


ПЕРВОЕ ВЫСШЕЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ УЧЕБНОЕ ЗАВЕДЕНИЕ РОССИИ



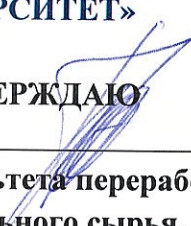
**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

СОГЛАСОВАНО


Руководитель ОПОП ВО
профессор О.В. Черемисина

УТВЕРЖДАЮ


Декан факультета переработки
минерального сырья,
профессор В.Ю. Бажин

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

Уровень высшего образования: подготовка кадров высшей квалификации

Направление подготовки: 04.06.01 Химические науки

Направленность (профиль): Физическая химия

Форма обучения: очная

Нормативный срок обучения: 4 года

Составитель: д.т.н. Черемисина О.В.

Санкт-Петербург

Рабочая программа дисциплины «Физическая химия» разработана:

– в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 04.06.01 Химические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Минобрнауки России № 869 от 30 июля 2014 г.;

– на основании учебного плана подготовки по направлению 04.06.01 «Химические науки», направленности (профиля) «Физическая химия».

Составитель:



д.т.н., проф.

Черемисина О.В.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры физической химии от «31» августа 2019 г., протокол № 1.

Рабочая программа согласована:

Декан факультета аспирантуры и докторантуры



к.т.н., доц.

В.В. Васильев

Заведующий кафедрой ФХ



д.т.н., проф.

О.В. Черемисина

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель изучения дисциплины

- формирование у аспирантов знаний в области современных тенденций и методов физико-химического описания и моделирования процессов, протекающих на различных уровнях масштабирования: от лабораторного до опытного эксперимента;

- подготовка выпускников аспирантуры к самостоятельному решению профессиональных задач, связанных с изучением и синтезом новых веществ, химических процессов, решении научных задач междисциплинарного характера;

- формирование у аспирантов современного научного мировоззрения, развитие творческого естественнонаучного мышления, овладение современными методами научных исследований в области физической химии.

Основными задачами изучения дисциплины являются:

- *изучение* современных методов изучения физико-химических свойств веществ и закономерностей протекания процессов и реакций;

- *овладение* методами физико-химического моделирования технологических процессов в металлургии и химической технологии

- *формирование* представлений и практического опыта физико-химических расчетов, необходимых для определения тепловых эффектов и тепловых балансов технологических процессов, предсказания направления протекания химических реакций

- *приобретение навыков* практического применения расчетов и экспериментального исследования кинетических параметров процессов, определения оптимальных условий проведения химических реакций с использованием законов фазовых равновесий, термодинамики и кинетики;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Физическая химия» относится к *вариативной* части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 04.06.01 «Химические науки», направленности (профилю) «Физическая химия». Дисциплину изучают в 5 семестре.

3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Планируемые результаты обучения дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения основной образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции	Основные показатели освоения дисциплины	Этапы формирования
1.	ОПК-3	Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования	Выпускник знает основные законы и закономерности в области физической химии и смежных дисциплин, основные учебные материалы в указанной области, особенности преподавания химических дисциплин в университете минерально-сырьевого профиля Умеет разрабатывать учебные модули, проводить тематические учебные занятия по физической химии и смежным	В соответствии с учебным планом

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции	Основные показатели освоения дисциплины	Этапы формирования
			дисциплинам	
			Владеет навыком использования приобретённых теоретических знаний и практических умений в области физической химии и смежных дисциплин для преподавательской деятельности	
2.	ПК-1	Способность к получению и практическому применению результатов фундаментальных исследований в области физико-химических свойств веществ и процессов	<p>Выпускник знает современные способы и методы определения термодинамических свойств веществ, расчета термодинамических функций простых и сложных систем, термодинамики фазовых превращений</p> <p>Умеет организовывать и проводить теоретические и экспериментальные исследования, связанные с определением физико-химических параметров гомогенных и гетерогенных процессов (в том числе каталитических)</p> <p>Владеет навыком применения результатов исследования кинетических и термодинамических параметров процесса для выявления оптимальной области условий проведения отдельной химической реакции или технологического процесса в целом</p>	В соответствии с учебным планом
3.	ПК-3	Способность получать, интерпретировать и применять известные и вновь открытые сведения о закономерностях физико-химических процессов, применяемых химических технологиях и смежных отраслях	<p>Выпускник знает физико-химические характеристики процессов, в том числе протекающих с участием дисперсных систем, кинетику и механизмы сложных химических процессов</p> <p>Умеет использовать результаты фундаментальных исследований при решении практических задач</p> <p>Владеет навыками использования современных методов постановки и решения задач, лабораторного моделирования и масштабирования с учетом особенностей производства</p>	В соответствии с учебным планом

