

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы физики  
и исследований им. Ландау  
А.В. Рогачев**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Химия для физиков
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау Физтех-кластер академической и научной карьеры
<b>курс:</b>	2
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 45 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 15 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 45 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Количество контрольных работ, заданий: 1

Программу составили:

Г.А. Цирлина, д-р хим. наук, профессор

К.А. Мотовилов, канд. хим. наук

Программа обсуждена на заседании Физтех-кластера академической и научной карьеры 30.04.2021

## Аннотация

Дисциплина «Химия для физиков» представляет собой базу, на которой в дальнейшем базовые кафедры экспериментальной направленности могут строить преподавание ряда специализированных дисциплин. Обучение предполагает также подготовку к экспериментальным видам НИР, в первую очередь имеющим технологическую составляющую. Предполагается ознакомление слушателей с основными представлениями о строении вещества и физической химии в существенно более широком объеме, чем в школьной программе. В процессе освоения курса у слушателей будет сформировано представление о разнообразии химических явлений и процессов в газовой и конденсированной средах, общее понимание связи молекулярной и надмолекулярной организации химических соединений с их свойствами. Будет продемонстрирована возможность использования физических представлений для количественного описания свойств вещества.

Дисциплина направлена на формирование общей химической грамотности, необходимой для чтения научных статей по основной специальности.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Формирование базовых знаний по неорганической химии, химии координационных соединений и физической химии, необходимых для работы в междисциплинарных областях.

#### Задачи дисциплины

- Формирование у студентов представления о разнообразии химических явлений и процессов в газовой и конденсированной средах.
- Обеспечение общего понимания связи молекулярной и надмолекулярной организации химических соединений с их свойствами.
- Демонстрация возможности использования физических представлений для количественного описания свойств вещества.
- Формирование общей химической грамотности, необходимой для чтения научных статей по основной специальности.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований, и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре	ОПК-5.2 Обладает способностью к освоению новых знаний на основе изучения литературы, научных статей и других источников
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины

ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

что такое химическая связь, молекулярная и ионная жидкость, ионный кристалл;  
каковы условия установления и смещения равновесий в химических системах;  
как отражаются межмолекулярные, ион-ионные и ион-дипольные взаимодействия на макроскопических свойствах вещества.

уметь:

предсказывать химические и физические свойства соединений и фаз на основе полученных представлений и экспериментальных фактов, рассмотренных в рамках курса;  
предсказывать направление протекания химических процессов;  
проводить количественные физико-химические расчеты.

владеть:

опытом физико-химических оценок и расчетов;  
опытом использования химических и физических справочников.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Строение вещества	7	3		10
2	Химическая термодинамика и растворы	7	4		10
3	Электролиз и химические источники тока	8	4		13
4	Химическая кинетика	8	4		12
Итого часов		30	15		45
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 3 (Осенний)

##### 1. Строение вещества

Химическая связь. Молекулы, ионы, радикалы как единичные объекты. Степени окисления. Координационные числа. Атомные и ионные радиусы. Конденсированные молекулярные системы, межмолекулярные взаимодействия, «полярные» и «неполярные» жидкости. Кристаллические решетки.

Характерные величины (энергии связи, размеры), методы их определения. Внешняя и внутренняя координационные сферы.

## 2. Химическая термодинамика и растворы

Понятие химического равновесия. Принципы определения направления химических реакций. Физические свойства и структура полярных растворителей. Ион-дипольные взаимодействия в растворах электролитов (модель Борна, реальная и химическая энергии сольватации). Неидеальность растворов электролитов, ее описание в модели ионной атмосферы. Ионная ассоциация. Экспериментальное определение коэффициентов активности и электропроводности. Транспорт молекул и ионов. Равновесия в растворах и на межфазных границах с участием ионов и электронов.

## 3. Электролиз и химические источники тока

Кинетика гетерогенного переноса электрона. Диффузионные ограничения и способы их устранения. Конструкции лабораторных электролизеров. Выходы по току и по веществу. Процессы гальваники (осаждение металлов, сплавов, соединений), морфология электролитических осадков. Процессы анодирования (формирование тонких пленок и упорядоченных пористых пленок на металлах и сплавах). Кулонометрический контроль процессов электролиза.

## 4. Химическая кинетика

Химия в двумерной конфигурации: Гиббсовская адсорбция, ее связь с обратимой поверхностной работой, изотермы адсорбции. Гетерогенный катализ – реакции, включающие адсорбционные стадии. Кинетика реакций в газовой фазе. Введение в химическое осаждение из газовой фазы (chemical vapor deposition, CVD). Кинетика реакций в растворах. Кинетика электрохимических реакций. Теория Маркуса.

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиапроектором и экраном.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Физическая химия [Текст] : в 2 кн. Кн. 1 : [учеб. пособие для вузов] / Э. А. Мелвин-Хьюз ; пер. с англ. Е. Н. Еремина [и др.] ; под общ. ред. Я. И. Герасимова .— М. : Изд-во иностранной лит., 1962 .— 519 с.
2. Физическая химия [Текст] : в 2 кн. Кн. 2 : [учеб. пособие для вузов] / Э. А. Мелвин-Хьюз ; пер. с англ. Е. Н. Еремина [и др.] ; под общ. ред. Я. И. Герасимова .— М. : Изд-во иностранной лит., 1962 .— 521-1148 с.
3. Электрохимия [Текст] / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий, Г. А. Цирлина - СПб. Лань, 2015
4. П. Эткинс, Дж. де Паула. Физическая химия, Ч.1. Москва: Мир, 2007.
5. CRC Handbook of Chemistry and Physics.

