

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ДАГЕСТАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Химический факультет

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Хроматографический метод исследования физико-химических свойств  
органических соединений**

Кафедра физической и органической химии химического факультета

Образовательная программа

04.05.01 – «ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ И ПРИКЛАДНАЯ ХИМИЯ»

Профиль подготовки

Органическая химия

Уровень высшего образования

Специалитет

Форма обучения

Очная

Статус дисциплины: вариативная

Махачкала, 2017 г.

Рабочая программа дисциплины “ **Хроматографический метод исследования физико-химических свойств органических соединений**” составлена в 2017 году в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности **04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия»** (уровень специалитета).

от «12» сентября 2016г. № 1174.

Разработчик: кафедра физической и органической химии, Бабаева Л.Г., к.х.н., доцент

Рабочая программа дисциплины одобрена:

на заседании кафедры физической и органической химии  
от «23» 03 2017г., протокол № 7

Зав. кафедрой И.М. Абдулагатов проф. Абдулагатов И.М.  
(подпись)

на заседании Методического совета химического факультета  
от «24» 03 2017г., протокол № 7.

Председатель У.Г. Гасангаджиева доц. Гасангаджиева У.Г.  
(подпись)

Рабочая программа дисциплины согласована с учебно-методическим  
управлением « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. \_\_\_\_\_  
(подпись)

## Аннотация рабочей программы дисциплины

Дисциплина “Хроматографический метод исследования физико-химических свойств органических соединений” входит в вариативную часть образовательной программы по специальности 04.05.01 - “Фундаментальная и прикладная химия” и является дисциплиной по выбору.

Дисциплина реализуется на факультете химическом кафедрой физической и органической химии.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с изучением и использованием современного, перспективного хроматографического метода анализа органических соединений

Дисциплина нацелена на формирование следующих компетенций выпускника: профессиональных ПК-1,2,5,7.

Преподавание дисциплины предусматривает проведение следующих видов учебных занятий: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа.

Рабочая программа дисциплины предусматривает проведение следующих видов контроля успеваемости в форме коллоквиумов, контрольных работ и промежуточный контроль в форме зачета.

Объем дисциплины 3 зачетные единицы, в том числе в академических часах по видам учебных занятий

| Се-<br>мestr | Учебные занятия                                |                              |                              |     |                        |   | СРС, в<br>том<br>числе<br>экза-<br>мен | Форма проме-<br>жуточной атте-<br>стации (зачет,<br>дифференциро-<br>ванный зачет,<br>экзамен) |
|--------------|--|------------------------------|------------------------------|-----|------------------------|---|--|--|
|              | в том числе                                    |                              |                              |     |                        |   |  |  |
|              | Контактная работа обучающихся с преподавателем |                              |                              |     |                        |   |  |  |
|              | Все<br>го                                      | из них                       |                              |     |                        |   |  |  |
| Лек-<br>ции  |  | Лабора-<br>торные<br>занятия | Практи-<br>ческие<br>занятия | КСР | кон-<br>сульта-<br>ции |   |  |  |
| 7 сем.       | 108  | 18                           | 18                           | -   | -                      | - | 72                                     | зачет  |

### 1.1. Цели освоения дисциплины

Преподавание дисциплины “Хроматографический метод исследования физико-химических свойств органических соединений” ставит цели:

- изучить сущность хроматографического метода;
- рассмотреть различные виды хроматографии;
- ознакомить студентов с применением хроматографического метода на практике;

- изучить подробно и усвоить основы ГЖХ – анализа, который является современным и перспективным методом анализа органических соединений;
- ознакомиться с использованием хроматографии для исследования физико-химических свойств органических соединений.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП специалитета

Дисциплина “Хроматографический метод исследования физико-химических свойств органических соединений” входит в вариативную часть образовательной программы по специальности 04.05.01 - “Фундаментальная и прикладная химия” и является дисциплиной по выбору.

Объективной основой формирования спецкурса “Хроматографический метод исследования физико-химических свойств органических соединений” является то, что знание и понимание хроматографического метода позволит лучше усвоить теоретические вопросы и эксперимент по разделению, анализу и изучению физико-химических свойств органических соединений.

Данная дисциплина изучается после изучения курсов “Аналитическая химия”, “Органическая химия”, “Неорганическая химия” и “Физико-химические методы анализа”.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (перечень планируемых результатов обучения)

| Компетенции | Формулировка компетенции из ФГОС ВО   | Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)   |
|-------------|---|---|
| ПК-1        | Способностью проводить научные исследования по сформулированной тематике и получить новые научные и прикладные результаты проблем, определяющих конкретную область деятельности | <b>Знать:</b> пути проведения научных исследований органических соединений с использованием газо-жидкостной хроматографией (ГЖХ)<br><b>Уметь:</b> проводить научные исследования по изучению органических соединений методом ГЖХ-анализа<br><b>Владеть:</b> способностью получать новые научные и прикладные результаты при проведении научных исследований по изучению органических соединений методом газо-жидкостной хроматографии |
| ПК-2        | Владением навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований   | <b>Знать:</b> современные марки газовых хроматографов, использующихся при изучении органических соединений<br><b>Уметь:</b> использовать современную аппаратуру газовой хроматографии при изучении органических соединений<br><b>Владеть:</b> навыками работы на современных марках газовых хроматографах при изучении органических соединений  |
| ПК-5        | Способностью приобретать новые знания с использованием современных научных методов и владение ими на  | <b>Знать:</b> основные вопросы теории хроматографии важнейших классов органической химии, имеющих производственное значение<br><b>Уметь:</b> объяснять полученные практические  |

|      |  |  |
|------|--|--|
|      | уровне, необходимом для решения задач, имеющих естественнонаучное содержание и возникающих при выполнении естественнонаучное содержание и возникающих при выполнении профессиональных функций. | результаты хроматографии<br><b>Владеть:</b> навыками связывать результаты эксперимента с составом и свойствами смеси органических соединений   |
| ПК-7 | Готовностью представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчетов и научных публикаций (стендовых докладов, рефератов и статей в периодической научной печати)                     | <b>Знать:</b> формы представления полученных результатов при хроматографических исследованиях в виде отчетов и научных публикаций<br><b>Уметь:</b> представлять результаты, полученные при хроматографических исследованиях органических соединений, в виде отчетов и научных публикаций<br><b>Владеть:</b> навыками оформления результатов полученных при хроматографических исследованиях органических соединений, в виде отчетов и научных публикаций |

