

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИШНПТ  
Яковлев А.Н.  
«30» 06 2020 г.

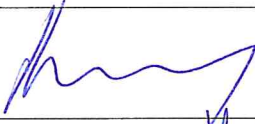
**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ПРИЕМ 2017 г.**  
**ФОРМА ОБУЧЕНИЯ очная**

| ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА            |                                                       |     |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----|
| Направление подготовки                      | 03.06.01 Физика и астрономия                          |     |
| Образовательная программа (профиль)         | 01.04.05 Оптика                                       |     |
| Квалификация (степень)                      | Исследователь. Преподаватель-исследователь            |     |
| Уровень образования                         | Подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре |     |
| Курс                                        | 2                                                     | 3   |
| Трудоемкость в кредитах (зачетных единицах) | 4                                                     |     |
| Виды учебной деятельности                   | Временной ресурс                                      |     |
| Контактная (аудиторная) работа, ч           | Лекции                                                | -   |
|                                             | Практические занятия                                  | 18  |
|                                             | Лабораторные занятия                                  | -   |
|                                             | ВСЕГО                                                 | 18  |
| Самостоятельная работа, ч                   |                                                       | 126 |
| ИТОГО, ч                                    |                                                       | 144 |

Вид промежуточной аттестации

|       |                              |                            |
|-------|------------------------------|----------------------------|
| зачет | Обеспечивающее подразделение | Отделение материаловедения |
|-------|------------------------------|----------------------------|

Заведующий кафедрой –  
руководитель отделения на  
правах кафедры  
Руководитель ООП  
Преподаватели

|                                                                                      |                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
|   | В.А. Клименов                                                           |
|  | О.Н. Уленков                                                            |
|  | О.Л. Хасанов<br>А.А. Дитц<br>А.С. Двилис<br>М.С. Сыртанов<br>И.А. Божко |

2020 г.

## 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины является формирование у обучающихся состава компетенций для подготовки к профессиональной деятельности.

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                                                                                                               | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций) |                                                                                                                                                                                                                 |
|-----------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | Код                                                         | Наименование                                                                                                                                                                                                    |
| УК(У)-1         | Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерирование новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях                      | УК(У)-1.B1                                                  | Владеть навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях                                                     |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | УК(У)-1.B2                                                  | Владеть навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях            |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | УК(У)-1.Y1                                                  | Уметь анализировать альтернативные варианты решения исследовательских и практических задач и оценивать потенциальные выигрыши/проигрыши реализации этих вариантов                                               |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | УК(У)-1.Y2                                                  | Уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи исходя из наличных ресурсов и ограничений                                                                                      |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | УК(У)-1.31                                                  | Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | УК(У)-1.32                                                  | Знать современные достижения и новые идеи в междисциплинарных областях профессиональной деятельности                                                                                                            |
| ОПК(У)-1        | Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий | ОПК(У)-1.B1                                                 | Владеть навыками решения нестандартных задач, возникающих в ходе собственного исследования, в т.ч. с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий                |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | ОПК(У)-1.B2                                                 | Владеть опытом применения информационно-коммуникационных технологий в самостоятельной научно-исследовательской деятельности                                                                                     |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | ОПК(У)-1.B3                                                 | Владеть опытом применения методов исследования к решению научных задач                                                                                                                                          |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | ОПК(У)13.Y1                                                 | Уметь развивать и предлагать новые методы исследования нестандартных задач, возникающих в ходе собственного исследования                                                                                        |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | ОПК(У)-1.Y2                                                 | Уметь правильно ставить задачи по выбранной научной тематике, выбирать для исследования необходимые методы                                                                                                      |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | ОПК(У)-1.Y3                                                 | Уметь применять методы исследования к решению научных задач, оценивать значимость получаемых результатов                                                                                                        |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | ОПК(У)-1.31                                                 | Знать методы исследований, области их применения и возможные направления их развития в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности                            |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | ОПК(У)-1.32                                                 | Знать основы информационно-коммуникационных технологий                                                                                                                                                          |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | ОПК(У)-1.33                                                 | Знать методы исследования к решению научных задач                                                                                                                                                               |
| ПК(У)-3         | Способность проводить теоретические и экспериментальные исследования процессов, методов и компонентов, относящихся к области оптики                                                                                    | ПК(У)-3.B1                                                  | Владеть навыками планирования и оптимизации задач для повышения эффективности исследовательской работы                                                                                                          |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | ПК(У)-3.B2                                                  | Владеть навыками использования методик экономико-стоимостной оптимизации технических решений                                                                                                                    |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | ПК(У)-3.B3                                                  | Владеть навыками численного решения конкретных задач на ЭВМ                                                                                                                                                     |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | ПК(У)-3.Y1                                                  | Уметь создавать новые подходы к решению фундаментальных задач численными и аналитическими методами.                                                                                                             |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | ПК(У)-3.Y2                                                  | Уметь проводить экономико-стоимостную оптимизацию научно-исследовательских работ                                                                                                                                |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | ПК(У)-3.Y3                                                  | Уметь реализовывать алгоритмические схемы в программных средах для аналитических и численных расчетов                                                                                                           |
|                 |                                                                                                                                                                                                                        | ПК(У)-2.31                                                  | Знать методы и средства познания, самостоятельного                                                                                                                                                              |

| Код компетенции | Наименование компетенции | Составляющие результатов освоения (дескрипторы компетенций) |                                                                                                   |
|-----------------|--------------------------|-------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                 |                          | Код                                                         | Наименование                                                                                      |
|                 |                          |                                                             | обучения и самоконтроля                                                                           |
|                 |                          | ПК(У)-3.31                                                  | Знать классические и современные методы решения задач по выбранной тематике научных исследований. |
|                 |                          | ПК(У)-3.У2                                                  | Знать подходы к экономико-стоимостной оптимизации технологических процессов и схем установок      |

## 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП

Дисциплина относится к вариативной части Блока 1 «Модуль общеуниверситетских элективных дисциплин, в том числе направленных на подготовку к преподавательской деятельности» учебного плана образовательной программы.

## 3. Планируемые результаты обучения по дисциплине

После успешного освоения дисциплины будут сформированы результаты обучения:

| Планируемые результаты обучения по дисциплине |                                                                                                                       | Компетенция                    |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Код                                           | Наименование                                                                                                          |                                |
| РД-1                                          | Уметь проводить отбор и подготовку проб для исследований и анализа материалов с применением физико-химических методов | УК(У)-1<br>ОПК(У)-1<br>ПК(У)-3 |
| РД-2                                          | Уметь работать на современном аналитическом оборудовании                                                              | УК(У)-1<br>ОПК(У)-1<br>ПК(У)-3 |
| РД -3                                         | Проводить исследования состава и свойств материалов, в том числе комплексных                                          | УК(У)-1<br>ОПК(У)-1<br>ПК(У)-3 |

## 4. Структура и содержание дисциплины

Дисциплина «Физико-химические методы анализа» состоит из 9 модулей. Аспирант должен освоить на выбор 2 модуля, необходимые для подготовки научно-квалификационной работы (диссертации).

### Основные виды учебной деятельности

### Модуль 1. Высокоэффективная жидкостная хроматография

| Разделы дисциплины                                                                                                            | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Раздел 1.</b> Метод ВЭЖХ. Место ВЭЖХ в химическом анализе. Формальная хроматография                                        | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                                               |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |
| <b>Раздел 2.</b> Механизмы жидкостной хроматографии                                                                           | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1                 |
|                                                                                                                               |                                              | Самостоятельная работа    | 11                |
| <b>Раздел 3.</b> Подвижные и неподвижные фазы для ВЭЖХ                                                                        | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 0,5               |
|                                                                                                                               |                                              | Самостоятельная работа    | 6                 |
| <b>Раздел 4.</b> Устройство и принцип работы жидкостных хроматографов. Детектирование в ВЭЖХ.                                 | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1                 |
|                                                                                                                               |                                              | Самостоятельная работа    | 6                 |
| <b>Раздел 5.</b> Подготовка образца для ВЭЖХ                                                                                  | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 0,5               |
|                                                                                                                               |                                              | Самостоятельная работа    | 6                 |
| <b>Раздел 6.</b> Качественный анализ. Определение состава модельных смесей методом высокоэффективной жидкостной хроматографии | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1                 |
|                                                                                                                               |                                              | Самостоятельная работа    | 6                 |
| <b>Раздел 7.</b> Количественный хроматографический анализ                                                                     | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                                               |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |
| <b>Раздел 8.</b> Определение концентрации вещества с помощью спектральных соотношений.                                        | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1                 |
|                                                                                                                               |                                              | Самостоятельная работа    | 8                 |

|                                                      |  |  |  |
|------------------------------------------------------|--|--|--|
| Выбор тест-веществ для оценки эффективности сорбента |  |  |  |
|------------------------------------------------------|--|--|--|

### **Содержание разделов дисциплины:**

#### **Раздел 1. Метод ВЭЖХ. Место ВЭЖХ в химическом анализе. Формальная хроматография**

Место жидкостной хроматографии (ЖХ) в химическом анализе. Типы аналитических задач, решаемых с применением ВЭЖХ. Основные термины и закономерности в ВЭЖХ. Влияние скорости потока подвижной фазы, размера частиц адсорбента, температуры, состава подвижной фазы, давления, длины и диаметра колонки, нагрузки на колонку на эффективность и скорость разделения. Решение типовых задач: определение основных характеристик удерживания вещества, исследование зависимости фактора удерживания ( $k'$ ) вещества от концентрации ацетонитрила в подвижной фазе.

#### **Раздел 2. Механизмы жидкостной хроматографии**

Адсорбционная, распределительная и эксклюзионная хроматография. Типы взаимодействий между молекулами. Удерживание молекул в системе "подвижная фаза/неподвижная фаза".

#### **Раздел 3. Подвижные и неподвижные фазы для ВЭЖХ**

Типы и классификация адсорбентов. Выбор адсорбентов для анализа различных органических соединений. Нормально-фазовая и обращенно-фазовая ВЭЖХ. Подвижные фазы для обращенно-фазовой ВЭЖХ. Элюотропный ряд органических растворителей. Состав подвижной фазы, селективность и эффективность.