### Дополнительная литература

1. Р.А. Робинсон, Р.Г. Стокс. Растворы электролитов. М.: Изд-во иностранной литературы, 1963.
2. Е.Н. Дорохова, Г.В. Прохорова. Задачи и вопросы по аналитической химии. М: Мир, 2001.
3. Н.Я. Турова, Неорганическая химия в таблицах. Высший химический колледж РАН, 1997.
4. Курс неорганической химии . В 2 т. Т. 1 / Г. Реми ; пер. с нем. XI изд. под ред. А. В. Новоселовой - М. Изд-во иностранной лит., 1963.

## **7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

<https://mipt.ru/education/chairs/kvantovye-nanostrukтуры-materialy-i-ustroystva/obrazovanie/>

## **8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

На лекционных занятиях используются мультимедийные технологии, включая демонстрацию презентаций. При самостоятельной работе используются поисковые библиографические технологии. Для дистанционной коммуникации студентов с преподавателем применяется Google.meet.com.

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Студент, изучающий дисциплину, должен, с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения и понятия, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

При решении задач, предлагаемых в качестве заданий для самостоятельной работы, студенту следует находить в рекомендованных и иных доступных источниках необходимую справочную информацию и критически ее осмысливать. Решения задач предоставлять в форме файлов с подробным изложением хода рассуждений/расчетов и указанием использованных источников.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Общая и прикладная физика Физтех-школа физики и исследований им. Ландау Физтех-кластер академической и научной карьеры (Квантовые наноструктуры, материалы и устройства)
<b>курс:</b>	2
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

#### Разработчики:

Г.А. Цирлина, д-р хим. наук, профессор

К.А. Мотовилов, канд. хим. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
ОПК-5 Способен участвовать в проведении фундаментальных и прикладных исследований и разработок, самостоятельно осваивать новые теоретические, в том числе, математические методы исследований, и работать на современной экспериментальной научно-исследовательской, измерительно-аналитической и технологической аппаратуре	ОПК-5.2 Обладает способностью к освоению новых знаний на основе изучения литературы, научных статей и других источников
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заклучения)	ПК-2.2 Умеет находить ключевые параметры, определяющие изучаемое явление, и производить численные оценки по порядку величины
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.2 Знает области и критерии применимости используемых теоретических подходов и умение оценивать точность приближенных аналитических методов вычислений
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Химия для физиков» обучающийся должен:

### знать:

что такое химическая связь, молекулярная и ионная жидкость, ионный кристалл;  
каковы условия установления и смещения равновесий в химических системах;  
как отражаются межмолекулярные, ион-ионные и ион-дипольные взаимодействия на макроскопических свойствах вещества.

### уметь:

предсказывать химические и физические свойства соединений и фаз на основе полученных представлений и экспериментальных фактов, рассмотренных в рамках курса;  
предсказывать направление протекания химических процессов;  
проводить количественные физико-химические расчеты.

### владеть:

опытом физико-химических оценок и расчетов;  
опытом использования химических и физических справочников.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю

Примеры заданий контрольной работы:

1. Рассчитать энергию кристаллической решетки указанного ионного кристалла.
2. Рассчитать энергию гидратации указанного электролита.
3. Рассчитать средний коэффициент активности ионов в указанном растворе.

5. Рассчитать свободную энергию указанной окислительно-восстановительной реакции.
5. Рассчитать энергию активации реакции по экспериментальной температурной зависимости.

Примеры задач из домашнего задания:

1. Рассчитать ЭДС серебряно-цинкового аккумулятора.
2. Рассчитать ЭДС электрохимической цепи, используемой в хлорном электролизе.
3. Рассчитать электропроводность указанного раствора электролита.
4. Рассчитать зависимость свободной энергии указанной реакции от степени превращения.
5. Рассчитать энергию активации указанной бимолекулярной реакции по теории активных столкновений.

#### 4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Контрольные вопросы:

1. Как изменяется подвижность ионов в водном растворе в ряду катионов щелочных металлов?
2. Как изменяются энергии сольватации одного и того же иона в ряду вода-метанол-тетрагидрофуран?
3. Как изменяются энергии кристаллической решетки в ряду  $\text{NaCl}$ - $\text{MgCl}_2$ - $\text{FeCl}_3$ ?
4. Как изменяется отношение концентраций аквакомплекса и аммиачного комплекса меди в растворе при постоянной концентрации  $\text{Cu(II)}$  с увеличением концентрации аммиака?
5. Как изменяется pH раствора  $\text{NaCl}$  при добавлении  $\text{MgCl}_2$ ?

#### Критерии оценивания

Оценка "отлично" (10 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (9 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка "отлично" (8 баллов) выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочётами.

Оценка "хорошо" (7 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка "хорошо" (6 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка "хорошо" (5 баллов) выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка "удовлетворительно" (4 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка "удовлетворительно" (3 балла) выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.



Оценка "неудовлетворительно" (2 балла) выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка "неудовлетворительно" (1 балл) выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Дифференцированный зачет проводится в письменной форме по решениям задач. При проведении дифференцированного зачёта обучающемуся предоставляется 1.5 часа на выполнение решений. Опрос обучающегося не должен превышать одного астрономического часа.