

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

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
природоподобных, плазменных и  
ядерных технологий им. И.В.  
Курчатова**

**Т.Е. Григорьев**

**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

<b>по дисциплине:</b>	Синхротронные, нейтронные и другие методы естественно-научных исследований объектов культурного наследия
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Суперкомпьютерное моделирование в прикладной физике Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра гуманитарных дисциплин
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - 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

Программу составил: Е.Б. Яцишина, канд. филос. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры гуманитарных дисциплин 29.03.2024

## Аннотация

Основной целью курса является освоение методологии проведения комплементарных исследований объектов культурного наследия различной природы и происхождения, включая синхротронно-нейтронные исследования, в том числе малоинвазивных методов синхротронного исследования памятников письменности на основе модельных образцов для исследования и научной реставрации рукописно-книжных объектов культурного наследия.

Для объектов культурного наследия особо актуально проведение исследований с минимальным воздействием на предмет. Реализацию этого требования обеспечивает применение синхротронно-нейтронных методов исследований комплементарных им материаловедческих методик.

Взаимодополняющий характер синхротронного излучения (СИ) и нейтронов обусловлен их различным взаимодействием с веществом. Для СИ, как и для рентгеновского излучения, чем больше электронная плотность объекта (если в составе тяжелые элементы, высокая плотность объекта), тем более поглощающим является объект. Нейтроны не так линейно взаимодействуют с материалами, одним из наиболее рассеивающих элементов является водород. Поэтому, в отличие от СИ и рентгена, нейтронные методы исследований существенно более чувствительны к присутствию в объектах коррозии или органических компонентов.

В рамках предлагаемого курса лекций будут приведены научные основы и примеры практического использования широкого спектра комплементарных методов (включая синхротронно-нейтронные, электронно-микроскопические, масс-спектрометрические, атомно-эмиссионные и пр.), в зависимости от природы и происхождения изучаемых объектов культурного наследия.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- освоение методологии проведения комплементарных исследований объектов культурного наследия различной природы и происхождения, включая синхротронно-нейтронные исследования, в том числе малоинвазивных методов синхротронного исследования памятников письменности на основе модельных образцов для исследования и научной реставрации рукописно-книжных объектов культурного наследия.

### Задачи дисциплины

- формирование базовых знаний о практическом использовании широкого спектра комплементарных методов (включая синхротронно-нейтронные, электронно-микроскопические, масс-спектрометрические, атомно-эмиссионные и пр.), в зависимости от природы и происхождения изучаемых объектов культурного наследия;
- формирование базовых знаний о методологии применения естественнонаучных методов исследования к объектам культурного наследия, а также о перспективах развития синхротронных исследований и исследовательской инфраструктуры в России и в мире.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации

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 в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные методы естественнонаучных исследований для изучения объектов культурного наследия;
- свойства различных видов излучения;
- историю взаимодействия гуманитарных и естественнонаучных методов познания;
- основные методы применения синхротронного, нейтронного излучения для исследования объектов культурного наследия;
- теоретические принципы, лежащие в основе применяемых методов естественных наук.

уметь:

- оценивать адекватность применения того или иного метода к исследованию данного объекта культурного наследия;
- выбирать оптимальные методики неразрушающего воздействия для изучения отдельно взятого археологического объекта;
- эффективно использовать современные информационные технологии и ресурсы для получения необходимых знаний по интересующей научной проблеме в рамках исторического материаловедения и применения естественнонаучных методов к объектам культурного наследия.

владеть:

- специальной терминологией в области исторического материаловедения, рентгеноструктурного анализа и др;
- основными методами обработки данных, полученных в результате рентгеновского эксперимента;
- основными методами визуализации данных, полученных при помощи рассеяния.

### 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. Историческое материаловедение. Комплексные исследования неорганических объектов культурного наследия.	4	1		5
2	Историческое материаловедение - комплексные исследования органических объектов культурного наследия.	2	1		5