#### 4. Объем, структура и содержание дисциплины.

4.1. Объем дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 академических часов

4.2. Структура дисциплины.

| № п/п   | Разделы и темы дисциплины                     | Семестр | Неделя семестра | Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах) |                      |                      |                       | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра)<br>Форма промежуточной аттестации (по семестрам) |
|---|---|---------|-----------------|--|----------------------|----------------------|-----------------------|------------------------|---|
|   |   |         |                 | Лекции   | Практические занятия | Лабораторные занятия | Контроль самост. раб. |                        |   |
| Модуль 1. Сущность хроматографии. Классификация методов хроматографии. Основы газовой хроматографии |   |         |                 |  |                      |                      |                       |                        |   |
| 1   | Сущность хроматографии и история развития.    | 9       |                 | 2  |                      | -                    |                       | 9                      | устный опрос, тестирование  |
| 2   | Классификация методов хроматографии и ее виды | 9       |                 | 2  |                      | -                    |                       | 9                      | устный опрос, тестирование  |
| 3   | Теоретические основы газовой хроматографии.   | 9       |                 | 2  |                      | 3                    |                       | 9                      | устный опрос, тестирование  |
|   | <i>Итого по модулю 1:</i>                     |         | 36              | 6  |                      | 3                    |                       | 27                     | коллоквиум  |

| Модуль 2. Газожидкостная хроматография органических соединений и ее сущность |   |   |     |    |  |    |  |    |                                |
|--|---|---|-----|----|--|----|--|----|--------------------------------|
| 4  | Основы ГЖХ- анализа                                     | 9 |     | 2  |  | 3  |  | 7  | устный опрос, тестирование     |
| 5  | Качественный газо-хроматографический анализ             | 9 |     | 2  |  | 3  |  | 7  | устный опрос, тестирование     |
| 6  | Количественный газо-хроматографический анализ           | 9 |     | 2  |  | 3  |  | 7  | устный опрос, тестирование     |
| <i>Итого по модулю 2:</i>  |   |   | 36  | 6  |  | 9  |  | 21 | коллоквиум                     |
| Модуль 3. Газовая хроматография как метод физико-химического исследования    |   |   |     |    |  |    |  |    |                                |
| 7  | Термодинамические константы фазового равновесия         | 9 |     | 2  |  | 2  |  | 8  | Устный опрос, письменный опрос |
| 8  | Термодинамические функции растворения                   | 9 |     | 2  |  | 2  |  | 8  | Устный опрос, письменный опрос |
| 9  | Влияние термодинамических функций на полноту разделения | 9 |     | 2  |  | 2  |  | 8  | Устный опрос, круглый стол     |
| <i>Итого по 3 модулю:</i>  |   |   | 36  | 6  |  | 6  |  | 24 | коллоквиум                     |
| Итого  |   |   | 108 | 18 |  | 18 |  | 72 | зачет                          |

### 4.3. Содержание дисциплины, структурированное по темам

#### Модуль 1. Сущность хроматографии. Классификация методов Хроматографии. Основы газовой хроматографии

**Тема 1.** Сущность хроматографии. История возникновения и развития хроматографии.

**Тема 2.** Классификация методов хроматографии и ее виды. Разновидности хроматографии на основе природы подвижной, неподвижной фаз и аппаратного оформления.

**Тема 3.** Теоретические основы газовой хроматографии. Основная аппаратура, применяемая в газовой хроматографии. Схема газового хроматографа.

#### Модуль 2. Газожидкостная хроматография органических соединений и ее сущность

**Тема 4.** Основы ГЖХ-анализа. Устройство и принцип работы газового хроматографа. Хроматографическая колонка и ее виды. Выбор жидких фаз и твердого носителя.

**Тема 5.** Качественный газохроматографический анализ. Время удерживания и удерживаемый объем. Расчет их абсолютных и относительных значений.

**Тема 6.** Количественный газохроматографический анализ. Основные количественные характеристики и методы их расчета.

### **Модуль 3. Газовая хроматография как метод физико-химического исследования**

**Тема 7.** Термодинамические константы фазового равновесия. Коэффициенты адсорбции, распределения и их расчет

**Тема 8.** Термодинамические функции растворения. Энтальпия, энтропия, теплота адсорбции и растворения, соответственно. Расчет этих термодинамических функций.

**Тема 9.** Влияние термодинамических функций на полноту разделения. Рассмотрение частных случаев полноты разделения органических соединений на температурных зависимостях объема удерживания компонентов.

#### **Лабораторные работы**

| Названия разделов и тем   | Цель и содержание лабораторной работы  | Результаты лабораторной работы   |
|---|--|--|
| Лабораторная работа №1 . Хроматография на куске мела  |  |  |
| Раздел 1. Сущность хроматографии. Классификация методов хроматографии<br>Основы газовой хроматографии<br>Тема 3. Теоретические основы газовой хроматографии | Разделить смесь красителей на куске мела, который рассматривается как “открытая колонка” для хроматографии | Рассчитать фактор замедления для компонентов смеси                             |
| Лабораторная работа №2 . Разделение красителей методом тонкослойной хроматографии   |  |  |
| Раздел 1. Сущность хроматографии. Классификация методов хроматографии<br>Основы газовой хроматографии<br>Тема 3. Теоретические основы газовой хроматографии | Разделить и идентифицировать компоненты смеси методом тонкослойной хроматографии                           | Рассчитать фактор замедления компонентов смеси, сопоставив его со “свидетелем” |
| Лабораторная работа №3. Определение состава смеси одного гомологического ряда методом газожидкостной хроматографии  |  |  |
| Раздел 2. Газожидкостная хроматография органических соединений и ее сущность<br>Тема 4. Основы ГЖХ-анализа  | Ознакомиться с определением состава сложной смеси методом газожидкостной хроматографии и их идентификацией | Снятие хроматограммы сложной смеси и расчет ее характеристик                   |
| Лабораторная работа №4. Расчет качественных характеристик ГЖХ-анализа   |  |  |

