

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»  
(СПбГУПТД)

УТВЕРЖДАЮ  
Первый проректор, проректор по УР  
\_\_\_\_\_ А.Е. Рудин

## Рабочая программа дисциплины

### 2.1.3 Физическая химия

Учебный план: 1.4.4. ТПХ 2025 2025-2026 уч.год.plx

Кафедра: 44 Теоретической и прикладной химии

Научная специальность: 1.4.4. Физическая химия

Уровень образования: аспирантура

Форма обучения: очная

### План учебного процесса

| Семестр<br>(курс для ЗАО) |     | Контактная работа<br>обучающихся |                   | Сам.<br>работа | Контроль,<br>час. | Трудоё<br>мкость,<br>ЗЕТ | Форма<br>промежуточной<br>аттестации |
|---------------------------|-----|----------------------------------|-------------------|----------------|-------------------|--------------------------|--------------------------------------|
|                           |     | Лекции                           | Практ.<br>занятия |                |                   |                          |                                      |
| 6                         | УП  | 32                               | 16                | 96             | 36                | 5                        | Экзамен                              |
|                           | РПД | 32                               | 16                | 96             | 36                | 5                        |                                      |
| Итого                     | УП  | 32                               | 16                | 96             | 36                | 5                        |                                      |
|                           | РПД | 32                               | 16                | 96             | 36                | 5                        |                                      |

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии приказом Минобрнауки России от 20.10.2021 № 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)"

Составитель (и):

доктор химических наук, Заведующий кафедрой

Новоселов Н.П.

От кафедры составителя:

Заведующий кафедрой теоретической и прикладной химии

Новоселов Николай Петрович

От выпускающей кафедры:

Заведующий кафедрой

Новоселов Николай Петрович

Методический отдел:

# 1 ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1 Цель дисциплины:

- Изучаемая дисциплина направлена на подготовку к сдаче кандидатского экзамена.
- Формирование у аспиранта умения сознательно осуществлять и управлять химическими и технологическими процессами; использовать знания физической химии для научной и педагогической деятельности.
  - Формирование творческого мышления, объединение фундаментальных знаний основных законов и методов проведения физико-химических исследований, с последующей обработкой и анализом результатов исследований.
  - Формирование навыков самостоятельного проведения теоретических и экспериментальных физико-химических исследований.

## 1.2 Задачи дисциплины:

- Изучить и объяснить закономерности, определяющие направленность химических процессов, скорость их протекания, влияние среды, а также условий получения новых материалов с необходимыми свойствами;
- Овладеть теоретическими и экспериментальными физико-химическими методами для решения задач профессиональной направленности.

## 1.3 Место дисциплины в структуре программы аспирантуры:

Дисциплина относится к Образовательному компоненту «Дисциплины (модули)» Программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Знания и умения, полученные аспирантами при изучении данной дисциплины, необходимы при подготовке к сдаче кандидатского экзамена и написании диссертационной работы

Физическая химия растворов электролитов

История и философия науки

## 3 СОДЕРЖАНИЕ И ПОРЯДОК ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование и содержание разделов, тем и учебных занятий   | Семестр<br>(курс для ЗАО) | Контактная работа |               | СР<br>(часы) | Форма текущего контроля |
|---|---------------------------|-------------------|---------------|--------------|-------------------------|
|   |                           | Лек.<br>(часы)    | Пр.<br>(часы) |              |                         |
| Раздел 1. Основные этапы развития физической химии  | 6                         |                   |               |              | О                       |
| Тема 1. Становление физической химии как самостоятельной науки.<br>Основные этапы развития физической химии<br>Основные разделы физической химии.   |                           | 2                 |               | 4            |                         |
| Тема 2. Современные тенденции развития физической химии. "Молодые" науки, берущие начало от физической химии.<br>Вклад российских ученых в развитие физической химии.<br>Основные методы и методики физической химии.   |                           | 2                 |               | 4            |                         |
| Раздел 2. Основы химической термодинамики   |                           |                   |               |              |                         |
| Тема 3. Термодинамика. Термодинамическая система.<br>Виды термодинамических систем. Газовые законы.<br>Идеальный газ. Реальные газы. Химический потенциал.<br>Стандартный химический потенциал. Химический потенциал идеального и неидеального газов. Теплота и работы различного рода. Работа расширения для различных процессов. Первый закон термодинамики.<br>Внутренняя энергия. Энталпия. |                           | 2                 |               | 8            | О                       |
| Тема 4. Закон Гесса и его следствия. Стандартные состояния и стандартные теплоты химических реакций.<br>Теплоты сгорания и образования. Зависимость теплового эффекта реакции от температуры. Формула Кирхгоффа.<br>Зависимость теплоемкости от температуры и расчеты тепловых эффектов реакций. Калориметрия. Виды калориметров.<br>Практическое занятие: термодинамические расчеты.           |                           | 2                 | 2             | 8            |                         |

