

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»  
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан химического факультета,  
Акад. РАН, профессор



/В.В. Лунин/

«27» февраля 2017 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**  
**Спектроскопические и масс-спектрометрические методы анализа**

**Уровень высшего образования:**  
Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**  
04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
Аналитическая химия

**Форма обучения:**  
очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №1 от 27.01.2017)

Москва 2017

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 22 июля 2011 года № 729 (в редакции приказов МГУ от 22 ноября 2011 года № 1066, от 21 декабря 2011 года № 1228, от 30 декабря 2011 года № 1289, от 27 апреля 2012 года № 303, от 30 декабря 2016 года № 1671).

Год (годы) приема на обучение

2014/2015, 2015/2016, 2016/2017, 2017/2018, 2018/2019

---

1. Наименование дисциплины (модуля) **Спектроскопические и масс-спектрометрические методы анализа**
2. Уровень высшего образования – **специалитет.**
3. Направление подготовки: **04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия.**
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД.
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

<b>Компетенция</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
<p><b>ОПК-1.С.</b> Способность решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов</p>	<p><b>Уметь</b> анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании по теме выпускной квалификационной работы,</p> <p><b>Уметь:</b> самостоятельно составлять план исследования</p> <p><b>Владеть</b> навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения</p>
<p><b>СПК-1.С.</b> Способность использовать знания об основных закономерностях современных спектроскопических методов анализа при решении задач профессиональной деятельности</p>	<p><b>Знать:</b> теоретические основы современных спектроскопических методов исследования и анализа веществ</p> <p><b>Уметь:</b> активно использовать знания о физических основах современных спектроскопических методов анализа при решении задач профессиональной деятельности</p>
<p><b>СПК-4.С.</b> Способность применять законы, лежащие в основе различных методов химического анализа, при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных</p>	<p><b>Знать:</b> основные модельные представления, применяемые для описания свойств и структуры молекулярных систем</p> <p><b>Уметь:</b> сопоставлять данные разных источников и предлагать возможные способы решения конкретных аналитических задач</p> <p><b>Владеть:</b> навыками на основе анализа научной литературы выбора спектроскопических методов решения аналитических задач и составления плана работы.</p>

6. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

*Объем дисциплины (модуля) составляет 4 зачетных единицы, всего 144 часа, из которых 98 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (54 часа занятия лекционного типа, 36 часов – занятия семинарского типа, 4 часа – групповые консультации, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), 46 часов составляет самостоятельная работа студента.*

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Обучающийся должен

**знать:** теоретические основы современных спектроскопических методов исследования и анализа веществ.

**уметь:** активно использовать знания о физических основах современных спектроскопических методов анализа при решении задач профессиональной деятельности.

**владеть:** основными химическими теориями, концепциями, законами, описывающими физико-химические явления, применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных.

## 8. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них						Самостоятельная работа обучающегося, часы из них		
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	Всего
Раздел 1. Методы оптической атомной спектроскопии.	16	8	6				14	2		2
Раздел 2. Методы молекулярной спектроскопии.	18	8	6	2			16	2		2
Раздел 3. Методы электронной и рентгеновской спектроскопии.	12	6	4				10	2		2
Раздел 4. Базовые принципы масс-спектрометрии	14	8	4	0	0	0	12	2		2
Раздел 5. Методы ионизации в	30	16	10	0	0	0	26	4		4

масс-спектрометрии. Масс-анализаторы в масс-спектрометрии										
Раздел 6. Современные варианты масс-спектрометрических методов анализа	18	8	6	2	0		16	2		2
Промежуточная аттестация <i>экзамен</i>	36					4	4			32
<b>Итого</b>	<b>144</b>	54	36	4		<b>4</b>	<b>98</b>			<b>46</b>

#### 9. Образовательные технологии:

- применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управляющих приборами;
- использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;
- преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

#### 10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):

Студентам предоставляется программа курса, план занятий и задания для самостоятельной работы, презентации к лекционным занятиям.

