

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Химический факультет
(факультет / институт / филиал)

УТВЕРЖДЕНО
решением ученого совета ННГУ
протокол № 6 от 31 мая 2023 г.

Рабочая программа дисциплины

Технология волоконных световодов

(наименование дисциплины (модуля))

Уровень высшего образования

магистратура

(бакалавриат / магистратура / специалитет)

Направление подготовки / специальность

18.04.01 – Химическая технология

(указывается код и наименование направления подготовки / специальности)

Направленность образовательной программы

Химическая технология и материаловедение

(указывается профиль / магистерская программа / специализация)

Форма обучения

очная

(очная / очно-заочная / заочная)

Нижегород
2023 год набора

Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина «Технология волоконных световодов» относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, к профессиональному циклу ОПОП по направлению подготовки 04.04.01 «Химия» (Б1.В.03.ДВ.03.02), является дисциплиной по выбору для освоения студентами очной формы обучения на втором году обучения в 3 семестре.

Для освоения дисциплины студенты используют знания, умения и виды деятельности, сформированные в процессе изучения дисциплин курсов "Физика", "Высшая математика", «Неорганическая химия», "Физическая химия", «Аналитическая химия». Дисциплина «Технология волоконных световодов» является дополнительной дисциплиной для успешного освоения студентами дисциплин специализации по профилю подготовки «Неорганическая химия» и выполнения научно-исследовательской работы (НИР) и квалификационных работ магистра.

1. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

| Формируемые компетенции (код, содержание компетенции) | Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции | | Наименование оценочного средства |
|--|---|---|----------------------------------|
| | Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора) | Результаты обучения по дисциплине | |
| ПК-1-н. Способен планировать работу и выбирать адекватные методы решения научно-исследовательских задач в области органической и медицинской химии и/или смежных с химией науках | ПК-1-н-1. Составляет общий план исследования и детальные планы отдельных стадий. | <i>Знать</i> теоретические основы распространения света в волоконном световоде и механизмы оптических потерь в материалах, современные методы изготовления световодов и принцип работы источников излучения на активных световодах. <i>Уметь</i> составлять общий план исследования и детальные планы стадий при выполнении практических работ <i>Владеть</i> приемами приведения общего плана исследований к детальным планам отдельных стадий | <i>Устный опрос, беседа</i> |
| | ПК-1-н-2. Выбирает экспериментальные и расчетно-теоретические методы решения поставленной задачи исходя из имеющихся материальных и временных ресурсов | <i>Знать</i> теоретические основы распространения света в волоконном световоде и механизмы оптических потерь в материалах, современные методы изготовления световодов и принцип работы источников излучения на активных световодах. <i>Уметь</i> проводить калибровку регуляторов расхода газа, измерять температуру объектов ИК-пирометром, оценивать равномерность распределения РЗЭ по длине преформы | <i>Устный опрос, беседа</i> |

| | | | |
|--|---|--|-----------------------------|
| | | по интенсивности люминесценции. <i>Владеть</i> навыками работы с высокочистыми веществами и техникой измерения основных параметров световодов (профиль показателя преломления, полные оптические потери). | |
| ПК-2-н. Способен проводить информационные исследования в области органической и медицинской химии и/или смежных с химией наук | ПК-2-н-1. Проводит поиск специализированной информации в информационных базах данных | <i>Знать</i> характер информации, содержащейся в информационных базах данных по изучаемой дисциплине <i>Уметь</i> проводить поиск специализированной информации в информационных базах данных <i>Владеть</i> приемами поиска специализированной информации в информационных базах данных | <i>Устный опрос, беседа</i> |
| | ПК-2-н-2. Анализирует и обобщает результаты информационного поиска по тематике проекта в области неорганической химии и/или смежных с химией наук | <i>Знать</i> основные способы поиска информации, ее анализа и обобщения <i>Уметь</i> анализировать и обобщать результаты информационного поиска по тематике проекта <i>Владеть</i> приемами анализа и обобщения информации по тематике проекта | <i>Устный опрос, беседа</i> |

