

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
электроники, фотоники и  
молекулярной физики**

**В.В. Иванов**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Свойства и диагностика коллоидных систем
<b>по направлению:</b>	Материаловедение и технологии материалов
<b>профиль подготовки:</b>	Науки и цифровизация в культурном наследии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра химической физики
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 15 всего, в том числе:

лекции: 15 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Всего часов: 45, всего зач. ед.: 1

Программу составил: А.Д. Левин, д-р техн. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры химической физики 27.05.2021

## Аннотация

Курс "Свойства и диагностика коллоидных систем" предусматривает ознакомление обучающихся с видами и свойствами коллоидных систем, современными физико-химическими методами их диагностики.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

Целью курса является ознакомление обучающихся с видами и свойствами коллоидных систем, современными физико-химическими методами их диагностики.

#### Задачи дисциплины

Формирование базовых знаний и представлений о коллоидных системах естественного и искусственного происхождения, особенностями коллоидных систем, встречающихся в произведениях искусства и археологических находках;

ознакомление с аналитическими возможностями современных методов измерения параметров коллоидных систем.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в области материаловедения и технологии материалов	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны знать:

- отличительные особенности и основные классы коллоидных систем, коллоидные объекты естественного и искусственного происхождения;
- основные этапы в истории практического использования и изучения коллоидных систем;
- основы физико-химии поверхностных и капиллярных явлений;
- основные молекулярно-кинетические процессы в дисперсных системах;
- основные сведения об устойчивости коллоидных систем и процессах структурообразования в них;
- оптические свойства коллоидных систем;
- физические и химические принципы и основные методы диагностики коллоидных систем;
- сведения о коллоидных объектах в произведениях искусства и других объектах культурного наследия.

уметь:

- обрабатывать экспериментальные данные, полученные при изучении коллоидных систем современными методами их диагностики, включая оптическую, флуоресцентную, рамановскую, атомно-силовую и электронную микроскопию, динамическое рассеяние света, лазерную дифракцию, УФ и ИК спектроскопию,
- строить простые модели процессов, происходящих в коллоидных системах (растворения, коагуляции, высыхания жидкой фазы и т.п.) и сопоставлять результаты их предсказаний с экспериментальными данными.

владеть:

- методами сопоставления и оценки экспериментальных данных о свойствах и параметрах коллоидных систем, полученных разными методами диагностики.

#### 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	Введение. Коллоидное состояние вещества. Получение коллоидных систем	2			4
2	Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем	2			4
3	Поверхностные и капиллярные явления	2			4
4	Оптические свойства дисперсных систем	2			4
5	Устойчивость коллоидных систем и процессы структурообразования	2			4
6	Методы диагностики коллоидных систем	3			6
7	Коллоиды в произведениях искусства и объектах культурного наследия	2			4
Итого часов		15			30
Подготовка к экзамену		0 час.			

Общая трудоёмкость	45 час., 1 зач.ед.
--------------------	--------------------

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

Семестр: 1 (Осенний)

##### 1. Введение. Коллоидное состояние вещества. Получение коллоидных систем

Специфика свойств дисперсных систем. Количественные характеристики дисперсности. Принципы классификации коллоидных систем – по дисперсности, по агрегатному состоянию, по структуре, по межфазному взаимодействию. Диспергационные и конденсационные методы получения дисперсных систем, очистка коллоидных систем История практического использования и изучения коллоидных систем

##### 2. Молекулярно-кинетические свойства дисперсных систем

Броуновское движение, осмос, диффузия, седиментация суспензий и седиментационно-диффузионное равновесие коллоидных систем, седиментационные методы диффузного анализа, понятие о теории флуктуаций.

##### 3. Поверхностные и капиллярные явления

Термодинамика поверхностей раздела фаз, поверхностное натяжение, поверхностно-активные и поверхностно инактивные вещества, смачивание. Адсорбция веществ на поверхностях раздела фаз, модель Ленгмюра. Двойной электрический слой, электрокинетический (дзета) потенциал. Капиллярные явления – капиллярное давление, кривизна поверхности раздела фаз, капиллярное поднятие жидкости

##### 4. Оптические свойства дисперсных систем

Поглощение и рассеяние света в коллоидных системах. Закон Бугера-Ламберта-Бэра. Опалесценция, эффект Тиндаля. Изменение поляризации света при рассеянии. Понятие о теориях рассеяния Релея и Ми, коэффициенты поглощения, рассеяния и экстинкции, комплексный показатель преломления наночастиц. Окраска дисперсных систем. Плазмонный резонанс при поглощении и рассеянии света металлическими нанообъектами. Флуоресценция коллоидных частиц, квантовые точки.

##### 5. Устойчивость коллоидных систем и процессы структурообразования

Седиментационная и агрегативная устойчивость коллоидных систем. Кинетика быстрой и медленной коагуляции, обратимость коагуляции. Структура агрегатов. Факторы стабилизации коллоидных систем.

##### 6. Методы диагностики коллоидных систем

Параметры коллоидных частиц, определяемые при их диагностике- размер, форма, концентрация, химический состав, оптические свойства. Методы диагностики с визуализацией -оптическая микроскопия, в т.ч. ультрамикроскопия, атомно-силовая и электронная микроскопия, анализ траекторий наночастиц (nanoparticles tracking analysis -NTA). Методы, основанные на взаимодействии коллоидных частиц с оптическим излучением – статическое и динамическое рассеяние света, лазерная дифракция, электрофоретическое рассеяние света. Спектральные методы – абсорбционная УФ и ИК спектроскопия, флуоресцентная и рамановская спектроскопия и микроскопия, спектроскопия ЯМР.