3	История и актуальные проблемы применения методов естественных наук в изучении археологических предметов из цветного и черного металлов.	2	1		5
4	Методы естественных наук в изучении археологических предметов органического происхождения: история и современность.	2	1		3
5	Изотопные исследования свинца по методу Pb-Pb в археологии: основные задачи, результаты и перспективы.	2	1		1
6	Изотопный состав углерода, азота и кислорода в биоархеологических материалах: реалии и перспективы междисциплинарных исследований.	1	1		1
7	Археолого-геофизическая разведка.	1	1		2
8	Специфика материаловедческого и экспериментального исследования книги. Современные подходы и технологии в реставрации и консервации документов.	1	1		2
9	Специфика материаловедческого и экспериментального исследования книги. Современные подходы и технологии в реставрации и консервации документов.	1	1		2
10	Рентгеновская, синхротронная и нейтронная визуализация объектов культурного наследия.	1	1		2
11	Рентгеноструктурный анализ и порошковая дифрактометрия.	1	1		1
12	Синхротронно-нейтронная визуализация.	1	1		1
13	Малоугловое рассеяние.	3	1		5
14	Рентгенофлуоресцентный анализ и другие спектральные методы. Рентгеновская спектроскопия поглощения и эмиссионная спектроскопия. Фотоэлектронная спектроскопия.	4	1		5
15	Методы электронной микроскопии - растровой, просвечивающей и просвечивающей растровой.	4	1		5
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: 1 (Осенний)

1. Введение. Историческое материаловедение. Комплексные исследования неорганических объектов культурного наследия.

Результаты комплементарного подхода к изучению объектов культурного наследия неорганической природы - металлических, керамических, каменных, стеклянных и пр., из практики исследований в НИЦ "Курчатовский институт".

2. Историческое материаловедение - комплексные исследования органических объектов культурного наследия.

Результаты комплексных исследований, выполненных в Курчатовском институте объектов культурного наследия органической природы - древнеегипетских мумий из ГМИИ им. А.С. Пушкина, содержимого керамических сосудов различных исторических периодов и назначения, остатков пищи на столовой посуде.

3. История и актуальные проблемы применения методов естественных наук в изучении археологических предметов из цветного и черного металлов.

История применения различных методов для археологических объектов в России и за рубежом. Примеры использования нейтронных методов визуализации для разного типа археологических объектов. Археологическое материаловедение: новый уровень исследований. Возможности и ограничения методов.

4. Методы естественных наук в изучении археологических предметов органического происхождения: история и современность.

История использования различных методов для изучения археологической органики. Возможности и рамки применения методов на примере исследования древнеегипетских мумий, античных пигментов и заполнения средневековых погребальных сосудов.

5. Изотопные исследования свинца по методу Pb-Pb в археологии: основные задачи, результаты и перспективы.

История применения метода в археологических исследованиях. Основные научные центры; проблема сопоставимости данных. Источники серебра для территории России в разные археологические периоды и основные этапы их смены по данным изотопного анализа.

6. Изотопный состав углерода, азота и кислорода в биоархеологических материалах: реалии и перспективы междисциплинарных исследований.

В поле междисциплинарных исследований, которые характеризуют современный уровень развития археологической науки, особое место занимают изотопные исследования археологизированных биологических объектов. Изотопный состав легких элементов, входящих в ткани растений, животных, человека, формируется в соответствии с экологическими условиями, в которых они существовали и местом в трофических связях древних экосистем. Теоретические подходы и методы определения изотопного состава остатков древней биоты позволяют реконструировать различные стороны жизни древних социумов (природное окружение, хозяйство, питание, состояние здоровья). Это направление бурно развивается в мировой археологии последние 30 лет, однако основные достижения этого направления еще не вошли в учебники по археологии.

7. Археолого-геофизическая разведка.

Метод магниторазведки, электро-магнитной съемки, электроразведки, георадарной съемки, сейсморазведки, эхолокации, прецизионной геодезии, аэрофотосъемки, космосъемки, спутниковая навигация и геоинформационные системы, индикация металлов (металлоискатели). Примеры из мировой и отечественной археологической практики и археологии Крыма. Демонстрация геофизического и геодезического оборудования на практике.

8. Специфика материаловедческого и экспериментального исследования книги. Современные подходы и технологии в реставрации и консервации документов.

На базе опыта исследований, накопленных в Российской научной библиотеке представлены основы методологии исторического материаловедения и исторического следоведения документа, как основы историко-технологических исследований памятников письменности и их научной реставрации, а также обзор основных материалов документа и их специфики. Представлен обзор основных подходов, технологий, методик в современной научной реставрации и консервации документа.

9. Специфика материаловедческого и экспериментального исследования книги. Современные подходы и технологии в реставрации и консервации документов.

Спектр СИ. Теоретические основы взаимодействия СИ с веществом. Виды взаимодействия СИ с веществом. Группы методов, основанных на применении СИ. Исследуемые объекты. Структурные параметры, извлекаемые с использованием СИ.