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

| | очная форма обучения | очно-заочная форма обучения | заочная форма обучения |
|--|-----------------------------|------------------------------------|-------------------------------|
| Общая трудоемкость | 4 ЗЕТ | 4 ЗЕТ | |
| Часов по учебному плану | 144 | 144 | |
| в том числе | | | |
| аудиторные занятия (контактная работа): | | | |
| - занятия лекционного типа | 36 | 36 | |
| - занятия лабораторного типа | 36 | 36 | |
| самостоятельная работа | 71 | 71 | |
| Промежуточная аттестация – зачет | 1 | 1 | |

3.2. Содержание дисциплины

| Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины | Всего (часы) | | В том числе | | | | | | | | | | Самостоятельная работа обучающегося, часы | | | | |
|--|--------------------------|---------|---|---------------------------|---------|-------|----------------------------|---------|-----------|--------------|---------|-----------|---|---------|-----------|--|--|
| | | | Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы | | | | | | | | | | | | | | |
| | из них | | | | | | | | | | Всего | | | | | | |
| | Занятия лекционного типа | | | Занятия семинарского типа | | | Занятия лабораторного типа | | | Всего | | | | | | | |
| Очная | Очно-заочная | Заочная | Очная | Очно-заочная | Заочная | Очная | Очно-заочная | Заочная | Очная | Очно-заочная | Заочная | Очная | Очно-заочная | Заочная | | | |
| Тема 1. Введение. Теоретические основы распространения света в волоконных световодах. Оптические потери в материалах | 32 | | | 8 | | | | | 8 | | | 16 | | | 16 | | |
| Тема 2. Материалы для изготовления волоконных световодов. Методы изготовления волоконных световодов на основе многокомпонентных стекол | 40 | | | 10 | | | | | 10 | | | 20 | | | 20 | | |
| Тема 3. Изготовление световодов на основе кварцевого стекла | 40 | | | 10 | | | | | 10 | | | 20 | | | 20 | | |
| Тема 4. Методы изготовления активных световодов. Волоконные усилители и лазеры | 31 | | | 8 | | | | | 8 | | | 16 | | | 15 | | |
| Итого | 123 | | | 36 | | | | | 36 | | | 72 | | | 71 | | |

1. Введение. Теоретические основы распространения света в волоконных световодах. Оптические потери в материалах.

История становления волоконной оптики, ее роль в современной технике. Значение волоконных световодов для техники связи.

Отражение, преломление и взаимодействие электромагнитного поля на плоской границе раздела двух сред. Явление полного внутреннего отражения. Критический угол полного внутреннего отражения. Условия полного внутреннего отражения в волоконном световоде. Числовая апертура световода. Волоконные световоды со ступенчатым профилем показателя преломления. Дисперсия сигнала в волоконных световодах. Межмодовая дисперсия. Способы устранения межмодовой дисперсии. Световоды с распределенным

профилем показателя преломления. Выражение для профиля показателя преломления по диаметру световода. Одномодовые световоды. Хроматическая дисперсия. Способы устранения хроматической дисперсии в волоконных световодах.

Затухание света в волоконных световодах. Источники потерь света в стеклах. Фундаментальные механизмы оптических потерь в стеклах (УФ - поглощение, ИК - поглощение, релеевское рассеяние). Примесное поглощение. Допустимые концентрации примесей в различных материалах. Потери, обусловленные световодной структурой. Оптические потери на изгибах и микроизгибах. Влияние защитно-упрочняющих покрытий на оптические потери в волоконных световодах. Влияние механических включений на оптические потери. Суммарные потери в волоконных световодах. Влияние ионизирующих излучений на оптические потери в стеклах.

2. Материалы для изготовления волоконных световодов. Методы изготовления волоконных световодов на основе многокомпонентных стекол.

Стеклообразное состояние вещества. Показатель преломления стекол. Коэффициент термического расширения. Вязкость. Совместимость стекол.

Кварцевое стекло и его свойства. Многокомпонентные оксидные стекла. Свойства стекол системы $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} - \text{CaO}$. Свойства стекол системы $\text{SiO}_2 - \text{Na}_2\text{O} - \text{B}_2\text{O}_3$. Свойства стекол системы $\text{SiO}_2 - \text{PbO}$.

