

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

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана химического факультета,  
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«20» мая 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Современные методы химического анализа, основанные на измерении  
скорости реакции**

**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 №3 от 13.05.2019)

Москва 2019

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 29 декабря 2018 года № 1770 (с изменениями по приказу № 1109 от 11.09.2019).

Год (годы) приема на обучение 2019/2020, 2020/2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников). Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП (в форме компетенция – индикатор - ЗУВ) указано в Общей характеристике ОПОП.

Компетенция	Индикатор достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p><b>СПК-2.С.</b> Способен применять законы, лежащие в основе различных методов химического анализа, при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных</p>	<p><b>СПК-2.С.1.</b> Использует физические законы и закономерности при интерпретации и обсуждении результатов аналитических экспериментов, представленных в литературе и полученных при решении поставленных задач</p>	<p><b>Знать:</b> законы, лежащие в основе различных методов исследования и их развития.  <b>Уметь:</b> выбирать и обосновывать конкретные кинетические и биохимические методы в зависимости от природы аналитов и характера сопутствующих веществ, а также условий эксперимента.  <b>Владеть:</b> основными химическими теориями, концепциями, законами, описывающими принципы кинетических и биохимических методов анализа и применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных.</p>
<p><b>СПК-3.С.</b> Способен сопоставлять возможности и области применения, достоинства и недостатки различных методов аналитической химии</p>	<p><b>СПК-3.С.1.</b> Планирует схему анализа с учетом возможностей конкретного метода</p>	<p><b>Знать:</b> достоинства и недостатки различных кинетических, биохимических методов анализа  <b>Уметь:</b> сопоставлять возможности и области применения различных кинетических и биохимических методов анализа.  <b>Владеть:</b> навыками планирования и осуществления химического анализа, выполняемого с использованием кинетических и биохимических методов</p>
<p><b>СПК-4.С.</b> Способен анализировать научную литературу с целью выбора методов для решения конкретных аналитических задач, самостоятельно планировать исследования</p>	<p><b>СПК-4.С.1</b> Сопоставляет данные разных источников и предлагает возможные способы решения конкретных аналитических задач</p>	<p><b>Знать:</b> основные поисковые системы, базы данных и ведущие периодические издания по аналитической химии.  <b>Уметь:</b> анализировать научную литературу с целью выбора кинетических и биохимических методов анализа для решения конкретных аналитических задач.  <b>Владеть:</b> навыками к интерпретации и обсуждения результатов проведенного исследования, основываясь на современной литературе по теории и практике кинетических и биохимических методов анализа.</p>

3. 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 3 зачетных единицы, всего 108 часов, из которых 62 часа составляет контактная работа студента с преподавателем (28 часов занятия лекционного типа, 28 часов – занятия семинарского типа, 4 часа – групповые консультации, 2 часа – промежуточный контроль успеваемости), 46 часа составляет самостоятельная работа студента.*

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

Обучающийся должен

**знать:** сущность, физико-химические основы кинетических и ферментативных методов анализа; основы иммуноферментных и биологических методов; преимущества, недостатки методов и возможность их применения для решения различных практических задач; подходы к повышению чувствительности и селективности кинетических и биохимических методов для решения конкретных проблем на базе полученных теоретических знаний; области применения методов.

**уметь:** самостоятельно ставить задачу разработки методики определения компонентов индикаторных систем – катализаторов, субстратов, ингибиторов и активаторов катализаторов в различных объектах; выбирать условия улучшения метрологических характеристик методик; обсуждать результаты проведенного исследования, ориентироваться в современной литературе по теории кинетических и биохимических методов и применению их в различных областях, вести дискуссию по вопросам закономерностей и использования кинетических и биохимических методов; применять информационные и компьютерные технологии при проведении анализа реальных объектов, эксплуатации оборудования и обработке полученных результатов.

**владеть:** основами теории фундаментальных разделов химии (прежде всего неорганической, аналитической, органической, физической, химии высокомолекулярных соединений, химии биологических объектов) и применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных; навыками тонкого химического эксперимента; навыками работы на современных приборах, используемых для регистрации скорости индикаторных процессов.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля),  форма промежуточной аттестации	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	<b>Всего</b>	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п.	<b>Всего</b>
<b>Раздел 1.</b> Значение скорости в химических процессах. Основные законы кинетики. Кинетические методы. Сущность и классификация. Основные понятия и термины. Различные варианты кинетических методов. Их применение.	12	4	4				8	2	2	4
<b>Раздел 2.</b> Сущность биохимических методов анализа. Ферментативные методы анализа. Имобилизованные ферменты и их применение в химическом анализе. Биосенсоры.	22	12	6				18	2	2	4
<b>Раздел 3.</b> Иммуный анализ. Сущность иммунного анализа. Иммуный анализ с разделением и без разделения компонентов (гетерогенный и гомогенный иммуноанализ). Иммуоферментный анализ. Метрологические характеристики. Области применения.	20	10	4	2			16	2	2	4

