

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

**УТВЕРЖДЕНО**  
**Проректор по учебной работе**

**А.А. Воронов**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Химическая физика
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра физической химии
<b>курс:</b>	2
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестры, формы промежуточной аттестации:

4 (весенний) - Дифференцированный зачет  
5 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 120 всего, в том числе:

лекции: 60 час.  
семинары: 60 час.  
лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 75 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 225, всего зач. ед.: 5

Количество контрольных работ, заданий: 4

Программу составил: В.Ф. Разумов, д-р физ.-мат. наук, профессор

Программа обсуждена на заседании кафедры физической химии 29.08.2024

## Аннотация

Курс "Химическая физика" предусматривает ознакомление обучающихся с основами химической физики (химической термодинамики и химической кинетики) в сфере наукоемких технологий и их практическая подготовка к дальнейшей самостоятельной работе в области энергетики, материаловедении, технологии наноматериалов.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- ознакомление обучающихся с основами химической физики (химической термодинамики и химической кинетики) в сфере наукоемких технологий и их практическая подготовка к дальнейшей самостоятельной работе в области энергетики, материаловедении, технологии наноматериалов.

#### Задачи дисциплины

- ознакомление обучающихся с предметом, принципами, методами и моделями химической физики;
- приобретение обучающимися теоретических знаний, практических умений и навыков в области исследований молекулярных систем;
- оказание консультаций и помощи обучающимся в проведении их собственных теоретических и экспериментальных исследований.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов
	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные физические подходы, используемые при изучении химических превращений вещества.

уметь:

- применять современные методы аналитического анализа физико-химических процессов, результатов проведения исследований с использованием современного математического аппарата; делать заключения на основании анализа и сопоставления всей совокупности имеющихся данных и планировать последующую научную работу; делать оптимальный выбор методов для решения поставленных задач.

владеть:

- основными принципами использования фундаментальных научных знаний в сфере профессиональной деятельности, методами исследований, опираясь на фундаментальные основы химической физики и базовый аппаратный парк; стандартной терминологией и определениями.

#### 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	Предмет химической физики и его место в области естественных наук	2	4		6
2	Необходимые сведения из математики, физики и химии	2	4		6
3	Квантовая теория строения атомов и молекул	4	4		6
4	Строение и свойства конденсированного вещества	4	6		6
5	Термодинамика химических реакций	18	12		6
6	Элементарные атомно-молекулярные процессы	8	4		8
7	Кинетика химических реакций	14	18		17
8	Линейная неравновесная термодинамика	4	4		12
9	Нелинейная теория открытых систем	4	4		8
Итого часов		60	60		75
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		225 час., 5 зач.ед.			

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

Семестр: 4 (Весенний)

###### 1. Предмет химической физики и его место в области естественных наук

Химическая физика – наука, исследующая химические свойства и превращения вещества путем применения теоретических и экспериментальных методов физики. Исторический экскурс – великие ученые основатели химической физики. Основные вехи становления и развития химической физики. Наиболее значимые достижения современной химической физики.

###### 2. Необходимые сведения из математики, физики и химии

Формулы комбинаторики и теории вероятности. Матрицы и определители. Формулы аналитической геометрии и линейной алгебры. Производные, интегралы и ряды Тейлора элементарных функций. Теоремы Стокса и Гаусса-Остроградского. Формулы векторного анализа. Решения некоторых дифференциальных уравнений математической физики.

Принцип наименьшего действия. Уравнения движения Лагранжа и Гамильтона. Основное уравнение термодинамики. Энтропия и термодинамические потенциалы. Электродинамические уравнения Максвелла. Уравнение Шредингера.

Основные химические элементы, классы химических соединений и их химические свойства.

### 3. Квантовая теория строения атомов и молекул

Основы квантовой теории многоэлектронных систем. Адиабатическое приближение Борна—Оппенгеймера. Свойства симметрии многоэлектронной волновой функции. Основное и возбужденное состояния атома гелия. Многоэлектронные атомы и периодическая система элементов. Понятие о методе самосогласованного поля. Уровни энергии многоэлектронных систем.