3.2. Планируемые результаты обучения и критерии оценивания

В результате обучения по дисциплине обучающийся должен обрести знания, умения и навыки, указанные в разделе 3.1 настоящей программы.

Уровень освоения компетенций обучающимися на каждом этапе ее формирования определяется на основании результатов текущего контроля последовательного изучения

содержательно связанных между собой разделов (тем) учебных занятий. Уровень освоения компетенций обучающимися по итогам изучения дисциплины определяется на основании результатов промежуточной аттестации. Критерии оценивания сформированности компетенций, применяемые в процессе освоения этапов дисциплины и по итогам ее изучения, приведены в разделе 6 настоящей программы.

Обучающийся должен демонстрировать способность и готовность

– в научно-исследовательской деятельности в области химии и смежных наук

критически анализировать и оценивать современные технические и научные достижения, в том числе в междисциплинарных областях; соблюдать правила международного научного общения и сотрудничества, принципы академической этики и личной ответственности ученого;

– в преподавательской деятельности в области химии и смежных наук

проводить основные виды учебных занятий в рамках своей специальности; соблюдать правила и нормы педагогической этики и личной ответственности преподавателя; планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития в педагогическом, общетехническом, общенаучном и социальном контекстах.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина включает в себя 5 разделов, содержание которых направлено на получение знаний в области химической кинетики и катализа.

Общая трудоемкость дисциплины «Физическая химия» составляет 3 зачетные единицы или 108 академических часов. Дисциплину изучают в 5 семестре по очной форме обучения. Форма контроля – экзамен.

4.1. Распределение трудоемкости освоения дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Всего ак. часов	Ак. часы по семестрам
		5
Аудиторные занятия, в том числе:	30	30
Лекции	20	20
Практические занятия (семинары)	10	10
Самостоятельная работа аспирантов (СР), в том числе	42	42
Подготовка к практическим занятиям (семинарам)	10	10
Тематическая работа с научной литературой	22	22
Самостоятельное изучение разделов дисциплины	10	10
Вид аттестации – экзамен	36	36
Общая трудоемкость дисциплины		
	ак. час.	108
	зач. ед.	3
		108
		3

4.2. Содержание дисциплины

В план подготовки входят лекции, практические занятия (семинары) и самостоятельная работа.

4.2.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование разделов	Виды занятий				
		Всего ак. часов	Лекции	Практические занятия (семинары)	Лабораторные работы	Самостоятельная работа аспиранта
1.	Физико-химический подход к описанию химико-технологических систем	14	4	2	–	8
2.	Основы строения вещества, межчастичное взаимодействие	14	4	2	–	8
3.	Термодинамический подход к описанию процессов и систем; диаграммы состояния	15	4	2	–	9
4.	Кинетический подход к описанию химических реакций	15	4	2	–	9
5.	Особенности преподавания физической химии и родственных дисциплин в университете горнотехнического профиля	14	4	2	–	8
	Итого:	72	20	10	–	42
	Подготовка к экзамену:	36				
	ВСЕГО:	108				