|  |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|
| <p>Тема 5. Второй закон термодинамики и его различные формулировки. Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Энтропия. Уравнение второго начала термодинамики для обратимых и необратимых процессов. Обоснование второго начала термодинамики. Теорема Карно-Клаузиуса. Третий закон термодинамики. Постулат Нернста. Постулат Планка. Расчеты абсолютной энтропии химических соединений. Фундаментальное уравнение Гиббса. Уравнение Гиббса-Дюгема.</p>  |   | 4 |   | 8 |   |
| <p>Тема 6. Калориметрия - основной метод термодинамики. Калориметрия, как совокупность методов измерения количества теплоты, выделяющейся или поглощаемой при протекании различных физических или химических процессов. Применение методов калориметрии. Определение теплоплотности, тепловых эффектов химических реакций, растворения, смачивания, адсорбции, радиоактивного распада и др. Практическое занятие: отработка навыков работы на калориметре CALVET C80 (определение теплот плавления, смешения, смачиваемости); обработка результатов измерений.</p>   |   | 2 | 8 | 8 |   |
| <p>Раздел 3. Растворы различных классов</p>  |   |   |   |   |   |
| <p>Тема 7. Идеальные растворы в различных агрегатных состояниях. Давление насыщенного пара жидкых растворов. Закон Рауля и закон Генри. Идеальные и неидеальные растворы. Метод активностей. Коэффициенты активности и их определение по парциальным давлениям компонент. Стандартные состояния при определении химических потенциалов компонент в жидких и твердых растворах. Обобщенное уравнение Гиббса-Дюгема. Уравнения Вант-Гоффа, его термодинамический вывод и область применимости.</p>   | 2 |   |   | 8 |   |
| <p>Тема 8. Гетерогенные системы. Понятие фазы, компонента, степени свободы. Условия фазового и мембранных равновесия. Правило фаз Гиббса. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Фазовые переходы первого и второго рода. Фазовые равновесия в двухкомпонентных системах. Идеальные растворы. Уравнение Шредера. Равновесие жидкость-пар в двухкомпонентных системах. Закон Рауля. Термодинамический вывод законов Гиббса-Коновалова.</p>   | 2 |   |   | 8 | о |
| <p>Тема 9. Диаграммы состояния (плавкости) двухкомпонентных систем и их анализ на основе правила фаз. Трехкомпонентные системы. Треугольник Гиббса. Закон действия масс. Химическое равновесие. Изотерма Вант-Гоффа. Изменение энергии Гиббса и энергии Гельмгольца. Химическое сродство. Энергия Гиббса химической реакции. Константа равновесия. Зависимость констант равновесия от температуры и давления. Уравнение изобары реакции. Использование различных приближений для теплоемкостей реагентов при расчетах химических равновесий при различных температурах</p> <p>Практическое занятие: построение диаграмм состояния (плавкости) двухкомпонентных систем и их анализ на основе правила фаз.</p> | 4 | 2 |   | 8 |   |
| <p>Раздел 4. Кинетика химических реакций</p>   |   |   |   |   | о |