Основные принципы теории валентности. Электронное строение молекул. Гибридизация атомных волновых функций. Метод молекулярных орбиталей. Электронное строение координационных соединений. Донорно-акцепторные комплексы. Водородная связь. Межмолекулярное взаимодействие. Силы Ван-дер-Ваальса. Теория кристаллического поля. Спин-орбитальное взаимодействие.

Химическая радиоспектроскопия, ЯМР и ЭПР. Времена релаксации и форма резонансной линии. Гамильтониан магнитных взаимодействий. Химический сдвиг и спин-спиновое взаимодействие в ЯМР. Сверхтонкая структура спектров ЭПР. Интерпретация тензоров сверхтонкого взаимодействия и g-тензора. Возможности методов магнитного резонанса для исследования скоростей молекулярных и химических процессов.

### 4. Строение и свойства конденсированного вещества

Строение и свойства твердого тела. Природа сил взаимодействия в кристаллах. Колебания и волны в одномерной решетке. Колебания атомов трехмерной кристаллической решетки. Нормальные колебания. Электрон в периодическом поле. Приближение слабо и сильно связанных электронов. Зоны Бриллюэна. Структура энергетических зон. Локализованные состояния электронов в кристалле. Основы теории жидкого состояния вещества. Химические превращения в конденсированном веществе.

### 5. Термодинамика химических реакций

Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса. Химический потенциал и химическое сродство. Энтальпия и энтропия химической реакции. Термодинамическое равновесие при наличии химических реакций. Химические и фазовые равновесия. Правило фаз Гиббса. Теория термодинамической устойчивости вещества. Критические явления. Термодинамическая теория растворов. Концентрации и активности. Поверхностные явления.

Семестр: 5 (Осенний)

### 6. Элементарные атомно-молекулярные процессы

Упругие столкновения атомов. Полное и дифференциальное сечения рассеяния. Неупругие столкновения. Вероятности переходов, сечения и константы скорости прямых и обратных процессов. Поверхность потенциальной энергии для системы трех атомов. Метод переходного состояния. Неадиабатические процессы. Мономолекулярные реакции. Статистическая модель мономолекулярных реакций. Термический распад двухатомных молекул. Бимолекулярные реакции, идущие через образование промежуточного комплекса. Распределение энергии в бимолекулярных реакциях. Обмен энергии при молекулярных столкновениях. Превращение поступательной, вращательной и колебательной энергий при столкновениях. Взаимодействие электронов с атомами и молекулами. Возбуждение атомов и молекул электронным ударом. Ионизация атомов и молекул электронным ударом. Фотоионизация. Рекомбинация электронов и атомов.

Фотохимические и радиационно-химические реакции. Возбужденные состояния. Поглощение и испускание света. Спектры поглощения и люминесценции. Флуоресценция и фосфоресценция. Теория и методы расчета электронно-колебательных спектров многоатомных молекул. Приближения Франка—Кондона и Герцберга—Теллера. Потенциальные поверхности электронно-возбужденных состояний. Переходы между состояниями. Матричные элементы переходов. Релаксация. Взаимодействия в возбужденных состояниях, комплексы с переносом заряда, эксимеры и эксиплексы. Безызлучательные электронные переходы. Неадиабатическое взаимодействие. Перенос заряда. Перенос энергии электронного возбуждения. Индуктивно-резонансный механизм. Теория Ферстера-Декстера.

## 7. Кинетика химических реакций

Механизм и скорость химической реакции. Закон действующих масс. Порядок реакции. Константа скорости. Закон Аррениуса. Кинетика сложных реакций. Обратимые, последовательные, параллельные процессы. Прямая и обратная кинетическая задача. Метод квазистационарных концентраций. Лимитирующая стадия сложного химического процесса. Кинетика химических реакций в открытых системах. Стационарные режимы. Химические реакции в жидкой фазе. Роль среды в элементарном акте химической реакции. Влияние диффузии на скорость реакции. Клеточный эффект. Влияние диэлектрической постоянной и ионной силы на скорости химических реакций в растворах. Влияние магнитного поля на скорость химической реакции.

Сопряженные реакции. Индуцированные и гомогенно-каталитические реакции. Механизм гомогенного катализа. Кинетика гомогенно-каталитических реакций. Кислотно-основный катализ. Ферментативный катализ. Автокатализ. Гетерогенный катализ. Механизмы гетерогенного катализа.

