

Санкт-Петербургский государственный университет

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА  
УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Физическая химия 1  
Physical Chemistry 1

**Язык(и) обучения**

русский, английский

Трудоёмкость (границы трудоёмкости) в зачетных единицах: \_\_4\_\_

Регистрационный номер рабочей программы: \_\_[046831]\_\_

Санкт-Петербург

2018

## **Раздел 1. Характеристики учебных занятий**

### **1.1. Цели и задачи учебных занятий**

Цель курса - освоение обучаемым новых и закрепление ранее полученных фундаментальных знаний в области физической химии. Содержание курса входит в необходимый минимум профессиональных знаний выпускников - магистрантов по направлению "Химия", а также является необходимой основой для освоения специальных курсов и выполнения практических работ.

Задачи курса сводятся к выработке подходов к описанию химических систем различной степени сложности с использованием экспериментальных и теоретических физических и химических методов.

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

Курс базируется на знаниях, полученных при изучении курсов "Общей химии", "Общей физики", "Высшей математики" и "Термодинамики"

### **1.3. Перечень результатов обучения (learning outcomes)**

ПКА-1, ПКА-2, ПКП-1, ГПСП-3, ГПСП-4.

Обучающийся должен понимать роль физической химии как теоретического фундамента современной химии, а также значения и возможности физико-химических методов исследования веществ, владеть основами химической и статистической термодинамики, иметь основные навыки планирования и применения физико-химических экспериментальных методов, а также владеть методами обработки их результатов.

### **1.4. Перечень активных и интерактивных форм учебных занятий**

Лекции в объеме 28 часов. Семинары в объеме 10 часов. Проводятся в интерактивной форме в группах численностью не более 15 человек. Семинары включают решение и обсуждение проблем по темам из п.п. 2.2. Разбор примеров и решений контрольных задач, выполняемых учащимися самостоятельно, проводится в формах «под руководством» (14 час) и «в присутствии преподавателя» (28 час) с использованием имеющихся методических материалов.

## **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				Объём активных и интерактивных форм учебных занятий	Трудоёмкость
	лекции	семинары	консультации	практические занятия	лабораторные работы	контрольные работы	коллоквиумы	текущий контроль	промежуточная аттестация	итоговая аттестация	под руководством преподавателя	в присутствии преподавателя	сам.раб. с использованием методических материалов	текущий контроль (сам.раб.)	промежуточная аттестация (сам.раб.)	итоговая аттестация (сам.раб.)		
<b>ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ</b>																		
<b>очная форма обучения</b>																		
Семестр 1	28	10	2	0	0	4	0	0	2		14	28	24	0	32		14	4
	2-100	2-15	2-100			2-15			2-100		2-15	2-15	1-1					
<b>ИТОГО</b>	<b>28</b>	<b>10</b>	<b>2</b>			<b>4</b>			<b>2</b>		<b>14</b>	<b>28</b>	<b>24</b>		<b>32</b>		<b>14</b>	<b>4</b>

Виды, формы и сроки текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации						
Код модуля в составе дисциплины, практики и т.п.	Формы текущего контроля успеваемости		Виды промежуточной аттестации		Виды итоговой аттестации (только для программ итоговой аттестации и дополнительных образовательных программ)	
	Формы	Сроки	Виды	Сроки	Виды	Сроки
<b>ОСНОВНАЯ ТРАЕКТОРИЯ</b>						
<b>Форма обучения очная</b>						
Семестр 1	тесты/опросы на лекциях	По окончании изложения разделов	экзамен, устно, традиционная форма	по графику промежуточной аттестации		

## 2.2. Структура и содержание учебных занятий

№ п/п	Наименование темы (раздела, части)	Вид учебных занятий	Количество часов
1	Введение. Предмет физической химии и ее основы - учение о строении	лекции	1