10. Рентгеновская, синхротронная и нейтронная визуализация объектов культурного наследия.

Дефекты кристаллической структуры. Кинематическая и динамическая дифракция. Эффект аномального пропускания. Виды контраста в топографии. Схемы топографической съемки. Преимущества синхротронного излучения в топографии. Топография с угловой разверткой.

11. Рентгеноструктурный анализ и порошковая дифрактометрия.

Основы метода рентгеноструктурного анализа кристаллов. Экспериментальное оборудование. Радиационное повреждение. Фазовая проблема и методы ее решения. Уточнение модели структуры. Теоретические основы метода. Различия методов порошка и монокристалла. Условия Лауэ, закон Брэгга-Вульфа, сфера Эвальда. Основные задачи порошковой дифракции. Структурный и фазовый анализ. Принципиальная схема синхротронной станции для порошковой дифракции (на примере станции РСА). Порошковый эксперимент на синхротроне – особенности, отличия от лабораторных источников. Анализ дифракционных картин, получаемая информация. Определение параметров микроструктуры. Аппаратное и физическое уширение. Формулы Кальотти, Шеррера и Стокса-Уилсона. Метод Уилльямсона-Холла. Индексирование и решение структуры по порошку. Метод симулированного отжига. Полнопрофильный анализ дифрактограмм. Методы Ле Бея и Ритфелда. Анализ полнопрофильной функции. Структурный фактор, фактора Дебая-Валлера. Порошковая дифракция с помощью рентгеновского излучения и нейтронов, сходства и различия. Исследуемые материалы, решаемы задачи, яркие результаты.

12. Синхротронно-нейтронная визуализация.

Основы синхротронной радиографии и томографии. Основные способы вариации контраста, включая применение тепловых нейтронов. Принцип восстановления трехмерных изображений по проекциям. Применение методов визуализации для изучения культурного и природного наследия.

13. Малоугловое рассеяние.

Теория малоуглового рассеяния – Борновское приближение, вектор рассеяния, прямое и обратное пространство, радиус инерции и его физический смысл, функция распределения по расстояниям, моделирование структуры монодисперсных систем и интерпретация результатов. Схема малоуглового эксперимента - основные элементы и особенности установки, монохроматизация и фокусировка излучения, коллимация пучка, возможности модернизации экспериментальной базы. Объекты исследования и их особенности, влияние радиационных повреждений на биологические объекты. Некоторые примеры работ на источниках СИ.

14. Рентгенофлуоресцентный анализ и другие спектральные методы. Рентгеновская спектроскопия поглощения и эмиссионная спектроскопия. Фотоэлектронная спектроскопия.

Рентгенофлуоресцентный анализ. Исследуемые образцы и область применения. Основы теории: фотоэффект, характеристический рентгеновский спектр атома, качественный и количественный элементный анализ. Экспериментальная схема. Примеры ярких результатов. Фазочувствительные методы. Фазовая проблема рентгеновских исследований. Метод стоячих рентгеновских волн в области полного внешнего отражения и в условиях брэгговской дифракции. Исследуемые образцы и область применения. Основы теории и экспериментальная схема. Примеры ярких результатов. Метод многоволновой дифракции. Исследуемые образцы и область применения. Основы теории и экспериментальная схема.

15. Методы электронной микроскопии - растровой, просвечивающей и просвечивающей растровой.

Основные принципы электронной микроскопии. Растровая, просвечивающая, просвечивающая растровая микроскопия. Примеры использования электронной микроскопии для изучения объектов культурного наследия. Яркие результаты.

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

учебная аудитория, ноутбук, проектор, меловая доска, мел.