4.2.2. Содержание лекционных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
1	Физико-химический подход к описанию химико-технологических систем	Моделирование химико-технологических систем с применением законов и уравнений физической химии.	4
2	Основы строения вещества, межчастичное взаимодействие	Квантово-статистическая модель строения вещества на атомном и молекулярном уровне; ведение в зонную теорию строения твердого тела; теоретические представления о природе химической связи в координационных соединениях; межмолекулярное взаимодействие	4
3	Термодинамический подход к описанию процессов и систем; диаграммы состояния	Моделирование направления протекания процесса. Системы ионно-молекулярных равновесий. Диаграммы Эллингхема, их использование для моделирования химических реакций. Диаграммы состояния многокомпонентных систем.	4

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание лекционных занятий	Трудоемкость в ак. часах
4	Кинетический подход к описанию химических реакций	Макрокинетика, механизмы сложных химических процессов, физико-химическая гидродинамика, растворение и кристаллизация; динамика элементарного акта при химических превращениях; элементарные реакции с участием активных частиц	4
5	Особенности преподавания физической химии и родственных дисциплин в университете горнотехнического профиля	Акцентуация внимания обучающихся на прикладных аспектах физической химии. Иллюстрирование фундаментальных положений физической химии и смежных дисциплин примерами технологических производственных процессов согласно направлению и профилю/специализации подготовки аспиранта. Пути обобщения и адаптации результатов научных исследований к описанию промышленных процессов.	4
ИТОГО:			20

4.2.3. Практические занятия (семинары)

№ п/п	Раздел	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость в ак. часах
1	Раздел 1.	Использование закона Гесса для расчёта функций состояния	2
2	Раздел 2.	Расчёт теплоёмкости методом квантово-статистической теории	2
3	Раздел 3.	Анализ влияния температуры на термодинамические параметры процесса	2
4	Раздел 4.	Обработка кинетических зависимостей	2
5	Раздел 5.	Моделирование выхода процесса при изменении температуры и давления	2
ИТОГО			10

4.2.4. Лабораторные работы

Лабораторные работы не предусмотрены.

4.2.5. Тематика для самостоятельной подготовки

№ п/п	Раздел	Тематика самостоятельной работы
1	Раздел 1.	Физико-химическое описание и моделирование
2	Раздел 2.	Современные методы экспериментального определения строения вещества, аппаратное оснащение; основные экспериментальные методики

№ п/п	Раздел	Тематика самостоятельной работы
3	Раздел 3.	Современные методы экспериментального определения термодинамических свойств веществ и параметров физико-химических процессов
4	Раздел 4.	Современные методы экспериментального определения кинетических параметров химических реакций: общая методология.
5	Раздел 5.	Поиск и использование примеров из реальных технологических процессов различных отраслей минерально-сырьевого комплекса для иллюстрации фундаментальных положений физической химии и смежных дисциплин

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При изучении дисциплины «**Физическая химия**» обучающийся использует учебную, научную, исследовательскую базу университета в установленном порядке.

В ходе обучения применяются:

Лекции являются одним из важнейших видов учебных занятий и составляют основу теоретической подготовки обучающихся.

Цели лекционных занятий:

-дать систематизированные научные знания по дисциплине, акцентировать внимание на наиболее сложных вопросах дисциплины;

-стимулировать активную познавательную деятельность обучающихся, способствовать формированию их творческого мышления.

Практические занятия (семинары). Главным содержанием этого вида учебных занятий является работа каждого обучающегося по овладению практическими умениями и навыками профессиональной деятельности.

Целью практических занятий (семинаров) является

- развить навыки самостоятельной работы и применения теоретических знаний для решения практических задач;

- приобрести навыки обработки различных видов информации в том числе с использованием компьютерной техники;

- углубить и закрепить знания, полученные на лекциях и в процессе самостоятельной работы обучающихся с учебной и научной литературой;

- обеспечить живое, творческое обсуждение учебного материала в форме дискуссии, обмена мнениями по рассматриваемым вопросам.

Консультации являются одной из форм руководства учебной работой обучающихся и оказания им помощи в самостоятельном изучении материала дисциплины, в ликвидации имеющихся пробелов в знаниях, задолженностей по текущим занятиям, в подготовке письменных работ (проектов). Консультации проводятся преподавателем, ведущим занятия в учебной группе, научным руководителем и носят как индивидуальный, так и групповой характер.