Полимерные материалы. Преимущества и недостатки полимерных материалов. Оптические потери в полимерных материалах. Зависимость показателя преломления от температуры в полимерных материалах. Световоды типа стекло - полимер.

Материалы для ИК-области спектра. Стекла на основе фторидов металлов. Требования к чистоте фторидных стекол. Проблемы глубокой очистки фторидов металлов. Область прозрачности и ожидаемые потери во фторидных стеклах. Стекла на основе фторида циркония и их свойства. Преимущества и недостатки стекол на основе фторидов металлов. Халькогенидные стекла. Требования к чистоте халькогенидных стекол. Область прозрачности халькогенидных стекол. Кристаллические материалы для волоконной оптики. Требования к чистоте кристаллических материалов. Область прозрачности кристаллических материалов. Световоды на основе галидов таллия. Световоды на основе хлорида серебра. Способы переработки кристаллических материалов в волоконные световоды. Области применения световодов на основе кристаллических материалов.

Плавление стекол в тиглях. Подготовка шихты для плавления стекол. Способы нагрева шихты. Методы вытягивания стержней из расплавов стекол. Изготовление световодов методом "штабик в трубке". Методы изготовления световодов из однородных материалов. Изготовление световодов методом двойного тигля. Схема процесса. Связь геометрических параметров двойного тигля с параметрами волоконных световодов. Контроль атмосферы в двойном тигле. Способы загрузки двойного тигля.

3. Изготовление световодов на основе кварцевого стекла.

Плавление кварцевого стекла в электровакуумных печах. Химические процессы, протекающие при плавлении кварцевого стекла в электропечах. Газопламенный способ плавления кварцевого стекла. Плавление кварцевого стекла в печах непрерывного действия.

Парофазные способы получения кварцевого стекла. Изготовление преформ световодов OVD методом. Исходные материалы и требования к их чистоте. История развития метода. Схема процесса получения заготовок. Способы приготовления парогазовой смеси. Химические процессы, лежащие в основе OVD - метода. Устройство горелки для OVD - метода. Процесс осаждения пористой заготовки. Стадия осушки пористой заготовки. Процесс сплавления пористой заготовки в прозрачное стекло. Получение заготовок с заданным профилем показателя преломления. Способы введения трудно летучих соединений в OVD - методе.

VAD метод изготовления преформ световодов. Схема процесса. Влияние параметров процесса на оптические и геометрические параметры заготовок. Легирование кварцевого стекла различными добавками в VAD - методе. Получение заготовок с градиентным профилем

показателя преломления. Получение заготовок одномодовых световодов. Отличительные особенности заготовок, полученных OVD - методом и VAD - методом.

MCVD метод изготовления преформ световодов. Технологическая схема и описание процесса получения заготовки. Физико-химические основы метода. Основные технологические параметры процесса. Получение заготовок со ступенчатым и градиентным профилем показателя преломления.

4. Методы изготовления активных световодов. Волоконные усилители и лазеры.

Физико-химические свойства соединений редкоземельных элементов (РЗЭ). Требования к чистоте соединений РЗЭ. Способы введения соединений РЗЭ в кварцевое стекло в CVD методах изготовления преформ световодов (OVD, VAD, MCVD) Оптические свойства волоконных световодов на основе кварцевого стекла, легированного РЗЭ. Явление усиления света за счет вынужденного излучения. Принцип работы волоконных усилителей и лазеров.

Особенности вытяжки волоконных световодов на основе кварцевого стекла. Технологическая схема процесса. Методы варьирования и стабилизации диаметра световода. Связь диаметров волокна и заготовки и скоростей подачи и вытяжки. Нагревательные элементы и их характеристики, преимущества и недостатки. Первичные полимерные покрытия и их роль. Требования к первичным полимерным покрытиям. Вторичные полимерные покрытия, их роль. Требования к вторичным полимерным покрытиям.