#### **Раздел 4. Устройство и принцип работы жидкостных хроматографов. Детектирование в ВЭЖХ.**

Устройство, основные узлы и принцип работы жидкостных хроматографов. Типы детекторов в ВЭЖХ, их возможности и недостатки. Аналитические комплексы на основе жидкостных хроматографов. Диодноматричный и флуоресцентный детекторы. Принципы многоканального детектирования в ВЭЖХ. Порядок работы на хроматографе Agilent 1260 и программное обеспечение. Определение амплитуды шума и дрейфа нулевой, расчет предела детектирования детекторов по предоставленным хроматограммам.

#### **Раздел 5. Подготовка образца для ВЭЖХ**

Требования к пробам для хроматографического анализа. Очистка растворителей. Концентрирование целевых веществ в разбавленных пробах. Твердофазная экстракция (ТФЭ). Выбор сорбента для ТФЭ. Оборудование для пробоподготовки.

#### **Раздел 6. Качественный анализ. Определение состава модельных смесей методом высокоэффективной жидкостной хроматографии**

Создание последовательности метода анализа, предложенных смесей органических веществ. Получение хроматограмм смеси веществ при различном соотношении компонентов подвижной фазы. Установление последовательности выхода компонентов методом добавок.

#### **Раздел 7. Количественный хроматографический анализ**

Методы количественного анализа в хроматографии: метод абсолютной калибровки, метод внутренней нормализации, метод внутреннего стандарта, метод стандартной добавки. Обработка хроматограмм, измерение площадей пиков. Градуировка хроматографа для выполнения количественного анализа. Анализ зашифрованной пробы и интерпретация результатов.

#### **Раздел 8. Определение концентрации вещества с помощью спектральных соотношений.**

##### **Выбор тест-веществ для оценки эффективности сорбента**

Исследование зависимости фактора удерживания ( $k'$ ) вещества от концентрации ацетонитрила в подвижной фазе в обращенно-фазовой ВЭЖХ. Определение предела чувствительности методики. Многоволновая детекция. Вычисление спектральных соотношений и идентификация веществ.

## **Модуль 2. Газовая хроматография**

| Разделы дисциплины                                                                                                                                         | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Раздел 1.</b> Введение. Назначение и возможности хроматографического анализа. Основы метода. Классификация методов хроматографии. Термины и определения | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1                 |
|                                                                                                                                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |
| <b>Раздел 2.</b> Факторы, определяющие хроматографическое разделение веществ. Критерии хроматографического разделения                                      | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1                 |
|                                                                                                                                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |
| <b>Раздел 3.</b> Устройство и принцип работы современных приборов для хроматографического анализа                                                          | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                                                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 6                 |
| <b>Раздел 4.</b> Подготовка образца в хроматографическом анализе                                                                                           | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1                 |
|                                                                                                                                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |
| <b>Раздел 5.</b> Качественный хроматографический анализ                                                                                                    | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1                 |
|                                                                                                                                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |
| <b>Раздел 6.</b> Количественный хроматографический анализ                                                                                                  | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 3                 |
|                                                                                                                                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 17                |

### **Содержание разделов дисциплины:**

#### **Раздел 1. Введение. Назначение и возможности хроматографического анализа. Основы метода. Классификация методов хроматографии. Термины и определения**

Сущность хроматографии, ее физико-химические основы. Применение и возможности метода газовой хроматографии. Классификация хроматографических методов (по используемым фазам, по механизму разделения, по методике разделения). Варианты газовой хроматографии: газоадсорбционная и газо-жидкостная. Термины, связанные с общими характеристиками метода. Подвижные и неподвижные фазы.

#### **Раздел 2. Факторы, определяющие хроматографическое разделение веществ. Критерии хроматографического разделения**

Влияние различных экспериментальных факторов на хроматографическое разделение веществ (газа-носителя, температуры, объема пробы и др.). Хроматографические колонки. Некоторые практические вопросы выбора колонок. Критерии хроматографического разделения, параметры эффективности и селективности. Решение практических задач определения элюционных характеристик, критериев разделения и селективности.

#### **Раздел 3. Устройство и принцип работы современных приборов для хроматографического анализа**

Устройство газовых хроматографов, принципиальная схема. Пробы и их ввод. Классификация детекторов и их важнейшие характеристики. Устройство хроматографа Shimadzu GC-2010Plus. Освоение программы управления и обработки данных GC Solution. Устройство хромато-масс спектрометра Trace DSQ, программное обеспечение Xcalibur.

#### **Раздел 4. Подготовка образца в хроматографическом анализе**

Требования к пробам для хроматографического анализа. Очистка растворителей. Жидкофазная экстракция, твердофазная экстракция (ТФЭ), концентрирование. Выбор сорбента для ТФЭ. Оборудование для пробоподготовки. Экстракция нефтепродуктов из воды.

#### **Раздел 5. Качественный хроматографический анализ**

Создание метода качественного анализа предложенных смесей органических соединений. Получение хроматограмм. Идентификация компонентов смеси по базе данных NIST. Составление отчета.

#### **Раздел 6. Количественный хроматографический анализ**

Метод измерения площадей. Метод добавок. Метод абсолютной калибровки. Метод внутреннего стандарта. Метод внутренней нормализации. Калибровочный и поправочный коэффициенты. Приготовление модельных растворов (спиртов, углеводов и др.) с из-

вестной концентрацией для построения калибровочной зависимости. Получение хроматограмм калибровочных смесей, расчет площадей пиков компонентов, построение калибровочных графиков. Анализ шифрованной пробы, определение концентраций компонентов по построенным ранее калибровочным зависимостям. Составление отчета.

### **Модуль 3. Атомно-эмиссионный анализ с индуктивно-связанной плазмой**

| Разделы дисциплины                                                                                | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Раздел 1.</b> Назначение и возможности атомно-эмиссионного спектрального анализа               | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 0,5               |
|                                                                                                   |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |
| <b>Раздел 2.</b> Устройство и принцип работы современных приборов для атомно-эмиссионного анализа | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 0,5               |
|                                                                                                   |                                              | Самостоятельная работа    | 8                 |
| <b>Раздел 3.</b> Качественный элементный анализ модельного раствора металлов                      | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1                 |
|                                                                                                   |                                              | Самостоятельная работа    | 6                 |
| <b>Раздел 4.</b> Разработка методов количественного анализа                                       | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1                 |
|                                                                                                   |                                              | Самостоятельная работа    | 6                 |
| <b>Раздел 5.</b> Составление программы количественного анализа модельного раствора металлов       | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1,5               |
|                                                                                                   |                                              | Самостоятельная работа    | 6                 |
| <b>Раздел 6.</b> Определение содержаний металлов в пробах воды (сточной, питьевой, природной)     | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 0,5               |
|                                                                                                   |                                              | Самостоятельная работа    | 6                 |
| <b>Раздел 7.</b> Анализ твердых объектов методом АЭС ИСП                                          | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 3                 |
|                                                                                                   |                                              | Самостоятельная работа    | 9                 |
| <b>Раздел 8.</b> Исследования в рамках диссертационных работ                                      | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1                 |
|                                                                                                   |                                              | Самостоятельная работа    | 12                |

#### **Содержание разделов дисциплины:**

##### **Раздел 1. Назначение и возможности атомно-эмиссионного спектрального анализа**

Теоретические основы атомно-эмиссионного анализа. Применение атомно-эмиссионного анализа, объекты анализа. Терминология.

##### **Раздел 2. Устройство и принцип работы современных приборов для атомно-эмиссионного анализа**

Основные конструкционные элементы спектрометров, их характеристики. Конструктивные особенности АЭС ИСП-спектрометра iCAP 6200 DUO. Изучение возможностей программы обработки данных.

##### **Раздел 3. Качественный элементный анализ модельного раствора металлов**

Приготовление модельного раствора металлов для анализа методом АЭС ИСП. Получение полных спектров анализируемой пробы, расшифровка спектров.

##### **Раздел 4. Разработка методов количественного анализа**

Разработка методов количественного анализа для проб воды и твердых объектов. Использование стандартных растворов. Стандартизация, калибровка, рестандартизация. Выбор элементов и линий. Учет фона рядом с линией определяемого элемента. Настройка метода: условия измерения, вывод результатов, параметры источника плазмы, ввод стандартов и концентраций элементов. Оптимизация методов количественного анализа. Учет спектральных наложений вручную и автоматически – при расчете калибровочных графиков. Применение внутреннего стандарта.

##### **Раздел 5. Составление программы количественного анализа модельного раствора металлов**

Выбор аналитических линий элементов для анализа модельного раствора металлов. Заполнение бланка стандартов для калибровки. Приготовление растворов. Проведение калибровки, анализ данных.

##### **Раздел 6. Определение содержаний металлов в пробах воды (сточной, питьевой, природной)**

Приготовление пробы воды для анализа методом АЭС ИСП с введением внутреннего стандарта. Проведение анализа. Обработка данных.

#### **Раздел 7. Анализ твердых объектов методом АЭС ИСП**

Подходы к подготовке проб к анализу, исходя из задач исследователя и природы объекта (водорастворимые соли, грунты, горные породы, растительное сырье и т.д.). Выщелачивание микроэлементов из проб почв. Приготовление пробы для анализа. Анализ кислотных экстрактов почв методом АЭС ИСП. Обработка результатов.

### **Модуль 4. Рентгенофлуоресцентный анализ материалов**

| Разделы дисциплины                                                                                                                                 | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Раздел 1.</b> Основы рентгенофлуоресцентного метода анализа                                                                                     | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1                 |
|                                                                                                                                                    |                                              | Самостоятельная работа    | 13                |
| <b>Раздел 2.</b> Назначение и возможности метода рентгенофлуоресцентного анализа. Устройство и принцип работы рентгенофлуоресцентных спектрометров | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1,5               |
|                                                                                                                                                    |                                              | Самостоятельная работа    | 17                |
| <b>Раздел 3.</b> Подготовка проб для рентгенофлуоресцентного спектрометра                                                                          | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1,5               |
|                                                                                                                                                    |                                              | Самостоятельная работа    | 8                 |
| <b>Раздел 4.</b> Качественный рентгенофлуоресцентный анализ                                                                                        | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                                                                    |                                              | Самостоятельная работа    | 8                 |
| <b>Раздел 5.</b> Количественный рентгенофлуоресцентный анализ                                                                                      | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 3                 |
|                                                                                                                                                    |                                              | Самостоятельная работа    | 17                |

#### **Содержание разделов дисциплины:**

##### **Раздел 1. Основы рентгенофлуоресцентного метода анализа**

Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Механизм возбуждения внутренних электронов. Электронные переходы между внутренними энергетическими уровнями. Соотношение интенсивностей аналитических линий одного элемента.