#### *Примеры вопросов по спектроскопическим методам анализа для контрольных работ и тестовых опросов:*

1. Почему для проведения атомно-эмиссионного анализа нужно не только возбудить атомы, но и предварительно атомизировать пробу?
2. В каком диапазоне длин волн расположены эмиссионные линии атомов при пламенном, дуговом и искровом способе атомизации и возбуждения?
3. При каком способе атомизации пробы и возбуждения атомов – пламенном, дуговом или искровом – количество эмиссионных линий в оптическом спектре будет наибольшим (наименьшим)? Почему?
4. Почему для качественного анализа атомно-эмиссионным методом рекомендуют использовать дуговой разряд, а для количественного – искровой?

5. Возможно ли неограниченное увеличение доли возбуждённых атомов аналита в плазме (а значит, и чувствительности определения) при термическом способе возбуждения? Обоснуйте ответ.
6. Объясните характер зависимости интенсивности эмиссионной линии атома от температуры атомизатора?
7. Перечислите основные факторы, ограничивающие чувствительность атомно-эмиссионного метода.
8. Укажите причины более высокой чувствительности метода эмиссионной фотометрии пламени по сравнению с дуговым (искровым) атомно-эмиссионным методом.
9. Почему использование индуктивно связанной плазмы обеспечивает более высокую чувствительность атомно-эмиссионного метода по сравнению с другими способами атомизации пробы и возбуждения атомов и ионов?
10. Назовите способы повышения степени атомизации при проведении анализа методом эмиссионной фотометрии пламени.
11. Назовите причину нелинейных искажений градуировочной зависимости в атомно-эмиссионном методе в области больших содержаний аналита в плазме. Как устранить эту нелинейность?
12. Почему в атомно-эмиссионном анализе нелинейные искажения градуировочной зависимости, обусловленные ионизацией атомов, наиболее сильно проявляются в области малых концентраций аналита в плазме? Каким образом можно уменьшить степень ионизации атомов?
13. Какой источник атомизации и возбуждения – пламя газовой горелки, дуговой и искровой разряд, индуктивно связанная плазма – обеспечивает наибольший диапазон линейности градуировочной зависимости? Почему?
14. Сравните конструктивные особенности атомно-эмиссионных спектрометров при использовании пламенного, дугового и искрового способов атомизации пробы и возбуждения атомов и ионов.
15. Из какого материала – стекла или кварца – следует изготавливать оптические элементы спектрометра при пламенном и дуговом возбуждении атомов анализируемой пробы? Почему?
16. Почему в атомно-абсорбционном спектре проявляются только наиболее интенсивные резонансные линии?
17. При прочих равных условиях, какие линии в оптических спектрах свободных атомов шире – эмиссионные или абсорбционные?
18. Селективность какого метода выше – атомно-эмиссионного или атомно-абсорбционного? Почему?
19. Можно ли использовать атомно-абсорбционный метод для качественного анализа многоэлементных проб? Почему?
20. При каких условиях можно корректно измерить селективное поглощение электромагнитного излучения оптического диапазона атомами анализируемой пробы? Сформулируйте и обоснуйте правило Уолша.
21. Почему эмиссионные линии лампы с полым катодом уже абсорбционных линий атомов в пламени газовой горелки?
22. Можно ли вместо лампы с полым катодом в атомно-абсорбционном спектрометре использовать мощную лампу накаливания (источник непрерывного спектра) в сочетании с дифракционным монохроматором, полоса пропускания которого составляет  $10^{-2} - 10^{-1}$  нм? Обоснуйте ответ.
23. Как и почему оптическая плотность атомного пара на выбранной длине волны зависит от температуры атомизатора?
24. Укажите причины более высокой чувствительности электротермического атомно-абсорбционного метода по сравнению с его пламенным вариантом.