|  |   |  |
|--|---|--|
| Раздел 2. Газожидкостная хроматография органических соединений и ее сущность<br>Тема 5. Качественный газохроматографический анализ   | Освоить расчет количественных характеристик ГЖХ-анализ  | Рассчитать для компонентов смеси время удерживания и удерживаемый объем                              |
| Лабораторная работа №5. Расчет количественных характеристик ГЖХ-анализа  |   |  |
| Раздел 2. Газожидкостная хроматография органических соединений и ее сущность<br>Тема 6. Количественный газохроматографический анализ   | Освоить расчет количественных характеристик ГЖХ-анализа   | Рассчитать для компонентов смеси количественные характеристики                                       |
| Лабораторная работа №6. Определение различных физико-химических характеристик органических соединений на основе хроматографии  |   |  |
| Раздел 3. Газовая хроматография как метод физико-химического исследования<br>Тема 7. Термодинамические константы фазового равновесия. Коэффициенты адсорбции, распределения и их расчет<br>Тема 8. Термодинамические функции растворения. Энтальпия, энтропия, теплота адсорбции и растворения, соответственно. Расчет этих термодинамических функций. | Освоить расчет термодинамических констант фазового равновесия и термодинамических функций растворения | Рассчитать энтальпию, энтропию и теплоту растворения органических соединений                         |
| Лабораторная работа №7. Изучение влияния термодинамических функций на полноту разделения органических соединений   |   |  |
| Раздел 3. Газовая хроматография как метод физико-химического исследования<br>Тема 9. Влияние термодинамических функций на полноту разделения. Рассмотрение частных случаев полноты разделения органических соединений на температурных зависимостях объема удерживания компонентов.  | Изучить влияние термодинамических функций на полноту разделения органических соединений               | Построить температурную зависимость объема удерживания органических соединений и охарактеризовать ее |



## 5. Образовательные технологии

В курсе по направлению подготовки специалистов широко используются в учебном процессе компьютерные программы, различные методики в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В соответствии с требованиями ФГОС предусматривается использование при проведении занятий следующих активных методов обучения:

- самостоятельное изучение теоретического материала с последующим разбором на семинарском занятии;
- подготовка к лабораторным работам;
- оформление результатов лабораторной работы;
- подготовка к промежуточному контролю;
- подготовка к зачету.

## 6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

### 6.1. Виды и порядок выполнения самостоятельной работы

1. Изучение рекомендованной литературы.
2. Подготовка к отчетам по лабораторным работам.
3. Подготовка к коллоквиуму.
4. Поиск в Интернете дополнительного материала.
5. Подготовка к зачету.

| №  | Вид самостоятельной работы                   | Вид контроля   | Учебно-методич. обеспечение                  |
|----|--|--|--|
| 1. | Изучение рекомендованной литературы.         | Устный опрос по разделам дисциплины.   | См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа.     |
| 2. | Подготовка к отчетам по лабораторным работам | Проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале и проработки вопросов к текущей теме по рекомендованной литературе. | См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа.     |
| 3. | Подготовка к коллоквиуму                     | Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.   | См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа.     |
| 4. | Поиск в Интернете дополнительного материала. | Прием реферата и выступление с докладом.   | См. разделы 6.2, 7.3, 8, 9 данного документа |
| 5. | Подготовка к зачету.                         | Устный опрос, либо компьютерное тестирование.  | См. разделы 7.3, 8, 9 данного документа.     |

1. Текущий контроль: подготовка к отчетам по лабораторным работам.
2. Промежуточная аттестация в форме контрольной работы.

*Текущий контроль* успеваемости осуществляется непрерывно, на протяжении всего курса. Прежде всего, это устный опрос по ходу лабораторных занятий, выполняемый для оперативной активизации внимания студентов и оценки их уровня восприятия. Результаты устного опроса учитываются при выборе индивидуальных задач для решения. Каждую неделю осуществляется

проверка выполнения расчетов, оформления работы в лабораторном журнале.

*Промежуточный контроль* проводится в форме контрольной работы, в которой содержатся теоретические вопросы и задачи.

*Итоговый контроль* проводится либо в виде устного экзамена, либо в форме тестирования.

Оценка “отлично” ставится за уверенное владение материалом курса.

Оценка “хорошо” ставится при полном выполнении требований к прохождению курса и умении ориентироваться в изученном материале.

Оценка “удовлетворительно” ставится при достаточном выполнении требований к прохождению курса и владении конкретными знаниями по программе курса.

Оценка “неудовлетворительно” ставится, если требования к прохождению курса не выполнены и студент не может показать владение материалом.

### Примерная тематика рефератов

1. Газовая хроматография с программированием температуры.
2. Детектирование в газовой хроматографии.
3. Хромато-масс-спектрометрия.
4. Сорбенты и жидкие фазы, применяемые в газо-адсорбционной и газожидкостной хроматографии.
5. Качественный газо-хроматографический анализ сложных углеводородных смесей.
6. Количественный анализ сложных смесей методом газовой хроматографии.
7. Определение удельной поверхности адсорбентов хроматографическим методом.
8. Препаративная газовая хроматография.
9. Капиллярная хроматография.
10. Варианты газовой хроматографии.