<b>Раздел 4.</b> Биологические методы анализа. Типы индикаторных организмов: микроорганизмы, беспозвоночные, позвоночные, растения. Метрологические характеристики. Области применения.	18	10	6				16	2		2
Промежуточная аттестация <u>экзамен</u>	36					4	4			32
<b>Итого</b>	<b>108</b>	36	20	2		4	<b>62</b>			<b>46</b>

#### 6. 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.

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

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

#### Вопросы для тестовых опросов по темам:

##### Кинетические методы анализа.

1. Какие принципы положены в основу кинетических методов в их каталитическом и некаталитическом вариантах?
2. Перечислите требования, предъявляемые к индикаторным реакциям.
3. Какие способы используют чаще всего в кинетических методах для наблюдения за скоростью индикаторной реакции?
4. Какой из трех способов — тангенсов, фиксированного времени и фиксированной концентрации — является самым: а) точным; б) простым; в) удобным для автоматизации?
5. Каковы преимущества и недостатки кинетических методов в их каталитическом и некаталитическом вариантах?
6. Каковы области применения кинетических методов? Приведите примеры их использования.

##### Биохимические методы.

1. Что является аналитическим сигналом в биохимических методах?
2. Каковы особенности действия фермента как катализатора?
3. Какие компоненты ферментативного процесса могут быть определены ферментативным методом?
4. Чем ограничены нижняя и верхняя границы определяемых содержаний субстрата, фермента и ингибитора?

#### **Иммунные методы**

1. Какой принцип положен в основу иммунохимических методов?
2. Что такое антиген, антитело, иммунный комплекс?
3. Какие метки используют в иммунохимических методах, какова их роль?
4. Каковы преимущества иммунохимических методов и области их применения?

#### **Биологические методы.**

1. На чем основан биологический метод?
2. Что является аналитическим сигналом в биологическом методе?
3. Какие индикаторные организмы используют в биологическом методе?
4. Какие задачи можно решать с помощью биологического метода, каковы области его применения?

#### **Темы рефератов:**

1. Применение каталитического и некаталитического вариантов кинетических методов в практике химического анализа.
2. Способы иммобилизации ферментов различных классов.
3. Применение иммобилизованных ферментов во внелабораторном анализе.
4. Биосенсоры. История развития. Применение для решения задач экологического контроля, анализа биологических жидкостей.
5. Варианты иммунохимического анализа. Примеры использования в медицинской практике.
6. Использование биологических методов в анализе объектов окружающей среды.

#### **8. Ресурсное обеспечение:**

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу. Со всех компьютеров МГУ организован доступ к полным текстам научных журналов и книг на русском и иностранных языках. Доступ открыт по IP-адресам, логин и пароль не требуются:

<http://nbmgu.ru/>

#### **Основная литература**

1. Основы аналитической химии. Т.1. / Под ред. Ю.А. Золотова (учебник, рекомендован Министерством образования Российской Федерации в качестве учебника для студентов химического направления и химических специальностей высших учебных заведений). 6-е

изд., перераб. и доп. – М.: Академия, 2014, 400 с

2. Перес-Бендито Д., Сильва М. Кинетические методы в аналитической химии. М.: Мир, 1991.
3. Яцимирский К. Б. Кинетические методы анализа. М.: Химия, 1967.
4. Диксон М., Уэбб Э. Ферменты. т.т. 1 – 3. М.: Мир, 1984
5. Келети Т. Основы ферментативной кинетики. М.: Мир, 1990.
6. Варфоломеев С.Д., Гуревич К.Г. Биокинетика. М.: ФАИР-ПРЕСС, 1999.
7. Егоров А.М. Теория и практика иммуноферментного анализа. М.: Высшая школа, 1991.

### **Дополнительная литература**

1. Марк Г., Рехниц Г. Кинетика в аналитической химии. М.: Мир, 1972.
2. Мюллер Г., Отто М., Вернер Г. Каталитические методы в анализе следов элементов. М.: Мир, 1983.
3. Варфоломеев С.Д. Химическая энзимология. М.: Академия, 2008.
4. Эггинс Б. Химические и биологические сенсоры. М.: Техносфера, 2005.
5. Биохимические методы анализа. Проблемы аналитической химии. Т.12./ Под ред. Б.Б. Дзантиева. М.: Наука. 2010.
6. Туманов А.А. Биологические методы анализа. Журнал аналитической химии. 1988.

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

9. Язык преподавания – русский

### **10. Преподаватели:**

1. Шеховцова Татьяна Николаевна, д.х.н., профессор; [tnshekh@yandex.ru](mailto:tnshekh@yandex.ru)
2. Беклемишев Михаил Константинович, д.х.н., вед. науч. сотр.; [beklem@inbox.ru](mailto:beklem@inbox.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.2.

### **Вопросы к экзамену**

1. Сущность кинетических методов, их классификация. Индикаторная реакция и индикаторное вещество, требования к ним. Методы измерения скорости индикаторной реакции.
2. Способы определения содержания вещества по данным кинетических измерений. Дифференциальный и интегральный варианты методов анализа. Способ тангенсов, фиксированного времени и фиксированной концентрации, их видоизменения. Определение неизвест-



ной концентрации по длительности индукционного периода.