Кинетика фотохимических реакций. Законы фотохимии. Классификация фотохимических реакций.

Кинетика цепных химических реакций. Тепловой взрыв. Разветвленно-цепные реакции. Реакции с энергетическим и вырожденным разветвлением цепей. Автокаталитические реакции. Автоколебательные реакции.

Макрокинетика. Химические реакции в системах с пространственным переносом тепла и вещества.

## 8. Линейная неравновесная термодинамика

Принцип локального термодинамического равновесия. Уравнения баланса и законы сохранения. Уравнение Умова. Производство энтропии, потерянная работа и некомпенсированная теплота при неравновесных процессах. Функция диссипации. Соотношение взаимности Онзагера и принцип Кюри. Устойчивость стационарного термодинамического состояния. Вариационные принципы неравновесной термодинамики.

## 9. Нелинейная теория открытых систем

Вынужденный порядок в открытых физических системах. Принцип Пригожина-Гленсдорфа минимума производства энтропии. Самоорганизация. Нелинейная динамика. Пространственные и временные диссипативные структуры. Генерация когерентного излучения в лазере как пример неравновесного фазового перехода. Пространственно-временные диссипативные структуры в химии. Реакция Белоусова-Жаботинского. Турбулентное движение и структура хаоса.

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

учебная аудитория, оснащенная доской.

## **6. Перечень рекомендуемой литературы**

### **Основная литература**

Литература выдается на кафедре:

1. Пригожин И., Дефэй Р. Химическая термодинамика / пер. с англ. - 2-е изд. — М.: Бином, 2010. — 533 с.
2. Пармон В.Н. Термодинамика неравновесных процессов для химиков. - Долгопрудный: Интеллект, 2015. — 471 с.
3. Пригожин И., Кондепуди. Современная термодинамика. От тепловых двигателей до диссипативных структур. - Изд. «Мир», 2002. — 461 с.
4. Уманский С.Я. Теория элементарных химических реакций. — Долгопрудный: Интеллект, 2009. — 408 с.

### **Дополнительная литература**

Литература выдается на кафедре:

1. Чоркендорф И., Наймантмведрайт Х. Современный катализ и химическая кинетика / изд., пер. с англ. — Долгопрудный: Интеллект, 2013. — 504 с.
2. Стромберг А.Г., Семченко Д.П. Физическая химия. - М.: Высшая школа, 2009. - 528 с.
3. Тиноко И., Зауэр К., Вэнг Дж., Паглиси Дж. Физическая химия. Принципы и применение в биологических науках /пер. с англ. — М.: Техносфера, 2005. - 744 с.

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

Не используются

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

не предусмотрены.

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

Самостоятельная работа учащихся включает самостоятельное освоение теоретического материала по учебникам и учебным пособиям, подготовку к практическим занятиям, работу с электронными источниками информации, подготовку к контрольным работам и сдаче экзамена. При возникновении вопросов необходимо обращаться к лектору или преподавателям, ведущим семинарские занятия.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Физика перспективных технологий: альтернативная энергетика, научное программирование и функциональные материалы Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра физической химии
<b>курс:</b>	<u>2</u>
<b>квалификация:</b>	бакалавр
Семестры, формы промежуточной аттестации:	
4 (весенний) - Дифференцированный зачет	
5 (осенний) - Экзамен	
<b>Разработчик:</b>	В.Ф. Разумов, д-р физ.-мат. наук, профессор

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-1 Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя этапы ее решения, действия по решению задачи
	УК-1.2 Находит, критически анализирует и выбирает информацию, необходимую для решения поставленной задачи
	УК-1.3 Рассматривает различные варианты решения задачи, оценивает их преимущества и недостатки
ОПК-1 Способен применять фундаментальные знания, полученные в области физико-математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1 Способен анализировать поставленную задачу, намечать пути ее решения
	ОПК-1.3 Способен определять границы применимости полученных результатов
	ОПК-1.2 Способен строить математические модели, производить количественные расчеты и оценки
ПК-4 Способен критически оценивать применимость используемых методик и методов	ПК-4.2 Знает источники происхождения и умеет производить оценку погрешности измерений и достоверности экспериментальных результатов
	ПК-4.1 Знает численные порядки величин, характерных для соответствующей профессиональной области
	ПК-4.3 Способен обосновать причинно-следственные отношения используемых понятий и моделей

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Химическая физика» обучающийся должен:

### знать:

- основные физические подходы, используемые при изучении химических превращений вещества.