## **6.Перечень рекомендуемой литературы**

### Основная литература

1. Синхротронное излучение и его применения [Текст] / И. М. Тернов, В. В. Михайлин, В. Р. Халилов - М.МГУ,1980
2. Синхротронное излучение. Методы исследования структуры веществ [Текст] / Г. В. Фетисов - М.Физматлит,2007  
Фонд литературы кафедры
- 3.Зубавичус Я.В., Мухамеджанов Э.Х., Сенин Р.А. Экспериментальные станции КИСИ. Журнал "Природа", № 12, 2013 ([http://nrcki.ru/files/Stations\\_of\\_KESE.pdf](http://nrcki.ru/files/Stations_of_KESE.pdf)).
4. Кулипанов Г.Н., Скринский А.Н. Использование синхротронного излучения: состояние и перспективы. УФН, том 122, вып. 3. стр.369-418, 1977.
6. Аксенов В.Л., Балагуров А.М. Времяпролетная нейтронная дифрактометрия. УФН, том 166, вып. 9, 1996.
7. Ковальчук М.В., Квардаков В.В., Корчуганов В.Н. КИСИ вчера, сегодня, завтра. Журнал "Природа", № 12, 2013 (<http://nrcki.ru/files/KSRS25-36.pdf>).
8. Ковальчук М.В., Наука и жизнь: Моя конвергенция, Избранные научные труды. Т. 2. – М.: ИКЦ Академкнига, 2011.
9. Г.Н. Жижин и др., Лазеры на свободных электронах и перспективы применения их излучения в оптической спектроскопии, Вестник РУДН. Серия Физика, №10(1), 100-108 (2002).

### Дополнительная литература

1. Боуэн Д.К, Таннер Б.К. Высокора разрешающая рентгеновская дифрактометрия и топография. – С.-Пб.: Наука, 2002.
2. Суворов Э.В. Физические основы современных методов исследования реальной структуры кристаллов. Учебное пособие, Черноголовка, 1999.
3. Джеймс Р. Оптические принципы дифракции рентгеновских лучей. – М.: Иностранная литература, 1950.
4. Гинье А. Рентгенография кристаллов, теория и практика. – М.: Иностранная литература, 1961.
5. Рентгентехника: Справочник, в 2-х кн. / под ред. В.В. Ключева. – М.: Машиностроение, 1992.
6. X-Ray and Neutron Dynamical Diffraction. Theory and Applications. / Ed. by Andre Authier. – NY and London: Plenum Press, 1996.
7. Под. Ред. М.А. Вайнштейна, современная кристаллография. Т1. Симметрия кристаллов. Методы структурной кристаллографии, М: Наука, 1979.
8. Под. Ред. М.В. Ковальчука, Стоячая рентгеновская волна. Сборник научно-популярных статей, М.: НИЦ “Курчатовский институт”, 2013.
9. В. В. Лидер, М. В. Ковальчук, Методы рентгеновского фазового контраста, Кристаллография, том 58, No 6, с. 764–784, (2013).

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

1. <http://www.ipmt-hpm.ac.ru/labs/xray/ru/main.html>
2. <http://www.lightsources.org/cms/?pid=1000098>
3. <http://www.lightsources.org/cms/?pid=1000103>
4. <http://www.xfel.eu/>
5. <http://nrd.pnpi.spb.ru/reaktorPIK/pik.html>

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

WolframMathematica.

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

Для успешного освоения курса, помимо посещения лекций и семинаров, от студентов требуется самостоятельная работа в объеме не менее чем те часы, которые указаны для каждого раздела программы. В основном, это время отводится на самостоятельное повторение материала лекций, чтения рекомендованной литературы и подготовку к промежуточным тестированиям, которые проводятся для текущего контроля за усвоением материала. Всего предполагается провести за семестр одну промежуточную контрольную, а также ряд проверочных работ. Студенты, успешно прошедшие данную форму промежуточного контроля, допускаются к сдаче зачета по дисциплине.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Суперкомпьютерное моделирование в прикладной физике Физтех-школа природоподобных, плазменных и ядерных технологий им. И.В. Курчатова кафедра гуманитарных дисциплин
<b>курс:</b>	<u>1</u>
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Зачет	
<b>Разработчик:</b>	Е.Б. Яцишина, канд. филос. наук, доцент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
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 в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
ПК-3 Способен профессионально работать с исследовательским и испытательным оборудованием (приборами и установками, специализированными пакетами прикладных программ) в избранной предметной области	ПК-3.2 Способен проводить эксперимент (моделирование) с использованием исследовательского оборудования (пакетов прикладных программ)

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Синхротронные, нейтронные и другие методы естественно-научных исследований объектов культурного наследия» обучающийся должен:

### знать:

- основные методы естественнонаучных исследований для изучения объектов культурного наследия;
- свойства различных видов излучения;
- историю взаимодействия гуманитарных и естественнонаучных методов познания;
- основные методы применения синхротронного, нейтронного излучения для исследования объектов культурного наследия;
- теоретические принципы, лежащие в основе применяемых методов естественных наук.

### уметь:

- оценивать адекватность применения того или иного метода к исследованию данного объекта культурного наследия;
- выбирать оптимальные методики неразрушающего воздействия для изучения отдельно взятого археологического объекта;
- эффективно использовать современные информационные технологии и ресурсы для получения необходимых знаний по интересующей научной проблеме в рамках исторического материаловедения и применения естественнонаучных методов к объектам культурного наследия.