## 7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования приведен в описании образовательной программы.

|                     |  |  |
|---------------------|--|--|
| Компетенция<br>ПК-1 | Знания, умения, навыки<br><b>Знать:</b> пути проведения научных исследований органических соединений с использованием газо-жидкостной хроматографией (ГЖХ) | Процедура освоения<br>Устный опрос, письменный опрос, тестирование |
|                     | <b>Уметь:</b> проводить научные исследования по изучению органических соединений методом ГЖХ-анализа   | Устный опрос, письменный опрос, тестирование                       |
|                     | <b>Владеть:</b> способностью получать новые научные и прикладные результаты при  | Устный опрос, письменный опрос, тестирование                       |

|      |   |  |
|------|---|--|
|      | проведении научных исследований по изучению органических соединений методом газо-жидкостной хроматографии   |  |
| ПК-2 | <b>Знать:</b> современные марки газовых хроматографов, используемых при изучении органических соединений<br><b>Уметь:</b> использовать современную аппаратуру газовой хроматографии при изучении органических соединений  | Устный опрос, письменный опрос, тестирование<br><br>Письменный опрос, коллоквиум   |
| ПК-5 | <b>Владеть:</b> навыками работы на современных марках газовых хроматографах при изучении органических соединений<br><b>Знать:</b> основные вопросы теории хроматографии важнейших классов органической химии, имеющих производственное значение<br><b>Уметь:</b> объяснять полученные практические результаты хроматографии   | Круглый стол<br><br>Устный опрос, письменный опрос, тестирование<br><br>Письменный опрос, коллоквиум                                       |
| ПК-7 | <b>Владеть:</b> навыками связывать результаты эксперимента с составом и свойствами смеси органических соединений<br><b>Знать:</b> формы представления полученных результатов при хроматографических исследованиях в виде отчетов и научных публикаций<br><b>Уметь:</b> представлять результаты полученные при хроматографических исследованиях органических соединений, в виде отчетов и научных публикаций<br><b>Владеть:</b> навыками оформления результатов полученных при хроматографических исследованиях органических соединений, в виде отчетов и научных публикаций | Круглый стол, мини-конференция<br><br>Устный опрос, письменный опрос, тестирование<br><br>Письменный опрос, коллоквиум<br><br>Круглый стол |

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, описание шкал оценивания.

ПК-1 – “Способностью проводить научные исследования по сформулированной тематике и получить новые научные и прикладные результаты проблем, определяющих конкретную область деятельности”

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)   | Оценочная шкала  |  |  |
|---------|--|--|--|--|
|         |  | Удовлетворительно  | Хорошо   | Отлично  |
| ПК-1    | <b>Знать:</b> пути проведения научных исследований органических соединений с использованием газо-жидкостной хроматографией (ГЖХ) | Имеет общее представление о проведении научных исследований методом ГЖХ- | Способен проводить научные исследования органических соединений с использованием | Знает в полном объеме пути проведения научных исследований мето- |

|  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|---|
|  |  | анализа  | газовой хроматографии, но допускает неточности   | дом ГЖХ-анализа   |
|  | <b>Уметь:</b> проводить научные исследования по изучению органических соединений методом ГЖХ-анализа   | Умеет на практике проводить исследования органических соединений с использованием газовой хроматографии, но допускает ошибки         | В целом умеет проводить научные исследования органических соединений хроматографическим методом                      | Умеет самостоятельно и грамотно проводить научные исследования органических соединений хроматографическим методом |
|  | <b>Владеть:</b> способностью получать новые научные и прикладные результаты при проведении научных исследований по изучению органических соединений методом газожидкостной хроматографии | Частично владеет навыками проведения научных исследований и получения новых научных и прикладных результатов в области хроматографии | Навыками получения новых научных и прикладных результатов при изучении органических соединений методом хроматографии | Владеет в совершенстве навыками получения новых научных и прикладных результатов в области хроматографии          |

ПК-2 «Владением навыками использования современной аппаратуры при проведении научных исследований».

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)   | Оценочная шкала   |  |  |
|---------|--|---|--|--|
|         |  | Удовлетворительно   | Хорошо   | Отлично  |
| ПК-2    | <b>Знать:</b> современные марки газовых хроматографов, используемых при изучении органических соединений     | Не в полном объеме знает современные марки хроматографов, используемых при изучении органических соединений | В целом знает современную аппаратуру, используемую при анализе органических соединений методом хроматографии                 | Знает в полном объеме современные марки хроматографов, используемых при изучении органических соединений |
|         | <b>Уметь:</b> использовать современную аппаратуру газовой хроматографии при изучении органических соединений | Не всегда умеет использовать современную аппаратуру газовой хроматографии                                   | Умеет использовать современные газовые хроматографы при изучении органических соединений, но допускает незначительные ошибки | Умеет грамотно использовать современные газовые хроматографы при исследовании органических соединений    |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
| <b>Владеть:</b> навыками работы на современных марках газовых хроматографах при изучении органических соединений | Частично владеет навыками работы на современных марках газовых хроматографов | Владеет навыками работы на современных марках газовых хроматографов, но допускает ошибки | Владеет отличными навыками работы на современных марках газовых хроматографов |
|--|--|--|---|

ПК-5 «Способностью приобретать новые знания с использованием современных научных методов и владение ими на уровне, необходимом для решения задач, имеющих естественнонаучное содержание и возникающих при выполнении естественнонаучное содержание и возникающих при выполнении профессиональных функций»

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)   | Оценочная шкала   |   |   |
|---------|--|---|---|---|
|         |  | Удовлетворительно   | Хорошо  | Отлично   |
| ПК-5    | <b>Знать:</b> современные хроматографические методы для решения задач, имеющих практическое значение, включая компьютерные технологии.   | Имеет общее представление о современных хроматографических методах и не всегда может использовать их при решении конкретных практических задач          | Имеет представление о современных хроматографических методах и может использовать их при решении конкретных практических задач      | Имеет четкое, целостное представление о современных хроматографических методах  |
|         | <b>Уметь:</b> использовать современные хроматографические методы в органическом синтезе с использованием компьютерных технологий для решения проблем, возникающих при выполнении профессиональных функций. | Умеет использовать современные хроматографические методы при решении практических задач, но испытывает затруднения                                      | Умеет самостоятельно использовать современные хроматографические методы при решении практических задач                              | Умеет самостоятельно ставить задачу и решить ее с использованием современных научных методов, включая компьютерные технологии     |
|         | <b>Владеть:</b> современными хроматографическими методами на уровне, необходимом для решения задач, имеющих научно-практическое значение   | Владеет общими представлениями о возможностях практического применения современных хроматографических методов, но допускает ошибки при их использовании | Владеет современными хроматографическими методами и может самостоятельно применять их на практике, владеет компьютерной технологией | Владеет в совершенстве современными хроматографическими методами, способен применить их при решении конкретных практических задач |