### уметь:

- применять современные методы аналитического анализа физико-химических процессов, результатов проведения исследований с использованием современного математического аппарата; делать заключения на основании анализа и сопоставления всей совокупности имеющихся данных и планировать последующую научную работу; делать оптимальный выбор методов для решения поставленных задач.

### владеть:

- основными принципами использования фундаментальных научных знаний в сфере профессиональной деятельности, методами исследований, опираясь на фундаментальные основы химической физики и базовый аппаратный парк; стандартной терминологией и определениями.

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

С целью текущего контроля успеваемости предусмотрен краткий опрос по темам предыдущего занятия.

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

Вопросы к дифференциальному зачету в весеннем семестре:

1. Основы квантовой теории многоэлектронных систем.
2. Адиабатическое приближение Борна—Оппенгеймера.
3. Свойства симметрии многоэлектронной волновой функции.



4. Основное и возбужденное состояния атома гелия.
5. Электронная структура атомов и периодическая система элементов.
6. Метод самосогласованного поля.
7. Уровни энергии многоэлектронных систем.
8. Основные принципы теории валентности.
9. Электронное строение молекул.
10. Гибридизация атомных волновых функций.
11. Метод молекулярных орбиталей.
12. Электронное строение координационных соединений.
13. Донорно-акцепторные комплексы.
14. Водородная связь.
15. Межмолекулярные взаимодействия. Силы Ван-дер-Ваальса.
16. Теория кристаллического поля.
17. Спин-орбитальное взаимодействие.
18. Химическая радиоспектроскопия, ЯМР и ЭПР.
19. Времена релаксации и форма резонансной линии.
20. Гамильтониан магнитных взаимодействий.
21. Химический сдвиг и спин-спиновое взаимодействие в ЯМР.
22. Сверхтонкая структура спектров ЭПР.
23. Интерпретация тензоров сверхтонкого взаимодействия и g-тензора.
24. Измерение скоростей химических реакций методом ЭПР.
25. Строение и свойства твердого тела.
26. Природа сил взаимодействия в кристаллах.
27. Колебания и волны в одномерной решетке.
28. Колебания атомов трехмерной кристаллической решетки. Нормальные колебания.
29. Электрон в периодическом поле.
30. Приближения слабо и сильно связанных электронов.
31. Зоны Бриллюэна.
32. Структура энергетических зон.
33. Локализованные состояния электронов в кристалле.
34. Основы теории жидкого состояния вещества.
35. Упругие столкновения атомов.
36. Полное и дифференциальное сечения рассеяния.
37. Неупругие столкновения.
38. Вероятности переходов, сечения и константы скорости прямых и обратных процессов. 39. Поверхность потенциальной энергии для системы трех атомов.
40. Метод переходного состояния.
41. Неадиабатические процессы.
42. Мономолекулярные реакции.
43. Статистическая модель мономолекулярных реакций.
44. Термический распад двухатомных молекул.
45. Бимолекулярные реакции, идущие через образование промежуточного комплекса.
46. Распределение энергии в бимолекулярных реакциях.
47. Обмен энергии при молекулярных столкновениях.
48. Обмен поступательной, вращательной и колебательной энергией при столкновениях. 49. Взаимодействие электронов с атомами и молекулами.
50. Возбуждение атомов и молекул электронным ударом.
51. Ионизация атомов и молекул электронным ударом.
52. Фотоионизация.
53. Рекомбинация электронов и атомов.
54. Фотохимические и радиационно-химические реакции.
55. Электронно-возбужденные состояния.
56. Поглощение и испускание света.
57. Спектры поглощения и люминесценции.