Самостоятельная работа обучающихся направлена на углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и других занятиях, выработку навыков самостоятельного активного приобретения новых, дополнительных знаний, подготовку к предстоящим учебным занятиям и промежуточному контролю.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ И ИТОГОВОГО КОНТРОЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

6.1. Цель и основные задачи текущего контроля

Текущий контроль имеет целью проверить ход формирования компетенций в соответствии с этапами ее освоения. Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса и консультирования обучающихся по результатам выполнения самостоятельной работы. Основными формами текущего контроля знаний являются:

- обсуждение вопросов тем и контрольных вопросов (устный ответ);
- участие в дискуссии по темам дисциплины (устный ответ).

6.2. Цель и основные задачи экзамена

Экзамен имеет целью проверить знание и понимание обучающимися материала дисциплины.

6.3. Критерии формирования оценок по результатам экзамена

Оценка «отлично» – обучающийся имеет глубокие знания учебного материала, все элементы курса представлены на высоком учебно-методическом уровне.

Оценка «хорошо» – обучающийся твердо освоил учебный материал, представлены все элементы курса.

Оценка «удовлетворительно» – обучающийся имеет знания основного учебного материала, но не усвоил его деталей, не представлены некоторые элементы курса.

Оценка «неудовлетворительно» – обучающийся не освоил учебный материал, не представлены основные элементы курса.

6.4. Порядок проведения экзамена

Экзамен проводится путем устного собеседования с обучающимся по материалам дисциплины с выставлением оценок.

6.5. Типовые контрольные вопросы/задания для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

1. Моделирование химико-технологических систем с применением законов и уравнений физической химии.
2. Моделирование направление протекания процесса, выхода целевого продукта.
3. Использование понятия активность для описания процессов в растворах и расплавах.
4. Моделирование структуры вещества в конденсированном состоянии.
5. Парциальные молярные величины, их определение по экспериментальным данным и путем интегрирования уравнения Гиббса-Дюгема.
6. Химический потенциал, его значение для компонента идеального газа, идеального раствора, предельно разбавленного раствора и для реальных систем.
7. Понятие об активности и фугитивности.
8. Уравнение изотермы реакции.
9. Константа равновесия.
10. Расчет равновесного состава реакционной смеси.

11. Влияние внешних условий на равновесие.
12. Принцип Ле-Шателье.
13. Выбор оптимальных условий для проведения реакции.
14. Вычисление константы равновесия при различных температурах.
15. Закон Рауля для идеальных и предельно разбавленных растворов.
16. Учет диссоциации растворенного вещества.
17. Растворимость газов, законы Генри и Сивертса.
18. Температуры замерзания и кипения растворов, криоскопия и эбуллиоскопия.
19. Уравнение Шредера. Расчет диаграмм по уравнению Шредера.
20. Осмотическое давление растворов. Обратный осмос, его использование для очистки стоков и опреснения воды.
21. Определение степени и константы диссоциации слабых электролитов, кажущейся степени диссоциации и коэффициента активности сильных электролитов по опытному значению изотонического коэффициента.
22. Определение молярной массы органических веществ методами криоскопии и эбуллиоскопии.
23. Метод дифференциально-термического анализа.
24. Построение диаграмм.
25. Твердые растворы, ограниченный и неограниченный изоморфизм.
26. Системы с твердыми растворами: идеальные, с минимумом температуры плавления, эвтектического и перитектического типов.
27. Системы с конгруэнтно и инконгруэнтно плавящимися соединениями.
28. Проявление на диаграммах полиморфных превращений и расслаивания жидкой фазы.
29. Определение тепловых эффектов фазовых превращений.
30. Образование растворов электролитов.
31. Теория гидратации.
32. Расчет pH и равновесного состава в растворах сильных и слабых электролитов, гидролизующихся солей и в буферных растворах.
33. Расчет равновесий в насыщенных растворах с учетом гидролиза ионов труднорастворимого соединения и комплексообразования в растворе.
34. Обобщенные теории кислот и оснований Бренстеда, Льюиса, Пирсона.
35. Кислотно-основные свойства неводных растворов и расплавов.
36. Термодинамическая теория Э.Д.С.
37. Удельная и эквивалентная электропроводность.
38. Подвижность ионов и факторы, ее определяющие.
39. Определение качества воды,
40. Константы диссоциации слабых электролитов.
41. Предельная электропроводность ионов.
42. Термодинамика электрохимических систем.
43. Электродный потенциал.
44. Гальванический элемент.
45. Уравнение Нернста.
46. Типы электродов.
47. Определение коэффициента активности электролитов.
48. Определение растворимости соединений.