ПК-7 “Готовностью представлять полученные в исследованиях результаты в виде отчетов и научных публикаций (стендовых докладов, рефератов и статей в периодической научной печати)”

| Уровень | Показатели (что обучающийся должен продемонстрировать)   | Оценочная шкала   |   |  |
|---------|--|---|---|--|
|         |  | Удовлетворительно   | Хорошо  | Отлично  |
| ПК-7    | <b>Знать:</b> формы представления полученных результатов при хроматографических исследованиях в виде отчетов и научных публикаций                            | Знает не все формы представления полученных результатов хроматографирования органических соединений в виде отчетов и научных публикаций               | Знает все формы представления полученных результатов хроматографирования органических соединений в виде отчетов и научных публикаций, но допускает ошибки | Знает все формы представления полученных результатов хроматографирования органических соединений в виде отчетов и научных публикаций                   |
|         | <b>Уметь:</b> представлять результаты полученные при хроматографических исследованиях органических соединений, в виде отчетов и научных публикаций           | Не полностью умеет, как представлять полученные результаты в виде отчетов и научных публикаций  | Знает, как представлять полученные результаты в виде отчетов и научных публикаций, но ошибается   | Умеет грамотно представлять полученные результаты в виде отчетов и научных публикаций  |
|         | <b>Владеть:</b> навыками оформления результатов полученных при хроматографических исследованиях органических соединений, в виде отчетов и научных публикаций | Владеет общими представлениями оформления результатов, полученных при хроматографировании органических соединений в виде отчетов и научных публикаций | Владеет навыками оформления полученных результатов при хроматографировании органических соединений, в виде отчетов и научных публикаций, но ошибается     | Владеет в совершенстве навыками оформления полученных результатов при хроматографировании органических соединений, в виде отчетов и научных публикаций |

### 7.3. Типовые контрольные задания

#### Формы контроля и критерии оценок

Формы и виды самостоятельной работы студентов по дисциплине устанавливаются следующие:

- самостоятельное изучение дополнительных тем с последующим разбором на лабораторных занятиях;
- подготовка к лабораторным работам;
- отчет по лабораторным работам;

- подготовка к коллоквиуму;
- подготовка к зачету.

Формы контроля: текущий контроль (систематический учет знаний и активность студентов на занятиях), промежуточный контроль по модулю (рубежная контрольная работа по пройденному блоку тем) и итоговой контроль (зачет). Текущий контроль осуществляется в виде устного опроса, тестирования, проведения коллоквиума, обсуждения реферата, проверки домашнего задания.

Оценка текущего контроля включает 70 баллов:

- активность на семинарском занятии (20 баллов),
- выполнение домашнего задания (20 баллов),
- тестирования на семинарах (30 баллов).

Промежуточный контроль (в виде контрольной работы или коллоквиума) оценивается в 30 баллов.

Итоговый контроль (100 баллов) проводится в виде устного собеседования или в виде письменного теста, содержащего вопросы по всем разделам курса “Хроматография органических соединений”, изучавшимся в процессе семестра. Среднее число баллов по всем модулям, которое дает право получения положительной оценки с итоговым контролем знаний – 51 и выше.

### **Вопросы по текущему контролю**

#### **Модуль 1. Сущность хроматографии. Классификация методов хроматографии. Основы газовой хроматографии**

1. Когда и кем открыт метод хроматографии?
2. Для каких целей используется хроматография?
3. На каком физическом явлении основан метод?
4. Что называют подвижной и неподвижной фазой?
5. Какие признаки легли в основу классификации хроматографических методов?
6. Какие разновидности хроматографии возможны?
7. Тонкослойная хроматография и ее особенности.
8. Колоночная хроматография и ее особенности.
9. Бумажная хроматография и ее особенности.
10. В чем заключается сущность метода идентификации вещества?
11. Какова роль и значение метода газовой хроматографии в аналитической практике.
12. Каковы преимущества газовой хроматографии перед другими методами?
13. В чем заключается принцип разделения веществ в газовой хроматографии?
14. Как классифицируются методы газовой хроматографии в зависимости от агрегатного состояния фаз?
15. Какие основные задачи газовой хроматографии?

## **Модуль 2. Газожидкостная хроматография органических соединений и ее сущность**

1. Из каких основных частей и узлов состоит газовый хроматограф?
2. Где происходит разделение компонентов анализируемой смеси в газовых хроматографах?
3. Как называется запись, произведенная самописцем?
4. В чем сущность качественного анализа компонентов?
5. В чем сущность количественного анализа компонентов?
6. С какими физико-химическими методами сочетается ГЖХ-анализ?
7. Какие известны типы детекторов?
8. Как осуществляется выбор детектора?
9. Какие хроматографические колонки используются на практике?
10. Какие факторы определяют разделительную способность хроматографической колонки?
11. Какие адсорбенты применяются в ГЖХ-анализе?
12. Какие известны носители в ГЖХ-анализе и на чем основан их выбор?
13. Что такое индексы Ковага и как их рассчитывают?
14. С какими другими методами сочетается ГЖХ-анализ?

## **Модуль 3. Газовая хроматография как метод физико-химического исследования**

1. Какие физико-химические свойства органических соединений изучают хроматографией?
2. Какие качественные и количественные характеристики связаны с физико-химическими свойствами веществ?
3. Какие Вы знаете термодинамические константы фазового равновесия?
4. Как рассчитываются термодинамические константы фазового равновесия?
5. Как рассчитывается удельный удерживаемый объем?
6. Каким соотношениям удельный удерживаемый объем связан с коэффициентом распределения?
7. Какие вы знаете термодинамические функции адсорбция и растворения?
8. Как рассчитываются энтальпия, энтропия и теплота адсорбции и растворения, соответственно?
9. Как влияют термодинамические функции на полноту разделения органических соединений? Приведите примеры
10. Как формулируется правило Траубе? (Изобразите его графически).