	вещества, феноменологическая и статистическая термодинамика, кинетика. Разделы физической химии.	семинары	0
		в присутствии преподавателя	0
		под руководством преподавателя	0
2	<b>Термодинамические функции идеального газа и их расчет по молекулярным данным.</b> Зависимость термодинамических функций от давления и объема при изотермических условиях, вытекающая из уравнения состояния. Термодинамические функции одноатомного идеального газа.	лекции	2
		семинары	1
		в присутствии преподавателя	0
		под руководством преподавателя	2
3	<b>Межмолекулярные взаимодействия.</b> Проявления и природа межмолекулярных взаимодействий. Ориентационные, индукционные и дисперсионные силы. <b>Газы и жидкости.</b> Уравнения состояния реальных газов. Зависимость химического потенциала реального газа от давления. Фугитивность. Условия устойчивости жидкой и газообразной фаз. Уравнения критической фазы. Уравнение состояния в приведенной форме. Закритические флюиды: свойства, перспективы применения.	лекции	2
		семинары	1
		в присутствии преподавателя	2
		под руководством преподавателя	2
4	<b>Растворы.</b> Газовые, жидкие и твердые растворы. Термодинамические функции и фундаментальные уравнения для многокомпонентных систем. Парциальные молярные величины. Уравнение Гиббса-Дюгема. Условия устойчивости раствора. Функции смешения. Идеальные растворы. Закон Рауля. Предельно разбавленные растворы. Закон Генри. Термодинамическое описание неидеального раствора. Избыточные термодинамические функции. Активность и коэффициент активности компонентов, способы их нормировки. Коллигативные свойства разбавленных растворов.	лекции	4
		семинары	2
		в присутствии преподавателя	6
		под руководством преподавателя	2

5	<p><b>Фазовые равновесия.</b> Фазовые переходы второго рода. Фазовые равновесия в однокомпонентных системах. Двухкомпонентные двухфазные системы. Дифференциальное уравнение Ван-дер-Ваальса. Диаграммы равновесия жидкость-пар. Законы Коновалова. Расслаивающиеся растворы. Равновесие твердая фаза - расплав. Фазовые диаграммы для систем с образованием соединения в твердой фазе, для систем с образованием твердых растворов. Фазовые равновесия в трехкомпонентных системах</p>	лекции	6
		семинары	2
		в присутствии преподавателя	6
		под руководством преподавателя	2
6	<p><b>Учение о химическом средстве.</b> Уравнение изотермы-изобары химической реакции. Закон действия масс. Константа равновесия химической реакции, зависимость её от различных факторов. Уравнение изобары и изохоры химической реакции. Методы расчёта равновесия. Химическое равновесие и тепловая теорема Нернста.</p>	лекции	5
		семинары	2
		в присутствии преподавателя	6
		под руководством преподавателя	2
7	<p><b>Растворы электролитов и электрохимические системы.</b> Теория электролитической диссоциации. Энергетика процессов диссоциации. Электропроводность растворов электролитов. Числа переноса. Взаимодействия в растворах электролитов. Понятие об электрохимическом потенциале иона. Химический потенциал электролита. Активность и средняя активность электролита. Электростатическая теория растворов сильных электролитов. Равновесие в растворах электролитов. Термодинамика гальванических элементов. Химические процессы в гальванических элементах и их Э.Д.С.. Применение метода Э.Д.С. в физико-химических исследованиях. Гальванические элементы с переносом</p>	лекции	8
		семинары	2
		в присутствии преподавателя	8

и без переноса. Электродный потенциал. Диффузионный потенциал. Гальванические элементы с переносом в физико-химических исследованиях и в аналитической химии: рН-метрия, ионометрия, оксредметрия.	под руководством преподавателя	<b>4</b>
--	--------------------------------	----------

### Раздел 3. Обеспечение учебных занятий

#### 3.1. Методическое обеспечение

##### 3.1.1 Методические указания по освоению дисциплины

Пререквизиты, посещение лекций, семинаров, самостоятельная работа по темам.