|  |  |           |            |    |  |
|--|--|-----------|------------|----|--|
| Тема 10. Методы определения порядка химической реакции. Закон разбавления Оствальда. Сложные химические реакции. Метод стационарных концентраций Боденштейна. Термодинамический аспект теории активированного комплекса. Энтропия активации. Преимущества и недостатки теории соударений. Практическое занятие: Методы определения порядка химической реакции  |  | 2         | 2          | 8  |  |
| Тема 11. Катализ. Определение катализа. Общие принципы катализа. Роль катализа в химии. Основные промышленные каталитические процессы. Гомогенный катализ. Кислотно-основной катализ, классификация реакций. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа. Гетерогенный катализ. Определение скорости гетерогенной каталитической реакции. Активность и селективность катализаторов. Ферментативный катализ. Механизмы ферментативного катализа.                       |  | 4         |            | 14 |  |
| Тема 12. Электропроводность растворов электролитов. Теория Аррениуса. Удельная и эквивалентная электропроводность электролитов. Электрохимическое равновесие и электрохимический потенциал. Двойной электрический слой на границе раздела фаз. Формула Нернста. ЭДС и электродные потенциалы. Электроды 1-го и 2-го рода; Механизмы массопереноса: диффузия, миграция и конвекция. Элементарные фотохимические реакции. Практическое занятие: Электропроводность растворов электролитов. |  | 4         | 2          | 10 |  |
| Итого в семестре (на курсе для ЗАО)  |  | 32        | 16         | 96 |  |
| Консультации и промежуточная аттестация (Экзамен)  |  | 0         |            | 36 |  |
| <b>Всего контактная работа и СР по дисциплине</b>  |  | <b>48</b> | <b>132</b> |    |  |

#### 4. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

##### 4.1.2 Система и критерии оценивания

| Шкала оценивания | Критерии оценивания  |  |
|------------------|----------------------|--|
|                  | Устное собеседование | Письменная работа  |
| 5 (отлично)      |                      | Обучающийся показывает всестороннее и глубокое знание коллоидно-химических законов, свободно ориентируется в основных понятиях, терминах и определениях при ответе; усвоил основную и знаком с дополнительной литературой; может объяснить взаимосвязь основных законов коллоидной химии и их значение для последующей профессиональной деятельности; проявляет творческие способности и широкую эрудицию в использовании учебного материала. Критическое и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов задания полностью соответствует всем требованиям |

|                         |  |  |
|-------------------------|--|--|
| 4 (хорошо)              |  | <p>Обучающийся показывает достаточный уровень знаний основных коллоидно-химических законов, ориентируется в основных понятиях и определениях; усвоил основную литературу; допускает незначительные погрешности при ответах на вопросы экзаменационного билета и дополнительные вопросы преподавателя.</p> <p>Работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки или отступления от правил оформления работы.</p>  |
| 3 (удовлетворительно)   |  | <p>Обучающийся показывает знания учебного материала в минимальном объеме; может сформулировать коллоидно-химические законы, понятия и определения, но при этом, допуская большое количество непринципиальных ошибок; знаком с основной литературой; допускает существенные ошибки в ответе на экзамене, но может устраниить их под руководством преподавателя.</p> <p>Задание выполнено полностью, но с многочисленными существенными ошибками. При этом нарушены правила оформления или сроки представления работы.</p>   |
| 2 (неудовлетворительно) |  | <p>Обучающийся не имеет достаточного уровня знания дисциплины; не может сформулировать основные коллоидно-химические законы; плохо ориентируется в основных понятиях и определениях; плохо знаком с основной литературой; допускает при ответе на экзамене существенные ошибки и не может устраниить их даже под руководством преподавателя. Попытка списывания, использования неразрешенных технических устройств или пользование подсказкой другого человека.</p> <p>Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления или сроков представления работы.</p> <p>Представление чужой работы, плагиат, либо отказ от представления работы.</p> |

#### 4.2 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

##### 4.2.1 Перечень контрольных вопросов

| № п/п | Формулировки вопросов  |
|-------|--|
|       | Семестр 6  |
| 1     | Термодинамика. Термодинамическая система. Виды термодинамических систем.   |
| 2     | Газовые законы. Идеальный газ. Реальные газы.  |
| 3     | Химический потенциал. Стандартный химический потенциал. Способы вычисления изменений химического потенциала. Химический потенциал идеального и неидеального газов. |
| 4     | Теплота и работы различного рода. Работа расширения для различных процессов. Первый закон термодинамики. Внутренняя энергия. Энталпия.                             |
| 5     | Закон Гесса и его следствия. Стандартные состояния и стандартные теплоты химических реакций. Теплоты сгорания и образования.                                       |
| 6     | Зависимость теплового эффекта реакции от температуры.  |

