

Правительство Российской Федерации
Санкт-Петербургский государственный университет

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

(учебной дисциплины, практики и т.п.)

Физическая Химия Траектория 1
Physical Chemistry Trajectory 1

Язык(и) обучения

_____ русский _____

Трудоёмкость (границы трудоёмкости) в зачетных единицах: __11__

Регистрационный номер рабочей программы: _____

Санкт-Петербург

2017

Раздел 1. Характеристики учебных занятий

1.1. Цели и задачи учебных занятий

Цель курса - освоение обучаемым фундаментальных знаний в области физической химии и выработка практических навыков применения этих знаний. Содержание курса входит в необходимый минимум профессиональных знаний выпускников - бакалавров по направлению "Химия", а также является необходимой основой для освоения специальных курсов и выполнения практических работ.

1.2. Требования к подготовленности обучающегося к освоению содержания учебных занятий (пререквизиты)

Курс базируется на знаниях, полученных при изучении курсов "Общая химия", "Общая физика", "Высшая математика", "Термодинамика"

1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)

ПКМ-46, ПКМ-47, ПКМ-50, ПКМ-51

1.4. Перечень активных и интерактивных форм учебных занятий

Лекции, семинары, лабораторные работы, самостоятельная работа в присутствии преподавателя, самостоятельная работа с использованием методических материалов, зачёт, экзамен

Раздел 2. Организация, структура и содержание учебных занятий

2.1. Организация учебных занятий

2.1.1 Основной курс

Трудоёмкость, объёмы учебной работы и наполняемость групп обучающихся																		
Период обучения (модуль)	Контактная работа обучающихся с преподавателем												Самостоятельная работа				Трудоёмкость	
	Лекции	семинары	консультации	практические занятия	лабораторные работы	контрольные работы	коллоквиумы	текущий контроль	промежуточная аттестация	итоговая аттестация	под руководством преподавателя	в присутствии преподавателя	с использованием методических материалов	аб.реамтекущий контроль (аб.реампромежуточная аттестация (аб.реамитоговая аттестация (Объём активных и интерактивных форм учебных занятий
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ																		
очная форма обучения																		
Семестр 3	40	30	2	0	0	0	0	0	4	0	0	0	44	0	24	0	30	4
	1-100	1-20	1-100			1-20			1-20				1-1		1-1			

Семестр 4	30	22	2	0	60	0	8	0	4	0	0	60	36	0	30	0	90	7
	1-100	1-20	1-100		1-9	1-20	1-9		1-20			1-9	1-1		1-1			
ИТОГО	70	44	4	0	0	4	8	0	8	0	0	60	80		54		120	11

Формы текущего контроля успеваемости, виды промежуточной и итоговой аттестации			
Период обучения (модуль)	Формы текущего контроля успеваемости	Виды промежуточной аттестации	Виды итоговой аттестации (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ)
ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ			
очная форма обучения			
Семестр 3	контрольные работы - 2	зачет, экзамен	
Семестр 4	контрольные работы -2 коллоквиумы – 4	зачет, экзамен	

2.2. Структура и содержание учебных занятий

Основной курс Основная траектория Очная форма обучения

Период обучения (модуль): **Семестр 3**

№ п/п	Наименование темы (раздела, части)	Вид учебных занятий	Количество часов
1	Однокомпонентные системы. Газы. Жидкости. Твёрдые тела.	Лекции	10
		Семинары	4
		по методическим материалам	4
2	Термодинамическое описание многокомпонентных систем.	Лекции	4
		Семинары	4
		по методическим материалам	10
3	Газовые растворы.	Лекции	2
		Семинары	4
		по методическим материалам	10

4	Жидкие растворы неэлектролитов.	Лекции	8
		Семинары	6
		по методическим материалам	10
5	Гетерогенные системы.	Лекции	16
		Семинары	12
		по методическим материалам	10
ИТОГО		Лекции	40
		Семинары	30
		по методическим материалам	44

Период обучения (модуль): **Семестр 4**

№ п/п	Наименование темы (раздела, части)	Вид учебных занятий	Количество часов
1	Термодинамическое учение о химическом равновесии.	Лекции	8
		Семинары	8
		Лабораторные работы	32
		по методическим материалам	12
2	Гетерогенные равновесия	Лабораторные работы	32
		по методическим материалам	4
3	Растворы электролитов	Лекции	8
		Семинары	4
		Лабораторные работы	32
		по методическим материалам	8
4	Электрохимические системы.	Лекции	14
		Семинары	10
		Лабораторные работы	32
		по методическим материалам	12

ИТОГО	Лекции	30
	Семинары	22
	Лабораторные работы	128
	по методическим материалам	36

Детальная программа курса “Физическая химия Траектория 1”

I. Лекции

Введение

Задачи курса, его содержание. Объекты, методы.

Историческая справка.

Раздел 1. Однокомпонентные системы.

п.1 Различные агрегатные состояния вещества.

п.2 Фазовые диаграммы однокомпонентных систем. Уравнение Клаузиуса-Клапейрона. Уравнение Антуана.

Глава 1. Газы.

§ 1. Идеальный газ. Термодинамические функции идеального газа. Кинетическая теория газов.

§ 2. Реальные газы.

п.1. Отклонения от идеальности.

п.2. Межмолекулярные взаимодействия в реальных газах. Потенциал парного взаимодействия.

п.3. Уравнения состояния реального газа.

п.4. Непрерывный переход от жидкого к газообразному состоянию. Условия устойчивости жидкой и газообразной фаз. Критические явления. Теория соответственных состояний. Уравнение состояния в приведённых переменных.

п.5. Зависимость химического потенциала однокомпонентного газа от давления.

Фугитивность и методы её определения.

Глава 2. Жидкости.

Глава 3. Твёрдые тела.

§ 1. Аморфное и кристаллическое состояние. Модель структуры кристалла. Типы кристаллов и методы их описания.

§ 2. Теории теплоемкости одноатомных кристаллов.

Раздел II. Двухкомпонентные и многокомпонентные системы.

Глава 1. Термодинамическое описание многокомпонентных систем.