В ходе освоения дисциплины обучающиеся должны приобрести навыки самостоятельной работы с учебной и научной литературой по изучаемым темам, а также умение демонстрировать овладение лекционным материалом в ходе промежуточной аттестации выполнения самостоятельной работы. Со стороны преподавателя возможность реализации данных требований гарантируется соответствующим методическим обеспечением аудиторной и самостоятельной работы.

##### 3.1.2 Методическое обеспечение самостоятельной работы

Тестовые задания, учебные раздаточные материалы, включая:

Учебное пособие "Краткий конспект лекций по Физической химии". Электронный вариант. А.А.Киприанов. СПб. 2012 г. 174 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. Тема: Гетерогенные равновесия". – СПб. 2017 – 32 с.

Учебное пособие "Методические указания к работам по физической химии. Практикум I. Тема: Электропроводность растворов электролитов". – СПб. 2017 – 32 с.

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

Учебники и учебные пособия п.п.3.4.

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

Текущий контроль проводится в виде выполнения двух контрольных работ. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета и экзамена. Зачеты ставятся по результатам успешного выполнения контрольных работ. Устный экзамен проводится по билетам (3 теоретических вопроса) в традиционной форме.

Для подготовки ответов на экзаменационные вопросы студенту отводится 30 минут. Во время подготовки студент *не может* пользоваться учебной литературой, конспектом лекций, смартфонами, средствами связи и т.п.

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)

Предлагаются варианты контрольных работ, вопросов к экзамену и билетов на экзамене. Варианты контрольных работ по темам п.п.2.2.:

### Задача 1.1.

Определите изменение химического потенциала 1 моля кислорода в процессе изменения температуры и давления от  $t_1 = 50\text{ }^\circ\text{C}$  и  $P_1 = 2\text{ атм}$  до  $t_2 = 100\text{ }^\circ\text{C}$  и  $P_2 = 20\text{ атм}$ .

Примите, что теплоемкость газа постоянна и равна  $C_p = 7\text{ кал/моль}\cdot\text{К}$ . Стандартное значение энтропии  $S^0_{(298, 1\text{атм})} = 49,0\text{ кал/моль}\cdot\text{К}$ . Результат представьте в системе СИ.

### Задача 1.2.

Вычислите изменение энергии Гиббса для 1 моля аммиака в процессе его изобарического нагревания при давлении  $P = 1\text{ атм}$  от  $T_1 = 298\text{ К}$  до  $T_2 = 400\text{ К}$ .

При решении рассмотрите следующие варианты:

- 1) энтропия аммиака постоянна в этом интервале температур и равна  $S^0_{298} = 192,5\text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ ;
- 2) энтропия является функцией температуры, а изобарная теплоемкость постоянна и равна  $C^0_{p, 298} = 35,65\text{ Дж/моль}\cdot\text{К}$ ;
- 3) температурная зависимость теплоемкости имеет следующий вид:  
 $C^0_p = a + b\cdot T + c\cdot T^{-2}$ , где  $a, b, c$  - константы, равные  $29,8\text{ Дж/(моль}\cdot\text{К)}$ ;  $25,48\cdot 10^{-3}\text{ Дж/(моль}\cdot\text{К}^2)$ ;  $-1,67\cdot 10^5\text{ Дж}\cdot\text{К/моль}$  соответственно.

### Задача 1.3.

Рассчитайте энтропию газообразного этилена при 300 К на основании приведенных ниже экспериментальных данных.

- Имеется единственная устойчивая модификация кристаллического этилена, для которой  $T_{пл} = 109,3\text{ К}$ ,  $\Delta H_{пл} = 800,8\text{ кал/моль}$ .
- Нормальная температура кипения и энтальпия испарения этилена следующие:  $T_{кип} = 169,4\text{ К}$ ,  $\Delta H_{исп} = 3237\text{ кал/моль}$ .
- Теплоемкость для кристалла в интервале температур от 15 К до  $T_{пл}$  может быть представлена соотношением

$$C_p^{тв}/(\text{кал}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}) = 2,32 - 0,34\cdot T + 0,02\cdot T^2 - 2,96\cdot 10^{-4}\cdot T^3 + 1,44\cdot 10^{-6}\cdot T^4 ;$$

