220
29.	1,5	210
30.	1,4	200
31.	1,3	220
32.	1,2	240
33.	1,1	260
34.	1,0	280
35.	1,3	300
36.	1,4	290
37.	1,5	270
38.	1,6	250
39.	1,7	230
40.	1,8	210
41.	1,9	220
42.	2,0	240
43.	2,1	260
44.	2,2	280
45.	2,3	300.

Срок сдачи домашнего задания 3 – 10 неделя.
Рейтинг домашнего задания – 50 баллов.



ЗАДАНИЕ 4

Рассчитать объём газовой фазы после хлорирования _____ кг титанового шлака элементарным хлором, взятым с избытком _____ %, в присутствии углерода при температуре _____ °С. Состав шлака, % мас.: _____. Результаты расчёта представить в виде таблицы материального баланса с указанием объёмов газообразных веществ.

Вариант	Состав шлака, % мас.					Кол-во шлака, кг	Избыток хлора, %	Тем-ра °С
	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	MgO	CaO			
1.	44,0	48,5	3,3	2,9	1,3	120	10,0	800
2.	46,0	46,7	3,2	2,8	1,3	130	15,0	850
3.	48,0	45,2	3,0	2,7	1,1	140	20,0	900
4.	50,0	43,5	2,9	2,6	1,0	150	17,5	850
5.	52,0	41,8	2,8	2,5	0,9	160	15,0	800
6.	54,0	40,1	2,7	2,4	0,8	170	12,5	750
7.	56,0	38,4	2,6	2,3	0,7	180	10,0	700
8.	58,0	36,7	2,5	2,2	0,6	190	12,5	750
9.	60,0	35,0	2,4	2,1	0,5	200	15,0	800
10.	62,0	33,3	2,3	2,0	0,4	210	17,5	850
11.	64,0	31,7	2,1	1,9	0,3	220	20,0	900
12.	66,0	30,0	2,0	1,8	0,2	230	17,5	850
13.	68,0	28,3	1,9	1,7	0,1	240	15,0	800
14.	70,0	26,4	1,8	1,6	0,2	250	12,5	750
15.	72,0	24,5	1,7	1,5	0,3	260	10,0	700
16.	74,0	22,6	1,6	1,4	0,4	270	12,5	750
17.	76,0	20,7	1,5	1,3	0,5	280	15,0	800
18.	78,0	18,8	1,4	1,2	0,6	290	17,5	850
19.	77,0	19,1	1,5	1,6	0,8	300	20,0	900
20.	75,0	20,5	1,7	1,8	1,0	310	17,5	850
21.	73,0	22,0	1,9	2,0	1,1	320	15,0	800
22.	71,0	22,3	2,1	2,2	1,2	330	12,5	750
23.	69,0	25,0	2,3	2,4	1,3	340	10,0	700
24.	68,0	26,8	2,1	2,6	0,5	350	11,5	710
25.	69,0	28,1	1,3	1,4	0,2	360	12,0	720
26.	70,0	26,0	1,4	1,5	1,1	370	13,0	730
27.	71,0	25,1	1,5	1,6	0,8	380	14,5	740
28.	73,0	24,2	1,6	0,3	0,9	390	15,5	750
29.	75,0	21,6	1,9	0,7	0,8	190	16,0	760
30.	77,0	19,4	1,5	1,3	0,8	185	16,5	765
31.	76,0	20,9	1,4	1,3	0,4	180	17,0	770
32.	74,0	21,9	1,7	1,7	0,7	175	17,5	775
33.	72,0	22,8	1,4	2,7	1,1	170	18,0	780
34.	70,0	25,3	2,1	2,4	0,2	165	19,0	790
35.	68,0	28,1	2,4	0,4	1,1	160	20,0	800
36.	66,0	29,3	1,9	1,9	0,9	150	21,5	850