§ 1. Термодинамические функции и фундаментальные уравнения для многокомпонентных систем. Парциальные молярные величины. Уравнение Гиббса-Дюгема. Методы расчёта парциальных молярных величин.

§ 2. Функции смешения. Парциальные молярные функции смешения.

Глава 2. Газовые растворы.

§ 1. Термодинамика идеальных газовых смесей.

§ 2. Смеси реальных газов.

Глава 3. Жидкие растворы неэлектролитов.

§ 1. Развитие представлений о природе растворов.

§ 2. Идеальные растворы. Функции смешения. Закон Рауля. Модель идеального раствора.

§ 3. Предельно разбавленные растворы. Закон Генри. Закон распределения Нернста.

§ 4. Реальные растворы. Активность, коэффициент активности; способы их нормировки. Избыточные термодинамические функции реального раствора. Регулярные и атермические растворы.

§ 5. Коллигативные свойства растворов. Методы вычисления активности и коэффициентов активности из экспериментальных данных.

Глава 4. Гетерогенные системы.

§ 1. Двухкомпонентные двухфазные системы. Общие условия равновесия.

п.1. Общие определения.

п.2. Общие условия равновесия в двухфазных двухкомпонентных системах.

§ 2. Дифференциальное уравнение Ван-дер-Ваальса.

§ 3. Равновесие жидкость – пар в двухкомпонентной системе. Парциальные давления веществ в паре, сосуществующем с раствором. Законы Коновалова. Границы применимости законов Коновалова.

§ 4. Разделение и очистка веществ методами дистилляции и фракционной перегонки. Ректификация.

§ 5. Равновесие жидкость – жидкость в двухкомпонентных системах.

§ 6. Двухфазное равновесие в системе твёрдое тело – жидкость.

§ 7. Трёхфазное равновесие в двухкомпонентных системах. Общие условия равновесия. Равновесие жидкость-жидкость-пар. Перегонка с водяным паром. Трёхфазное равновесие между твёрдыми и жидкими фазами в двухкомпонентных системах.

Физико-химический анализ.

§ 8. Трёхкомпонентные системы. Общие условия равновесия. Способы изображения состава. Диаграммы состав-свойство.

Глава 5. Термодинамическое учение о химическом равновесии.

§ 1. Условия химического равновесия. Химическая переменная. Химическое сродство.

§ 2. Закон действующих масс. Уравнение изотермы-изобары химической реакции.

§ 3. Влияние температуры на химическое равновесие.

§ 4. Зависимость стандартного химического сродства и константы равновесия химической реакции от давления.

§ 5. Примеры равновесий химических реакций.

§ 6. Методы расчёта химических равновесий.

п.1. Метод комбинирования реакций.

п.2. Химическое равновесие и тепловой закон. Применение Теплового закона Нернста к газовым и гетерогенным реакциям. Расчёт равновесий по абсолютным значениям энтропии. Третье начало термодинамики.

Глава 6. Растворы электролитов и электрохимические системы.

§ 1. Растворы электролитов. Первичное описание свойств.

п.1. Экспериментальные доказательства существования ионов в растворах электролитов.

п.2. Основные положения теории электролитической диссоциации С. Аррениуса.

п.3. Ион-дипольные взаимодействия в растворах электролитов, Взаимодействие электролита с растворителем. Истинные и потенциальные электролиты. Сольватация ионов. Влияние ионов на структуру растворителя.

§ 2. Термодинамические функции сольватации.

§ 3. Энергия сольватации. Теория М. Борна. Развитие теорий сольватации.

§ 4. Термодинамические свойства растворов электролитов.

- п.1. Электрохимический потенциал. Химические потенциалы ионов и электролита.
- п.2. Выбор стандартного состояния.
- § 5. Ион–ионные взаимодействия в растворах электролитов. Экспериментальное определение коэффициентов активности. Ионная сила раствора.
- § 6. Термодинамические основы теории межионного взаимодействия. Электростатическая теория сильных электролитов. Модель, вывод основного уравнения, его решение, вывод уравнения для коэффициентов активности. Уравнение Дебая-Хюккеля второго приближения.
- § 7. Неравновесные явления в растворах электролитов.
- п.1. Электропроводность растворов электролитов: удельная, эквивалентная. Определения, зависимость от концентрации.
- п.2. Числа переноса и методы их определения: метод Гитторфа, метод движущейся границы.
- п.3. Предельная электропроводность ионов. Правило Вальдена –Писаржевского. Зависимость подвижности, электропроводности и чисел переноса от концентрации. Уравнение Дебая-Хюккеля-Онзагера. Правило Кольрауша. Эффекты Вина, Дебая – Фалькенгагена.
- § 8. Электрохимические системы.
- п.1. Основы электрохимической термодинамики. Равновесие на границе электрод-раствор. Понятия Вольта-, Гальвани –потенциала.
- п.2. Равновесие в электрохимической цепи.
- п.3. Диффузионный потенциал.
- п.4. Окислительно-восстановительные полуреакции и понятие электродного потенциала.
- п.5. Классификация электродов.
- п.6. Классификация электрохимических цепей: физические, химические, концентрационные.
- п.7. Ионоселективные электроды.

II. Семинары

Семинары в объёме 52 часов. Проводятся в интерактивной форме в группах численностью не более 20 человек.

Раздел I. Однокомпонентные системы. Газы.

Раздел II. Растворы.

Раздел III. Гетерогенные равновесия.

Раздел IV. Химическая термодинамика. Расчёты равновесия химических реакций.

Раздел V. Растворы электролитов. Процессы переноса в растворах электролитов.

Раздел VI. Электрохимические системы.

III. Лабораторный практикум

Лабораторные работы в объёме 128 часов. Выполняются в специализированном практикуме физической химии в группах численностью не более 9 человек.

Тема 1. Химическая термодинамика

Работа 1. Определение энтальпии растворения соли.

Работа 2. Определение термодинамических функций химической реакции методом ЭДС.

Работа 3. Распределение карбоновых кислот между двумя несмешивающимися жидкими фазами.

Тема 2. Гетерогенные равновесия

Работа 1. Определение молекулярной массы неэлектролита криоскопическим методом.