для жидкости в интервале температур от  $T_{пл}$  до  $T_{кип}$

$$C_p^{ж}/(\text{кал}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}) = 19,85 - 0,05\cdot T + 1,40\cdot 10^{-4}\cdot T^2 ;$$

для пара

$$C_p^{\text{газ}}/(\text{кал}\cdot\text{моль}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}) = 11,40 - 0,03\cdot T + 9,77\cdot 10^{-5}\cdot T^2.$$

- Теплоемкость кристалла в интервале температур  $0 \div 15$  К хорошо описывается законом кубов Дебая:  $C_p = 0,0002\cdot T^3$ .

Неидеальностью газообразного этилена при 1 атм можно пренебречь.

Результат представьте в системе СИ.

#### Задача 1.4.

Используя уравнение состояния Ван-дер-Ваальса и значения критических постоянных хлористого метила ( $P_{\text{кр}} = 65,9$  атм;  $T_{\text{кр}} = 416,3$  К), рассчитайте для  $\text{CH}_3\text{Cl}$  молярные объемы пара и жидкости при  $T = 322$  К и  $P = 10,49$  атм.

Сравните расчетные значения с экспериментальными, полученными при

$$T = 322 \text{ К и } P_{\text{CH}_3\text{Cl}}^{\text{насыщ}} = 10,49 \text{ атм: } V_m^{\text{п}} = 2,101 \text{ л/моль; } V_m^* = 0,581 \text{ л/моль.}$$

#### Задача 2.1.

Смесь двух углеводов (сахаров) – ксилита ( $\text{C}_5\text{H}_{12}\text{O}_5$ ,  $M = 152,1$  г/моль) и сорбита ( $\text{C}_6\text{H}_{14}\text{O}_6$ ,  $M = 182,2$  г/моль) исследована криоскопическим методом. Температуру замерзания раствора измеряли термометром Бекмана. Навеску смеси порционно добавляли в криоскоп, содержащий 25 г воды. В предварительном эксперименте было установлено значение температуры замерзания чистого растворителя (воды).

Результаты измерений представлены в таблице:

масса смеси в криоскопе, (g, г)	температура замерзания раствора, (Т, К)
0	4.494
0.47603	4.279
0.56998	4.236
0.79506	4.131
1.10215	3.987
1.35196	3.866
1.47894	3.805
1.73027	3.681

Рассчитайте массовое отношение углеводов в смеси.

#### Задача 2.2.

Температура замерзания морской воды равна 271,24 К. Определите осмотическое давление морской воды при температуре 273,15 К, если молярный объем чистой воды в этих условиях равен 18 мл/моль, а молярная энтальпия плавления льда составляет 5999 Дж/моль.

#### Задача 2.3.

В таблице приведены данные о равновесии жидкость – пар в системе *n*-бутанол – *n*-бутилацетат, полученные при постоянном давлении 760 мм рт.ст. Составы жидкости и пара выражены в молярных процентах *n*-бутанола: *X*, мол. %  $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ ; *Y*, мол. %  $\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$ .

<i>t</i> , °С	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>t</i> , °С	<i>X</i>	<i>Y</i>
126,1	0,0	0,0	117,0	72,2	74,1
121,2	21,9	33,4	116,9	82,5	82,4
118,9	37,2	48,2	117,1	89,6	88,0



117,9	51,4	58,0	117,5	100,0	100,0
117,1	66,4	69,2			

1. Постройте изобарическую фазовую диаграмму равновесия жидкость – пар в этой системе.
2. Чему равна температура кипения жидкого раствора, содержащего 43,2 мол.% *n*-бутанола? Какой состав имеет равновесный пар?
3. Определите брутто-состав системы (в массовых процентах), о которой известно, что при 121,0 °С масса жидкой фазы в два раза больше массы паровой.
4. Определите состав и температуру кипения азеотропной смеси.
5. Какой компонент, в каком количестве может быть получен ректификацией 1,5 кг смеси состава 18 мол.% *n*-бутанола.