##### **Раздел 2. Назначение и возможности метода рентгенофлуоресцентного анализа.**

##### **Устройство и принцип работы рентгенофлуоресцентных спектрометров**

Области применения рентгенофлуоресцентного анализа. Анализируемые элементы. Методики рентгенофлуоресцентного анализа. Основные конструкционные элементы спектрометров. Энергодисперсионные и волнодисперсионные рентгенофлуоресцентные спектрометры. Чувствительность метода. Особенности и принципы управления рентгенофлуоресцентным спектрометром Quant`X.

##### **Раздел 3. Подготовка проб для рентгенофлуоресцентного спектрометра**

Виды проб. Основные задачи пробоподготовки. Способы гомогенизации и измельчения твердых проб. Критерии выбора пробоподготовки проб для рентгенофлуоресцентного анализа. Полировка, прессование, сплавление. Оборудование пробоподготовки. Связующие добавки для прессования. Требования к образцам для плавления. Выбор состава флюса. Адгезионные добавки. Подготовка предложенных проб (горные породы, объекты растительного происхождения, растворы) к анализу.

##### **Раздел 4. Качественный рентгенофлуоресцентный анализ**

Качественный рентгенофлуоресцентный анализ. Настройка спектрометра: настройка энергетической шкалы и разрешения спектрометра Quant`X. Выбор условий качественного анализа модельных проб и составление программы работы прибора. Получение спектров модельных проб и интерпретация результатов. Автоматическая интерпретация. Оценка правильности автоматической интерпретации с использованием KLM-маркеров.

##### **Раздел 5. Количественный рентгенофлуоресцентный анализ**

Количественный рентгенофлуоресцентный анализ. Составление программы количественного анализа веществ и материалов. Выбор стандартных образцов. Алгоритмы количественного анализа. Создание библиотеки стандартов, последовательности количественного

анализа. Построение калибровочных кривых для предложенных серий проб.

### **Модуль 5. Рентгеноструктурный анализ твердых тел**

| Разделы дисциплины                                      | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Раздел 1.</b> Характеристики кристаллической решетки | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1,5               |
|                                                         |                                              | Самостоятельная работа    | 9                 |
| <b>Раздел 2.</b> Рентгеновское излучение.               | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1,5               |
|                                                         |                                              | Самостоятельная работа    | 7                 |
| <b>Раздел 3.</b> Рентгенофазовый анализ.                | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 6                 |
|                                                         |                                              | Самостоятельная работа    | 47                |

#### **Содержание разделов дисциплины:**

##### **Раздел 1. Характеристики кристаллической решетки.**

Кристаллографические индексы. Понятие о кристалле. Понятие о симметрии. Точечные группы симметрии. Пространственные группы симметрии.

##### **Раздел 2. Рентгеновское излучение.**

Получение рентгеновского излучения. Рентгеновская трубка. Дифракция рентгеновских лучей в кристалле. Кристалл как трехмерная дифракционная решетка. Условие Лауэ. Условие Вульфа-Брэгга. Обоснование возможности получения дифракционной картины рентгеновского излучения на кристаллической решетке.

##### **Раздел 3. Рентгенофазовый анализ.**

Методы качественного фазового анализа. Кристаллографические базы данных. Методы количественного фазового анализа. Метод гомологических пар. Метод подмешивания. Метод эталона. Статистические методы оценки относительного содержания фаз. Количественный фазовый анализ.

### **Модуль 6. Микроскопические методы анализа материалов**

| Разделы дисциплины                                                     | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Раздел 1.</b> Взаимодействие электронного пучка с веществом         | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1,5               |
|                                                                        |                                              | Самостоятельная работа    | 9                 |
| <b>Раздел 2.</b> Детекторы вторичных сигналов                          | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1,5               |
|                                                                        |                                              | Самостоятельная работа    | 7                 |
| <b>Раздел 3.</b> Сканирующая микроскопия                               | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                        |                                              | Самостоятельная работа    | 16                |
| <b>Раздел 4.</b> Просвечивающая электронная дифракционная микроскопия. | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 4                 |
|                                                                        |                                              | Самостоятельная работа    | 31                |

#### **Содержание разделов дисциплины:**

##### **Раздел 1. Взаимодействие электронного пучка с веществом**

Рассеяние электронов. Генерация вторичных электронов. Медленные и быстрые вторичные электроны. Оже-электроны. Генерация тормозного и характеристического рентгеновского излучения. Генерация электронно-дырочных пар и катодолюминесценция. Генерация плазмонов и фононов.

##### **Раздел 2. Детекторы вторичных сигналов**

Принцип действия и конструкция детекторов обратно рассеянных электронов, вторичных электронов, Оже-электронов, характеристического рентгеновского излучения, катодолюминесценции, плазмонов и фононов.

##### **Раздел 3. Сканирующая микроскопия**

Виды сканирующих микроскопов. Принцип работы и конструкция сканирующего элек-



тронного микроскопа. Принцип работы и конструкция атомно-силового сканирующего микроскопа. Принцип работы и конструкция туннельного микроскопа. Методы исследования. Приготовление образцов.

#### **Раздел 4. Просвечивающая электронная дифракционная микроскопия.**

Оптическая схема и принцип действия. Техника электронной микроскопии. Электронография. Принципы дифракции быстрых электронов. Локальный фазовый анализ. Определение ориентационного соотношения кристаллов. Исследование дислокационной структуры. Исследование гетерофазных структур. Влияние частиц второй фазы на картину дифракции. Методы и способы изготовления объектов исследования в просвечивающей электронной микроскопии.

### **Модуль 7. Структура материалов: размеры частиц и пористость**

| Разделы дисциплины                                                         | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Раздел 1.</b> Объемные наноструктурные материалы                        | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1,5               |
|                                                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 9                 |
| <b>Раздел 2.</b> Нанопористые материалы                                    | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1,5               |
|                                                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 7                 |
| <b>Раздел 3.</b> Механические свойства пористых и дисперсных систем        | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 16                |
| <b>Раздел 4.</b> Методы и средства измерения свойств дисперсных материалов | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 4                 |
|                                                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 31                |

#### **Содержание разделов дисциплины:**

##### **Раздел 1. Объемные наноструктурные материалы**

Вклад поверхностных свойств нанокристаллических твердых тел. Большая доля межзеренных границ. Структура межзеренных границ. Вакансии, дислокации, дефекты упаковки. Дальний и ближний порядок. Проблемы и задачи создания изделий из объемных наноматериалов на основе наночастиц методами “снизу-вверх”. Технологические задачи при компактировании: Минимизация дефектов Контроль однородности усадки (факторы, определяющие микроструктуру и макроструктуру порошкового компакта); быстрый отжиг. Агломераты наночастиц. Микро- и макроструктура порошкового компакта. Функциональная керамика. Оптически прозрачная керамика.

##### **Раздел 2. Нанопористые материалы**

Природные и синтетические пористые материалы. Проблемы классификации пористых материалов. Классификация М.М. Дубинина. Классификация А.В. Киселева. Модели гранул из монодисперсных частиц. Безмодельные характеристики супрамолекулярной структуры: плотность и пористость. Стеночный эффект. Удельная поверхность. Средние размеры частиц и пор. Наиболее часто употребляемые выражения для эквивалентных диаметров. Взаимосвязь между разными эквивалентными размерами

##### **Раздел 3. Механические свойства пористых и дисперсных систем**

Проблемы механической прочности и стабильности. Важнейшие термины теории прочности. Основы реологии дисперсных систем. Основные понятия и модели. Реологические уравнения состояния. Деформация мало сжимаемых материалов. Вязкость. Теория перколяции в реологии дисперсных систем Задачи связей. Решёточные задачи узлов Механизм образования трещин. Применение теории перколяции для описания механизмов разрушения пористых тел.

##### **Раздел 4. Методы и средства измерения свойств дисперсных материалов (порошков и компактов).**

Метод БЭТ измерения удельной поверхности. Гранулометрический анализ методом оптической микроскопии.

### **Модуль 8. Пленки и покрытия: исследование состава и свойств**

| Разделы дисциплины                                                                                         | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Раздел 1.</b> Основы метода измерения толщины покрытий с помощью установки CALOTEST                     | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 0,5               |
|                                                                                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 5                 |
| <b>Раздел 2.</b> Основы метода измерения нанотвердости поверхности материалов с помощью наноиндентирования | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |
| <b>Раздел 3.</b> Определение адгезионной прочности покрытий на установке MICRO-SCRATCH TESTER              | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1                 |
|                                                                                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 4                 |
| <b>Раздел 4.</b> Исследование морфологии поверхности пленок и материалов                                   | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1,5               |
|                                                                                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 12                |
| <b>Раздел 5.</b> Исследование износостойкости покрытий (трибологические испытания)                         | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 10                |
| <b>Раздел 6.</b> Подготовка образцов для исследования физико-механических свойств материалов               | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1                 |
|                                                                                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 5                 |
| <b>Раздел 7.</b> Основы метода электронной Ожэ - спектроскопии                                             | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1                 |
|                                                                                                            |                                              | Самостоятельная работа    | 17                |

### **Содержание разделов дисциплины:**

#### **Раздел 1. Основы метода измерения толщины покрытий с помощью установки CALOTEST**

Методика измерения толщины покрытий. Описание конструкции и принципа работы установки CALOTEST. Расчет толщины покрытий, на основании результатов, полученных с помощью установки CALOTEST.

#### **Раздел 2. Основы метода измерения нанотвердости поверхности материалов с помощью наноиндентирования**

Методы определения нанотвердости поверхности материалов. Физические проблемы определения нанотвердости. Нанотвердомер “NanoHardnessTester”. Методика измерения нанотвердости поверхности материалов с помощью наноиндентирования. Обработка результатов измерений.

#### **Раздел 3. Определение адгезионной прочности покрытий на установке MICRO-SCRATCH TESTER**

Методы определения адгезионной прочности покрытий различного типа. Конструкция и принцип работы установки MicroScratchTester. Методика измерения адгезионной прочности покрытий с помощью установки MicroScratchTester. Обработка результатов измерений.