58. Флуоресценция и фосфоресценция.
59. Теория и методы расчета электронно-колебательных спектров многоатомных молекул. 60. Приближения Франка—Кондона и Герцберга—Теллера.
61. Потенциальные поверхности электронно-возбужденных состояний.
62. Переходы между состояниями. Матричные элементы переходов.
63. Взаимодействия атомов и молекул в возбужденных состояниях.
64. Комплексы с переносом заряда, эксимеры и эксиплексы.
65. Безызлучательные электронные переходы.
66. Неадиабатическое взаимодействие.
67. Перенос заряда.
68. Перенос энергии электронного возбуждения. Теория Ферстера-Декстера.
69. Тепловой эффект химической реакции. Закон Гесса.
70. Химический потенциал и химическое сродство.
71. Энтальпия и энтропия химической реакции.
72. Термодинамическое равновесие при наличии химических реакций.
73. Химические и фазовые равновесия.
74. Правило фаз Гиббса.
75. Термодинамическая теория растворов.
76. Концентрации и активности.
77. Теория поверхностных явлений. Метод избыточных величин Гиббса.

Вопросы к экзамену в осеннем семестре:

1. Механизм и скорость химической реакции.
2. Закон действующих масс. Порядок реакции.
3. Константа скорости химической реакции. Закон Аррениуса.
4. Кинетика сложных реакций. Обратимые, последовательные, параллельные процессы. 82. Прямая и обратная кинетическая задача.
5. Метод квазистационарных концентраций.
6. Лимитирующая стадия сложного химического процесса.
7. Кинетика химических реакций в открытых системах. Стационарные режимы.
8. Химические реакции в жидкой фазе.
9. Роль среды в элементарном акте химической реакции.
10. Константа скорости диффузионно-контролируемой химической реакции.
11. Клеточный эффект.
12. Влияние диэлектрической постоянной и ионной силы на скорости химических реакций 92. Влияние магнитного поля на скорость химической реакции.
13. Сопряженные химические реакции.
14. Индуцированные и гомогенно-каталитические реакции.
15. Механизм гомогенного катализа.
16. Кинетика гомогенно-каталитических реакций.
17. Кислотно-основный катализ.
18. Ферментативный катализ.
19. Автокаталитические реакции.
20. Гетерогенный катализ. Механизмы гетерогенного катализа.
21. Кинетика фотохимических реакций.
22. Законы фотохимии.
23. Классификация фотохимических реакций.
24. Кинетика цепных химических реакций.
25. Тепловой взрыв.
26. Разветвленно-цепные реакции.
27. Реакции с энергетическим и вырожденным разветвлением цепей.
28. Автоколебательные реакции.
39. Принцип локального термодинамического равновесия.
30. Уравнения баланса и законы сохранения.
31. Уравнение Умова и вектор Умова.

32. Производство энтропии, потерянная работа и некомпенсированная теплота.
33. Функция диссипации.
34. Соотношение взаимности Онзагера и принцип Кюри.
35. Устойчивость стационарного термодинамического состояния.
36. Вариационные принципы неравновесной термодинамики.
37. Вынужденный порядок в открытых физических системах.
38. Принцип Пригожина-Гленсдорфа минимума производства энтропии.
39. Самоорганизация и нелинейная динамика.
40. Пространственные и временные диссипативные структуры.
41. Генерация когерентного излучения в лазере.
42. Реакция Белоусова-Жаботинского.

Примеры экзаменационных билетов.

Пример 1.

1. Кинетика сложных реакций. Обратимые, последовательные, параллельные процессы.
2. Кинетика химических реакций в открытых системах. Стационарные режимы.

Пример 2.

1. Автокаталитические реакции.
2. Гетерогенный катализ. Механизмы гетерогенного катализа.

#### 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 недочетами.

Оценка хорошо 7 баллов - выставляется студенту, если он твердо 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 твердо 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**

По результатам работы в семестре предусмотрены как дифференцированные зачеты, так и итоговая аттестация в виде экзамена.

Цель контроля - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущий контроль знаний учащихся организован как устный групповой опрос.

Текущая самостоятельная работа направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений студента. По результатам текущего контроля выставляется оценка дифференцированного зачета как среднее арифметическое всех оценок, полученных в течение семестра.

Итоговая аттестация осуществляется в конце лекционного курса и завершает изучение дисциплины «Химическая физика». Форма аттестации – письменный экзамен. На экзамене учащийся должен продемонстрировать знания и умения решать практические задачи по теме курса.

Длительность письменного экзамена не должна превышать более четырех академических часов.