Работа 2. Исследование равновесия между жидкостью и паром в двухкомпонентных системах.

Работа 3. Изучение взаимной растворимости жидкостей в трёхкомпонентной системе

Тема 3. Электропроводность растворов электролитов

Работа 1. Исследование электропроводности растворов электролитов

Работа 2. Кондуктометрическое титрование

Работа 3. Исследование переноса электричества в смешанных растворах электролитов.

Тема 4. Гальванические элементы

Работа 1. Исследование элемента Даниэля-Якоби.

Работа 2. Определение рН буферного раствора с помощью водородного газового электрода.

Работа 3. Определение рН растворов с помощью стеклянного электрода.

Работа 4. Определение коэффициентов активности соляной кислоты методом ЭДС.

Работа 5. Редоксметрическое исследование гексацианоферрата (II) калия.

Работа 6. Определение концентрации хлористого натрия в водных растворах с помощью стеклянного электрода.

Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

3.1. Методическое обеспечение

3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины

Учебное пособие "Краткий конспект лекций по Физической химии". Электронный вариант. А.А.Киприанов. СПб. 2015 г. 185 с.

Учебное пособие "Примеры и задачи по физической химии". Под редакцией А.А. Киприанова, А.А.Пендина, Н.А.Смирновой. СПб. 2006 г. 192 с.

Киприанов А.А., Казак А.С., Старикова А.А., Синякова М.А., Борисова М.В., Сыроварова Т.К., Ануфрикова И.Е., Добрякова И.Е.

Методические указания к работам по физической химии. Практикум I.

Тема: Гетерогенные равновесия: учеб. Пособие. 2017. 32 с.

Киприанов А.А., Казак А.С., Шумилова Г.И., Соловьева Е.В., Борисова М.В., Сыроварова Т.К., Ануфрикова И.Е., Добрякова И.Е.

Методические указания к работам по физической химии. Практикум I.

Тема: Электропроводность растворов электролитов: учеб. пособие. 2017. 32 с.

3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы

Тестовые задания, учебные раздаточные материалы

Учебное пособие "Краткий конспект лекций по Физической химии". Электронный вариант. А.А.Киприанов. СПб. 2015 г. 185 с.

Учебное пособие "Примеры и задачи по физической химии". Под редакцией А.А. Киприанова, А.А.Пендина, Н.А. Смирновой.СПб. 2006 г. 192 с.

Учебное пособие "Методические указания к работам по физической химии I практикум. Под ред. А.А.Пендина. СПб. 2007 г. 88 с.

Киприанов А.А., Казак А.С., Старикова А.А., Синякова М.А., Борисова М.В., Сыроварова Т.К., Ануфрикова И.Е., Добрякова И.Е.

Методические указания к работам по физической химии. Практикум I.

Тема: Гетерогенные равновесия: учеб. Пособие. 2017. 32 с.

Киприанов А.А., Казак А.С., Шумилова Г.И., Соловьева Е.В., Борисова М.В., Сыроварова Т.К., Ануфрикова И.Е., Добрякова И.Е.

Методические указания к работам по физической химии. Практикум I.

Тема: Электропроводность растворов электролитов: учеб. пособие. 2017. 32 с.

3.1.3 Методика проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации и критерии оценивания

Экзамен (устный). Критерии оценки:

Отлично: понимание концепций, условий применимости и ограничения методов, владение математическим аппаратом;

Хорошо: понимание концепций, условий применимости и ограничения методов, отдельные ошибки в использовании математического аппарата;

Удовлетворительно: общее понимание концепций, общее представление о связи понятий, отдельные ошибки при изложении деталей концепции и математического аппарата;

Неуд.: отсутствие представлений и связи понятий и понимания основных концепций.

3.1.4 Методические материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации (контрольно-измерительные материалы, оценочные средства)

Вариант экзаменационного билета:

1. Экспресс-тест

1.1. Запишите уравнение для химического потенциала компонента реальной газовой смеси.

1.2. Запишите уравнение изотермы-изохоры химической реакции.

1.3. Запишите выражение для электрохимического потенциала (определение).

1.4. Изобразите диаграмму, иллюстрирующую выполнение второго закона Коновалова.

1.5. Приведите пример гальванического элемента с переносом, запишите выражение для ЭДС.

2. Реальные растворы. Активность, коэффициент активности; способы их нормировки

3. Третье начало термодинамики. Его применение для расчетов химических равновесий.

3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса

Анкета:

Моя будущая специализация:

Органика	Неорганика	аналитика	физхимия	теория	эксперимент	пока не выбрана
----------	------------	-----------	----------	--------	-------------	-----------------

Оцените, пожалуйста, по пятибалльной системе курс лекций «Физическая химия», поставив Вашу оценку в таблице против каждого вопроса.

	Ваша оценка
Важен ли материал курса для Вашего профессионального роста?	
Курс способствовал Вашему общему развитию и умению мыслить?	
Много ли нового Вы почерпнули из этого курса по сравнению с другими курсами?	
Рекомендовали бы Вы другим студентам прослушать курс?	
Насколько материал курса не перекрывает другие прослушанные Вами курсы?	
Получили ли Вы общее представление о читаемом предмете и основных подходах?	
Как много фактических знаний Вы почерпнули?	
Возбудил ли этот курс Ваш интерес к дальнейшим занятиям предметом?	
Насколько легко, по сравнению с другими курсами, Вам было воспринимать читаемый курс?	
Курс кажется Вам современным	
Увеличивался ли Ваш интерес к предмету по ходу семестра?	
Цели курса были ясно сформулированы?	
Соответствовали ли сформулированные цели предмета тому, что читалось на лекциях?	
Хорошо ли был организован материал лекций?	
Показалось ли Вам, что лектор хорошо разбирается в читаемом предмете?	
Объяснения были логичными, легко воспринимаемыми?	
Темп чтения был не слишком быстрым, Вы успевали воспринимать?	