49. Константы нестойкости комплексов,
50. Константа равновесия окислительно-восстановительной реакции.
51. Ионметрия.
52. Диаграммы Пурбе.
53. Формальная кинетика.
54. Порядок реакции и способы его определения.
55. Кинетика сложных реакций.
56. Зависимость скорости реакции от температуры, энергия активации.
57. Теории активных столкновений и переходного состояния.
58. Механизм гомогенного и гетерогенного катализа.
59. Ферментативный катализ.
60. Кинетика электрохимических процессов.
61. Поляризация электродов. Диффузионное и электрохимическое перенапряжение.

6.6. Критерии и процедура оценивания результатов экзамена

Развернутый ответ обучающегося должен представлять собой связное, логически последовательное сообщение на определенную тему, показывать его умение применять определения и правила в конкретных случаях.

При оценке ответа обучающегося необходимо руководствоваться следующими критериями:

- 1) полнота и правильность ответа;
- 2) степень осознанности и понимания изучаемого материала;
- 3) знание терминологии и правильное ее использование;
- 4) соответствие требованиям рабочей программы по дисциплине.

Примерная шкала оценивания знаний по выполнению заданий экзамена

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетворительно)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
Аспирант не знает значительной части материала, допускает существенные ошибки в ответах на вопросы	Аспирант поверхностно знает материал основных разделов и тем учебной дисциплины, допускает неточности в ответе на вопрос	Аспирант хорошо знает грамотно и по существу излагает его, допуская некоторые неточности в ответе на вопрос; все.	Аспирант в полном объеме знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская неточностей в ответе на вопрос
Не умеет находить решения большинства предусмотренных программой обучения заданий	Иногда находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Уверенно находит решения предусмотренных программой обучения заданий	Безошибочно находит решения предусмотренных программой обучения заданий
Не владеет навыками, большинство предусмотренных программой обучения заданий не выполнено	Посредственно владеет навыками, предусмотренные программой обучения задания	Хорошо владеет навыками, предусмотренные программой обучения задания	Отлично владеет навыками, предусмотренные программой обучения задания

Оценка			
«2» (неудовлетворительно)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
	«3» (удовлетворительно)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
	выполнены удовлетворительно	успешно выполнены	успешно выполнены

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы, порядке проведения промежуточной аттестации.

Для организации и контроля учебной работы аспирантов используется метод ежемесячной аттестации обучающегося по итогам выполнения текущих аудиторных и самостоятельных (внеаудиторных) работ. Форма промежуточной аттестации: **экзамен**.

7.1. Организация самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов - обязательная и неотъемлемая часть учебной работы по данной дисциплине. Общие планируемые затраты времени на выполнение всех видов аудиторных и внеаудиторных заданий соответствуют бюджету времени работы аспиранта, предусмотренному учебным планом по дисциплине в текущем семестре.

Изучение дисциплины производится в тематической последовательности. Практическому занятию, лабораторной работе и самостоятельному изучению материала, как правило, предшествует лекция. На лекции даются указания по организации самостоятельной работы и срокам сдачи заданий или прохождения тестирования.