#### Задача 2.4.

Зависимости давления насыщенного пара чистых компонентов бензола и толуола от температуры в ограниченном интервале хорошо описываются уравнением Антуана (давление выражено в мм рт.ст., температура – в градусах Кельвина, коэффициенты уравнения определены для указанного температурного интервала):

$$\ln P_{\text{C}_6\text{H}_6}^0 = 15,9008 - \frac{2788,51}{T - 52,36}, \quad 280 < T < 385 \text{ K};$$

$$\ln P_{\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}_3}^0 = 16,0137 - \frac{3096,52}{T - 53,67}, \quad 280 < T < 410 \text{ K}.$$

1. Постройте изобарическую (760 мм рт.ст.) фазовую диаграмму равновесия жидкость – пар в системе бензол – толуол, предположив, что эти компоненты образуют идеальные жидкий и газовый растворы.
2. Определите чему равна температура конденсации пара, содержащего 43,0 мол.% бензола? Определите состав первой капли жидкости.
3. Установите что представляет собой система состава 73,0 мол.% бензола при температуре 83,0 °С? Чему равно число термодинамических степеней свободы в этой точке (учтите закрепление давления)?
4. Рассчитайте для системы того же состава отношение массы бензола в жидкой фазе к общей массе бензола при температуре 88,0 °С.

#### Примерный перечень вопросов к экзамену по курсу ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ I (магистратура\_2018)

1. Уравнения состояния однокомпонентных газовых систем.
2. Непрерывный переход от жидкого к газообразному состоянию. Условия устойчивости жидкой и газообразной фаз. Критические явления.
3. Теория соответственных состояний. Уравнение состояния в приведенных переменных.
4. Зависимость химического потенциала однокомпонентного газа от давления. Понятие фугитивности; экспериментальные методы определения фугитивности.
5. Термодинамическое описание смеси реальных газов. Идеальная газовая смесь.
6. Термодинамическое описание многокомпонентных систем. Парциальные молярные величины. Ур Гиббса-Дюгема
7. Идеальный раствор: три способа определения. Термодинамические функции идеального раствора. Функции смешения.
8. Идеальный раствор: свойства. Закон Рауля.
9. Предельно разбавленные растворы: термодинамические функции. Функции смешения. Закон Генри.
10. Реальные растворы. Активность, коэффициент активности; способы их нормировки.
11. Избыточные термодинамические функции реального раствора.
12. Коллигативные свойства растворов: осмотическое давление.