25. Назовите причины сравнительно невысокой воспроизводимости результатов измерений электротермическим атомно-абсорбционным методом. Каким образом можно её увеличить?
26. Перечислите причины нелинейных искажений градуировочной зависимости в атомно-абсорбционном анализе в области больших концентраций аналита в плазме.
27. Какова роль монохроматора в атомно-абсорбционном спектрометре?
28. К каким последствиям приведёт отказ от аппаратной компенсации испускания фона при выполнении анализа атомно-абсорбционным методом?
29. Какой способ учёта неселективного поглощения характеристического излучения атомов в плазме более эффективен – дейтериевая или зеемановская коррекция? Обоснуйте ответ.
30. Какое пламя – окислительное или восстановительное, низко- или высокотемпературное – целесообразно использовать при определении алюминия?
31. В эмиссионном спектре атомов меди есть линии со сравнительно низким потенциалом возбуждения. Какой аналитический метод – пламенная атомно-абсорбционная спектроскопия или эмиссионная фотометрия пламени – обеспечит более высокую чувствительность определения?
32. Какой способ атомизации пробы – пламенный или электротермический (с использованием графитовой кюветы) – целесообразно использовать при атомно-абсорбционном определении циркония и вольфрама? Почему?
33. Рентгенофлуоресцентный метод относится к группе методов аналитической атомной спектроскопии. Нужно ли атомизировать пробу для проведения рентгенофлуоресцентного анализа?
34. Зависит ли появление рентгенофлуоресцентной линии в спектре от энергии возбуждающего излучения? Почему?
35. Зависит ли положение рентгенофлуоресцентной линии в спектре от энергии возбуждающего излучения? Почему?
36. Зависит ли положение рентгенофлуоресцентной линии в спектре от ближайшего химического окружения атомов определяемого элемента?
37. В каком порядке расположены рентгеновские линии  $\text{NaK}_\alpha$ ,  $\text{MgK}_\alpha$  и  $\text{AlK}_\alpha$  в волновом и энергетическом спектре? Обоснуйте ответ.
38. Какие элементы – лёгкие или тяжёлые – можно определить рентгенофлуоресцентным методом с большей чувствительностью? Почему?
39. Перечислите достоинства и недостатки основных источников первичного (возбуждающего) излучения в рентгенофлуоресцентном анализе – рентгеновской трубки, радионуклидного источника, синхротрона.
40. Почему в рентгенофлуоресцентном анализе увеличение мощности рентгеновской трубки не приводит к пропорциональному росту чувствительности методики определения? Назовите факторы, ограничивающие чувствительность рентгенофлуоресцентного метода.
41. Эффективность процесса возбуждения (фотоионизации) атома рентгеновским излучением характеризует массовый коэффициент поглощения. Обоснуйте вид зависимости этого параметра от длины волны (степенная кусочно-непрерывная функция).
42. Укажите материал анода рентгеновской трубки ( $^{24}\text{Cr}$ ,  $^{29}\text{Cu}$ ,  $^{42}\text{Mo}$ ), который обеспечит наибольшую чувствительность определения  $^{27}\text{Co}$ . Почему?



43. Что ограничивает диапазон линейности градуировочной зависимости в рентгенофлуоресцентном анализе?
44. От чего зависит погрешность результатов количественного рентгенофлуоресцентного анализа твёрдого тела?
45. Перечислите достоинства и недостатки рентгенофлуоресцентных спектрометров с волновой и энергетической дисперсией.
46. Сравните пропускание и разрешение рентгенофлуоресцентного спектрометра с волновой дисперсией при выполнении измерений в первом и втором порядке отражения кристалла-анализатора.
47. Что такое «матричные эффекты»? Почему в количественном рентгенофлуоресцентном анализе многоэлементных объектов проблема матричных эффектов особенно актуальна?
48. Объясните различия аналитических возможностей (круг определяемых элементов, требования к образцам, селективность, чувствительность, диапазон определяемых содержаний, возможность неразрушающего анализа) рентгенофлуоресцентного и атомно-эмиссионного методов.
49. Обоснуйте квазинепрерывную широкополосную структуру оптических молекулярных абсорбционных спектров. Перечислите способы повышения дискретности этих спектров.
50. Что такое раствор сравнения в спектрофотометрическом анализе? Каков его состав и назначение?
51. В чём различие между истинным и средним молярным коэффициентом поглощения? Почему экспериментально измеренные значения молярных коэффициентов поглощения могут отличаться от истинных?
52. Почему с ростом коэффициента поглощения чувствительность спектрофотометрического определения, как правило, увеличивается? Ответ поясните графически.
53. Почему чувствительность спектрофотометрического метода заметно ниже чувствительности атомно-абсорбционного метода?
54. Перечислите требования к органическому реагенту при проведении фотометрической реакции.
55. Можно ли существенно повысить чувствительность спектрофотометрического определения веществ увеличением толщины кюветы?
56. Как меняется вид градуировочной зависимости оптической плотности от концентрации с ростом интенсивности рассеянного излучения?
57. Зависит ли чувствительность спектрофотометрического определения от мощности источника излучения? Почему?
58. Укажите причины положительных и отрицательных отклонений от закона Бугера-Ламберта-Бера в области больших концентраций поглощающего вещества.
59. Почему рабочий диапазон оптических плотностей спектрофотометра не превышает 1,5 – 2 порядков?
60. Укажите и обоснуйте преимущества дифференциального спектрофотометрического метода по сравнению с абсолютным.
61. Изложите сущность процедуры градуирования измерительной шкалы прибора в методе абсолютной и дифференциальной спектрофотометрии.
62. При каких длинах волн следует измерять оптическую плотность растворов при спектрофотометрическом анализе смесей веществ, если их спектры поглощения накладываются друг на друга?
63. Как можно повысить селективность фотометрической методики?