### владеть:

- специальной терминологией в области исторического материаловедения, рентгеноструктурного анализа и др;
- основными методами обработки данных, полученных в результате рентгеновского эксперимента;
- основными методами визуализации данных, полученных при помощи рассеяния.

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

В целях текущего контроля успеваемости предусмотрен краткий опрос по темам предыдущих занятий по теме прошлой лекции или в конце занятия по пройденной теме.

### **3. Перечень типовых контрольных заданий, используемых для оценки знаний, умений, навыков**

Аттестация по дисциплине «Синхротронные, нейтронные и другие методы естественно-научных исследований объектов культурного наследия» осуществляется в форме зачета. Зачет проводится в устной форме.

#### **Примерный перечень контрольных вопросов:**

1. Что такое синхротронное излучение. Перечислите его свойства.
2. Комплексные исследования неорганических объектов культурного наследия.
3. Историческое материаловедение - комплексные исследования органических объектов культурного наследия.
4. Археологическое материаловедение: новый уровень исследований. Возможности и ограничения методов.
5. Примеры использования нейтронных методов визуализации для разного типа археологических объектов.
6. История использования различных методов для изучения археологической органики.
7. Источники серебра для территории России в разные археологические периоды и основные этапы их смены по данным изотопного анализа.
8. Возможности и рамки применения методов на примере исследования древнеегипетских мумий, античных пигментов и заполнения средневековых погребальных сосудов.
9. Изотопный состав углерода, азота и кислорода в биоархеологических материалах: реалии и перспективы междисциплинарных исследований.
10. Примеры из мировой и отечественной археологической практики и археологии Крыма.
11. Современные подходы и технологии в реставрации и консервации документов
12. Взаимодействие синхротронного излучения (СИ) с веществом.
13. Спектр СИ. Теоретические основы взаимодействия СИ с веществом. Виды взаимодействия СИ с веществом.
14. Рентгеновская, синхротронная и нейтронная визуализация объектов культурного наследия.
15. Кинематическая и динамическая дифракция. Эффект аномального пропускания. Виды контраста в топографии. Схемы топографической съемки.
16. Преимущества синхротронного излучения в топографии.
17. Топография с угловой разверткой.
18. Рентгеноструктурный анализ и порошковая дифрактометрия
19. Основы метода рентгеноструктурного анализа кристаллов.
20. Определение параметров микроструктуры.
21. Синхротронно-нейтронная визуализация
22. Основные способы вариации контраста, включая применение тепловых нейтронов.
23. Применение методов визуализации для изучения культурного и природного наследия.
24. Малоугловое рассеяние.
25. Исследуемые образцы и область применения. Основы теории: фотоэффект, характеристический рентгеновский спектр атома, качественный и количественный элементный анализ.

26. Метод стоячих рентгеновских волн в области полного внешнего отражения и в условиях брэгговской дифракции.
27. Методы электронной микроскопии - растровой, просвечивающей и просвечивающей растровой.
28. Растровая, просвечивающая, просвечивающая растровая микроскопия.
29. Примеры использования электронной микроскопии для изучения объектов культурного наследия. Яркие результаты.

### **Примеры билетов:**

#### **БИЛЕТ № 1**

1. Топография с угловой разверткой.
2. Взаимодействие синхротронного излучения (СИ) с веществом.

#### **БИЛЕТ № 2**

1. Археологическое материаловедение: новый уровень исследований. Возможности и ограничения методов.
2. Основы метода рентгеноструктурного анализа кристаллов.

### **4. Критерии оценивания**

1. Оценка «зачтено» выставляется студенту, который
  - прочно усвоил предусмотренный программный материал;
  - правильно, аргументировано ответил на все вопросы, с приведением примеров;
  - показал глубокие систематизированные знания, владеет приемами рассуждения и сопоставляет материал из разных источников: теорию связывает с практикой, другими темами данного курса, других изучаемых предметов
2. Оценка «не зачтено» Выставляется студенту, который не справился с 50% вопросов билета, в ответах на другие вопросы допустил существенные ошибки. Не может ответить на дополнительные вопросы, предложенные преподавателем, не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов.

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

При проведении зачета обучающемуся предоставляется 40 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на зачете не должен превышать двух астрономических часов. Во время проведения зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, конспектами лекций, а также любой справочной литературой.