### **Типовые тестовые задания по курсу**

#### **Модуль 1. Сущность хроматографии. Классификация методов хроматографии. Основы газовой хроматографии**

1. Хроматографический метод открыл:
  - 1) А.Мартин в 1941 г.;
  - 2) Е.Н. Гопон в 1948;



- 3) **М.С. Цвет в 1903;**  
4) А.А. Жуховицким в 1951 г.
2. Метод хроматографии основан на различии анализируемых компонентов смеси:
- 1) химических свойств;
  - 2) **адсорбционных свойств;**
  - 3) растворимости;
  - 4) плотности
3. В переводе с греческого «хроматография» означает:
- 1) цветоразделение;
  - 2) цветопоглощение;
  - 3) **цветописание;**
  - 4) цветовыделение
4. Хроматография – это метод разделения компонентов смеси:
- 1) экстракцией;
  - 2) **сорбцией;**
  - 3) фильтрованием;
  - 4) перегонкой
5. «Сорбция» означает поглощение вещества:
- 1) **твердым телом или жидкостью;**
  - 2) инертным газом;
  - 3) парами воды;
  - 4) воздухом
6. «Сорбент» - это:
- 1) подвижная фаза;
  - 2) **неподвижная фаза;**
  - 3) газообразная фаза;
  - 4) поглощаемое тело
7. «Сорбат» - это:
- 1) неподвижная фаза;
  - 2) поглощаемое тело;
  - 3) твердая фаза;
  - 4) **подвижная фаза**
8. «Абсорбция» - это:
- 1) **поглощение всей массой сорбента;**
  - 2) выделение из всей массы сорбента;
  - 3) поглощение поверхностным слоем сорбента;
  - 4) выделение из поверхностного слоя сорбента
9. «Адсорбция» - это:
- 1) выделение из поверхностного слоя сорбента;
  - 2) поглощение всей массой сорбента;
  - 3) выделение из всей массы сорбента;
  - 4) **поглощение поверхностным слоем сорбента**

10. Бумажная от тонкослойной хроматографии отличается:
- 1) агрегатным состоянием фаз;
  - 2) **аппаратурным оформлением процесса;**
  - 3) целью процесса;
  - 4) природой элементарного акта
11. Колоночная газо-жидкостная от газо-адсорбционной отличается:
- 1) **агрегатным состоянием неподвижной фазы;**
  - 2) аппаратурным оформлением процесса;
  - 3) целью процесса;
  - 4) природой элементарного акта;
12. Газо-жидкостная от жидкостно-адсорбционной отличается:
- 1) целью процесса;
  - 2) природой элементарного акта;
  - 3) **агрегатным состоянием подвижной фазы;**
  - 4) агрегатным состоянием неподвижной фазы;

## Модуль 2. Газожидкостная хроматография и ее сущность

1. Газовая хроматография открыта:
- 1) 1952 г. Джеймсом и А. Мартином;
  - 2) **1931 г. Куном;**
  - 3) 1903 г. М.С.Цветом
  - 4) 1948 г. Е.Н. Гапоном
2. В газо-абсорбционной хроматографии неподвижная фаза:
- 1) газ;
  - 2) **жидкость;**
  - 3) твердое вещество;
  - 4) газ + жидкость
3. В газо-жидкостной хроматографии подвижная фаза:
- 1) **газ;**
  - 2) жидкость;
  - 2) твердое вещество;
  - 4) газ + жидкость
4. Газо-жидкостная хроматография основана на различии для разделяемых веществ:
- 1) растворимости;
  - 2) химических свойств;
  - 3) **коэффициентов распределения;**
  - 4) плотности
5. Хроматограмма – это:
- 1) **графическое изображение распределения веществ в смеси;**
  - 2) весовое соотношение компонентов смеси;
  - 3) количественный показатель коэффициентов распределения;
  - 4) качественный показатель десорбционных свойств
6. Качественным параметром ГЖХ анализа является:
- 1) высота пика;
  - 2) **время удерживания;**
  - 3) площадь пика;
  - 4) произведение высоты пика на время удерживания ( $t_R$ );
7. Время удерживания ( $t_R$ ) – это время от момента ввода пробы до:

- 1) **выхода максимума пика компонента;**
  - 2) начала выхода пика;
  - 3) окончания выхода пика;
  - 4) начала следующего пика
8. При расчете исправленного времени удерживания ( $t'_R$ ) учитывают, время удерживания:
- 1) стандартного соединения;
  - 2) предыдущего гомолога ряда;
  - 3) **несорбирующего газа;**
  - 4) **последующего гомолога ряда**
9. Удерживаемый объем ( $v_R$ ) – это объем прошедший через колонку от момента:
- 1) **ввода пробы до момента выхода максимальной концентрации вещества;**
  - 2) начала пика соединения до момента выхода максимальной концентрации вещества;
  - 3) ввода несорбирующегося газа до момента выхода максимальной концентрации вещества;
  - 4) **ввода стандартного соединения до момента выхода максимальной концентрации вещества**
10. Качественный анализ от количественного анализа в хроматографии отличается:
- 1) аппаратным оформлением процесса;
  - 2) природой элементарного акта;
  - 3) **целью процесса;**
  - 4) агрегатным состоянием фаз
11. Качественным параметром ГЖХ-анализа является:
- 1) коэффициент распределения ( $K$ );
  - 2) удельный удерживаемый объем ( $V_g$ );
  - 3) энтропия растворения ( $\Delta S_s$ );
  - 4) **индекс удерживания Ковача ( $I$ )**
12. Количественным параметром ГЖХ-анализа является:
- 1) **площадь пика ( $S$ );**
  - 2) относительный удерживаемый объем ( $V_R^{omn}$ );
  - 3) исправленный удерживаемый объем ( $V'_R$ );
  - 4) абсолютный удерживаемый объем ( $V_R$ )
13. Основным узлом хроматографа является:
- 1) дозатор;
  - 2) детектор;
  - 3) **колонка;**
  - 4) регистратор
14. Недостатком метода ГЖХ является:
- 1) высокая чувствительность;
  - 2) **асимметричность пиков;**
  - 3) симметричность пиков;
  - 4) низкие коэффициенты распределения