#### **Раздел 4. Исследование морфологии поверхности пленок и материалов**

Методы исследования морфологии материалов. Конструкция и принцип работы трехмерного бесконтактного профилометра (MicroMeasure 3D Station). Обработка результатов измерений.

#### **Раздел 5. Исследование износостойкости покрытий (трибологические испытания)**

Конструкция и принцип работы установки «HighTemperatureTribometer». Методика измерения коэффициента трения, износостойкости, интенсивности износа в различных температурных условиях и смазывающих жидкостях. Обработка результатов измерений.

#### **Раздел 6. Подготовка образцов для исследования физико-механических свойств материалов**

Требования к образцам для исследования физико-механических свойств материалов. Оборудование для пробоподготовки (отрезной станок Brilliant 201, шлифовально-полировальная машина Saphir 320).

#### **Раздел 7. Основы метода электронной Ожэ – спектроскопии**

Методы исследования состава покрытий. Принцип работы установка «Шхуна-2». Метод электронной Ожэ – спектроскопии. Обработка результатов измерений.

## **Модуль 9. Термический анализ веществ и материалов**

| Разделы дисциплины                                                                                                                      | Формируемый результат обучения по дисциплине | Виды учебной деятельности | Объем времени, ч. |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|---------------------------|-------------------|
| <b>Раздел 1.</b> Термогравиметрический (ТГ) и дифференциальный термогравиметрический анализ (ДТГ)                                       | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                                                         |                                              | Самостоятельная работа    | 18                |
| <b>Раздел 2.</b> Дифференциальная термический анализ (ДТА) и дифференциальная сканирующая колориметрия (ДСК)                            | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                                                         |                                              | Самостоятельная работа    | 18                |
| <b>Раздел 3.</b> Факторы, влияющие на результаты термического анализа.                                                                  | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                                                         |                                              | Самостоятельная работа    | 18                |
| <b>Раздел 4.</b> Принцип действия, устройство, безопасность при эксплуатации современных приборов для синхронного термического анализа. | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 1                 |
|                                                                                                                                         |                                              | Самостоятельная работа    | 5                 |
| <b>Раздел 5.</b> Качественный и количественный термический анализ                                                                       | РД -1, 2,3                                   | Практические занятия      | 2                 |
|                                                                                                                                         |                                              | Самостоятельная работа    | 4                 |

### **Содержание разделов дисциплины:**

#### **Раздел 1. Термогравиметрический (ТГ) и дифференциальный термогравиметрический анализ (ДТГ).**

Термогравиметрический (ТГ) анализ - метод термического анализа, при котором регистрируется изменение массы образца в зависимости от температуры. Виды термогравиметрии, физические и химические процессы и реакции, идущие с изменением массы и без. Принципиальное устройство аппаратуры для проведения термического анализа, достоинства и недостатки, системы детектирования и регулирования.

#### **Раздел 2. Дифференциальная термический анализ (ДТА) и дифференциальная сканирующая колориметрия (ДСК).**

Метод дифференциального термического анализа (ДТА) основан на сравнении термических свойств образца – исследуемого вещества и термически инертного вещества, принятого в качестве эталона. Физические и химические процессы, идущие с изменением температуры (энтальпии). Конструкция ДТА установок, принцип действия дифференциальной термопары. Конструкция измерительной камеры ДСК. Проведение измерений в динамических или изотермических условиях.

#### **Раздел 3. Факторы, влияющие на результаты термического анализа.**

Влияние следующих факторов на результаты термического анализа: масса образца, материал тигля, применение крышки, среда проведения анализа, цвет образца.

#### **Раздел 4. Принцип действия, устройство, безопасность при эксплуатации современных приборов для синхронного термического анализа.**

Принципиальное устройство и принцип действия синхронного термического анализатора. Существующие компоновки таких приборов, достоинства и недостатки.

#### **Раздел 5. Качественный и количественный термический анализ**

ТГ анализ в совокупности с ДТА или ДСК методом может быть использован для качественного и количественного определения минералов, чистоты материала образцов, фазового содержания. Применение принципов: соответствия и характеристичности.

### **5. Организация самостоятельной работы аспирантов**

Самостоятельная работа аспирантов при изучении дисциплины (модуля) предусмотрена в следующих видах и формах:

- Работа с материалом, поиск и обзор литературы и электронных источников информации по индивидуально заданной проблеме курса;
- Выполнение индивидуальных заданий;
- Поиск, анализ, структурирование и презентация информации;

- Анализ научных публикаций по диссертационным темам;
- Подготовка к оценивающим мероприятиям.

## **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **6.1. Учебно-методическое обеспечение**

#### **Основная литература к Модулю 1 «Высокоэффективная жидкостная хроматография»**

1. Сычев, К. С. Практическое руководство по жидкостной хроматографии / К. С. Сычев; под ред. А. А. Курганова. – Москва: Техносфера, 2010. – 272 с.: ил. — Текст : непосредственный.
2. Сычев, С. Н. Высокоэффективная жидкостная хроматография: аналитика, физическая химия, распознавание многокомпонентных систем : учебное пособие / С. Н. Сычев, В. А. Гаврилина. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-1377-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/5108>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Конюхов, В. Ю. Хроматография : учебник / В. Ю. Конюхов. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-1333-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4044> — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **Дополнительная литература Модулю 1 «Высокоэффективная жидкостная хроматография»**

1. Нартов, А. С. Разработка анализа полициклических ароматических углеводородов в объектах окружающей среды методами ГХ/МС и ВЭЖХ = Development of analysis of polycyclic aromatic hydrocarbons in the objects of the environment by GC / MS and HPLC . — Текст : электронный. / А. С. Нартов; науч. рук. М. Л. Белянин // Перспективы развития фундаментальных наук сборник научных трудов IX Международной конференция студентов и молодых ученых, г. Томск, 24-27 апреля 2012 г.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) ; ред. коллегия Е. А. Вайтулевич ; Г. А. Лямина ; Г. А. Воронова ; М. П. Никитич ; А. М. Лидер ; Ю. Р. Цой ; М. Е. Семенов. — Томск: Изд-во ТПУ, 2012. — [С. 450-452]. — URL: <https://www.lib.tpu.ru/fulltext/c/2012/C21/150.pdf>. — Режим доступа: свободный.
2. Препаративная жидкостная хроматография: пер. с англ. / под ред. Б. Бидлингмейера. — Москва: Мир, 1990. — 358 с.: ил. — Текст : непосредственный.
3. Долгоносков, А. М. Колоночная аналитическая хроматография: практика, теория, моделирование : учебное пособие / А. М. Долгоносков, О. Б. Рудаков, А. Г. Прудковский. — 2-е изд., испр. — Санкт-Петербург : Лань, 2015. — 468 с. — ISBN 978-5-8114-1870-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/63592>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Васильев, В. П. Аналитическая химия: учебник: в 2 кн.: / В. П. Васильев. — 7-е изд., стер. — Москва : Дрофа , 2009 - Кн. 2 : Физико-химические методы анализа. — 2009. — 384 с.: ил. — Текст : непосредственный.
5. Другов, Ю. С. Экологическая аналитическая химия : учебное пособие-монография / Ю. С. Другов, А. А. Родин. — 2-е изд., доп. — Санкт Петербург.: Анатолия, 2002. — 464 с.: ил. — Текст : непосредственный.

#### **Основная литература к Модулю 2 «Газовая хроматография»**

1. Конюхов, В. Ю. Хроматография : учебник / В. Ю. Конюхов. — Санкт-Петербург : Лань, 2012. — 224 с. — ISBN 978-5-8114-1333-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/4044>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Физико-химические методы исследования и анализа : учебное пособие / Е. И. Короткова, Т. М. Гиндуллина, Н. М. Дубова, О. А. Воронова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m241.pdf>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст : электронный.
3. Лебедев, А. Т. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды / А. Т. Лебедев. — Москва : Техносфера, 2013. — 632 с. — ISBN 978-5-94836-363-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/73535>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **Дополнительная литература к Модулю 2 «Газовая хроматография»**

1. Беккер, Ю. Хроматография. Инструментальная аналитика: методы хроматографии и капиллярного электрофореза : пер. с нем. / Ю. Беккер. — Москва: Техносфера, 2009. — 472 с.: ил. — Текст : непосредственный.
2. Яшин, Я. И. Газовая хроматография / Я. И. Яшин, Е. Я. Яшин, А. Я. Яшин. — Москва: ТрансЛит, 2009. — 512 с.: ил. — Текст : непосредственный.

#### **Основная литература к Модулю 3 «Атомно-эмиссионный анализ с индуктивно-связанной плазмой»**

1. Спектральные методы анализа. Практическое руководство : учебное пособие / В. И. Васильева, О. Ф. Стоянова, И. В. Шкутина, С. И. Карпов ; под редакцией В. Ф. Селеменева, В. Н. Семенова. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-1638-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/50168>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Спектральные методы исследований : учебное пособие / В. Ф. Мышкин, В. А. Хан. — Томск: Изд-во ТПУ, 2014. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/m158.pdf>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст : электронный.
3. Родзевич, А. П. Методы анализа и контроля веществ : учебное пособие / А. П. Родзевич, Е. Г. Газенаур. — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m164.pdf>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст : электронный.
4. Скорская, О. Л. Методы и средства аналитического контроля материалов: атомно-эмиссионный спектральный анализ : учебное пособие / О. Л. Скорская, В. А. Филичкина. — Москва : МИСИС, 2015. — 54 с. — ISBN 978-5-87623-851-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/69745>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Филичкина, В. А. Методы и средства аналитического контроля материалов: атомно-эмиссионный спектральный анализ: лабораторный практикум / В. А. Филичкина, О. Л. Скорская, А. С. Козлов. — Москва : МИСИС, 2015. — 32 с. — ISBN 978-5-87623-857-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/69755>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **Дополнительная литература к Модулю 3 «Атомно-эмиссионный анализ с индуктивно-связанной плазмой»**

1. Васильев, В. П. Аналитическая химия : лабораторный практикум : учебное пособие для вузов / В. П. Васильев, Р. П. Морозова, Л. А. Кочергина. — 3-е изд., стер. — Москва: Дрофа, 2006. — 414 с.: ил. — Текст : непосредственный.
2. Металлы и сплавы. Анализ и исследование. Методы атомной спектроскопии. Атомно-эмиссионный, атомно-абсорбционный и рентгенофлуоресцентный анализ: справочник / В. И. Мосичев, Г. И. Николаев, Б. Д. Калинин. — Санкт-Петербург: Профессионал, 2007. — 716 с.: ил. — Текст : непосредственный.