Успевали ли Вы записывать?	
Легко ли, по сравнению с другими курсами, Вам было вести конспект?	
Давалось ли достаточно интересных примеров?	
Читались ли лекции динамично?	
Ваша оценка лектора как оратора (внятность, правильность, образность, эмоциональность речи)	
Преподавал ли лектор с энтузиазмом?	
Насколько подготовленным преподаватель приходил на лекции?	
Было ли Вам интересно?	
Связывал ли лектор содержание курса с современными проблемами науки, общества в целом или др.? Упомянул ли о последних достижениях в области?	
Легко ли было переписывать с доски?	
Основывал ли лектор свои объяснения на более простых, хорошо известных фактах и концепциях?	
Лектор не опаздывал на занятия?	
Следил ли лектор за реакцией аудитории, был ли в контакте?	
Соответствует ли лектор Вашему представлению о настоящем университетском профессоре?	
Задавал ли лектор интересные вопросы, инициировал размышления и обсуждения в аудитории?	
Заставил ли лектор Вас мобилизоваться, работать над предметом и думать в полную силу?	
Насколько уважительно и деликатно лектор относился к студентам?	
Чувствовал ли лектор, когда его объяснение осталось недостаточно ясным для студентов?	
Аккуратно ли лектор отвечал на все заданные студентами вопросы?	
Лектор поощрял критику и предложения и был готов их обсуждать со студентами	

Если у Вас имеются замечания или предложения, пожалуйста, напишите на обратной стороне анкеты.

3.2. Кадровое обеспечение

3.2.1 Образование и (или) квалификация преподавателей и иных лиц, допущенных к проведению учебных занятий

Проф., д.х.н, доцент, к.х.н, стар. преп. к.х.н.

3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом

"Для выполнения лабораторных работ практикум должен быть обеспечен квалифицированным учебно-вспомогательным персоналом для обслуживания оборудования, подготовки материалов, а также растворов в соответствии с указанным п.п.3,3,3, не менее 4 человек (подготовка 4 коллоквиумов). Для сопровождения лабораторных работ необходимо не менее одного УВП на учебную группу с максимальной численностью 9 человек. Учебно-вспомогательный персонал включает в себя заведующего учебной лабораторией, инженеров и лаборантов. Сотрудники должны иметь высшее или среднее специальное образование; возможно привлечение для работы в качестве лаборантов студентов СПбГУ, имеющих незаконченное высшее образование (не менее 2 полных курсов)."

3.3. Материально-техническое обеспечение

3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий

Аудитория, рассчитанная на 50 мест

3.3.2 Характеристики аудиторного оборудования, в том числе неспециализированного компьютерного оборудования и программного обеспечения общего пользования

мультимедийный проектор, меловая доска, экран Microsoft Office.

Для проведения лабораторных работ практикум должен быть полностью оснащен необходимым общелабораторным и специальным оборудованием.

Для проведения лабораторных работ используется материально-техническая база и оборудование Института Химии и ресурсного образовательного центра по направлению химия Научного Парка СПбГУ.

3.3.3 Характеристики специализированного оборудования.

Для проведения лабораторных работ практикум должен быть полностью оснащен необходимым общелабораторным и специальным оборудованием.

Общелабораторное оборудование: вытяжные шкафы, сушильные шкафы, дистиллятор, электронные технические и аналитические весы, титровальные полки; комнатные термометры, муфельные печи, водоструйные насосы, "холодильник бытовой с большой морозильной камерой и отделением "0" температуры, а также наборы инструментов и материалов для обслуживания и мелкого ремонта установок (паяльники с разными жалами, термоусадки, различного типа припой, провода, клеммы, соединения, основной ручной инструмент).

Специальное оборудование: Платина в сырье (в том числе электроды, ячейки) и в лабораторной посуде, серебро в сырье (в том числе электроды) и в лабораторной посуде, соединения серебра и платины.

По первому коллоквиуму ("Химическая термодинамика"):

Работа 1. "Определение энтальпии растворения соли":

калориметры с переменной температурой и изотермической оболочкой; калориметрические сосуды; механические погружные мешалки; моторы к мешалкам; погружные термисторы; погружные нагревательные элементы; секундомеры; ЛАТРы; вольтметры М106; амперметры М-104; стабилизированный источник питания постоянного тока Б5-49 (50); мост постоянного тока МО-62; гальванометр М195.

Работа 2. “*Определение термодинамических функций химической реакции методом ЭДС*”: генераторы водорода ЭЛДИС 15-мд; гальванические элементы с переносом, состоящие из газового водородного электрода и электрода второго рода (хлорсеребряного, сульфатсеребряного, фосфатсеребряного); жидкостные термостаты без охлаждения с прозрачным кожухом, снабжённые контактными термометрами и контрольными термометрами; штативы для гальванических элементов, подвешивающиеся внутри прозрачного кожуха термостата; цифровые вольтметры постоянного тока Щ1516 (26).

Работа 3. “*Распределение карбоновых кислот между двумя несмешивающимися жидкими фазами*”: встряхиватели с термостатированием (357), встряхиватели без термостатирования (358S); пипетки-дозаторы “БИОНТ proline” с фиксированным объёмом дозирования (5 мл.); штативы с лапками и муфтами.

По второму коллоквиуму (“Гетерогенные равновесия”):

Работа 1. “*Определение молекулярной массы неэлектролита криоскопическим методом*”: микрохолодильники ТЛМ; выпрямители ВСП-33; штативы; термометры Бекмана; криоскопы, снабжённые пробками и погружными мешалками.

Работа 2. “*Исследование равновесия между жидкостью и паром в двухкомпонентных системах*”: эбуллиометры Свентославского-Бушмакина; соответствующие им ртутные термометры со шлифом и с ценой деления 0,05-0,1 °С; рефрактометры 454Б (типа Аббе); нагревательные спирали в оболочках из кварцевого стекла; регуляторы напряжения; барометр; штативы с лапками и муфтами.

Работа 3. “*Изучение взаимной растворимости жидкостей в трёхкомпонентной системе*”: штативы.

По третьему коллоквиуму (“Растворы электролитов”):

Работа 1. “*Исследование электропроводности растворов электролитов*”:

циркуляционные жидкостные термостаты; универсальные измерители LCR E7-11; кондуктометрические ячейки для измерения электропроводности растворов.