64. Перечислите законы, используемые при выполнении спектрофотометрического анализа однокомпонентной системы, определении нескольких компонентов при совместном присутствии, нахождении константы химического равновесия в растворе.
65. Представьте графически и сравните зависимости поглощения, пропускания, оптической плотности и коэффициента поглощения на выбранной длине волны от концентрации поглощающего вещества в растворе и толщины используемой кюветы.
66. Укажите особенности молекулярной структуры (электронного строения) органических (неорганических) люминофоров.
67. Что такое спектры возбуждения и флуоресценции? Дайте определение.
68. В чём состоят основные различия между двумя видами молекулярной люминесценции – флуоресценцией и фосфоресценцией?
69. На одном рисунке изобразите спектры поглощения, флуоресценции и фосфоресценции одного и того же люминофора. Объясните их взаимное расположение при помощи диаграмм Яблонского.
70. Какая область спектра флуоресценции – коротковолновая или длинноволновая – подвержена наибольшим искажениям вследствие самопоглощения (реабсорбции). Ответ поясните графически.
71. Какую информацию может извлечь химик-аналитик из спектров возбуждения (поглощения) и флуоресценции при разработке методики определения люминофора в растворе?
72. Зависит ли форма спектра флуоресценции от энергии возбуждающего излучения? Обоснуйте ответ.
73. Приведите уравнение, связывающее квантовый и энергетический выходы люминесценции. Какая из указанных величин больше? Поясните физический смысл полученного математического выражения.
74. Перечислите основные требования, предъявляемые к источнику излучения в молекулярной люминесцентной спектроскопии.
75. В каком методе анализа – спектрофотометрическом или люминесцентном – флуктуации интенсивности источника излучения сильнее сказываются на погрешности измерения аналитического сигнала?
76. Почему в люминесцентном анализе увеличение мощности источника излучения не всегда сопровождается пропорциональным ростом чувствительности определения люминофора? Какой фактор ограничивает чувствительность флуориметрических методик определения?
77. Сравните оптическую схему спектрофотометра и спектрофлуориметра. Почему интенсивность люминесценции, как правило, измеряют под углом  $90^\circ$  к направлению распространения возбуждающего излучения?
78. Что понимают под тушением люминесценции? Перечислите основные причины, вызывающие это явление.
79. Как и почему влияет температура на интенсивность молекулярной люминесценции?
80. Почему на спектрофлуориметрах без полноценного монохроматора возбуждающего излучения устанавливают абсорбционные светофильтры, поглощающие длинноволновую часть спектра источника излучения?
81. Назовите причины нелинейных искажений градуировочной зависимости в люминесцентном анализе в области малых и больших концентраций.
82. Назовите способы повышения селективности флуориметрического метода.
83. Сравните и объясните различия аналитических возможностей люминесцентного и спектрофотометрического методов.

**Вопросы по масс-спектрометрическим методам анализа для тестовых опросов:**

### Базовые принципы масс-спектрометрии

- 1.1. Назовите основные сферы применения масс-спектрометрии.
- 1.2. Опишите устройство вакуумной системы масс-спектрометра.
- 1.3. Опишите принципы регистрации ионов в масс-спектрометрии.
- 1.4. Какие способы обработки данных используются в масс-спектрометрии.
- 1.5. Дайте определение следующих понятий: разрешение, точность измерения массы.
- 1.6. Опишите принципы тандемной масс-спектрометрии.
- 1.7. Дайте развернутое объяснение необходимости высокой скорости регистрации спектров в масс-спектрометрии.
- 1.8. Сравните возможности и характеристики методов масс-спектрометрии прямого ввода и хромато-масс-спектрометрии.
- 1.9. Что такое дефект массы в масс-спектрометрии и какую информацию можно получить на основе данного явления.
- 1.10. Какие изотопные эффекты используются в масс-спектрометрии.
- 1.11. Дайте классификацию современных вариантов аналитической масс-спектрометрии.