13. Коллигативные свойства растворов: повышение температуры кипения и понижение температуры замерзания раствора по сравнению с чистым растворителем.
14. Равновесие в двухфазных двухкомпонентных системах. Дифференциальное уравнение Ван-дер-Ваальса (без вывода).
15. Применение дифференциального уравнения Ван-дер-Ваальса к описанию равновесия жидкость – пар в двухкомпонентной системе. Первый закон Коновалова.
16. Применение дифференциального уравнения Ван-дер-Ваальса к описанию равновесия жидкость – пар в двухкомпонентной системе. Второй закон Коновалова.
17. Разделение и очистка веществ методами дистилляции и фракционной перегонки. Ректификация.
18. Применение дифференциального уравнения Ван-дер-Ваальса к описанию равновесия жидкость – жидкость в двухкомпонентных системах.
19. Равновесие твердое тело – жидкость в бинарных системах. Примеры. Системы с эвтектикой и перитектикой.
20. Трехфазное равновесие в двухкомпонентных системах. Равновесие жидкость-жидкость-пар, тв.тело-тв.тело-жидкость.
21. Трехкомпонентные системы. Способы изображения состава. Диаграммы состав-свойство.
22. Условия химического равновесия. Химическая переменная. Химическое сродство.
23. Закон действующих масс; термодинамический вывод. Уравнение изотермы - изобары химической реакции.
24. Зависимость химического равновесия от температуры. Интегрирование уравнения изобары.
25. Влияние температуры и давления на химическое равновесие.
26. Химическое равновесие и тепловой закон Нернста.
27. Третье начало термодинамики. Его применение для расчетов химических равновесий.
28. Экспериментальные доказательства существования ионов в растворах электролитов. Основные положения теории электролитической диссоциации С. Аррениуса. Ее применение к описанию неравновесных свойств растворов электролитов.
29. Электростатическая теория сильных электролитов. Модель, вывод уравнения первого приближения.
30. Энергия сольватации. Теория Борна.
31. Термодинамические свойства растворов электролитов. Электрохимический потенциал. Химические потенциалы ионов и электролита.
32. Термодинамические свойства растворов электролитов. Выбор стандартного состояния.
33. Электропроводность растворов электролитов: удельная, эквивалентная. Определения, зависимость от концентрации. Предельная электропроводность ионов.
34. Зависимость подвижности, электропроводности и чисел переноса от концентрации. Электрофоретический и релаксационный эффекты.
35. Числа переноса и методы их определения: метод Гитторфа.
36. Физико-химические методы экспериментального определения коэффициентов активности электролитов
37. Равновесие в электрохимической цепи. Равновесие на границе электрод-раствор. Вольта-, Гальвани- потенциал.
38. Равновесие в электрохимической цепи. Термодинамика гальванического элемента.
39. Классификация электродов. Примеры. Выражения для потенциала.

40. Классификация электрохимических цепей. Примеры. Выражения для ЭДС.  
 41. Окислительно-восстановительные полуреакции и понятие электродного потенциала. Стандартный электродный потенциал.

Варианты экзаменационных билетов:

Санкт-Петербургский государственный университет Институт химии	
<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1</b>	
Кафедра Дисциплина	Физической химии Физическая химия (1 курс, магистратура)
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнения состояния однокомпонентных газовых систем.</li> <li>2. Химическое равновесие и тепловой закон Нернста.</li> <li>3. Числа переноса и методы их определения: метод Гитторфа.</li> </ol>	
XX января 2019 г.	

Санкт-Петербургский государственный университет Институт химии	
<b>ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2</b>	
Кафедра Дисциплина	Физической химии Физическая химия (1 курс, магистратура)
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Непрерывный переход от жидкого к газообразному состоянию. Условия устойчивости жидкой и газообразной фаз. Критические явления.</li> <li>2. Условия химического равновесия. Химическая переменная. Химическое сродство.</li> <li>3. Равновесие в электрохимической цепи. Термодинамика гальванического элемента.</li> </ol>	
XX января 2019 г.	

### 3.1.5 Методические материалы для оценки обучающимися содержания и качества учебного процесса

Анкета:

Пожалуйста, выберите наиболее подходящий вариант ответа.

#### 1. Изложенный материал соответствует аннотации курса и/или РПУД

Да	Скорее да	Скорее нет	Нет	Затрудняюсь ответить

#### 2. Преподаватель излагает материал ясно и доходчиво

Да	Скорее да	Скорее нет	Нет	Затрудняюсь ответить

--	--	--	--	--

**3. Курс является интересным, полученные знания пригодятся мне в будущем**

Да	Скорее да	Скорее нет	Нет	Затрудняюсь ответить

**4. Когда я выбирал этот курс, я ожидал другого**

Да	Скорее да	Скорее нет	Нет	Затрудняюсь ответить

Пожалуйста, прокомментируйте Ваш ответ.

**5. Курс позволил систематизировать знания, полученные ранее (по программе бакалавриата)**

Да	Скорее да	Скорее нет	Нет	Затрудняюсь ответить

**3.2. Кадровое обеспечение**

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

Ученая степень кандидата или доктора химических наук, опыт чтения курса «Физическая химия» по программе бакалавриата.