ы15. Достоинством метода ГЖХ является:

- 1) отсутствие нелетучих фаз при  $t > 500$  °С;
- 2) асимметричность пиков;
- 3) неравномерное покрытие твердого носителя;
- 4) **избирательность**

### **Модуль 3. Газовая хроматография как метод физико-химического исследования**

1. Термодинамической константой фазового равновесия является:

- 1) **коэффициент распределения**
- 2) теплота растворения
- 3) энтропия растворения
- 4) энтальпия растворения

2. Термодинамическими функциями растворения являются:

- 1) **энтропия растворения**
- 2) коэффициент распределения
- 3) коэффициент адсорбции
- 4) энтальпия растворения

3. Функцией коэффициента распределения является качественная характеристика:

- 1) индекс Ковача
- 2) **удерживаемый объем**
- 3) площадь хроматографического пика
- 4) высота хроматографического пика

4. Правило Траубе связано с термодинамической функцией:

- 1) энтропией растворения
- 2) энтальпией адсорбции
- 3) **теплотой растворения**
- 4) энтропией адсорбции

5. Основой для определения сорбционных характеристик является:

- 1) удерживаемый объем
- 2) **площадь хроматографического пика**
- 3) температура удерживания
- 4) индекс Ковача

### **Контрольные вопросы к зачету**

1. Когда и кем открыт метод хроматографии?
2. Для каких целей используется хроматография?
3. На каком физическом явлении основан метод?
4. Что называют подвижной и неподвижной фазой?
5. Какие признаки легли в основу классификации хроматографических методов?
6. Какие разновидности хроматографии возможны?
7. Тонкослойная хроматография и ее особенности.
8. Колоночная хроматография и ее особенности.
9. Бумажная хроматография и ее особенности.

10. В чем заключается сущность метода идентификации вещества?
11. Какова роль и значение метода газовой хроматографии в аналитической практике.
12. Каковы преимущества газовой хроматографии перед другими методами?
13. В чем заключается принцип разделения веществ в газовой хроматографии?
14. Как классифицируются методы газовой хроматографии в зависимости от агрегатного состояния фаз?
15. Из каких основных частей и узлов состоит газовый хроматограф?
16. Где происходит разделение компонентов анализируемой смеси в газовых хроматографах?
17. Как называется запись, произведенная самописцем?
18. В чем сущность качественного анализа компонентов?
19. В чем сущность количественного анализа компонентов?
20. С какими физико-химическими методами сочетается ГЖХ-анализ?
21. Какие физико-химические свойства органических соединений изучают хроматографией?
22. Какие качественные и количественные характеристики связаны с физико-химическими свойствами веществ?
23. Какие Вы знаете термодинамические константы фазового равновесия?
24. Как рассчитываются термодинамические константы фазового равновесия?
25. Как рассчитывается удельный удерживаемый объем?
26. Каким соотношениям удельный удерживаемый объем связан с коэффициентом распределения?
27. Какие вы знаете термодинамические функции адсорбция и растворения?
28. Как рассчитываются энтальпия, энтропия и теплота адсорбции и растворения, соответственно?
29. Как влияют термодинамические функции на полноту разделения органических соединений? Приведите примеры
30. Как формулируется правило Траубе? (Изобразите его графически).

## **8. Учебно-методическое обеспечение дисциплины**

### **Основная литература**

1. Шаповалова Е.Н., Пирогов А.В. Хроматографические методы анализа. Методическое пособие для специального курса. М.: Изд-во МГУ, 2007. 204с.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия. Физико-химические методы анализа. М.: Дрофа 2009, 382 с.

### **Дополнительная**

1. Айвазов Б.В. Введение в хроматографию.– М.: Высшая школа, 1983.
2. Вяхирев Д.А., Шушунова А.Ф., Руководство по газовой хроматографии.- М.: Высшая школа, 1975.

3. Сакодынский К.И., Орехов Б.И. Хроматография в науке и технике.- М.: Знание, 1982.
4. Зубрицкий Л.М., Севбо Д.П., Трощенко А.Т. Применение хроматографии в лаборатории органического синтеза / методические указания/. – Л.: Ленинградский технологический институт, 1979.
- 5.Белявская Т.А., Большова Т.А., Брыкина Г.Д. Методики по хроматографическому анализу. – М.: МГУ, 1980.
- 6.Бабаева Л.Г. Хроматография органических соединений (методич. указания), Махачкала, ДПЦ, 1986
- 7.Омаров А.М., Вагабов М.В. Методические указания по физико-химическим методам анализа для студентов 10.07 (Газовая хроматография). Махачкала, ДГТУ, 1986, 32 с.
- 8.Столяров Б.В. и др. Практическая газовая и жидкостная хроматография: Уч. пособие. С.-Пб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 1998. 612 с.

#### **9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети “Интернет”, необходимых для освоения дисциплины**

1. Электронные образовательные ресурсы образовательного сервера ДГУ [elib.dgu.ru](http://elib.dgu.ru)
2. <http://www.biblioclub.ru>
3. Каталог образовательных интернет-ресурсов <http://www.edu.ru/>
4. Химический каталог: Химические ресурсы Рунета <http://www.ximicat.com/>
5. Портал фундаментального химического образования России <http://www.chemnet.ru>
6. XuMuK: сайт о химии для химиков <http://www.xumuk.ru/>
7. <http://elibrary.ru/defaultx.asp>

#### **10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Методические указания студентам должны раскрывать рекомендуемый режим и характер учебной работы по изучению теоретического курса (или его раздела/части), практических и/или семинарских занятий, лабораторных работ (практикумов), и практическому применению изученного материала, по выполнению заданий для самостоятельной работы, по использованию информационных технологий и т.д. Методические указания должны мотивировать студента к самостоятельной работе и не подменять учебную литературу.

Указывается перечень учебно-методических изданий, рекомендуемых студентам для подготовки к занятиям и выполнения самостоятельной работы, а также методические материалы на бумажных и/или электронных носителях, выпущенные кафедрой своими силами и предоставляемые студентам во время занятий:

- рабочие тетради студентов;
- наглядные пособия;
- гlossарий (словарь терминов по тематике дисциплины);

- тезисы лекций,
- раздаточный материал и др.