### Методы ионизации в масс-спектрометрии

- 2.1. Ионизация электронами, особенности, применение.
- 2.2. Химическая ионизация, особенности, применение.
- 2.3. Ионизация электрораспылением, особенности, применение.
- 2.4. Химическая ионизация при атмосферном давлении, особенности, применение.
- 2.5. МАЛДИ, особенности, применение.
- 2.6. Ионизация в индуктивно-связанной плазме, особенности, применение.

### Масс-анализаторы в масс-спектрометрии

- 3.1. Секторные масс-анализаторы, особенности, применение.
- 3.2. Квадрупольные масс-анализаторы, особенности, применение.
- 3.3. Ионные ловушки квадрупольного типа, особенности, применение.
- 3.4. Времяпролетные масс-анализаторы, особенности, применение.
- 3.5. Масс-спектрометрия ион-циклотронного резонанса, особенности, применение.
- 3.6. Орбитальная ионная ловушка, особенности, применение.
- 3.7. Гибридные схемы масс-спектрометров.

### Современные варианты масс-спектрометрических методов анализа

- 4.1 . Газовая хромато-масс-спектрометрия: области применения, примеры решаемых задач.
- 4.2 . Жидкостная хромато-масс-спектрометрия: области применения, примеры решаемых задач.
- 4.3 . Масс-спектрометрия МАЛДИ: области применения, примеры решаемых задач.

4.4 . Масс-спектрометрия изотопных отношений легких элементов: области применения, примеры решаемых задач.

4.5 . Элементная масс-спектрометрия области применения, примеры решаемых задач.

**Примеры вопросов и задач по масс-спектрометрическим методам анализа для контрольных работ:**

1. Какой из типов масс-анализаторов характеризуется наибольшим разрешением (простой квадруполь, ионная ловушка, времяпролетный, тройной квадруполь).
2. Для какого источника ионизации характерно образование многозарядных ионов (химическая ионизация при атмосферном давлении, фотоионизация при атмосферном давлении, химическая ионизация, электроспрей, DART, холодный коронный разряд).
3. Как выбирают характеристичные ионы для детектирования в режиме SIM в ВЭЖХ-МС?
4. Как повлияет увеличение рН подвижной фазы с 3 до 9 на интенсивность сигнала никотиновой кислоты с использованием масс-спектрометрического детектора с ионизацией в отрицательном электроспрее?
5. Вещество имеет в масс-спектре (электроспрей, положительный режим) сигнал с массой 115, и изотопное расщепление 4,5 %, его молекулярная формула?
6. Какой газ более эффективен при использовании в ячейке соударений?
7. Каково значение энергии ионизации в газовой масс спектрометрии электронным ударом?
8. Какие параметры используют для идентификации компонентов в тандемной масс спектрометрии?
9. Какие компоненты подвижных фаз применяют в ВЭЖХ-МС?
10. Для чего используют умножители в масс спектрометрических системах?

**Примерные темы рефератов**

**1. Современные спектроскопические и масс-спектрометрические методы анализа органических соединений.**

- 1.1. Определение органических веществ в смесях методом производной абсорбционной спектроскопии в УФ и видимой области спектра.
- 1.2. Люминесцентная спектроскопия органических веществ.
- 1.3. Нетрадиционные методы молекулярной абсорбционной спектроскопии (УФ, видимая и ИК области спектра) в анализе органических веществ.
- 1.4. Газовая хромато-масс-спектрометрия в анализе летучих органических соединений.
- 1.5. Жидкостная хромато-масс-спектрометрия в анализе малолетучих низкомолекулярных органических соединений.
- 1.6. Масс-спектрометрические методы в анализе биологических макромолекул (белков и нуклеиновых кислот).
- 1.7. Масс-спектрометрия изотопных отношений легких элементов как способ изучения происхождения органических веществ.