7.2. Работа с книгой

Изучать курс рекомендуется по темам, предварительно ознакомившись с содержанием каждой из них по программе. При первом чтении следует стремиться к получению общего представления об излагаемых вопросах, а также отмечать трудные или неясные моменты. При повторном изучении темы необходимо освоить все теоретические положения, математические зависимости и их выводы, а также принципы составления уравнений реакций. Рекомендуется вникать в сущность того или иного вопроса, но не пытаться запомнить отдельные факты и явления. Изучение любого вопроса на уровне сущности, а не на уровне отдельных явлений способствует более глубокому и прочному усвоению материала.

Для более эффективного запоминания и усвоения изучаемого материала, полезно иметь рабочую тетрадь (можно использовать лекционный конспект) и заносить в нее формулировки законов и основных понятий, новые незнакомые термины и названия, формулы и уравнения реакций, математические зависимости и их выводы и т.п. Весьма целесообразно пытаться систематизировать учебный материал, проводить обобщение разнообразных фактов, сводить их в таблицы. Такая методика облегчает запоминание и уменьшает объем конспектируемого материала.

Изучая курс, полезно обращаться и к предметному указателю в конце книги и глоссарию (словарю терминов). Пока тот или иной раздел не усвоен, переходить к изучению

новых разделов не следует. Краткий конспект курса будет полезен при повторении материала в период подготовки к экзамену.

Изучение курса должно обязательно сопровождаться выполнением упражнений и решением задач. Решение задач - один из лучших методов прочного усвоения, проверки и закрепления теоретического материала.

7.3. Консультации

Изучение дисциплины проходит под руководством преподавателя на базе делового сотрудничества. В случае затруднений, возникающих при изучении учебной дисциплины, аспирантам следует обращаться за консультацией к преподавателю, реализуя различные коммуникационные возможности: очные консультации (непосредственно в университете в часы приема преподавателя), заочные консультации (посредством электронной почты).

8. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И РЕСУРСОВ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ»

8.1. Обеспеченность литературой

Основная литература

1. Физическая химия. Учебное пособие / В.И. Грызунов, И.Р. Кузеев, Е.В. Пояркова и др. – 3-е издание, стереотипное. Москва: ФЛИНТА. – 2019. – 251 с. : <https://e.lanbook.com/book/122598>.

2. Основы физической химии. В 2 ч : учебник / В.В. Еремин, С.И. Каргов, И.А. Успенская и др. – 5-е изд., перераб. и доп. Москва: Лаборатория знаний. – 2019. – 625 с. : <https://e.lanbook.com/book/116100>.

3. Шлыков С.А. Катализ в промышленности. Теория и прикладные каталитические процессы. Учебное пособие. Иваново: ИГХТУ. – 2018. – 101 с. : <https://e.lanbook.com/book/127526>.

4. Головнев Н.Н. Энергетика и направленность химических процессов. Химическая кинетика и химическое равновесие. Учебное пособие. Красноярск: СФУ. – 2018. – 148 с. : <https://e.lanbook.com/book/157749>.

Дополнительная литература

1. Краснов К.С. Физическая химия. Том 1. Строение вещества, термодинамика Учебник для ВУЗов. /К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнее и др. Под ред. К.С. Краснова М.: «Высшая школа». 2001. 512 с. http://www.studmed.ru/krasnov-ks-fizicheskaya-himiya-tom-1-stroenie-veschestva-termodinamika_a1933b180b2.html

2. Краснов К.С. Физическая химия. Том 2. Электрохимия. Химическая кинетика и катализ. Учебник для ВУЗов. /К.С. Краснов, Н.К. Воробьев, И.Н. Годнее и др. Под ред. К.С. Краснова М.: «Высшая школа». 2001. 319 с. http://www.studmed.ru/krasnov-ks-fizicheskaya-himiya-tom-2-elektrokhimiya-himicheskaya-kinetika-i-kataliz_2c45f4fdd06.html

3. Древинг В.П., Калашников Я.А. Правило фаз с изложением основ термодинамики. Издание 2, переработанное и дополненное. М., Изд-во Московского ун-та. 1964. 456 с.) <https://www.twirpx.com/file/1287874/>