Работа 2. “*Кондуктометрическое титрование*”:

штативы с лапками и муфтами; мешалки магнитные; наушники; генераторы звука; кондуктометрические ячейки для измерения электропроводности растворов; элементы для сборки мостика Уитстона: магазины сопротивлений, делители напряжения.

Работа 3. “*Исследование переноса электричества в смешанных растворах электролитов*”: стенды для проведения электролиза; сосуды-электролизёры; сосуды-кулонометры; стабилизированные источники питания постоянного тока Б5-49 (50); миллиамперметры; секундомеры; медные электроды в двух вариантах изготовления; свинцовые электроды.

По четвёртому коллоквиуму (“Гальванические элементы”)

Работа 1. “*Исследование элемента Даниэля-Якоби*”:

цинковые и медные электроды; насыщенные хлорсеребряные электроды; милливольтметры для потенциометрии (рН-150); нормальные элементы Вестона для настройки приборов; маленькие штативы с держателями для электродов.

Работа 2. “*Определение рН буферного раствора с помощью водородного газового электрода*”: генераторы водорода (например, ЭЛДИС 15-мд); платинированные платиновые электроды; насыщенные хлорсеребряные электроды; цифровые вольтметры постоянного тока ИЦ1516 (26).

Работа 3. “*Определение рН растворов с помощью стеклянного электрода*”:

стеклянные электроды, селективные к иону водорода; насыщенные хлорсеребряные электроды; рН-метры рН-420; штативы малые для сборки гальванических элементов.

Работа 4. “*Определение коэффициентов активности соляной кислоты методом ЭДС*”:

стеклянные электроды, селективные к иону водорода; провода с экранированием для стеклянных электродов; насыщенные хлорсеребряные электроды; циркуляционные термостаты; вольтметры; штативы.

Работа 5. “*Редоксметрическое исследование гексацианоферрата (II) калия*”:

точечные платиновые электроды; насыщенные хлорсеребряные электроды; милливольтметры для потенциометрии (рН-150); гнезда для монтажа электродов в гальванический элемент и соединения его с милливольтметром; штативы с лапками и муфтами; магнитные мешалки.

Работа 6. “*Определение концентрации хлористого натрия в водных растворах с помощью стеклянного электрода*”: преобразователи ионометрические И-500; мешалки магнитные маленькие; стеклянные электроды с натриевой функцией, хлорсеребряные электроды для гальванического элемента без переноса, штативы для электродов.

3.3.4. Характеристики специализированного программного обеспечения

«Origin», программный комплекс «Titrate-5.0».

3.3.5. Перечень и объёмы требуемых расходных материалов.

Для проведения лабораторных работ используется посуда, реактивы и прочие расходные материалы Института Химии и ресурсного образовательного центра по направлению химия Научного Парка СПбГУ.

По работам:

Работы первого коллоквиума (“Химическая термодинамика”).

Работа 1. “*Определение энтальпии растворения соли*”.

Расходные материалы и посуда:

1. мерные цилиндры на 500 мл.;
2. стаканчики стеклянные на 50 мл., можно без меток;
3. капсулаторки пластмассовые;
4. воронки малые (диаметр 4 см.) пластмассовые или стеклянные;
5. сосуды в виде больших коротких пробирок, снабжённые резиновыми пробками;
6. сосуды для промывания (“промывалки”);
7. миллиметровая бумага, карандаши простые, линейки прозрачные, ластик;
8. коробки для укомплектования выдаваемых студентам наборов;
9. провода с клеммами с термотрубкой;

10. большая бутылка для дистиллированной воды с нижним отводом, снабжённая трубкой.

Реактивы: предварительно просушенные хлорид калия, хлорид натрия, нитрат калия, нитрат натрия; дистиллированная вода.

Работа 2. “Определение термодинамических функций химической реакции методом ЭДС”.

Расходные материалы и посуда:

1. пробирки двух типов для электродов (водородных, второго рода);
2. стеклянные электролитические мостики-ключи для сборки гальванического элемента с переносом;
3. газовые затворы;
4. трубки стеклянные;
5. рабочие бутылки для растворов кислот, каждая бутылка снабжена сифоном, пробкой с двумя отверстиями;
6. плотно закрывающиеся бутылки для хранения растворов кислот;
7. шланги силиконовые;
8. зажимы Мора, винтовые зажимы;
9. стеклянные пипетки-наконечники;
10. фильтровальная бумага;
11. большая бутылка для дистиллированной воды с нижним отводом, снабжённая трубкой.

Реактивы: водный раствор серной кислоты; водный раствор фосфорной кислоты; водный раствор соляной кислоты; серная, фосфорная, соляная кислоты; дистиллированная вода).

Реактивы для подготовки работы: раствор для платинирования электродов (калий гексахлороплатинат (IV), свинец уксуснокислый); нитрат серебра и трехзамещённый фосфат натрия для получения фосфата серебра; сульфат серебра; концентрированная фосфорная кислота; фиксажи серной кислоты; фиксажи соляной кислоты; азотная кислота для очистки платины.

Работа 3. “Распределение карбоновых кислот между двумя несмешивающимися жидкими фазами”.

Расходные материалы и посуда:

1. колбы конические плоскодонные на 100 мл., можно без меток;
2. пробки пробковые к колбам по п.1;
3. пластиковые одноразовые насадки на пипетки-дозаторы, объём 5 мл;
4. бутылки на 4-5 л. с нижним отводом для растворов пропионовой кислоты, каждая бутылка снабжена размеченной бюреткой с отводом, сифоном, пробкой с двумя отверстиями;
5. бутылки 0,5-1 л. для хранения органических реактивов с плотно закручивающимися пробками;
6. бутылки на 2-3 л. для оргслива;
7. бюретки на 25 мл. с ценой деления 0,1 мл.;
8. маленькие стеклянные воронки, подходящие к бюреткам;
9. зажимы Мора;
10. силиконовые шланги;

11. стеклянные пипетки-наконечники;
12. фильтровальная бумага;
13. подносы эмалированные;
14. груши резиновые объёмом 100 мл.;
15. сосуды-капельницы для индикатора;
16. большая бутылка для дистиллированной воды с нижним отводом, снабжённая трубкой.