|    |   |
|----|---|
| 7  | Формула Кирхгоффа. Зависимость теплоемкости от температуры и расчеты тепловых эффектов реакций.   |
| 8  | Таблицы стандартных термодинамических величин и их использование в термодинамических расчетах.  |
| 9  | Калориметрия. Виды калориметров.  |
| 10 | Второй закон термодинамики и его различные формулировки. Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Потребность в критерии самопроизвольности.   |
| 11 | Второй закон термодинамики и его различные формулировки. Самопроизвольные и несамопроизвольные процессы. Потребность в критерии самопроизвольности.   |
| 12 | Третий закон термодинамики. Постулат Нернста. Постулат Планка. Расчеты абсолютной энтропии химических соединений.   |
| 13 | Фундаментальное уравнение Гиббса. Внутренняя энергия как однородная функция объема, энтропии и числа молей. Уравнение Гиббса-Дюгема.  |
| 14 | Идеальные растворы в различных агрегатных состояниях. Давление насыщенного пара жидкых растворов. Закон Рауля и закон Генри.  |
| 15 | Идеальные и неидеальные растворы. Метод активностей. Коэффициенты активности и их определение по парциальным давлениям компонент.   |
| 16 | Термодинамический вывод законов Гиббса-Коновалова. Разделение веществ путем перегонки. Ректификация. Неидеальные растворы. Азеотроп.  |
| 17 | Константа равновесия. Различные виды констант равновесия и связь между ними. Химические равновесия в растворах. Зависимость констант равновесия от температуры и давления. Уравнение изобары реакции.   |
| 18 | Методы определения порядка химической реакции. Закон разбавления Оствальда. Сложные химические реакции. Метод стационарных концентраций Боденштейна. Статистический расчет константы скорости.  |
| 19 | Катализ. Определение катализа. Общие принципы катализа. Роль катализа в химии. Основные промышленные катализитические процессы. Гомогенный катализ. Кислотно-основной катализ, классификация реакций. Кинетика и механизм реакций специфического кислотного катализа. Гетерогенный катализ. Определение скорости гетерогенной катализитической реакции. |
| 20 | Термодинамика гальванических элементов: применение уравнения Гиббса-Гельмгольца для электрохимических цепей. Ионный двойной электрический слой. Поляризуемый и неполяризуемый электроды   |

#### 4.2.2 Типовые практико-ориентированные задания (задачи, кейсы)

1. Клапан цилиндра содержавшего 10 л газа при давлении 25 атм и температуре 25 °C открыт в атмосферу, давление в которой 760 мм рт ст, а температура 25 °C. Считая этот процесс изотермическим, определите работу процесса расширения газа;

2. Вычислите температуру обратимого адиабатического расширения 100 г аргона от 10 до 50 л, начальная температура 25 °C;

3. Стандартная энталпия сгорания твердого нафталина равна 1231,6 ккал/моль. Продукты сгорания: углекислый газ и жидкая вода. Найти стандартную энталпию образования нафталина при 25 °C.

#### 4.3 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности)

##### 4.3.1 Условия допуска обучающегося к промежуточной аттестации и порядок ликвидации академической задолженности

Проведение промежуточной аттестации регламентировано локальным нормативным актом СПБГУПТД «Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся»

##### 4.3.2 Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

Устная  Письменная  + Компьютерное тестирование  Иная

##### 4.3.3 Особенности проведения промежуточной аттестации по дисциплине

1. Изучение дисциплины заканчивается сдачей кандидатского экзамена.

2. Аспирант перед сдачей экзамена предоставляет реферат по выбранной им теме исследования.

3. Процедура сдачи кандидатского экзамена регулируется требованиями по кандидатскому экзамену.

Экзамен проводится письменно (на подготовку письменного ответа отводится 90 минут), экзамен принимает комиссия, по результатам оформляется протокол сдачи кандидатского экзамена.