#### **Основная литература к Модулю 4 «Рентгенофлуоресцентный анализ материалов»**

1. Спектральные методы анализа. Практическое руководство : учебное пособие / В. И. Васильева, О. Ф. Стоянова, И. В. Шкутина, С. И. Карпов ; под редакцией В. Ф. Селеменева, В. Н. Семенова. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 416 с. — ISBN 978-5-8114-1638-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/50168>— Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Спектральные методы исследований : учебное пособие / В. Ф. Мышкин, В. А. Хан. — Томск: Изд-во ТПУ, 2014. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/m158.pdf>— Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст : электронный.

•

• **Дополнительная литература к Модулю 4 «Рентгенофлуоресцентный анализ материалов»**

1. Бёккер, Ю. Спектроскопия : руководство / Ю. Бёккер. — Москва : Техносфера, 2009. — 528 с. — ISBN 978-5-94836-220-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/73013>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Ширкин, Л. А. Рентгенофлуоресцентный анализ объектов окружающей среды: учебное пособие / Л. А. Ширкин – Владимир: Изд-во Владим.гос ун-та, 2009. – 60 с.: ил. — Текст : непосредственный.
3. Веригин, А. А. Энергодисперсионный рентгеноспектральный анализ. Применение в промышленности / А. А. Веригин. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2005. – 242 с. — Текст : непосредственный.
4. Райхбаум, Я. Д. Физические основы спектрального анализа / Я. Д. Райхбаум; Академия наук СССР (АН СССР), Сибирское отделение (СО), Институт геохимии. — Москва: Наука, 1980. —159 с.: ил. — Текст : непосредственный.
5. Лосев, Н. Ф. Основы рентгеноспектрального флуоресцентного анализа / Н. Ф. Лосев, А. Н. Смагунова. Москва: Химия, 1982. — 207 с.: ил. — Текст : непосредственный.
6. Рентгенофлуоресцентный анализ / Академия наук СССР (АН СССР), Сибирское отделение (СО), Институт геохимии; под ред. Н. Ф. Лосева. — Новосибирск: Наука, 1991. — 173 с.: ил. — Текст : непосредственный.

**Основная литература к Модулю 5 «Рентгеноструктурный анализ твердых тел»**

1. Методы исследования структуры и свойств керамических материалов : учебное пособие / И. А. Божко [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m208.pdf>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст : электронный.
2. Получение и исследование наноструктур. Лабораторный практикум по нанотехнологиям : учебное пособие / под ред. А. С. Сигова. — Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. — 146 с.: ил. — Текст : непосредственный.

**Дополнительная литература к Модулю 5 «Рентгеноструктурный анализ твердых тел»**

1. Формирование структурно-фазовых состояний, дефектной субструктуры и свойств поверхности термомеханически упрочнённой низкоуглеродистой стали / В. Е. Громов, Ю. Ф. Иванов, Е. Г. Белов, В. Б. Костерев, Д. А. Косинов – Текст : электронный. // Успехи физики металлов. - 2016. - Т. 17, № 4. - С. 303-341. - URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/UPhM\\_2016\\_17\\_4\\_2](http://nbuv.gov.ua/UJRN/UPhM_2016_17_4_2)— Режим доступа: свободный.
2. Горелик, С. С. Рентгенографический и электронно-оптический анализ : учебное пособие / С. С. Горелик, Ю. А. Скаков, Л. Н. Расторгуев. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва: МИСиС, 2002. — 358 с.: ил. — Текст : непосредственный.
3. Брандон, Д. Микроструктура материалов. Методы исследования и контроля : пер. с англ. / Д. Брандон, У. Каплан. — Москва: Техносфера, 2006. — 377 с.: ил. — Текст : непосредственный.

4. Гуфан, А. Ю. Применение методов теории вероятностей при интерпретации дифрактограмм твердых растворов: учебное пособие / А. Ю. Гуфан, К. Ю. Гуфан. - Ростов н/Д: Издательство ЮФУ, 2010. - 64 с. ISBN 978-5-9275-0752-8. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/550421>— Режим доступа: по подписке.
5. Левашов, Е. А. Перспективные материалы и технологии самораспространяющегося высокотемпературного синтеза : учебное пособие / Е. А. Левашов, А. С. Рогачев, В. В. Курбаткина. — Москва : МИСИС, 2011. — 379 с. — ISBN 978-5-87623-463-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/47446>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Введение в физику поверхности / К. Оура, В. Г. Лифшиц, А. А. Саранин [и др.]; Дальневосточное отделение РАН; Институт автоматики и процессов управления. — Москва: Наука, 2006. — 490 с.: ил. — Текст : непосредственный.

#### **Основная литература к Модулю 6 «Микроскопические методы анализа материалов»**

1. Растровая электронная микроскопия для нанотехнологий. Методы и применение : пер. с англ. / под ред. Уэйли Жу, Жонг Лин Уанга. — Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. — 582 с.: ил. — Текст : непосредственный.
2. Эгертон, Р. Ф. Физические принципы электронной микроскопии. Введение в просвечивающую, растровую и аналитическую электронную микроскопию : пер. с англ. / Р. Ф. Эгертон. — Москва: Техносфера, 2010. — 300 с.: ил. — Текст : непосредственный.
3. Фульц, Б. Просвечивающая электронная микроскопия и дифрактометрия материалов : пер. с англ. / Б. Фульц, Дж. Хау. — Москва: Техносфера, 2011. — 904 с.: ил. — Текст : непосредственный.

#### **Дополнительная литература к Модулю 6 «Микроскопические методы анализа материалов»**

1. Сканирующая электронная микроскопия и рентгеноспектральный микроанализ в примерах практического применения: учебное пособие / М. М. Криштал, И. С. Ясников, В. И. Полушин [и др.]. — Москва: Техносфера, 2009. — 208 с.: ил. — Текст : непосредственный.
2. Синдо, Д. Аналитическая просвечивающая электронная микроскопия : пер. с англ. / Д. Синдо, Т. Оикава. — Москва: Техносфера, 2006. — 253 с.: ил. — Текст : непосредственный..
3. Рид, С. Дж. Б. Электронно-зондовый микроанализ и растровая электронная микроскопия в геологии : пер. с англ. / С. Дж. Б. Рид. — Москва: Техносфера, 2008. — 232 с.: ил. — Текст : непосредственный.
4. Кларк, Э. Р. Микроскопические методы исследования материалов / Э. Р. Кларк, К. Н. Эберхард. — Москва : Техносфера, 2007. — 376 с. — ISBN 978-5-94836-121-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/73017>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
5. Полушин, Н. И. Сверхтвердые материалы: рентгенографические, электронно-микроскопические и дериватографические методы исследования сверхтвердых материалов: практикум : учебное пособие / Н. И. Полушин, И. Ю. Кучина, А. Л. Маслов. — Москва : МИСИС, 2014. — 57 с. — ISBN 978-5-87623-796-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/69769>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Зевайль, А. Трехмерная электронная микроскопия в реальном времени : учебное пособие : пер. с англ. / А. Зевайль, Дж. Томас. — Долгопрудный: Интеллект, 2013. — 328 с.: ил. — Текст : непосредственный.

#### **Основная литература к Модулю 7 «Структура материалов: размеры частиц и пористость»**



1. Методы исследования структуры и свойств керамических материалов : учебное пособие / И. А. Божко, Ю. Ф. Иванов, А. А. Качаев [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — URL: <https://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m208.pdf>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст : электронный.
2. Родзевич, А. П. Методы анализа и контроля веществ : учебное пособие / А. П. Родзевич, Е. Г. Газенаур — Томск: Изд-во ТПУ, 2013. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2014/m164.pdf>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст : электронный.
3. Методы измерения микротвердости и трещиностойкости наноструктурных керамик : учебное пособие / О. Л. Хасанов, В. К. Струц, В. М. Соколов [и др.]; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2011. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m246.pdf>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст : электронный.

#### **Дополнительная литература к Модулю 7 «Структура материалов: размеры частиц и пористость»**

1. Хасанов, О. Л. Метод коллекторного компактирования нано- и полидисперсных порошков : учебное пособие / О. Л. Хасанов, Э. С. Двилис, А. А. Качаев; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2012/m130.pdf>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст : электронный.
2. Головин, Ю. И. Наноиндентирование и его возможности : учебное пособие / Ю. И. Головин. — Москва : Машиностроение, 2009. — 312 с. — ISBN 978-5-94275-476-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/730>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **Основная литература к Модулю 8 «Пленки и покрытия: исследование состава и свойств»**

1. Методы исследования твердости поверхности материалов : учебное пособие / Н. Н. Никитенков, И. А. Шулепов, И. Б. Степанов, О. С. Тупикова; Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ). — 2-е изд. — Томск: Изд-во ТПУ, 2014. — URL: <http://www.lib.tpu.ru/fulltext2/m/2015/m182.pdf>. — Режим доступа: из корпоративной сети ТПУ. — Текст : электронный.

#### **Дополнительная литература к Модулю 8 «Пленки и покрытия: исследование состава и свойств»**

1. Головин, Ю. И. Наноиндентирование как средство комплексной оценки физико-механических свойств материалов в субмикрообъемах. — Текст : непосредственный. // Заводская лаборатория. Диагностика материалов. — Т. 75, №1. — 2009. — с. 45–59.
2. Основы трибологии (трение, износ, смазка) : учебник для вузов / под ред. А. В. Чичинадзе. — Москва: Наука и техника, 1995. — 778 с.: ил. — Текст : непосредственный.
3. Пенкин, Н. С. Основы трибологии и триботехники : учебное пособие / Н. С. Пенкин, А. Н. Пенкин, В. М. Сербин. — 2-е изд. — Москва : Машиностроение, 2012. — 208 с. — ISBN 978-5-94275-583-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/63220>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Булычев, С. И. Испытание материалов непрерывным вдавливанием индентора. / С. И. Булычев, В. П. Алехин — Москва: Машиностроение — 1990. — 224 с. — Текст : непосредственный.
5. Тушинский, Л. И. Исследование структуры и физико-механических свойств покрытий / Л. И. Тушинский, А. В. Плохов / Л. И. Тушинский, А. В. Плохов; Сибирское отделение АН



СССР; Институт горного дела; отв. ред. М. Ф. Жуков. — Новосибирск: Наука, 1986. — 200 с.: ил.: 22 см. — Текст : непосредственный.