4. Atkins P., Paula J. Physical Chemistry. Text book. Eighth edition. New York. W.H. Freeman and Company. 2006. 1085 p. [http://exordio.qfb.umich.mx/archivos%20pdf%20de%20trabajo%20umsh/Leer%20escribir%20PDF%202014/CH-Physical%20Chemistry\(8th%20ed\)\[英语\]Atkins.pdf](http://exordio.qfb.umich.mx/archivos%20pdf%20de%20trabajo%20umsh/Leer%20escribir%20PDF%202014/CH-Physical%20Chemistry(8th%20ed)[英语]Atkins.pdf)

5. Myers D. Surfaces, interfaces, and colloids. Principles and Applications. Second edition. New York. John Wiley & Sons. 519 p. http://hky.njnu.edu.cn/jpkc/wzattach/211908_933929.pdf

6. Pelton A.D. Thermodynamics and Phase Diagrams. Centre de Recherche en Calcul Thermodynamique (CRCT). École Polytechnique de Montréal. 2011. 170 p. <http://www.crct.polymtl.ca/courses/42-Physical%20Metallurgy%20chapter.pdf>

8.2. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспиранта

1. Учебно-методические материалы для проведения практических занятий по учебной дисциплине «Физическая химия». http://ior.spmi.ru/system/files/pr/pr_1542714737.pdf

2. Методические рекомендации для самостоятельной работы по учебной дисциплине «Физическая химия». http://ior.spmi.ru/system/files/srs/srs_1541575329.pdf

8.3. Электронно-библиотечные системы

1. Электронно-библиотечная система «Лань»; <https://e.lanbook.com/books>

2. Электронно-библиотечная система «Znanium.com»; <http://znanium.com>

3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека онлайн»; <http://biblioclub.ru>

4. Электронно-библиотечная система «Библиокомплектатор»; <http://www.bibliocomplectator.ru>

5. Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ» www.biblio-online.ru.

8.4. Информационно-справочные системы

1. Электронный периодический справочник «Система ГАРАНТ»; www.garant.ru

2. Справочно-поисковая система Консультант Плюс; www.consultant.ru/

8.5. Профессиональные базы данных

1. Электронная база данных. Термические константы веществ. <http://www.chem.msu.ru/cgi-bin/tkv.pl>

2. Научная электронная библиотека ScienceDirect: <http://www.sciencedirect.com>

3. Научная электронная библиотека «eLIBRARY»: <https://elibrary.ru/>

4. Электронная база данных Scopus <https://scopus.com>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Специальные помещения для проведения лекционных и практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации

Специализированные аудитории, используемые при проведении занятий лекционного типа, практических занятий по дисциплине «Физическая химия», оснащены мультимедийными проекторами и комплектом аппаратуры, позволяющей демонстрировать текстовые и графические материалы. 56 посадочных мест; стенды информационные – 12 шт. Мебель: доска аудиторная – 2 шт.; стол учебный – 32 шт.; стул – 66 шт. Компьютерная техника: системный блок Intel Pentium – 1 шт., монитор ЖК 16" – 1 шт., принтер лазерный Samsung ML2160 – 1 шт.

9.2. Оснащенность помещений для самостоятельной работы

Помещение для самостоятельной работы, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: 13 посадочных мест. Стол –

10 шт.; стул – 20 шт. Компьютерная техника: системный блок Intel Pentium – 4 шт.; монитор ЖК 16" – 4 шт.; принтер лазерный Samsung ML2160 – 1 шт. Доступ к сети «Интернет», в электронную информационно-образовательную среду Университета

9.3. Помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования

1. Центр новых информационных технологий и средств обучения. Оснащенность: персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 4 шт., сетевой накопитель – 1 шт., источник бесперебойного питания – 2 шт., телевизор плазменный Panasonic – 1 шт., точка Wi-Fi – 1 шт., паяльная станция – 2 шт., дрель – 5 шт., перфоратор – 3 шт., набор инструмента – 4 шт., тестер компьютерной сети – 3 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., паста теплопроводная – 1 шт., пылесос – 1 шт., радиостанция – 2 шт., стол – 4 шт., тумба на колесиках – 1 шт., подставка на колесиках – 1 шт., шкаф – 5 шт., кресло – 2 шт., лестница Alve – 1 шт.