3.2.2 Обеспечение учебно-вспомогательным и (или) иным персоналом

Не требуется

**3.3. Материально-техническое обеспечение**

3.3.1 Характеристики аудиторий (помещений, мест) для проведения занятий

Лекционные аудитории наполняемостью до 40 человек; наличие компьютера, стационарного проектора, а также доски и экрана.

Для проведения семинарских занятий необходима аудитория, оснащенная доской, компьютером и мультимедийным проектором.

Для проведения самостоятельной работы под руководством преподавателя необходима аудитория, оснащенная WiFi, компьютером, с программным обеспечением, указанным в п. 3.3.4.

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

Мультимедийный проектор, MS PowerPoint

3.3.3 Характеристики специализированного оборудования

Не требуется

3.3.4 Характеристики специализированного программного обеспечения

Office 2016+MathType, Origin 2017, Blackboard

3.3.5 Перечень и объёмы требуемых расходных материалов

- Мел, 1 упаковка.
- Бумага офисная – 2 пачки (для подготовки раздаточного материала)
- Картридж для МФУ – 1 шт. (для подготовки раздаточного материала)
- 

#### **3.4. Информационное обеспечение**

1. П.Эткинс, Дж.де Пуала. Физическая химия.Т.1 .М. Мир. 2007. 495 с.
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 г. 88 с.
4. Учебное пособие "Краткий конспект лекций по Физической химии". Электронный вариант. А.А.Киприанов. СПб. 2017 г. 174 с. (**Blackboard**)
5. Физическая химия. Теоретическое и практическое руководство: учебное пособие для химических и химико-технологических специальностей вузов / Б. П. Никольский [и др.] ; ред. Б. П. Никольский. - 2-е изд., перераб. и доп. - Л. : Химия. Ленинградское отд-ние, 1987. - 880 с.
6. Курс физической химии. Под ред. Я.И.Герасимова. Т.1, II //М.: Химия. 1970. 1973. 592 с., 624 с.
7. Н.А.Смирнова. Методы статистической термодинамики в физической химии : учебное пособие для студентов химических специальностей вузов / Н. А. Смирнова. - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1982. - 455 с.
8. Б.Б.Дамаскин,О.А.Петрий,Г.А.Цирлина. Электрохимия.Учебное пособие для вузов. СПб: Лань, 2015. — 672 с. (Электронный ресурс: <https://proxy.library.spbu.ru:2190/book/58166>)
9. П.Эткинс. Физическая химия. Т.1, II //М.: Мир. 1980. 583 с., 584 с.
10. О.М.Полторак. Термодинамика в физической химии : учебник для студентов химических и химико-технических специальностей вузов . М. : Высшая школа, 1991. - 320 с.
11. Ф.Дариэльс, Р.Ольберти. Физическая химия // М.: Мир. 1978. 647 с.
12. М.Х.Карапетьянц. Химическая термодинамика // М.: Химия. 1975. 583 с.
13. Ю. Г. Фролов, В. В. Белик. Физическая химия : учебное пособие. М. : Химия, 1993. - 464 с.

14. Белюстин, А.А. Потенциометрия: физико-химические основы и применения: учебное пособие. СПб : Лань. 2015. 336 с. [Электронный ресурс: <https://proxy.library.spbu.ru:2190/book/60646>).
15. Еремин, В.В. Основы физической химии. Теория. В 2 ч: учебное пособие / В.В. Еремин, С.И. Каргов, И.А. Успенская, Н.Е. Кузьменко. М.: Изд. "Лаборатория знаний". 2015. 589 с. (Электронный ресурс: <https://proxy.library.spbu.ru:2190/book/84118>).

#### Раздел 4. Разработчики программы

Киприанов Андрей Алексеевич	кхн	доц.	ст.преп. кафедры физической химии	<a href="mailto:a.kiprianov@spbu.ru">a.kiprianov@spbu.ru</a> <a href="mailto:aakiprianov@yandex.ru">aakiprianov@yandex.ru</a>  +79119061504
--------------------------------	-----	------	--------------------------------------	--