Выбор методов диагностики, оптимальных для исследуемой коллоидной системы

## 7. Коллоиды в произведениях искусства и объектах культурного наследия

Коллоидные материалы для красок, эмульсий, глазури, керамики. Высыхание коллоидных красок, сопровождаемое образованием трещин. Применение коллоидных частиц для окраски стекол. Примеры использования коллоидных частиц в объектах культурного наследия прошлых веков– кубок Ликурга, витражи средневековой Европы, голубая краска Майя (Maya Blue). Использование современных методов диагностики коллоидных систем при изучении произведений искусства.

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

Учебная аудитория, снабженная доской, экраном, проектором.

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина Коллоидная химия, 3 изд., переработанное и дополненное, изд.-во «Высшая школа», М, 2004, 445 с.
2. Д.А. Фридрихсберг, Коллоидная химия, учебник, 4 изд., переработанное и дополненное., изд.-во «Лань», СПб, 2010, 416 с.
3. Метрологическое обеспечение нанотехнологий и продукции наноиндустрии, под редакцией В.Н. Крутикова, изд.-во Логос, М, 2011, 592 с.

### Дополнительная литература

1. В.И. Ролдугин Физикохимия поверхности. Учебник -монография, 2-е исправленное издание, издательский дом «Интеллект», Долгопрудный, 2011, 568 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 предусмотрено.

## 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 дисциплины, 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.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Материаловедение и технологии материалов
<b>профиль подготовки:</b>	Науки и цифровизация в культурном наследии Физтех-школа Электроники, Фотоники и Молекулярной Физики кафедра химической физики
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Дифференцированный зачет	
<b>Разработчик:</b>	А.Д. Левин, д-р техн. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.1 Способен находить, анализировать и обобщать информацию об актуальных результатах исследований
	ПК-1.2 Способен выдвигать гипотезы, строить математические модели для описания изучаемых явлений и процессов, оценивать качество разработанной модели
	ПК-1.3 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в области материаловедения и технологии материалов	ПК-3.1 Понимает принципы работы используемого оборудования (специализированных пакетов прикладных программ)
	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)
	ПК-3.3 Способен оценивать точность полученных экспериментальных (численных) результатов

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Свойства и диагностика коллоидных систем» обучающийся должен:

### знать:

- отличительные особенности и основные классы коллоидных систем, коллоидные объекты естественного и искусственного происхождения;
- основные этапы в истории практического использования и изучения коллоидных систем;
- основы физико-химии поверхностных и капиллярных явлений;
- основные молекулярно-кинетические процессы в дисперсных системах;
- основные сведения об устойчивости коллоидных систем и процессах структурообразования в них;
- оптические свойства коллоидных систем;
- физические и химические принципы и основные методы диагностики коллоидных систем;
- сведения о коллоидных объектах в произведениях искусства и других объектах культурного наследия.

### уметь:

- обрабатывать экспериментальные данные, полученные при изучении коллоидных систем современными методами их диагностики, включая оптическую, флуоресцентную, рамановскую, атомно-силовую и электронную микроскопию, динамическое рассеяние света, лазерную дифракцию, УФ и ИК спектроскопию,
- строить простые модели процессов, происходящих в коллоидных системах (растворения, коагуляции, высыхания жидкой фазы и т.п.) и сопоставлять результаты их предсказаний с экспериментальными данными.

### владеть:

- методами сопоставления и оценки экспериментальных данных о свойствах и параметрах коллоидных систем, полученных разными методами диагностики.

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



С целью контроля освоения обучающимися учебного материала проводится устный опрос в начале занятия по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

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

Вопросы для проведения дифференцированного зачета:

1. Отличительные особенности коллоидного состояния вещества.
2. Количественные признаки дисперсности коллоидных систем.
3. Принципы классификации коллоидных систем.
4. Диспергационные методы получения коллоидных систем.
5. Конденсационные методы получения коллоидных систем
6. Методы очистки коллоидных систем
7. Броуновское движение в коллоидных системах
8. Диффузия в коллоидных системах
9. Седиментация суспензий
10. Поверхностно-активные вещества
11. Смачивание
12. Двойной электрический слой
13. Электрокинетический (дзета) потенциал.
14. Основные капиллярные явления в коллоидных системах
15. Релеевское рассеяние света в коллоидных растворах
16. Опалесценция. Эффект Тинадля.
17. Окраска дисперсных систем.
18. Плазмонный резонанс при поглощении света металлическими наночастицами
19. Седиментационная устойчивость коллоидных систем.
20. Агрегационная устойчивость коллоидных систем.
21. Кинетика быстрой коагуляции
22. Структура агрегатов
23. Оптическая микроскопия при диагностике коллоидных систем
24. Ультрамикроскопия при диагностике коллоидных систем
25. Атомно-силовая микроскопия при диагностике коллоидных систем
26. Электронная микроскопия при диагностике коллоидных систем
27. Анализ траекторий наночастиц (nanoparticles tracking analysis- NTA)
28. Динамическое рассеяние света, как метод измерения размеров и концентрации коллоидных частиц
29. Измерение дзета-потенциала методом электрофоретического рассеяния света
30. Статическое рассеяние света при диагностике коллоидных систем
31. Лазерная дифракция – метод измерения размеров микронных и субмикронных частиц
32. Флуоресцентная и рамановская спектроскопия при изучении коллоидных структур на поверхности
33. Коллоидные материалы в красках
34. Коллоидные материалы в керамике
35. Применение коллоидных частиц для окраски стекол.
36. Примеры использования коллоидных частиц в объектах культурного наследия

#### **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**

При проведении устного дифференцированного зачета обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном дифференцированном зачете не должен превышать одного астрономического часа.