Реактивы: пропионовая кислота, уксусная кислота, гексан, гептан, четырёххлористый углерод, гидроксид натрия, соляная кислота, универсальный индикатор (метиленовый синий и нейтральный красный), дистиллированная вода.

Реактивы для подготовки работы: фиксаналы соляной кислоты.

Работы второго коллоквиума (“Гетерогенные равновесия”):

Работа 1. “Определение молекулярной массы неэлектролита криоскопическим методом”.

Расходные материалы и посуда:

1. пластиковые ёмкости для льда объёмом около 700-800 мл;
2. стаканы стеклянные объёмом 1 л., можно без меток;
3. пробирки маленькие криоскопические;
4. пробки резиновые маленькие для криоскопов;
5. лупы;
6. фильтровальная бумага;
7. силиконовые или резиновые шланги для холодильных установок;
8. полотенце и молоток (для приготовления колотого льда);
9. большая бутылка для дистиллированной воды с нижним отводом, снабжённая трубкой.

Реактивы: глюкоза, мочеви́на, дистиллированная вода.

Работа 2. “Исследование равновесия между жидкостью и паром в двухкомпонентных системах”.

Расходные материалы и посуда:

1. колбы круглые плоскодонные объёмом 200-250 мл., со шлифами и с притёртыми пробками;
2. колбы круглые плоскодонные объёмом 50 мл., со шлифами и с притёртыми пробками-капельницами - для калибровочных растворов;
3. колбы круглые плоскодонные объёмом 1 л., с внутренними шлифами и притёртыми пробками и с внешними шлифами и притёртыми крышками – для хранения рабочих растворов;
4. стеклянные пипетки длинные (около 6-8 см.);
5. пробирки диаметром около 1 см. и высотой около 4-5 см. для отбора проб, пробки пробковые к этим пробиркам;
6. лупы;
7. резиновые груши объёмом 100 и 250 мл.;
8. силиконовые и резиновые шланги различных диаметров;
9. стеклянные пипетки-наконечники;

10. зажимы Мора;
11. фильтровальная бумага;
12. эмалированные подносы;
13. резиновые перчатки.

Реактивы: трёххлористый углерод (хлороформ), четырёххлористый углерод, гексан, ацетон.

Работа 3. “Изучение взаимной растворимости жидкостей в трёхкомпонентной системе”.

Расходные материалы и посуда:

1. колбочки круглые плоскодонные объёмом 25-50 мл. с длинным тубусом;
2. пробковые или силиконовые пробки к колбочкам по п.1;
3. бюретки на 25 мл. с ценой деления 0,05-0,1 мл.;
4. воронки маленькие диаметром 2,5-3 см. для бюреток;
5. силиконовые шланги;
6. стеклянные пипетки-наконечники;
7. зажимы Мора;
8. треугольные диаграммы Гиббса-Розенбома для отображения фазового состава трёхкомпонентных систем, простые карандаши, ластик;
9. фильтровальная бумага;
10. эмалированные подносы;
11. большая бутылка для дистиллированной воды с нижним отводом, снабжённая трубкой;
12. бутылки объёмом 0,5 – 1 л. с плотно завинчивающимися крышками для хранения растворов;
13. резиновые перчатки.

Реактивы: трёххлористый углерод (хлороформ), четырёххлористый углерод, бутилацетат, этилацетат, уксусная кислота, дистиллированная вода.

Работы третьего коллоквиума (“Растворы электролитов”):

Работа 1. “Исследование электропроводности растворов электролитов”.

Расходные материалы и посуда:

1. Пипетки Мора на 10 мл.
2. Пипетки Мора на 20 мл.
3. Колбы конические с пробками плоскодонные без шлифа объёмом 50 мл.
4. Колбы конические с пробками плоскодонные без шлифа объёмом 100 мл.
5. Стаканчики объёмом 100 мл., можно без меток.
6. Резиновые груши на 50 и 100 мл.
7. Большая бутылка на 5 литров, к ней бюретка с отводом, сифон, пробка с двумя отверстиями.
8. Большая бутылка для дистиллированной воды с нижним отводом, снабжённая трубкой.
9. Шланги силиконовые.
10. Зажимы Мора, винтовые зажимы, шпатели разные.
11. Фильтровальная бумага.
12. Бутылки для хранения растворов.

13. Мерные колбы для приготовления растворов на 1 литр, 2 литра, мерные цилиндры.
14. Резиновые пробки.

Реактивы: хлористый калий, хлористый натрий, азотнокислый калий, азотнокислый натрий, уксусная и пропионовая кислоты, хлористый кальций, дистиллированная вода.

Реактивы для подготовки работы: раствор для платинирования электродов (калий гексахлороплатинат (IV), свинец уксуснокислый).

Работа 2. “Кондуктометрическое титрование”.

Расходные материалы и посуда:

1. Стаканы стеклянные объёмом 250 мл с делениями.
2. Бюретки с оливой на 10 мл с ценой деления 0,050-0,1 мл.
3. Зажимы Мора, винтовые зажимы.
4. Якоря к магнитным мешалкам.
5. Большая бутылка на 5 литров, к ней бюретка с отводом, сифон, пробка с двумя отверстиями.
6. Шланги силиконовые.
7. Стеклянные пипетки-наконечники.
8. Фильтровальная бумага.
9. Миллиметровая бумага, карандаши простые, линейки не менее 30 см. длиной прозрачные, ластик.
10. Большая бутылка для дистиллированной воды с нижним отводом, снабжённая трубкой.
11. Мерные колбы для приготовления растворов различных объёмов (от 250 мл. до 2 литров, пипетки Мора различных объёмов (от 1 мл. до 100 мл.), мерные цилиндры.
12. Резиновые пробки.
13. Бутылки объёмом 0,5-1 л. для хранения реактивов.

Реактивы: уксусная кислота, соляная кислота, натрия гидроксид, универсальный индикатор (метиленовый синий и нейтральный красный), дистиллированная вода.