Темы практических занятий

| №п/п | Номер раздела дисциплины | Наименование практического занятия |
|------|--------------------------|--|
| 1 | 1 | Измерение полных оптических потерь в волоконных световодах на основе кварцевого стекла. |
| 2 | 1 | Измерение полных оптических потерь волоконных световодов для ИК диапазона. |
| 3 | 2 | Вытяжка волоконных световодов с применением кислородно-водородной горелки и нанесения на них защитно-упрочняющих покрытий. |
| 4 | 3 | Получение MCVD-методом заготовки волоконного световода на основе кварцевого стекла, легированного оксидом германия. |
| 5 | 3 | Измерение профиля показателя преломления в заготовке световода. |
| 6 | 4 | Изготовление преформы волоконного световодов на основе фосфоалюмосиликатного стекла легированного оксидом иттербия. |
| 7 | 4 | Измерение распределения люминесценции редкоземельного элемента по длине стеклянной заготовки. |

Текущий контроль успеваемости реализуется в рамках **занятий лабораторного типа**.

Промежуточная аттестация проходит в **традиционных формах (зачет)**.

4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа студентов может проводиться в учебных аудиториях (лабораториях), в библиотечном читальном зале, и в домашних условиях, с использованием конспектов лекций, методических указаний к работам, специальной и справочной литературы, а также доступом к Интернет-ресурсам для подготовки к устному опросу и оформлению отчета по соответствующим темам лабораторных работ. Отчеты по лабораторным работам представляют собой отчетный документ о работе студента в течение семестра. Наличие зачетных преподавателем отчетов является необходимым условием допуска студента к сдаче зачета по дисциплине. Подготовка отчета также способствует лучшему усвоению материала дисциплины, так как написание отчета требует от студента знаний методического и аппаратного оформления, правильного представления и обсуждения результатов эксперимента.

Контрольные вопросы и задания для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведены в п. 5.2.

5. Фонд оценочных средств для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), включающий:

5.1. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине

| Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций) | Шкала оценивания сформированности компетенций | | | | | | |
|--|--|---|--|--|--|--|---|
| | плохо | неудовлетворительно | удовлетворительно | хорошо | очень хорошо | отлично | превосходно |
| | Не зачтено | | | зачтено | | | |
| <u>Знания</u> | Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа | Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки. | Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок. | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок | Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок. | Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки. |
| <u>Умения</u> | Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений | При решении стандартных задач не продемонстрированы основные | Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с | Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. | Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи с | Продемонстрированы все основные умения, решены все основные задачи. |

| | | | | | | | |
|---------------|--|---|---|---|---|---|---|
| | вследствие отказа обучающегося от ответа | умения. Имели место грубые ошибки. | негрубыми ошибками. Выполнены все задания но не в полном объеме. | негрубыми ошибками. Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | Выполнены все задания, в полном объеме, но некоторые с недочетами. | отдельными несущественным недочетами, выполнены все задания в полном объеме. | Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов |
| <u>Навыки</u> | Отсутствие владения материалом. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа | При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки. | Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами | Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов. | Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов. | Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач |

Шкала оценки при промежуточной аттестации

| Оценка | | Уровень подготовки |
|---------|---------------------|--|
| зачтено | Превосходно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно» |
| | Отлично | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично» |
| | Очень хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо» |
| | Хорошо | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо» |
| | Удовлетворительно | Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно» |
| | Неудовлетворительно | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не |

| | | |
|---------------|-------|---|
| не зачтено | | сформирована на уровне «плохо» |
| | Плохо | Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо» |