• Возможность пользоваться справочными таблицами, калькулятором

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1 Учебная литература

| Автор                                    | Заглавие | Издательство | Год издания | Ссылка |
|--|----------|--------------|-------------|--------|
| <b>6.1.1 Основная учебная литература</b> |          |              |             |        |

|  |  |   |      |   |
|--|--|---|------|---|
| Белоусова, Н. В.,<br>Васильева, М. Н.,<br>Симонова, Н. С.,<br>Шиманский, А. Ф. | Физическая химия   | Красноярск: Сибирский<br>федеральный<br>университет | 2019 | <a href="http://www.iprbookshop.ru/100142.html">http://www.iprbookshop.ru/100142.html</a>                                       |
| Ибрагимова Р. И.,<br>Пеганова Н. В.,<br>Холохонова Л. И.,<br>Новоселов Н. П.   | Физическая химия.<br>Кинетика и катализ.<br>Кинетические<br>исследования химических<br>процессов | Санкт-Петербург:<br>СПбГУПТД                        | 2021 | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202168">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=202168</a>   |
| Лапатин Н. А.,<br>Новоселов Н. П.  | Физическая химия   | Санкт-Петербург:<br>СПбГУПТД                        | 2024 | <a href="http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2024138">http://publish.sutd.ru/tp_ext_inf_publish.php?id=2024138</a> |

#### 6.1.2 Дополнительная учебная литература

|   |  |  |      |   |
|---|--|--|------|---|
| Березовчук, А. В.   | Физическая химия                                 | Саратов: Научная книга   | 2019 | <a href="http://www.iprbookshop.ru/81087.html">http://www.iprbookshop.ru/81087.html</a> |
| Андреев, Л. А.,<br>Бокштейн, Б. С.,<br>Новикова, Е. А.,<br>Родин, А. О.,<br>Руднева, Е. В.,<br>Астахов, М. В. | Физическая химия                                 | Москва: Издательский<br>Дом МИСиС  | 2016 | <a href="http://www.iprbookshop.ru/56609.html">http://www.iprbookshop.ru/56609.html</a> |
| Коган, В. Е.,<br>Литвинова, Т. Е.,<br>Чиркст, Д. Э.,<br>Шахпаронова, Т. С.,<br>Чиркст, Д. Э.                  | Физическая химия                                 | Санкт-Петербург:<br>Национальный<br>минерально-сырьевой<br>университет «Горный»          | 2014 | <a href="http://www.iprbookshop.ru/71708.html">http://www.iprbookshop.ru/71708.html</a> |
| Селиванова, Н. М.,<br>Павличенко, Л. А.,<br>Булидорова, Г. В.,<br>Проскурина, В. Е.,<br>Галиметдинов, Ю. Г.   | Физическая химия                                 | Казань: Казанский<br>национальный<br>исследовательский<br>технологический<br>университет | 2016 | <a href="http://www.iprbookshop.ru/79588.html">http://www.iprbookshop.ru/79588.html</a> |
| Тимакова, Е. В.   | Физическая химия.<br>Химическая<br>термодинамика | Новосибирск:<br>Новосибирский<br>государственный<br>технический<br>университет           | 2016 | <a href="http://www.iprbookshop.ru/91577.html">http://www.iprbookshop.ru/91577.html</a> |

#### 5.2 Перечень профессиональных баз данных и информационно-справочных систем

- Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» [Электронный ресурс]. URL:<http://window.edu.ru/>.
- Электронно-библиотечная система IPRbooks: <http://www.iprbookshop.ru>
- Электронная библиотека учебных изданий СПбГУПТД: <http://publish.sutd.ru>
- Единый портал интернет тестирования в сфере образования [Электронный ресурс]. URL:<http://www.i-exam.ru/>.

#### 5.3 Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

MicrosoftOfficeProfessional

Microsoft Windows

#### 5.4 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Специализированная физико-химическая лаборатория, которая оснащена: лабораторными столами, лабораторной посудой, аналитическими и техническими весами, сушильным шкафом, вытяжными шкафами, дистиллятором, водяной баней, рефрактометрами, поляриметрами, калориметрами, кондуктометрами, потенциометрами, pH-метром, ионометром, лабораторным комплексом «Химия», установкой для потенциометрического титрования, установкой для кондуктометрического титрования, установкой для криометрических измерений, установкой для изучения равновесия «жидкость-пар», установкой для изучения ЭДС гальванических элементов.

В лаборатории имеется доска, персональные компьютеры и мультимедийный экран для выполнения интерактивных работ и просмотра видеоматериалов.

| Аудитория          | Оснащение   |
|--------------------|---|
| Компьютерный класс | Мультимедийное оборудование, компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду |
| Учебная аудитория  | Специализированная мебель, доска  |