3. Типы реакций, используемых в кинетических методах. Каталитические реакции. Понятие об активаторах и ингибиторах. Некаталитические реакции.
4. Преимущества и недостатки кинетических методов анализа в их каталитическом и некаталитическом вариантах. Чувствительность и селективность кинетических методов, пути их повышения.
5. Кинетические тест-методики. Отличия от равновесных тест-систем с визуальным наблюдением сигнала. Особенности разработки тест-систем с использованием кинетических методов. Примеры.
6. Схемы протекания индикаторных реакций. Окисление ароматических аминов персульфатом, пероксидом и периодатом. Катализ и замедление этих реакций ионами переходных металлов.
7. Определение органических соединений кинетическими методами: по собственному действию; по влиянию на каталитическую активность иона металла-катализатора. Взаимосвязь природы индикаторной реакции и природы аналитов, влияющих на ее скорость. Подходы к целенаправленному выбору индикаторных реакций.
8. Гибридные методы: экстракционно-кинетический, сорбционно-кинетический. Реакция в растворе в присутствии носителя. Концентрирование и определение металлов на комплексообразующих сорбентах и органических соединений на металлсодержащих сорбентах. Кинетическое детектирование в ТСХ и БХ. Сочетание с мембранными методами разделения.
9. Индикаторные реакции на носителях. Особенности реакций на носителях. Изменение оптимальных условий, стабилизация и дестабилизация промежуточных продуктов, появление нового продукта; изменение эффекта аналита, расширение круга определяемых соединений, изменение диапазона определяемых концентраций, повышение селективности определения. Примеры.
10. Фотохимические индикаторные реакции, прямые и сенсibilизированные (фотокаталитические) реакции. Механизм действия аналитов. Послеколоночные фотохимические реакции в ВЭЖХ.
11. Хемилюминесцентные и фотохемилюминесцентные индикаторные реакции. Окисление люминола и люцигенина. Определение радиоактивности кинетическим методом.
12. Индикаторные реакции в присутствии ПАВ. Причины влияния ПАВ на скорость реакций. Примеры использования ПАВ в кинетических методах. Мицеллярный катализ.
13. Кинетические методы в проточных системах. Проточно-инжекционный и непрерывный проточный анализ. Преимущества проведения кинетических определений в проточных системах. Послеколоночное детектирование в ВЭЖХ.
14. Ферменты как биологические катализаторы. Классификация ферментов. Важнейшие сведения о структуре ферментов. Апоферменты, кофакторы, коферменты, простетические группы.
15. Источники ферментов, их выделение и очистка. Субстратная специфичность ферментов. Фермент-субстратные комплексы. Активные центры. Механизмы ферментативного катализа. Уравнение Михаэлиса-Ментен.
16. Факторы, влияющие на чувствительность и избирательность определения субстратов ферментов и их эффекторов. Примеры.
17. Понятия об апоферментах, кофакторах, коферментах, простетических группах ферментов.
18. Имобилизованные ферменты и их применение в химическом анализе. Физические и химические методы иммобилизации.
19. Биосенсоры. Ферментные электроды. Ферментативные тест-методы.
20. Преимущества и ограничения применения иммобилизованных ферментов в анализе.

21. Сущность иммунных методов анализа. Используемые метки. Области применения.
22. Понятия об антигене и антителе. Иммунный комплекс. Специфичность взаимодействия антител с антигенами в иммунохимических методах.
23. Получение антител. Их функции в иммунном анализе.
24. Иммунный анализ с разделением и без разделения компонентов (гетерогенный и гомогенный иммуноанализ). Метрологические характеристики иммунных методов анализа. Области применения.
25. Метки в иммунном анализе. Иммуноферментный анализ. Ферменты, используемые в иммуноферментном методе анализа.
26. Суть и различия гетерогенного и гомогенного иммуноанализа. Метрологические характеристики иммунных методов анализа.
27. Сущность иммунохроматографических методов и их применение в химическом анализе.
28. Сущность биологических методов анализа. Аналитические сигналы в биологических методах, способы их регистрации.
29. Индикаторный организм в биологических методах; его функции. Типы индикаторных организмов. 30. Достоинства и недостатки биологических методов анализа. Области их применения.

### 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>Уметь</b> применять основные закономерности кинетических и биохимических методов анализа при решении задач профессиональной деятельности. <b>Уметь:</b> обосновывать выбор кинетических и биохимических методов анализа в зависимости от	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене

<p>природы аналитов и характера сопутствующих веществ, а также условий эксперимента.</p> <p><b>Уметь:</b> сопоставлять возможности и области применения различных кинетических и биохимических методов.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать научную литературу с целью выбора методов разделения и концентрирования для решения конкретных аналитических задач.</p>	
<p><b>Владеть:</b> формами и методами научного познания применительно к кинетическим и биохимическим методам анализа.</p> <p><b>Владеть</b> основными химическими теориями, концепциями, законами, описывающими принципы кинетического и биохимического анализа и применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками планирования и осуществления химического анализа с использованием кинетических и биохимических методов.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками интерпретации и обсуждения результатов проведенного исследования, основываясь на современной литературе по теории и практике кинетических и биохимических методов.</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене</p>