5.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения

5.2.1 Контрольные вопросы

| <i>вопросы</i> | <i>Код формируемой компетенции</i> |
|--|------------------------------------|
| <p>1. История развития средств связи.</p> <p>2. Теоретические основы распространения света в волоконном световоде.</p> <p>3. Отражение, преломление, критические углы, числовая апертура.</p> <p>5. Профиль показателя преломления.</p> <p>6. Дисперсия (межмодовая и хроматическая) и способы ее устранения.</p> <p>7. Условие одномодового режима работы световода.</p> <p>8. Оптические потери в материалах. Затухание света в волоконных световодах.</p> <p>9. Фундаментальные механизмы оптических потерь в стеклах.</p> <p>10. Серые потери. Допустимое содержание примесей в различных материалах. Суммарные потери.</p> <p>11. Влияние ионизирующих излучений на оптические потери в стеклах.</p> <p>12. Материалы для изготовления волоконных световодов. Стекло и его свойства.</p> <p>13. Кварцевое стекло. Многокомпонентные стекла. Полимерные материалы.</p> <p>14. Материалы для ИК области спектра (халькогенидные, фторидные стекла, кристаллические материалы).</p> | ПК-1-н |
| <p>15. Методы изготовления волоконных световодов из многокомпонентных стекол.</p> <p>16. Тигельные методы изготовления преформ световодов.</p> <p>17. Методы переработки стекол в заготовки и световоды (штабик в трубке, вытяжка из расплава, световоды из одного материала, световоды стекло-полимер, отливка заготовок).</p> <p>18. Изготовление световодов методом двойного тигля.</p> <p>19. Методы получения кварцевого стекла.</p> <p>20. CVD технология синтеза стекла.</p> <p>21. Механизм термофореза.</p> <p>22. Изготовление преформ световодов на основе кварцевого стекла методом внешнего парофазного осаждения (OVD-метод).</p> <p>23. Изготовление преформ световодов на основе кварцевого стекла методом аксиального осаждения (VAD-метод).</p> <p>24. Изготовление преформ световодов на основе кварцевого стекла модифицированным методом химического осаждения из газовой фазы (MCVD-метод).</p> <p>25. Эффект усиления света за счет вынужденного излучения. Принцип</p> | ПК-2-н |

| | |
|--|--|
| <p>работы активного световода.</p> <p>26. Редкоземельные элементы используемые для изготовления активных световодов на основе кварцевого стекла. Схема их энергетических уровней.</p> <p>27. Исходные соединения используемые для изготовления активных световодов. Уровень чистоты и способы очистки.</p> <p>28. Методы растворной технологии легирования кварцевого стекла оксидами РЗЭ.</p> <p>29. Методы легирования кварцевого стекла оксидами РЗЭ из газовой фазы.</p> <p>30. Волоконный усилитель и лазер. Отличие и принцип работы.</p> <p>31. Вытяжка световодов на основе кварцевого стекла.</p> <p>32. Измерение профиля показателя преломления в преформе световода.</p> <p>33. Измерение оптических потерь в одномодовых световодах.</p> <p>34. Измерение хроматической дисперсии в одномодовых световодах.</p> | |
|--|--|

5.2.2. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-1-н

1. Отражение, преломление, критические углы, числовая апертура.
2. Профиль показателя преломления.
3. Дисперсия (межмодовая и хроматическая) и способы ее устранения.
4. Условие одномодового режима работы световода.
5. Оптические потери в материалах. Затухание света в волоконных световодах.
6. Фундаментальные механизмы оптических потерь в стеклах.
7. Серые потери. Допустимое содержание примесей в различных материалах. Суммарные потери.
8. Влияние ионизирующих излучений на оптические потери в стеклах.
9. Материалы для ИК области спектра (халькогенидные, фторидные стекла, кристаллические материалы).

5.2.3. Типовые тестовые задания для оценки сформированности компетенции ПК-2-н

1. Методы изготовления волоконных световодов из многокомпонентных стекол.
2. Тигельные методы изготовления преформ световодов.
3. Методы переработки стекол в заготовки и световоды (штабик в трубке, вытяжка из расплава, световоды из одного материала, световоды стекло-полимер, отливка заготовок).
4. Изготовление световодов методом двойного тигля.
5. Методы получения кварцевого стекла.
6. CVD технология синтеза стекла.
7. Механизм термофореза.
8. Эффект усиления света за счет вынужденного излучения.
Принцип работы активного световода.
9. Исходные соединения используемые для изготовления активных световодов.
10. Методы растворной технологии легирования кварцевого стекла оксидами РЗЭ.
11. Методы легирования кварцевого стекла оксидами РЗЭ из газовой фазы.
12. Волоконный усилитель и лазер. Отличие и принцип работы.
13. Вытяжка световодов на основе кварцевого стекла.

5.2.6. Темы курсовых работ, эссе, рефератов

Курсовые работы, эссе, рефераты не предусмотрены.