6. Современные методы анализа микрообъектов и тонких пленок : [сборник] / ГЕОХИ ; отв. ред. И. П. Алимарин. — Москва: Наука, 1977. — 306 с. — Текст : непосредственный.
7. Миронченко, В. И. О соотношении параметров шероховатости поверхности. — Текст : непосредственный. // Измерительная техника. — 2005. — №2. — С. 26-29.

#### **Основная литература к Модулю 9 «Термический анализ веществ и материалов»**

1. Физико-механические свойства. Испытания металлических материалов / Л. В. Агамиров, М. А. Алимов, Л. П. Бабичев, М. Б. Бакиров. — Москва : Машиностроение, [б. г.]. — Том II-1 — 2010. — 852 с. — ISBN 978-5-217-03469-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/789>— Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Худокормова, Р. Н. Материаловедение. Практикум : учебное пособие / Р. Н. Худокормова, Ф. И. Пантелеенко, Д. А. Худокормов. — Минск : Новое знание, 2014. — 311 с. — ISBN 978-985-475-695-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/64756>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **Дополнительная литература к Модулю 9 «Термический анализ веществ и материалов»**

1. Гусев, А. И. Нестехиометрия, беспорядок, ближний и дальний порядок в твердом теле / А. И. Гусев. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. — 856 с. — ISBN 978-5-9221-0609-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/2681>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **6.2. Информационное и программное обеспечение**

Internet-ресурсы (в т.ч. в среде LMS MOODLE и др. образовательные и библиотечные ресурсы):

1. INTERTECH Corporation. Сайт производителя оборудования для термического анализа - [www.intertech-corp.ru](http://www.intertech-corp.ru)
2. Сайт журнала заводская лаборатория <http://www.zldm.ru/>
3. Сайт журнала Journal of Thermal Analysis and Calorimetry
4. Электронно-библиотечная система «Лань» – <https://e.lanbook.com/>
5. Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» - <https://new.znanium.com/>
6. Электронно-библиотечная система «Юрайт» - <https://urait.ru/>
7. Электронно-библиотечная система «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>
8. Полнотекстовая база данных «Elsevier – ScienceDirect» - <https://www.sciencedirect.com>.
9. Полнотекстовая база данных «American Chemical Society (ACS) Publications». <https://pubs.acs.org>.
10. Полнотекстовая база данных «SpringerLink». <https://link.springer.com>.
11. Полнотекстовая база данных «Wiley Online Library». <https://onlinelibrary.wiley.com>.

Лицензионное программное обеспечение (в соответствии с **Перечнем лицензионного программного обеспечения ТПУ**):

Microsoft Office Standard 16 Академическая лицензия, ПК Mathcad – Академическая лицензия, ПК Matlab 19.0 – академическая лицензия, ПК Eurostag – академическая лицензия, 7-Zip; Adobe Acrobat Reader DC; Adobe Flash Player; AkelPad; Cisco Webex Meetings; Document Foundation LibreOffice; Google Chrome; Mozilla Firefox ESR; ownCloud Desktop Client; Tracker Software PDF-XChange Viewer; WinDjView; Zoom Zoom.

## 7. Особые требования к материально-техническому обеспечению дисциплины

В учебном процессе используется следующее лабораторное оборудование для практических занятий:

### Материально-техническое обеспечение Модуля 1 «Высокоэффективная жидкостная хроматография»

| №  | Наименование специальных помещений                                                                                                                                                                                                   | Наименование оборудования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 1, 203                   | Доска аудиторная настенная - 1 шт.,<br>Комплект учебной мебели на 42 посадочных места,<br>Компьютер - 2 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)<br>634034, Томская обл., г. Томск, Советская улица, д.73, стр.1, 018 | Система высокоэффективной жидкостной хроматографии Agilent - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 8 посадочных мест;<br>Шкаф для документов - 3 шт.;<br>Тумба стационарная - 1 шт.;<br>Принтер - 4 шт.;<br>Компьютер - 9 шт.;<br>Проектор - 1 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория)<br>634034, Томская обл., г. Томск, Ленина проспект, д. 43а, 223      | УФ-спектрофотометр Cary 60 - 1 шт.; Проточная каталитическая установка ПКУ1 исследования процессов глубокого окисления органических веществ с внешним хроматографическим анализатором - 1 шт.; Мешалка магнитная C-MAG HS7 PACKAGE - 1 шт.; Блок подачи воздуха - 1 шт.; Термостат твердотельный Biot DB-100 - 1 шт.; Микроскоп бинокулярный (люминесцентный) Axio Lab - 1 шт.; Весы аналитические A&D HR-250 - 1 шт.; Генератор водорода ГВЧ-6Д - 2 шт.; Мешалка магнитная C-MAG HS7 - 1 шт.; Хемосорбционный анализатор "Хемосорб" - 1 шт.; Настольная центрифуга с охлаждением 5702R - 1 шт.; Шкаф вытяжной ШВ-СТЛ.120.КРГ - 2 шт.; Магнитная мешалка uMix - 1 шт.; РН-метр/иономер S220-Kit с электродом InLab Expert Pro-ISM - 1 шт.; Магнитная мешалка C-MAG HS7 - 1 шт.; Хроматографический комплекс Кристаллюкс-4000М - 1 шт.; Система получения особо чистой воды ДВ-5-ОСМОС - 1 шт.; Комплект оборудования для биотехнологического пилотного производства биополимеров - 1 шт.; Лабораторная центрифуга MPW-55 - 1 шт.; УФ-ВИД спектрофотометр ScanDrop 200 - 1 шт.; Источник питания постоянного тока линейный Б.512010.75 - 1 шт.; Печь муфельная SNOL 7.2/1100 L - 1 шт.; Центрифуга ОПН-16 с ротором 6х50 мл - 2 шт.; Шкаф сушильный СНОЛ 58/350 - 1 шт.; Смеситель газов УФПГС-4 - 1 шт.; Анализатор АОА - 1 шт.; Мешалка магнитная C-Mag H7 - 1 шт.; Автоматизир. газ. хроматограф "Кристаллюкс-4000М" - 1 шт.; Центрифуга - 1 шт.; Анализатор вольтамперометрический ТА-Lab - 2 шт.; Система гель-документации BioDocAnalyze - 1 шт.; Холодильник лабораторный ХЛ-340 - 1 шт.; Колбонагреватель ПЭ-4120 (0,25л) цифровой - 1 шт.; Шкаф сушильный ва- |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | куумный LT-VO/20 - 1 шт.; Генератор кислорода Кулон-10К - 2 шт.; Гомогенизатор SpeedMill Plus - 1 шт.; Вентилятор K250L - 1 шт.; Комплект оборудования для хроматографического разделения биомолекул - 1 шт.; pH-метр/иономер ИТАН - 1 шт.; ИК-спектрометр Agilent 660 FTIR - 1 шт.; Мешалка верхнеприводная Hei-TORQUE 100 Precision с интерфейсом USB - 1 шт.; Печь двухкамерная программируемая ПДП-18 - 1 шт.; Компьютер - 11 шт.; Принтер - 1 шт. |
|--|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### Материально-техническое обеспечение Модуля 2 «Газовая хроматография»

| №  | Наименование специальных помещений                                                                                                                                                                                                       | Наименование оборудования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 1, 203                       | Доска аудиторная настенная - 1 шт.,<br>Комплект учебной мебели на 42 посадочных мест,<br>Компьютер - 2 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 4, 122 | Компрессор - 1 шт.; Осциллограф TDS 2022B (л.1) - 1 шт.; ОПН-110/88-10(II)-УХЛ1 Ограничитель перенапряжения - 1 шт.; Паяльная станция Quick236ESD - 1 шт.; Паяльник ЭПСН 220В,80Вт - 1 шт.; Нагреватель керамический 40Вт ZD-721N - 2 шт.; Газовый хроматограф Agilent 7890 - 1 шт.; Мультиметр цифровой - 1 шт.; Лабораторная работа по изучению поля изолятора - 1 шт.; Цифровой амперметр/ АСА-20РС-2-АС1-RL-С /Imax 20А Un85-264В - 1 шт.; Термодат-29М5, модель 29М5/2Р/485/4М/Ф-РВ/24УВ - 1 шт.; Двухканальный источник питания 5, 10 кВ: 5 А: 3 кВА - 1 шт.; Инструмент обжимной HFBR-4597Z - 1 шт.; Источник питания АТН-2235 - 2 шт.; Набор инструментов в чемодане 72 предмета FIT 65172 - 1 шт.; Стенд для изучения электроразрядного дробления горных пород и искусственных материалов - 1 шт.; Цифровой мультиметр MY69 s-line - 1 шт.; Штангенциркуль 125мм с глубиномером Эталон - 1 шт.; Fluke CNX 3000 GM Беспроводная система общего технического обслуживания CNX - 1 шт.; Вольтметр В7-54/2 - 1 шт.; Кран-балка БК-3 - 1 шт.; Осциллограф TDS 3032В - 1 шт.; Акк. дрель BS 18 Li Metabo - 1 шт.; Насос К 100-65-250 11 лаб. - 1 шт.; Токовые клещи M266FT Line - 1 шт.; Штангенциркуль цифровой 200-196 - 1 шт.; Измеритель иммитанса Е7-20 - 1 шт.; Цифровой амперметр/ АСА-20РС-4-АС1-RL-С /Imax 100А Un85-264В - 1 шт.; Цифровой мультиметр FLUKE-18В - 1 шт.; Цифровой мультиметр APPA-99III - 1 шт.; Трансформатор высоковольтный с установл. мощностью 15кВт - 1 шт.; Осциллограф TDS 2014В (л.11) - 1 шт.; Лабораторный стенд по изучению принципов и режимов электроэрозионной обработки материалов - 1 шт.; Стенд для изучения снятия и разрушения поверхностного слоя бетона - 1 шт.; Монохроматор МДР-204 ХВ0002 - 1 шт.; Болгарка WQ 1400 Metabo - 1 шт.;СПК-110/450-II-УХЛ1 Опорный изолятор синтетический - 1 шт.; Мегаомметр Ф 4102/2-М1 - 2 шт.; Система управления для электроразрядного генератора - 1 шт.; Генератор импульсов Г5-79 с с поверкой - 1 шт.; Трансформатор высоковольтный однофазный масля- |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | <p>ный 10кВа - 1 шт.; Паяльник ЭПСН 220В,200Вт - 1 шт.; Счетчик 3х фазный - 1 шт.; Система промывки и буровой накопчик - 1 шт.; Цифровой мультиметр UT 60В - 1 шт.; Вакуумметр МХ4А NW25 - 1 шт.; Весы лабораторные ТВЕ-60-1 - 1 шт.; Газоанализатор озона - 1 шт.; Измеритель иммитанса Е7-14 - 1 шт.; Мобильная установка для разрушения монолитных сооружений и горных пород - 1 шт.; Погружной высоковольтный импульсный генератор для лабораторного комплекса по электроразрядному бурению скважин - 1 шт.; Аппарат аргонодуговой сварки INTIG 200 AC/DC - 1 шт.; Вырубные ножницы (л.11) - 1 шт.; Перфоратор GBU 4-32 DFE - 1 шт.; Подъемник гидравлический напольный 2,0 тн - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 25 посадочных мест; Тумба стационарная - 1 шт.; Компьютер - 3 шт.</p> |
|--|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Материально-техническое обеспечение Модуля 3 «Атомно-эмиссионный анализ с индуктивно-связанной плазмой»**