Реактивы для подготовки работы: раствор для платинирования электродов (калий гексахлороплатинат (IV), свинец уксуснокислый).

Работа 3. “Исследование переноса электричества в смешанных растворах электролитов”.

Расходные материалы и посуда:

1. стаканы стеклянные объёмом 250 мл., можно без делений;
2. колбы конические плоскодонные объёмом 400-500 мл., можно без делений;
3. колбочки для титрования круглые или конические плоскодонные, без делений;
4. пипетки Мора на 10 мл.;
5. сосуды-капельницы для индикатора;
6. наждачная бумага;
7. груши резиновые на 100 мл.;
8. зажимы Мора, винтовые зажимы;
9. силиконовые шланги;
10. стеклянные пипетки-наконечники;
11. резиновые пробки;

12. провода;
13. винтовые контакты;
14. большая бутылка на 5 литров, к ней бюретка с отводом, сифон, пробка с двумя отверстиями;
15. большая бутылка для дистиллированной воды с нижним отводом, снабжённая трубкой.

Реактивы: сульфат меди пятиводный, серная кислота концентрированная, спирт этиловый, хлорид натрия, соляная кислота, гидроксид натрия, универсальный индикатор (метиленовый синий и нейтральный красный), дистиллированная вода.

Работы четвёртого коллоквиума (“Гальванические элементы”)

Работа 1. “Исследование элемента Даниэля-Якоби”.

Расходные материалы и посуда:

1. сосуды маленькие (диаметр около 1,2-1,5 см., высота около 6-7 см.) с отводом-носиком;
2. мерные колбы объёмом 50 мл.;
3. стаканчики маленькие объёмом 50 мл., можно без меток;
4. бюретки на 25 мл. с ценой деления 0,1-0,2 мл.;
5. воронки маленькие диаметром около 3 см. для бюреток;
6. бутылки объёмом 500 мл. для хранения рабочих растворов, со шлифами и притёртыми пробками;
7. плотно закрывающиеся бутылки объёмом 5 л. для хранения растворов сульфатов меди и цинка, насыщенного хлорида калия;
8. зажимы Мора;
9. силиконовые шланги;
10. стеклянные пипетки-наконечники;
11. резиновые пробки;
12. наждачная бумага;
13. фильтровальная бумага;
14. провода с зажимами-“крокодилами”;
15. подносы пластиковые и эмалированные;
16. пластиковые бутылочки для хранения хлорсеребряных электродов в насыщенном растворе хлорида калия;
17. сосуды для промывания (“промывалки”);
18. большая бутылка для дистиллированной воды с нижним отводом, снабжённая трубкой.

Реактивы: сульфат меди пятиводный, сульфат цинка семиводный, хлорид калия, дистиллированная вода.

Реактивы для подготовки работы: цинк мет.

Работа 2. “Определение pH буферного раствора с помощью водородного газового электрода”.

Расходные материалы и посуда:

1. рабочие стеклянные сосуды для буферных растворов, снабжённые пробкой с тремя отверстиями: для платинового электрода, трубки для подвода водорода и электролитического ключа;
2. штативы к сосудам по п.1;
3. стаканы стеклянные высокие узкие объёмом 100 мл. для насыщенных хлорсеребряных электродов, без меток, снабжённые пробкой с двумя отверстиями: для электрода и для электролитического ключа;
4. электролитические ключи, заполненные гелем агар-агара с насыщенным раствором хлорида калия;
5. сосуды для промывания (“промывалки”);
6. силиконовые шланги;
7. стеклянные трубки;
8. фильтровальная бумага;
9. винтовые зажимы;
10. провода с контактами типа “папа-мама”;
11. плотно закрывающиеся бутылки для хранения буферных растворов на 0,5-1 л.;
12. большая бутылка для дистиллированной воды с нижним отводом, снабжённая трубкой.

Реактивы: стандартные буферные растворы с различными значениями рН, фосфатные буферы (натрий фосфорнокислый двузамещенный 12-водный, калий фосфорнокислый однозамещенный), ацетатные буферы (натрий уксуснокислый 3-водный, уксусная кислота), солянокислая буферная смесь (калий хлористый, соляная кислота); агар-агар, хлорид калия, дистиллированная вода.

Реактивы для подготовки работы: раствор для серебрения электродов (нитрат серебра, серебро хлористое, калий железистосинеродистый, калий углекислый).

Работа 3. “Определение рН растворов с помощью стеклянного электрода”:

Расходные материалы и посуда:

1. стаканчики объёмом 50 мл., можно без меток;
2. подносы маленькие пластиковые для размещения комплекта стаканов;
3. сосуды для промывания (“промывалки”);
4. фильтровальная бумага;
5. плотно закрывающиеся бутылки для хранения буферных растворов на 0,5-1 л.;
6. большая бутылка для дистиллированной воды с нижним отводом, снабжённая трубкой.

Реактивы: стандартные буферные растворы с различными значениями рН, фосфатные буферы (натрий фосфорнокислый двузамещенный 12-водный, калий фосфорнокислый однозамещенный), ацетатные буферы (натрий уксуснокислый 3-водный, уксусная кислота), солянокислая буферная смесь (калий хлористый, соляная кислота); хлорид калия, дистиллированная вода,

Реактивы для подготовки работы: раствор для серебрения электродов (нитрат серебра, серебро хлористое, калий железистосинеродистый, калий углекислый).

Работа 4. “Определение коэффициентов активности соляной кислоты методом ЭДС”:

Расходные материалы и посуда:

1. стаканы 100 мл. высокие
2. проволока серебр.металл.
3. фильтровальная бумага;
4. плотно закрывающиеся бутылки для хранения растворов соляной кислоты объёмом 5 л.;
- 5 большая бутылка для дистиллированной воды с нижним отводом, снабжённая трубкой.

Реактивы: соляная кислота, дистиллированная вода.

Реактивы для подготовки работы: фиксажи соляной кислоты .

Работа 5. “Редоксметрическое исследование гексацианоферрата (II) калия”.