Самостоятельная работа студентов, предусмотренная учебным планом в объеме не менее 50-70% общего количества часов, должна соответствовать более глубокому усвоению изучаемого курса, формировать навыки исследовательской работы и ориентировать студентов на умение применять теоретические знания на практике.

Задания для самостоятельной работы составляются по разделам и темам, по которым не предусмотрены аудиторские занятия, либо требуется дополнительно проработать и проанализировать рассматриваемый преподавателем материал в объеме запланированных часов.

Задания по самостоятельной работе могут быть оформлены в виде таблицы с указанием конкретного вида самостоятельной работы:

- конспектирование первоисточников и другой учебной литературы;
- проработка учебного материала (по конспектам лекций учебной и научной литературе) и подготовка докладов на семинарах и практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях и деловых играх;
- работа с нормативными документами и законодательной базой;
- поиск и обзор научных публикаций и электронных источников информации, подготовка заключения по обзору;
- выполнение контрольных работ, творческих (проектных) заданий, курсовых работ (проектов);
- решение задач, упражнений;
- написание рефератов (эссе);
- работа с тестами и вопросами для самопроверки;
- выполнение переводов на иностранные языки/с иностранных языков;
- моделирование и/или анализ конкретных проблемных ситуаций ситуации;
- обработка статистических данных, нормативных материалов;
- анализ статистических и фактических материалов, составление выводов на основе проведенного анализа и т.д.

Самостоятельная работа должна носить систематический характер, быть интересной и привлекательной для студента.

Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации студента (зачет, экзамен). При этом проводятся: тестирование, экспресс-опрос на семинарских и практических занятиях, заслушивание докладов, проверка письменных работ и т.д.

| Разделы и темы для самостоятельного изучения   | Виды и содержание самостоятельной работы   |
|--|--|
| Модуль 1. Сущность хроматографии. Классификация методов хроматографии. Основы газовой хроматографии<br>Тема 1. Сущность хроматографии. История возникновения и развития хроматографии. Подвижная и неподвижная | Проработка учебного материала (по конспектам лекций, по учебной и научной литературе)<br>Закрепить основные понятия в хроматографии и шире ознакомиться с историей развития метода и его особенностями |

|  |   |
|--|---|
| фазы.  |   |
| Модуль 1. Сущность хроматографии. Классификация методов хроматографии. Основы газовой хроматографии<br>Тема 2. Классификация методов хроматографии и ее виды. Разновидности хроматографии на основе природы подвижной, неподвижной фаз и аппаратного оформления. | Изучить и рассмотреть на примерах многообразные виды классификаций хроматографического метода, основанных на различных признаках.   |
| Модуль 1. Сущность хроматографии. Классификация методов хроматографии. Основы газовой хроматографии<br>Тема 3. Теоретические основы газовой хроматографии. Основная аппаратура, применяемая в газовой хроматографии. Схема газового хроматографа.                | Глубже разобрать принципы разделения смесей на основе газовой хроматографии, ее преимущества перед другими видами хроматографии   |
| Модуль 2. Газожидкостная хроматография органических соединений и ее сущность<br>Тема 4. Основы ГЖХ- анализа. Устройство и принцип работы газового хроматографа. Хроматографическая колонка и ее виды. Выбор жидких фаз и твердого носителя.                      | Разобрать схему и принцип работы газового хроматографа, виды подвижной и неподвижной фаз  |
| Модуль 2. Газожидкостная хроматография органических соединений и ее сущность<br>Тема 5. Качественный газохроматографический анализ. Время удерживания и удерживаемый объем. Расчет их абсолютных и относительных значений.                                       | Уяснить роль качественного ГЖХ-анализа и его характеристики, разобрать расчет абсолютных и относительных значений этих характеристик  |
| Модуль 2. Газожидкостная хроматография органических соединений и ее сущность<br>Тема 6. Количественный газохроматографический анализ. Основные количественные характеристики и методы их расчета.  | Проработать материал по расчету различных количественных характеристик ГЖХ-анализа, ознакомиться с методами расчета площадей хроматографических пиков   |
| Модуль 3. Газовая хроматография как метод физико-химического исследования<br>Тема 7. Термодинамические константы фазового равновесия   | Глубже уяснить физический смысл термодинамических констант фазового равновесия - коэффициента адсорбции ( $\Gamma$ ) и коэффициента распределения ( $K$ ) и их связь с термодинамическими функциями растворения |
| Модуль 3. Газовая хроматография как метод физико-химического исследования<br>Тема 8. Термодинамические функции растворения   | Разобраться в расчетах термодинамических функций растворения – энтальпии, энтропии, теплоты адсорбции и растворения. Установить взаимосвязь между ними.   |
| Модуль 3. Газовая хроматография как метод физико-химического исследования  | Проанализировать различные случаи температурной зависимости объема удерживания органических соединений и сопоставить полноту  |



### **11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем.**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине “Хроматография органических соединений” используются следующие информационные технологии:

- Занятия компьютерного тестирования.
- Демонстрационный материал применением проектора и интерактивной доски.
- Компьютерные программы для статистической обработки результатов анализа.
- Программы пакета Microsoft Office

### **12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине.**

В соответствии с требованиями ФГОС кафедра имеет специально оборудованную учебную аудиторию для проведения лекционных занятий, которая укомплектована техническими средствами обучения (экран настенный с электроприводом и дистанционным управлением, мультимедиа проектор с ноутбуком).

Лаборатории кафедры оснащены установками для синтеза органических соединений, имеется установка для вакуумной перегонки, установки для перегонки с водяным паром, установка для перегонки при нормальном давлении, прибор для определения температуры плавления, рефрактометр RL-2, ротормый испаритель, бидистилляторы, микроскопы, сушильные шкафы КС-65, весы, компьютер.

Занятия проводятся в лаборатории №9 и в лабораториях экспертно-исследовательского отдела центрального экспертно-криминалистического управления и филиала ДНЦ РАН.