| №  | Наименование специальных помещений                                                                                                                                                                                                | Наименование оборудования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 1, 203                | Доска аудиторная настенная - 1 шт.,<br>Комплект учебной мебели на 42 посадочных места,<br>Компьютер - 2 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 024Б | Пипетка одноканальная 0,5-5мл Блек - 1 шт.; Энергодисперсионный спектрометр ARL QUANT X-1012613 - 1 шт.; Лучи для совмещенного ТГА/ДСК/ДТА анализатора SDT Q600 - 2 шт.; Микроволновая система пробоподготовки MARS6 - 1 шт.; Магнитная мешалка ПЭ-6110 с подогревом - 2 шт.; Анализатор SDT Q600, совмещенный ТГА, ДСК и ДТА - 1 шт.; Атомно-эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой ICAP 6300DUO - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 10 посадочных мест; Шкаф для документов - 1 шт.; Компьютер - 1 шт. |

**Материально-техническое обеспечение Модуля 4 «Рентгенофлуоресцентный анализ материалов»**

| №  | Наименование специальных помещений                                                                                                                                                                                 | Наименование оборудования                                                                                                                                                                                                                |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 1, 203 | Доска аудиторная настенная - 1 шт.,<br>Комплект учебной мебели на 42 посадочных места,<br>Компьютер - 2 шт.                                                                                                                              |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего                                                                                                              | Блок питания БНВ 3-0.5 - 1 шт.; Аппарат СИИМ-1 - 1 шт.; Микроскоп - 2 шт.; Пирометр Optris MiniSight - 1 шт.; Осциллограф КЛ-63 - 1 шт.; Микроскоп электронный портативный PS01 (Pen Score) - 1 шт.; Рентгеноструктурный анализ - 1 шт.; |

|  |                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)<br>634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 30а, 223 | Прибор ВИП-250-60 - 1 шт.; Спектрометр рентгенофлуоресцентный EDX2800 - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 6 посадочных мест; Шкаф для документов - 3 шт.; Полка - 4 шт.; Принтер - 2 шт.; Компьютер - 4 шт. |
|--|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Материально-техническое обеспечение Модуля 5 «Рентгеноструктурный анализ твердых тел»**

| №  | Наименование специальных помещений                                                                                                                                                                                                 | Наименование оборудования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 1, 203                 | Доска аудиторная настенная - 1 шт.,<br>Комплект учебной мебели на 42 посадочных мест,<br>Компьютер - 2 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 039   | Высокотемпературный вакуумный дилатометр NETZSCH DIL 402 E/7/G-Py - 1 шт.; Сканирующая зондовая нанолaborатория NT-MDT Ntegra Aura - 1 шт.; Высокотемпературная вакуумная печь Nabertherm LHT 02/18 - 1 шт.; Дифрактометр рентгеновский Shimadzu XRD-7000S - 1 шт.; Высокотемпер.печь CBK5163 - 1 шт.; Компрессор поршневой Aircraft Mobilboy 311/50 - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 3 посадочных мест; Принтер - 1 шт.; Компьютер - 4 шт. |
| 3. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 021А. | Система пробоподготовки EM-09100IS - 1 шт.; Ультразвуковой толщиномер 38DLPlus - 1 шт.; Просвечивающий электронный микроскоп JEOL JEM-2100F с системой подготовки проб - 1 шт.; Баллон стальной ГОСТ 949-73 - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 2 посадочных мест.                                                                                                                                                                             |

**Материально-техническое обеспечение Модуля 6 «Микроскопические методы анализа материалов»**

| №  | Наименование специальных помещений                                                                                                                                                                                 | Наименование оборудования                                                                                  |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 1, 203 | Доска аудиторная настенная - 1 шт.,<br>Комплект учебной мебели на 42 посадочных мест,<br>Компьютер - 2 шт. |
| 2. | Аудитория для проведения                                                                                                                                                                                           | Рентгеновский детектор РКА-1 - 1 шт.; Баллон под азот 40л -                                                |

|    |                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 018                                  | 1 шт.; Ультразвуковой генератор УЗГ-2-22М - 1 шт.; Датчик амплитуды - 1 шт.; Установка для спекания объёмных наноматериалов в разряде плазмы Dr. Sinter Lab SPS-515S - 1 шт.; Ультразвуковая ванна для очистки Quick218-100 - 1 шт.; Установка для производства жидкого азота Cryomech LNP-10 - 1 шт.; Шлифовально-полировальная система Buehler EcoMet 300 Pro - 1 шт.; Мельница шаровая лабораторная "МШЛ-1П" - 1 шт.; Комплект ультразвукового лабораторного оборудования ИЛ10-5.0 - 1 шт.; Инверторный аппарат ARC-160" Сварог" с реостатом балластным - 1 шт.; Испытательный пресс ИП-500М-авто - 1 шт.; Весы лабораторные ВЛТЭ-150г с гирей калибровочной 100 F1 - 1 шт.; Шлифовально-полировальная система EcoMet 300 Pro - 1 шт.; Тепловизор HotfindDXT - 1 шт.; Преобразователь ПМС-2,0 - 1 шт.; Тележка гидравлическая СВУ25-II - 1 шт.; Баллон с азотом - 1 шт.; Компрессор поршневой Aircraft Compact Air BX 330 OF - 1 шт.; Штатив - 1 шт.; Ступка механическая - 1 шт.; Толщиномер ультразвуковой TIME TT130 - 1 шт.; Вентилятор центр.СТ 200-4 - 1 шт.; Штангенциркуль электрон. - 1 шт.; Весы ВЛР-200 - 1 шт.; Пресс гидравлический двухходовой 2430В - 1 шт.; Таймер с контроллером - 1 шт.; Весы Shinko AJ-420CE - 1 шт.; Ультрамикротвердомер Shimadzu DUN-211S - 1 шт.; Сканирующий (растровый) электронный микроскоп JEOL JSM-7500FA - 1 шт.; Фотоаппарат цифровой Digital Camera - 1 шт.; Манометр ДМ 5001 Е - 1 шт.; Точило - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 3 посадочных мест;<br>Компьютер - 3 шт. |
| 3. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 021А        | Система пробоподготовки ЕМ-09100IS - 1 шт.; Ультразвуковой толщиномер 38DLPlus - 1 шт.; Просвечивающий электронный микроскоп JEOL JEM-2100F с системой подготовки проб - 1 шт.; Баллон стальной ГОСТ 949-73 - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 2 посадочных мест;                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 4. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 1, 202 | Комплект учебной мебели на 8 посадочных мест,<br>Учебно-научная лаборатория по нанотехнологии NanoEducator - 1 шт.,<br>Компьютер - 2 шт.,<br>Принтер - 1 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |

#### Материально-техническое обеспечение Модуля 7 «Структура материалов: размеры частиц и пористость»

| №  | Наименование специальных помещений                                             | Наименование оборудования                                                                                  |
|----|--------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, | Доска аудиторная настенная - 1 шт.,<br>Комплект учебной мебели на 42 посадочных мест,<br>Компьютер - 2 шт. |