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. А.Н.Гурьянов, А.С.Раевский, Физические и физико-химические основы получения волоконных световодов: учебное пособие. - Нижний Новгород: Нижегородский государственный университет, 2011. - 147 с.
2. А.Н. Гурьянов, А.С. Раевский, Волоконные световоды для систем передачи информации: НГТУ. Нижний Новгород, 2003. - 123 с.
3. А.С. Курков, Волоконные лазеры: принципы построения и основные свойства: учебно-методическое пособие. - Ульяновск: УлГУ, 2012. - 184 с.

б) дополнительная литература:

1. А. Л. Дмитриев, Оптические системы передачи информации: учебное пособие. - Санкт-Петербург, СПбГУИТМО, 2007. - 96 с.
2. Н.В. Никоноров, А.И. Сидоров, Материалы технологии волоконной оптики: оптическое волокно для систем передачи информации: учебное пособие, курс лекций. - Санкт-Петербург, СПбГУ ИТМО, 2009 г. - 95 стр.
3. В.Д. Бурков, Физико-технологические основы волоконно-оптической техники: учеб. пособие - Москва, ГОУ ВГО МГУЛ, 2007, - 218 с.
4. Дж.Э.Мидвинтер, Волоконные световоды для передачи информации, М., Радио и связь, 1983. - 336 с.
5. Унгер Х.Г. Планарные и волоконно-оптические волноводы. - Москва: Мир, 1980. - 656 с.
6. Химическая технология стекла и ситаллов, под ред. Н. М.Павлушкина, М., Стройиздат, 1983. - 432 с.
7. Гауер Д. Оптические системы связи / Пер. англ. под. ред. Е.М. Дианова. - Москва: Радио и связь, 1989. - 288 с.
6. Ботвинкин О.К., Запорожский А.Н., Кварцевое стекло, Москва: Стройиздат, 1983. - 260 с.
7. Саттаров Д.К., Волоконная оптика, Ленинград: Машиностроение, 1973. - 280 с.
8. Физико-химические основы производства оптического стекла / под ред. Л.И. Демкиной. Москва, Химия, 1976. - 453 с.
9. Бутусов М.М., Верник С.М., Галкин С.Л. Волоконно-оптические системы передачи информации: Учебник для вузов / Под ред. В.Н. Гомзина. - Москва: Радио и связь, 1992. - 416 с.
10. Гроднев И.И., Ларин Ю.Т., Теумин И.И. Оптические кабели: конструкции, характеристики, производство и применение. - Москва: Радио и связь, 1990. - 224 с.
11. Гроднев И.И. Волоконно-оптические линии связи: Учебное пособие для вузов. - Москва: Радио и связь, 1990. - 224 с.
12. Иванов А.Б. Волоконная оптика: компоненты, системы передачи, измерения. - Москва: Компания САЙРУС СИСТЕМС, 1999. - 658 с.
13. Иоргачев Д.В., Бондаренко О.В. Волоконно-оптические кабели и линии связи. - Москва: Эко-Трендз, 2002. - 284 с.
14. Основы волоконно-оптической связи, пер. с англ., Под ред. Е.М.Дианова, М., Сов. радио, 1980 г.

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Для обучения студентов по дисциплине «Технология волоконных световодов» имеется в наличии лаборатория с необходимым оборудованием. Материально-техническое обеспечение лабораторного практикума - лаборатория технологии волоконных световодов, оснащенная оборудованием: MCVD установки для изготовления преформ световодов; анализатор преформ P2610 Photon Kinetics для измерения профиля показателя преломления; прибор для измерения равномерности распределения РЗЭ по длине преформы; башня вытяжки световодов; стенд для измерения оптических потерь в световодах; вытяжные шкафы; химическая посуда общего и специального назначения; набор химических реактивов.

Материально-техническое обеспечение лекционных занятий: видеопроектор, ноутбук, переносной экран, проектор, доска.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки 18.04.01 «Химическая технология».

И.о.сзаведующего кафедрой неорганической химии, к.х.н., _____ Д.А. Пермин

Программа одобрена на заседании методической комиссии химического факультета от 7 мая 2023 года, протокол № 7.