2. Центр новых информационных технологий и средств обучения. Оснащенность: стол – 5 шт., стул – 2 шт., кресло – 2 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 2 шт. (доступ к сети «Интернет»), монитор – 2 шт., МФУ – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., баллон со сжатым газом – 1 шт., шуруповерт – 1 шт.

3. Центр новых информационных технологий и средств обучения. Оснащенность: стол – 2 шт., стул – 4 шт., кресло – 1 шт., шкаф – 2 шт., персональный компьютер – 1 шт. (доступ к сети «Интернет»), веб-камера Logitech HD C510 – 1 шт., колонки Logitech – 1 шт., тестер компьютерной сети – 1 шт., дрель – 1 шт., телефон – 1 шт., набор ручных инструментов – 1 шт.

9.4. Библиотека Университета

Месторасположение	Оснащенность	Автоматизированная информационно-библиотечная система (АИБС)
Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2, Учебный центр №1, Ауд. № 1165 Читальный зал	Аппарат Xerox W.Centre 5230 - 1 шт.; сканер K.Filem - 1 шт.; копир. аппарат - 1 шт.; кресло - 521AF - 1 шт.; монитор ЖК HP22 - 1 шт; монитор ЖК S.17 - 11 шт.; принтер HP L/Jet - 1 шт.; системный блок HP6000 Pro - 1 шт.; системный блок Ramec S. E4300 - 10 шт.; сканер Epson V350 - 5 шт.; сканер Epson 3490 - 5 шт.; стол 160x80x72 - 1 шт.; стул 525BFH030 - 12 шт.; шкаф каталожн. - 20 шт.; стул «Кодоба» - 22 шт.; стол 80x55x72 - 10 шт.	MARK-SQL, Ирбис
Санкт-Петербург, 21-я линия В.О., д.2, Учебный центр №1, Ауд. № 1171	Книжный шкаф 1000x3300x400 -17 шт.; стол 400x180 «Титаник “Pico”» - 1 шт.; стол письменный с тумбой - 37 шт.; кресло «Cannes»	

Месторасположение	Оснащенность	Автоматизированная информационно-библиотечная система (АИБС)
Читальный зал	черное – 42 шт.; кресло (кремовое) – 37 шт.; телевизор 3DTV Samsung UE85S9AT – 1 шт.; монитор BenQ 24 – 18 шт.; цифровой ИК-трансивер TAIDEN – 1 шт.; пульт для презентаций R700 – 1 шт.; моноблок Lenovo 20 HD - 19 шт.; сканер Xerox 7600 – 4 шт.	
Санкт-Петербург, В.О., Малый пр., д.83, Инженерный корпус Ауд. № 327-329 Читальные залы	Компьютерное кресло 7875 A2S – 35 шт.; стол компьютерный – 11 шт.; моноблок Lenovo 20 HD – 16 шт.; доска настенная белая – 1 шт.; монитор ЖК Philips – 1 шт.; монитор HP L1530 15ft – 1 шт.; сканер Epson Perf.3490 Photo – 2 шт.; системный блок HP6000 – 2 шт.; стеллаж открытый – 18 шт.; микрофон Д-880 с 071с.ч. – 2 шт.; книжный шкаф – 15 шт.; парта – 36 шт.; стул – 40 шт.	

9.5. Лицензионное программное обеспечение

1. Microsoft Windows 8 Professional (договор бессрочный ГК № 875-09/13 от 30.09.2013 «На поставку компьютерной техники»).

2. Microsoft Office 2007 Standard (договор бессрочный Microsoft Open License 42620959 от 20.08.2007).

3. Microsoft Office 2010 Professional Plus (договор бессрочный Microsoft Open License 60799400 от 20.08.2012, договор бессрочный Microsoft Open License 47665577 от 10.11.2010, договор бессрочный Microsoft Open License 49379550 от 29.11.2011).