|    |                                                                                                                                                                                                                                          |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 1, 203                                                                                                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 1, 201 | Сушильный шкаф SNOL 20/300 LFNEс НС - 2 шт.; Лазерный дифракционный анализатор размеров частиц Shimadzu SALD-7101 - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 2 посадочных мест;<br>Стол лабораторный - 1 шт.;<br>Компьютер - 3 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
| 3. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 1, 206 | Весы лабораторные ВЛТЭ-5000г с гирей калибровочной 2 кг F2 - 1 шт.; БЭТ-анализатор удельной поверхности МЕТА СОРБИ-М - 1 шт.; Вольтметр В 7-35 - 1 шт.; Поромер Quantachrome PoreMaster 33 - 1 шт.; Прибор В 7-30 - 1 шт.; Баллон с редуктором для гелия - 1 шт.; Прибор Б 5-44 - 1 шт.; Прибор Ф 4800 - 1 шт.; Баллон с редуктором - 1 шт.; Прибор ОМ-6 - 4 шт.; Пикнометр гелиевый Quantachrome Ultrapycnometer1000 - 1 шт.; Баллон с редуктором кислородный - 1 шт.; Авометр - 1 шт.; Прибор С 8-17 - 1 шт.; Баллон стальной ГОСТ 949-73 - 1 шт.;<br>Комплект учебной мебели на 1 посадочных мест;<br>Компьютер - 2 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 4. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 039         | Высокотемпературный вакуумный дилатометр NETZSCH DIL 402 E/7/G-Py - 1 шт.; Сканирующая зондовая нанолaborатория NT-MDT Ntegra Aura - 1 шт.; Высокотемпературная вакуумная печь Nabertherm LHT 02/18 - 1 шт.; Дифрактометр рентгеновский Shimadzu XRD-7000S - 1 шт.; Высокотемпер.печь СВК5163 - 1 шт.; Компрессор поршневой Aircraft Mobilboy 311/50 - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 3 посадочных мест; Принтер - 1 шт.;<br>Компьютер - 4 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| 5. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 018         | Рентгеновский детектор РКА-1 - 1 шт.; Баллон под азот 40л - 1 шт.; Ультразвуковой генератор УЗГ-2-22М - 1 шт.; Датчик амплитуды - 1 шт.; Установка для спекания объёмных наноматериалов в разряде плазмы Dr. Sinter Lab SPS-515S - 1 шт.; Ультразвуковая ванна для очистки Quick218-100 - 1 шт.; Установка для производства жидкого азота Cryomech LNP-10 - 1 шт.; Шлифовально-полировальная система Buehler EcoMet 300 Pro - 1 шт.; Мельница шаровая лабораторная "МШЛ-1П" - 1 шт.; Комплект ультразвукового лабораторного оборудования ИЛ10-5.0 - 1 шт.; Инверторный аппарат ARC-160"Сварог" с реостатом балластным - 1 шт.; Испытательный пресс ИП-500М-авто - 1 шт.; Весы лабораторные ВЛТЭ-150г с гирей калибровочной 100 F1 - 1 шт.; Шлифовально-полировальная система EcoMet 300 Pro - 1 шт.; Тепловизор Hotfind DXT - 1 шт.; Преобразователь ПМС-2,0 - 1 шт.; Тележка гидравлическая СВУ25-II - 1 шт.; Баллон с азотом - 1 шт.; Компрессор поршневой Aircraft Compact Air BX 330 OF - 1 шт.; Штатив - 1 шт.; Ступка механическая - 1 шт.; Толщиномер ультразвуковой TIME TT130 - 1 шт.; Вентилятор центр.СТ 200-4 - 1 шт.; |

|  |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |  | Штангенциркуль электрон. - 1 шт.; Весы ВЛР-200 - 1 шт.; Пресс гидравлический двухходовой 2430В - 1 шт.; Таймер с контроллером - 1 шт.; Весы Shinko AJ-420CE - 1 шт.; Ультрамикротвердомер Shimadzu DUH-211S - 1 шт.; Сканирующий (растровый) электронный микроскоп JEOL JSM-7500FA - 1 шт.; Фотоаппарат цифровой Digital Camera - 1 шт.; Манометр ДМ 5001 Е - 1 шт.; Точило - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 3 посадочных мест; Компьютер - 3 шт. |
|--|--|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

**Материально-техническое обеспечение Модуля 8 «Пленки и покрытия: исследование состава и свойств»**

| №  | Наименование специальных помещений                                                                                                                                                                                               | Наименование оборудования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 1, 203               | Доска аудиторная настенная - 1 шт.,<br>Комплект учебной мебели на 42 посадочных мест,<br>Компьютер - 2 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, д. 2, 018 | Рентгеновский детектор РКА-1 - 1 шт.; Баллон под азот 40л - 1 шт.; Ультразвуковой генератор УЗГ-2-22М - 1 шт.; Датчик амплитуды - 1 шт.; Установка для спекания объёмных наноматериалов в разряде плазмы Dr. Sinter Lab SPS-515S - 1 шт.; Ультразвуковая ванна для очистки Quick218-100 - 1 шт.; Установка для производства жидкого азота Cryomech LNP-10 - 1 шт.; Шлифовально-полировальная система Buehler EcoMet 300 Pro - 1 шт.; Мельница шаровая лабораторная "МШЛ-1П" - 1 шт.; Комплект ультразвукового лабораторного оборудования ИЛ10-5.0 - 1 шт.; Инверторный аппарат ARC-160"Сварог" с реостатом балластным - 1 шт.; Испытательный пресс ИП-500М-авто - 1 шт.; Весы лабораторные ВЛТЭ-150г с гирей калибровочной 100 F1 - 1 шт.; Шлифовально-полировальная система EcoMet 300 Pro - 1 шт.; Тепловизор Hotfind DXT - 1 шт.; Преобразователь ПМС-2,0 - 1 шт.; Тележка гидравлическая СВУ25-II - 1 шт.; Баллон с азотом - 1 шт.; Компрессор поршневой Aircraft Compact Air BX 330 OF - 1 шт.; Штатив - 1 шт.; Ступка механическая - 1 шт.; Толщиномер ультразвуковой TIME TT130 - 1 шт.; Вентилятор центр.СТ 200-4 - 1 шт.; Штангенциркуль электрон. - 1 шт.; Весы ВЛР-200 - 1 шт.; Пресс гидравлический двухходовой 2430В - 1 шт.; Таймер с контроллером - 1 шт.; Весы Shinko AJ-420CE - 1 шт.; Ультрамикротвердомер Shimadzu DUH-211S - 1 шт.; Сканирующий (растровый) электронный микроскоп JEOL JSM-7500FA - 1 шт.; Фотоаппарат цифровой Digital Camera - 1 шт.; Манометр ДМ 5001 Е - 1 шт.; Точило - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 3 посадочных мест; Компьютер - 3 шт. |
| 3. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной                                                                                                   | Универсальная мельница М20 ИКА - 1 шт.; Профилометр лазерный 3D - 1 шт.; Микроскоп Альтами МЕТ вариант 1 - 1 шт.; Микроскоп МВС-9 - 1 шт.; Редуктор аммиачный БАМО1-2-1 - 1 шт.; Интегрированный сенсор Uniscan LK031 3D - 1 шт.; Микроскопный комплекс на базе металлографического                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |



|    |                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | аттестации (научная лаборатория)<br>634034, Томская область, г. Томск, Усова улица, 7, 026                                                                                                                                     | инвертированного микроскопа ЛабоМет-И вариант 1 с системой визуализации - 1 шт.; Микротвердомер ПМТ-3М С МОВ-1-16х - 1 шт.; Весы аналитические - 1 шт.; Стол лабораторный - 4 шт.; Шкаф для документов - 3 шт.; Компьютер - 1 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
| 4. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (научная лаборатория)<br>634034, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 43, 018 | Магнитная мешалка ПЭ 6110 с подогревом - 1 шт.; Помпа шприцевая инфузионная АПТЕС 2016 - 1 шт.; Ультразвуковая ванна 1,3 л - 1 шт.; Частотомер Ф-5401 - 1 шт.; Источник питания НУ 30002Е - 1 шт.; Муфельная печь МИМП-17М - 1 шт.; Мультиметр цифровой настольный VC8045-II - 1 шт.; Термоблок для РВД-2-150 - 1 шт.; Установка для получения полимерных образцов - 1 шт.; Ванна ультразвуковая Сапфир 0,8л ТЦ/без нагрева - 1 шт.; Магнитная мешалка Рива-03,4 - 1 шт.; Цифровой осциллограф 4 канала, 100 МГц с функцией генератора Rigol DS1104-Z - 1 шт.; Концевая мера длины 1,008 мм класс точности 1"CNIC" - 1 шт.; Шкаф вытяжной металлический ЛК-1500 ШВ-МЕТ - 1 шт.; Паяльная станция LUKEY-702 - 1 шт.; Лабораторный гидравлический пресс для горячей запрессовки РП1-40 - 1 шт.; Автоматизированная установка для полиионной сборки полимерных покрытий - 1 шт.; Реактор высокого давления РВД-2-150 - 1 шт.; Весы электронные ACCULAB ALC210 - 1 шт.; Концевая мера длины 1,009 мм класс точности 1"CNIC" - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 3 посадочных мест; Компьютер - 2 шт. |

#### Материально-техническое обеспечение Модуля 9 «Термический анализ веществ и материалов»

| №  | Наименование специальных помещений                                                                                                                                                                                                        | Наименование оборудования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации<br>634028, Томская область, г. Томск, Ленина проспект, 2, строен. 1, 203                        | Доска аудиторная настенная - 1 шт.,<br>Комплект учебной мебели на 42 посадочных мест,<br>Компьютер - 2 шт.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| 2. | Аудитория для проведения учебных занятий всех типов, курсового проектирования, консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации (учебная лаборатория)<br>634034, Томская область, г. Томск, Советская улица, д. 73, стр. 1, 132 | Система синхронного термического анализа - 1 шт.; Набор плоскопараллельных концевых мер длины - 1 шт.; Динамометр ДОСМ - 1 шт.; Электронный dilatометр с горизонтальным расположением образца - 1 шт.; Редуктор специализированный - 1 шт.; Вакуумный пост ВУП - 1 шт.; Автоматический газовый порозиметр NOVA 2200e - 1 шт.; Автоматический гелиевый пикнометр Ultrapycnometer 1000 - 1 шт.; Термоаналитическая система д/проведения синхронных ДСК/ДТА/ТГ STA 449 F3 Jupiter - 1 шт.; Настольный рентгенофлуорисцентный анализатор OXFORD модели X-Supreme 8000 - 1 шт.; Настольный Сканирующий Электронный Микроскоп JEOL JCM-6000 Neoscope - 1 шт.; Установка для испытания ударной прочности - 1 шт.; Комплект учебной мебели на 16 посадочных мест; Шкаф для одежды - 1 шт.; Стол лабораторный - 1 шт.; Компьютер - 2 шт. |

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 03.06.01 Физика и астрономия, профиль 01.04.05 Оптика (приема 2017 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

| Должность | Подпись                                                                           | ФИО           |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Профессор |  | В.А. Клименов |

Программа одобрена на заседании кафедры НМНТ ИФВТ (протокол от «26» июня 2017 г. № 4).

Заведующий кафедрой - руководитель  
научно-образовательного центра на правах кафедры.  
д.т.н, профессор

 /Клименов В.А./

Рабочая программа составлена на основе Общей характеристики образовательной программы по направлению 03.06.01 Физика и астрономия, профиль 01.04.05 Оптика (приема 2017 г., очная форма обучения).

Разработчик(и):

| Должность | Подпись | ФИО           |
|-----------|---------|---------------|
| Профессор |         | В.А. Клименов |

Программа одобрена на заседании кафедры НМНТ ИФВТ (протокол от «26» июня 2017 г. № 4).

Заведующий кафедрой - руководитель  
научно-образовательного центра на правах кафедры.  
д.т.н, профессор

\_\_\_\_\_/Клименов В.А./