**2. Современные спектроскопические и масс-спектрометрические методы анализа неорганических соединений**

- 2.1. Анализ металлов и сплавов атомно-эмиссионным и рентгенофлуоресцентным методами.

- 2.2. Определение тяжёлых металлов в водах методами атомно-абсорбционной спектроскопии и атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно связанной плазмой.
- 2.3. Анализ руд и минералов атомно-эмиссионным и рентгенофлуоресцентным методами.
- 2.4. Анализ полезных ископаемых и минералов методов масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.
- 2.5. Анализ металлов и сплавов методов масс-спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой.
- 2.6. Масс-спектрометрия в анализе радиоактивных изотопов.

#### 11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

#### **Основная литература**

1. Кузяков Ю. Я., Семененко К. А., Зоров Н. Б. Методы спектрального анализа. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 213 с.
2. Дробышев А. И. Основы атомного спектрального анализа. – СПб: Изд-во СПбГУ, 2005. – 200 с.
3. Лёвшин Л. В., Салецкий А. М. Оптические методы исследования молекулярных систем. Ч. 1. Молекулярная спектроскопия. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – 320 с.
4. Пентин Ю. А., Вилков Л. В. Физические методы исследования в химии. – М.: Мир, 2003. – 686 с.
5. Лосев Н. Ф., Смагунова А. Н. Основы рентгеноспектрального флуоресцентного анализа. – М.: Химия, 1982. – 208 с.
6. Анализ поверхности методами оже - и рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии / Под ред. Д. Бриггса и М. П. Сиха. – М.: Мир, 1987. – 600 с.
7. Юинг Г. В. Инструментальные методы химического анализа. – М.: Мир, 1989. – 608 с.
8. Ельяшевич М. А. Атомная и молекулярная спектроскопия. – М.: Эдиториал УРСС, 2001. – 896 с.
9. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды М. Техносфера, 2013. ISBN 978-5-94836-363-9
10. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия в органической химии Издание второе, переработанное и дополненное М. Техносфера, 2015. ISBN 978-5-94836-409-4
11. Заикин В.Г., Варламов А.В., Микая А.И., Простаков Н.С. Основы масс-спектрометрии органических соединений М. Наука/Интерпериодика, 2001. ISBN 5-7846-0100-8.

#### **Дополнительная литература**

1. Тёрёк Т., Мика Й., Гегуш Э. Эмиссионный спектральный анализ. В 2-х т. – М.: Мир, 1982. – 288 (Т. 1) и 464 (Т. 2) с.
10. Лазерная аналитическая спектроскопия / Под ред. В. С. Летохова. – М.: Наука, 1986. – 318 с.
11. Кремерс Д., Радзиемски Л. Лазерно-искровая эмиссионная спектроскопия. – М.: Техносфера, 2009. – 360 с.

12. Брицке М. Э. Атомно-абсорбционный спектрохимический анализ. – М.: Химия, 1982. – 224 с.
13. Пупышев А. А. Атомно-абсорбционный спектральный анализ. – М.: Техно-сфера, 2009. – 784 с.
14. Бенуэлл К. Основы молекулярной спектроскопии. – М.: Мир, 1985. – 384 с.
15. Берштейн И. Я., Каминский Ю. Л. Спектрофотометрический анализ в органической химии. – Л.: Химия, 1986. – 198 с.
16. Бахшиев Н. Г. Введение в молекулярную спектроскопию. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1987. – 216 с.
17. Бёккер Ю. Спектроскопия. – М.: Техносфера, 2009. – 528 с.
18. Шмидт В. Оптическая спектроскопия для химиков и биологов. – М.: Техно-сфера, 2007. – 368 с.
19. Рентгенофлуоресцентный анализ: применение в заводских лабораториях / Под ред. Х. Эрхардта. – М.: Metallургия, 1985. – 256 с.
20. Handbook of practical x-ray fluorescence analysis. Ed. by B. Beckhoff, B. Kan-ngießer, N. Langhoff, R. Wedell & H. Wolff. – Springer-Verlag, Berlin, 2006. – 878 pp.
21. Klockenkämper R., Von Bohlen A. Total-reflection x-ray fluorescence analysis and related methods. – Wiley, 2015. – 552 pp.
22. Вудраф Д., Делчар Т. Современные методы исследования поверхности. – М.: Мир, 1989 – 564 с.
23. Фелдман Л., Майер Д. Основы анализа поверхности и тонких пленок. – М.: Мир, 1989. – 344 с.
24. Волков Н. Г., Христофоров В. А., Ушакова Н. П. Методы ядерной спектро-метрии. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 255 с.
25. Jurgen H. Gross Mass Spectrometry A Textbook 3rd Edition. Springer. 2017.
26. Robert E. Ardrey Liquid Chromatography - Mass Spectrometry: An Introduction. Wiley. 2003.
27. E. Hoffmann, V. Stroobant. Mass spectrometry: principles and applications 3rd Edition. Wiley 2003.