Приложение 1
продолжение задания 4

37.	65,0	30,2	2,0	1,5	1,3	165	13,5	800
38.	63,0	31,8	2,1	2,0	1,1	168	14,5	750
39.	61,0	33,3	2,2	2,1	1,4	175	12,0	700
40.	59,0	35,2	2,0	1,9	1,9	182	12,5	740
41.	57,0	36,3	2,4	2,2	2,1	191	14,7	760
42.	55,0	38,2	1,9	4,1	0,8	195	15,0	800
43.	53,0	40,7	2,7	2,7	0,9	210	13,7	820
44.	51,0	43,2	2,8	0,7	2,3	230	14,7	840
45.	49,0	44,1	2,6	2,1	2,2	250	15,2	850

Срок сдачи домашнего задания 4 - 14 неделя.

Рейтинг домашнего задания 4 - 50 баллов.

Суммарный рейтинг четырёх домашних заданий - 180 баллов.



ТЕМЫ
для подготовки к контрольной работе № 1

1. Извлечение золота из руд методом амальгамации.
2. Термодинамика процесса цианирования золота.
3. Кинетика процесса цианирования золота.
4. Поведение минералов меди и железа при цианировании золота.
5. Сорбционное выщелачивание золота.
6. Регенирация насыщенной золотом смолы АМ-2Б.
7. Выделение золота из растворов методами цементации и электролиза.
8. Аффинаж золота и серебра.
9. Сернокислотный способ разложения сподуменового концентрата с получением карбоната лития.
10. Известковый способ разложения сподуменового концентрата с получением гидроксида лития.
11. Получение чистого хлорида лития из карбоната.
12. Вакуумтермическое восстановление оксида лития. Рафинирование чернового лития.

ТЕМЫ
для подготовки к контрольной работе № 2

1. Применение бериллия. Распространённость бериллия в природе. Характеристика минерала берилла.
2. Сульфатный способ переработки бериллового концентрата: химизм, общая технологическая схема.
3. Фторидный способ переработки бериллового концентрата: химизм, структурная схема.
4. Получение безводных галогенидов бериллия: BeF_2 , BeCl_2 . Общие технологические схемы.



5. Металлотермические способы восстановления фторида, хлорида бериллия, схемы установок, технологические режимы.
6. Извлечение редкоземельных элементов из апатита, бастнезита. Химизм, общие технологические схемы.
7. Разделение редкоземельных элементов методом дробной кристаллизации двойных нитратов и броматов.
8. Разделение редкоземельных элементов методами дробного окисления и восстановления.
9. Разделение редкоземельных элементов методом ионообменной хроматографии с использованием в качестве десорбента этилендиаминтетрауксусной (ЭДТА) и лимонной кислот.
10. Разделение редкоземельных элементов экстракционным методом.
11. Получение безводных галогенидов редкоземельных элементов и металлотермическое их восстановление.

ТЕМЫ

для подготовки к контрольной работе № 3

1. Применение титана, распространённость его в природе, минералы, обогащение титановых руд.
2. Сернокислотный способ переработки ильменитового концентрата, химизм, общая технологическая схема.
3. Хлоридный способ переработки рутилового концентрата и титановых шлаков: физико-химические основы процессов, общая технологическая схема, аппаратурное оформление.
4. Металлотермическое восстановление четырёххлористого титана, очистка титановой губки: теоретические основы, аппаратурное оформление.
5. Распространённость циркония и гафния в природе, основные минералы, обогащение циркониевых руд, Применение циркония, гафния.
6. Разложение цирконового концентрата сплавлением с содой, спеканием с оксидом кальция. Химизм процессов, общие схемы.
7. Разложение цирконового концентрата сплавлением с фторосиликатом калия, химизм процесса, технологические параметры.



8. Разделение циркония и гафния способами фракционной кристаллизации, избирательного восстановления и экстракции.
9. Металлотермический способ получения металлического циркония из фторида и хлорида. Теория процесса, аппаратное оформление.
10. Электролитический метод получения металлов: лития, бериллия, редкоземельных элементов.
11. Способы получения компактного циркония. Теоретические основы, аппаратное оформление электронно-лучевой плавки тугоплавких металлов.