Расходные материалы и посуда:

1. стаканы стеклянные на 100 мл. с метками;
2. якоря для магнитных мешалок;
3. бюретки с оливой и ценой деления 0,05-0,1 мл.;
4. сосуды для промывания (“промывалки”);
5. зажимы Мора;
6. силиконовые шланги;
7. стеклянные пипетки-наконечники;
8. фильтровальная бумага;
9. резиновые пробки;
10. плотно закрывающиеся бутылки на 0,5-1 л., на 2-3 литра для хранения растворов;
11. бутылка на 2-3 литра с нижним отводом, снабжённая трубкой (для раствора бихромата калия);
12. пластиковые бутылочки для хранения хлорсеребряных электродов в насыщенном растворе хлорида калия;
13. миллиметровая бумага, карандаши простые, линейки не менее 30 см. длиной прозрачные, ластик;
14. большая бутылка для дистиллированной воды с нижним отводом, снабжённая трубкой.

Реактивы: гексацианоферрат (II) калия, бихромат калия, соляная кислота, хлорид калия, дистиллированная вода.

Работа 6. “Определение концентрации хлористого натрия в водных растворах с помощью стеклянного электрода”.

1. Бюксы на 50 мл с притёртыми крышками.
2. Стаканчики стеклянные на 50 мл., можно без меток.
3. Якоря к магнитным мешалкам.
4. Сосуды для промывания (“промывалки”).
5. Стеклянные бутылки ёмкостью 0,5 литра и 1 литр с плотно закрывающимися (закручивающимися) пробками для хранения калибровочных растворов и растворов - задач.
6. Фильтровальная бумага.
7. Миллиметровая бумага, карандаши простые, линейки не менее 30 см. длиной прозрачные, ластик.

8. Пластиковые бутылочки для хранения хлорсеребряных электродов в насыщенном растворе хлорида калия.
9. Пластиковые бутылочки для хранения стеклянных электродов в растворе тетрабората натрия.
10. Стеклянные бутылочки из тёмного стекла для хранения хлорсеребряных электродов в растворе соляной кислоты.
11. Большая бутылка для дистиллированной воды с нижним отводом, снабжённая трубкой.

Реактивы: натрий хлористый, тетраборат натрия, соляная кислота, дистиллированная вода.

Реактивы для подготовки работы: раствор для серебрения электродов (нитрат серебра, серебро хлористое, калий железистосинеродистый, калий углекислый).

стандартные буферные растворы с различными значениями рН, фосфатные буферы (натрий фосфорнокислый двузамещенный 12-водный, калий фосфорнокислый однозамещенный), ацетатные буферы (натрий уксуснокислый 3-водный, уксусная кислота), солянокислая буферная смесь (калий хлористый, соляная кислота)

3.4. Информационное обеспечение

3.4.1 Список обязательной литературы

1. П.Эткинс, Дж.де Пуала. Физическая химия. Т.1. М.: Мир. 2007.
2. Учебное пособие Примеры и задачи по физической химии. Под редакцией А.А. Киприанова, А.А.Пендина, Н.А. Смирновой. СПб. 2006. 192 С.
3. Учебное пособие Методические указания к работам по физической химии I практикум. Под ред. А.А. Пендина. СПб. 2007. 88 С.
4. А.А. Белюстин учебное пособие «Потенциометрия: физико-химические основы и применения», изд-во Лань 2014 336 с.
5. Киприанов А.А., Казак А.С., др. Методические указания к работам по физической химии. Практикум I. Тема: Гетерогенные равновесия: учеб. Пособие. 2017. 32 с.
6. Киприанов А.А., Казак А.С., др. Методические указания к работам по физической химии. Практикум I. Тема: Электропроводность растворов электролитов: учеб. пособие. 2017. 32 с.

3.4.2 Список дополнительной литературы

1. Физическая химия. Теоретическое и практическое руководство. Учебное пособие для вузов. Под ред. Б.П.Никольского. Л.: Химия. 1987. 880 С.
2. Н.А.Смирнова. Методы статистической термодинамики в физической химии. М.: В.Ш. Изд. 2-е, 1982.
3. Б.Б.Дамаскин, О.А.Петрий, Г.А.Цирлина. Электрохимия. Учебное пособие. М.: Химия. 2001. 274 С.
4. Герасимов Я.И. и др. Курс физической химии. Т.1, II. М.:Химия.1965, 1966.
5. Фролов Ю.Г., Белик В.В. Физическая химия. Учебное пособие для вузов. М.: Химия.1993.
6. Карапетьянц М.Х. Химическая термодинамика. М.: Химия. 1975.
7. Измайлов Н.А. Электрохимия растворов. М.: Химия. 1976.
8. Эткинс П. Физическая химия. Т. I, II. М.: Мир.1980.

9. Даниэльс Ф., Ольберти Р. Физическая химия. М.: Мир. 1978.
10. Шахпоронов М.И. Введение в молекулярную теорию растворов // М. 1956.
11. Коган В.Б. Гетерогенные равновесия. Л.: Химия. 1968. 431 С.
12. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А. Электрохимия. Учебное пособие для вузов. М.: Высшая школа. 1987.
13. В.В.Еремин, С.И.Каргов, И.А.Успенская, Н.Е.Кузьменко, В.В.Лунин. Основы физической химии. Теория и задачи. Учебное пособие для вузов. Под общ. ред. В.В.Лунина. М.: Экзамен. 2005. 480 С.
14. А.Г.Стромберг, Д.П.Семченко. Физическая химия // М.: Высш.шк. 1999. 527 С.
15. Бажин, В.А.Иванченко, В.Н.Пармон. Термодинамика для химиков. 2-е изд. М.:Химия. 2004.

3.4.3 Перечень иных информационных источников

Интернет ресурсы Scopus, Elsevier

Раздел 4. Разработчики программы

ФИО, должность Киприанов А.А., ст. преп.

Место работы: Институт Химии, Кафедра физической химии,
198504, Университетский просп.,26

Тел. 4284102

E-mail: a.kiprianov@spbu.ru

Борисова М.В., зав.уч. лаб. физической химии

Место работы: Санкт-Петербургский Государственный Университет

Тел. 428-40-61

E-mail: borisovamv@mail.ru