- Материально-техническое обеспечение: занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (маркерами), персональным компьютером и мультимедийным проектором

12. Язык преподавания – русский

13. Преподаватели:

1. Алов Николай Викторович, к.ф.-м.н., вед.н.с.; n\_alov@mail.ru
2. к.х.н., доцент Осколок Кирилл Владимирович, k\_oskolok@mail.ru
3. д.х.н., профессор, Большов Михаил Александрович, mbolshov@mail.ru
4. д.х.н., вед.н.с. Ревельский Александр Игоревич, sorbent@yandex.ru
5. к.х.н., вед.н.с. Родин Игорь Александрович, igorrodin@yandex.ru
6. к.х.н., доцент Ставрианиди Андрей Николаевич, didi007forall@mail.ru

### **Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения**

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - экзамена. На экзамене проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.5.

#### **Вопросы к экзамену.**

1. Основные положения спектроскопии.
2. Использование спектроскопических методов для решения аналитических задач.
3. Спектральные приборы.
4. Атомный спектральный анализ.
5. Атомно-эмиссионная спектроскопия (АЭС).
6. Атомно-абсорбционная спектроскопия (ААС).
7. Атомно-флуоресцентная спектроскопия (АФС).
8. Лазерные методы в атомно-оптической спектроскопии.
9. Сравнительная характеристика методов атомной оптической спектроскопии.
10. Рентгеновская спектроскопия.
11. Рентгеновская фотоэлектронная спектроскопия (РФЭС).
12. Молекулярный спектральный анализ.
13. Молекулярный абсорбционный (спектрофотометрический) анализ в УФ и видимой области спектра.
14. Применение колебательной ИК и КР спектроскопии в анализе.
15. Люминесцентный анализ
16. Производная флуоресцентная спектроскопия.
17. Спектроскопия диффузного отражения. Оптико-акустическая спектроскопия. Термолинзовая спектроскопия.
18. Основное оборудование. Атомно-эмиссионные спектрометры с искровым и дуговым источниками возбуждения. Атомно-эмиссионные спектрометры с индуктивно-связанной плазмой.
19. Атомно-абсорбционные спектрометры с электротермической атомизацией.
20. Двухлучевые спектрофотометры УФ и видимого спектральных диапазонов. Спектрофлуориметры.
21. Основные понятия и теоретические основы масс-спектрометрии с индуктивно связанной плазмой
22. Метод высокоэффективной жидкостной хроматографии – масс-спектрометрии
23. Метод капиллярной газовой хроматографии - масс-спектрометрии

#### **Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения**

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

<b>ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>				
Оценка \ Результат	2	3	4	5
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности не принципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

<b>РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)</b>	<b>ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ</b>
<b>Знать:</b> теоретические основы современных спектроскопических методов исследования и анализа веществ	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
<b>Уметь</b> анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании по теме выпускной квалификационной работы, <b>Уметь:</b> самостоятельно составлять план исследования <b>Уметь:</b> активно использовать знания о физических основах современных спектроскопических методов анализа при решении задач профессиональной деятельности <b>Уметь:</b> сопоставлять данные разных источников и предлагать возможные способы решения конкретных аналитических задач <b>Уметь:</b> выбирать спектральные методы и приборы для проведения аналитических исследований с учетом их возможностей	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
<b>Владеть</b> навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения <b>Владеть:</b> навыками на основе анализа научной литературы выбора спектроскопических методов решения аналитических задач и составления плана работы. <b>Владеть:</b> навыками оценки корректности имеющихся данных, планирования и проведения аналитического эксперимента на основе знания и понимания принципов устройства современных спектральных приборов	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене