

Белорусский государственный университет



« 11 » ноября 2013 г.

Регистрационный № УД – 59 /баз.

Аналитическая химия

Учебная программа учреждения высшего образования по учебной дисциплине для специальностей:

1-31 01 01 Биология (по направлениям)
направления специальности 1-31 01 01-03 Биология (биотехнология);
1-31 01 02 Биохимия;
1-31 01 03 Микробиология

2013 г.

СОСТАВИТЕЛИ:

Наталья Александровна Апостол, доцент кафедры аналитической химии Белорусского государственного университета, кандидат педагогических наук, доцент;

Инна Владимировна Мельситова, доцент кафедры аналитической химии Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент;

Сергей Михайлович Лещев, профессор кафедры аналитической химии Белорусского государственного университета, доктор химических наук, профессор

РЕЦЕНЗЕНТЫ:

Зинаида Степановна Кунцевич, профессор кафедры общей, физической и коллоидной химии Учреждения образования «Витебский государственный медицинский университет», доктор педагогических наук, профессор

Дмитрий Иванович Мычко, доцент кафедры неорганической химии Белорусского государственного университета, кандидат химических наук, доцент

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой аналитической химии Белорусского государственного университета (протокол № 1 от 29 августа 2013 г.);

Научно-методическим советом Белорусского государственного университета (протокол № 1 от 18 сентября 2013 г.)

Ответственный за редакцию: Наталья Александровна Апостол

Ответственный за выпуск: Наталья Александровна Апостол

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Аналитическая химия является одной из фундаментальных научных дисциплин химического цикла. Курс аналитической химии на биологических факультетах университетов является необходимой базой для успешного изучения как химических, так и биологических дисциплин, а также для учебных практик и спецпрактикумов.

Основная цель курса – изучение основных разделов аналитической химии, формирующих фундаментальную и практическую подготовку специалистов биологического профиля. Учебная программа составлена на основе требований образовательного стандарта в соответствии с современным методологическим и научным содержанием курса аналитической химии, с учетом опыта преподавания в ведущих вузах.

Задачами курса являются:

1. Изучение основных законов и методов аналитической химии, детальное рассмотрение наиболее важных теоретических положений. Знакомство с химическими, физико-химическими, физическими методами анализа.

2. Проработка приёмов вычислений по изучаемым методам анализа.

3. Изучение методов анализа объектов окружающей среды, применение этих методов в практической деятельности специалистов химического профиля, при решении экологических проблем.

Изучение курса «Аналитическая химия» связано с такими дисциплинами химического и биологического профиля как «Неорганическая химия», «Органическая химия», «Структурная биохимия», «Метаболическая биохимия» и др.

В результате изучения учебной дисциплины обучаемый должен:

знать:

- основные понятия и законы аналитической химии;
- современное состояние науки, место аналитической химии в системе других наук;

- методы качественного и количественного анализа веществ;

уметь:

- устанавливать качественный и количественный состав вещества;
- проводить расчеты равновесий с участием различных типов реакций;

владеть:

- методами химического и физико-химического анализа.

Программа рассчитана максимально на 108 часов, в том числе на 64 часа аудиторных: 20 – лекционных и 40 – лабораторных занятий и 4 – аудиторный контроль управляемой самостоятельной работы (УСР).

№ разделов и тем	Наименование разделов и тем	Аудиторные часы			
		Всего	Лекции	Лабо рато рные зая ния	УСР
1.	Введение. Метрологические основы химического анализа	1	1	-	
2.	Методы пробоотбора и пробоподготовки основных объектов анализа	1	1	-	
3.	Методы обнаружения и идентификации	14	2	12	
4.	Реакции и процессы, используемые в аналитической химии				
4.1.	Кислотно-основное равновесие	2	2	-	2
4.2- 4.3.	Равновесие с участием реакций комплексообразования. Равновесие с участием реакций окисления-восстановления	2	2	-	
4.4.	Равновесие осадок-раствор	2	2	-	2
5.	Методы разделения и концентрирования	4	2	2	
6.	Методы количественного анализа				
6.1.	Гравиметрические методы анализа	5	1	4	
6.2.	Титриметрические методы анализа	13	1	12	
7.	Физико-химические методы анализа	1	1	-	
7.1.	Электрохимические методы анализа	5	1	4	
7.2.	Оптические методы анализа	8	2	4	
7.3.	Хроматография	6	2	2	
ИТОГО:		64	20	40	4

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

1. ВВЕДЕНИЕ. МЕТРОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ХИМИЧЕСКОГО АНАЛИЗА

Предмет аналитической химии, её место в системе наук, связь с практикой. Значение аналитической химии в науке, экономике, других сферах. Основные аналитические проблемы: снижение пределов обнаружения, повышение точности и избирательности, обеспечение экспрессности, следовый анализ и анализ микрообъектов, анализ без разрушения, локально-распределительный анализ (анализ процессов), дистанционный анализ.

Химические, физико-химические, физические и биологические методы анализа. Макро-, микро- и ультрамикрoанализ.

Основные этапы развития аналитической химии. Современное состояние и тенденции развития.

Научная химико-аналитическая литература.

Основные стадии химического анализа. Выбор метода и составление схемы анализа. Аналитический сигнал и помехи. Метрологические требования к результатам измерений. Основные принципы и способы обеспечения достоверности результатов измерений. Систематические и случайные погрешности анализа. Правильность и воспроизводимость результатов анализа, предел обнаружения и коэффициент чувствительности, нижняя и верхняя границы определяемых содержаний.

Статистическая обработка результатов измерений. Закон нормального распределения случайных ошибок. Среднее, дисперсия, стандартное отклонение. Использование метода наименьших квадратов для построения градуировочных графиков. Аттестация средств измерений и аккредитация лабораторий.

2. МЕТОДЫ ПРОБООТБОРА И ПРОБОПОДГОТОВКИ ОСНОВНЫХ ОБЪЕКТОВ АНАЛИЗА

Представительность пробы, проба и объект анализа, проба и метод анализа. Факторы, обуславливающие размер и способ отбора представительной пробы. Отбор проб гомогенного и гетерогенного состава. Способы получения средней пробы твердых, жидких и газообразных веществ. Основные способы перевода пробы в форму удобную для анализа. Особенности разложения органических веществ.

Объекты окружающей среды: воздух, природные воды (поверхностные, подземные), атмосферные осадки, почвы, донные отложения. Характерные особенности и задачи их анализа. Биологические и медицинские объекты. Аналитические задачи в этой области. Санитарно-гигиенический контроль. Производственный анализ. Анализ технологических растворов, сточных вод.

3. МЕТОДЫ ОБНАРУЖЕНИЯ И ИДЕНТИФИКАЦИИ

Задачи и методы обнаружения и идентификации химических соединений. Аналитические реакции, их чувствительность, специфичность. Дробный и систематический анализ. Микрорентгенофлуориметрический анализ, пирохимический анализ. Обнаружение на основе образования окрашенных соединений. Капельный анализ. Анализ растиранием порошков. Экспрессный качественный анализ в заводских и полевых условиях. Примеры практического применения методов обнаружения.

4. РЕАКЦИИ И ПРОЦЕССЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В АНАЛИТИЧЕСКОЙ ХИМИИ

4.1. КИСЛОТНО-ОСНОВНОЕ РАВНОВЕСИЕ. Полнота и скорость протекания реакции как основные предпосылки её аналитического использования. Константы равновесия реакций различных типов.

Активность. Расчет активности электролитов. Закон ионной силы. Предельный закон Дебая-Хюккеля. Расширенное уравнение Дебая-Хюккеля. Термодинамическая и концентрационная константы равновесия. Условные константы. Кислотно-основные реакции. Современные представления о кислотах и основаниях. Теория Бренстеда-Лоури. Равновесия в системах кислота-сопряжённое основание. Константы кислотности и основности. Константа автопротолиза. Влияние растворителя на силу кислоты и основания. Нивелирующие и дифференцирующие растворители. Расчет рН кислот и основание: сильных, слабых, средней силы. Расчет рН электролитов с учетом диссоциации воды.

Буферные растворы и их свойства. Буферная ёмкость. Расчет рН буферных растворов. Роль буферных растворов в процессах жизнедеятельности. Теория кислот и оснований Льюиса. Мягкие и жёсткие кислоты и основания.

4.2. РАВНОВЕСИЕ В РАСТВОРАХ С УЧАСТИЕМ РЕАКЦИЙ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ. Типы комплексных соединений, используемых в аналитической химии. Свойства комплексных соединений, имеющих аналитическое значение: устойчивость, растворимость, окраска, летучесть. Роль комплексных соединений при анализе биологических объектов. Константы образования (ступенчатые, общие) комплексных соединений. Влияние комплексообразования на растворимость соединений, потенциал окислительно-восстановительных систем, кислотно-основное равновесие. Способы повышения чувствительности и селективности анализа с использованием комплексных соединений. Важнейшие органические реагенты, применяемые в анализе для разделения и маскирования, обнаружения и определения ионов металлов. Возможности использования комплексных соединений органических реагентов в различных методах анализа.

4.3. РАВНОВЕСИЕ С УЧАСТИЕМ РЕАКЦИЙ ОКИСЛЕНИЯ-ВОССТАНОВЛЕНИЯ. Электродный потенциал. Уравнение Нернста. Стандартный и формальный потенциалы. Связь константы равновесия со стандартными потенциалами. Факторы, влияющие на направление окислительно-восстановительных реакций. Основные неорганические и органические окислители и восстановители, применяемые в анализе. Расчет окислительно-восстановительных потенциалов различных реакций. Расчет ЭДС реакций. Расчет потенциала в точке эквивалентности. Расчет констант равновесия окислительно-восстановительных реакций. Роль окислительно-восстановительных процессов в живой и неживой природе.

4.4. РАВНОВЕСИЕ ОСАДОК-РАСТВОР. Растворимость осадков. Взаимосвязь между растворимостью, константой растворимости. Условия образования и растворения осадков. Количественное осаждение осадков. Факторы, определяющие растворимость неорганических и органических веществ. Зависимость растворимости ионных соединений от концентраций общих и посторонних ионов, рН, присутствия комплексообразующих реагентов, окислителей, восстановителей. Влияние природы растворителя и

температуры на растворимость. Практическое значение процессов осаждения-растворения, их роль в анализе.

5. МЕТОДЫ РАЗДЕЛЕНИЯ И КОНЦЕНТРИРОВАНИЯ

Основные методы разделения и концентрирования, их выбор и оценка, общие принципы. Групповое и индивидуальное концентрирование (разделение). Отделение матрицы, отделение микрокомпонентов. Разделение и концентрирование осаждением и соосаждением. Реагенты-осадители общего назначения: гидроксиды, карбонаты, сульфиды, фосфаты, галогениды, сульфаты, хроматы, оксалаты и др. Реагенты: групповые, избирательные, специфичные.

Разделение катионов на группы сульфидным, кислотнo-щелочным и аммиачно-фосфатным методами. Групповые реагенты анионов. Осаждение как метод концентрирования. Концентрирование методом соосаждения (неорганические и органические осадители).

Экстракция. Сущность метода. Важнейшие экстракционные системы. Закон распределения. Константа распределения. Константа экстракции. Коэффициент распределения. Степень извлечения. Важнейшие растворители и реагенты, используемые в экстракции. Хелатные соединения в экстракции. Скорость экстракции. Реэкстракция. Приборы для экстракции. Примеры разделения биологических объектов методом экстракции.

Другие методы разделения.

6. МЕТОДЫ КОЛИЧЕСТВЕННОГО АНАЛИЗА

6.1. ГРАВИМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА. Сущность гравиметрического анализа и границы его применения. Разновидности гравиметрического анализа: метод осаждения, метод отгонки, метод выделения, термогравиметрия. Прямые и косвенные методы определения. Погрешности в гравиметрическом анализе. Важнейшие неорганические и органические осадители. Требования к гравиметрической форме. Изменение состава осадка при высушивании и прокаливании. Аналитические весы. Факторы, влияющие на точность взвешивания. Растворимость осадка в зависимости от структуры и размера частиц. Условия получения кристаллических осадков. Гомогенное осаждение, соосаждение и последующее осаждение. Виды соосаждения: адсорбция, окклюзия, изоморфизм и др. Старение осадка. Причины загрязнения осадка.

6.2. ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА. Сущность титриметрического анализа, классификация методов. Требования, предъявляемые к реакциям в титриметрическом анализе. Определение неорганических и органических соединений. Виды титриметрических определений: прямое и обратное. титрование по замещению. Способы выражения концентраций в растворах в титриметрии. Эквивалент. Молярная масса эквивалента. Молярная концентрация. Первичные стандарты,

требования к ним. Фиксаналы. Вторичные стандарты. Виды кривых титрования (S-образные, линейные). Скачок титрования. Точка стехиометричности (эквивалентности) и конечная точка титрования. Автоматические титраторы.

Кислотно-основное титрование. Построение кривых титрования. Влияние концентраций кислот или оснований, температуры, величины констант кислотности или основности на характер кривых титрования. Индикаторы кислотно-основного титрования. Погрешности титрования при определении сильных и слабых кислот и оснований, смесей кислот и оснований.

Окислительно-восстановительное титрование. Построение кривых титрования. Факторы, влияющие на характер кривых титрования. Влияние на точность титрования адсорбции, комплексообразования, концентрации ионов водорода, ионной силы. Индикаторы. Погрешности титрования.

Осадительное титрование. Построение кривых титрования. Влияние адсорбции на точность титрования. Влияние растворимости соединений, концентраций определяемых ионов, температуры на характер кривых титрования. Индикаторы. Погрешности титрования.

Комплексометрическое титрование. Способы определения конечной точки титрования. Погрешности титрования.

Неорганические и органические реагенты в комплексометрии. Использование аминополикарбоновых кислот в комплексометрии. Способы комплексометрического титрования: прямое, обратное, вытеснительное, косвенное. Металлохромные индикаторы и требования, предъявляемые к ним. Примеры практического применения комплексометрического титрования. Этилендиаминтетрауксусная кислота и её динатриевая соль (ЭДТА) как реагенты в комплексометрии. Определение кальция, магния, железа, алюминия в растворах чистых солей и при совместном присутствии.

7. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА

Общая характеристика физико-химических и физических методов анализа. Современное состояние. Применение для анализа биологических и медицинских объектов.

Роль физико-химических методов анализа в аналитической химии. Классификация физико-химических методов анализа. Задачи, решаемые с помощью физико-химических методов анализа, определяемые вещества, объекты анализа. Перспективы развития физико-химических методов анализа.

7.1. ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА. Потенциометрия. Уравнение Нерста и его аналитическое значение. Индикаторные электроды и электроды сравнения в потенциометрии и их классификация. Жидкостные и пленочные ионоселективные электроды. Методы и приборы для измерения потенциала в потенциометрии. Количественные методы в потенциометрии.

Прямая потенциометрия. Виды и причины отклонений функционирования ионоселективных электродов. Ошибки определяемые в прямой потенциометрии, причины и приемы снижения. Метод добавок в потенциометрии.

Потенциометрическое титрование. Виды реакций, титранты, индикаторные электроды, определяемые вещества. Метод Грана.

Область применения потенциометрии, примеры: определение рН, щелочных, щелочно-земельных и тяжелых металлов, органических ионов.

Вольтамперометрия. Полярография как одна из разновидностей вольтамперометрии. Схема полярографической установки. Вольтамперная кривая и характеристика ее составляющих (остаточный, миграционный, диффузионный и предельно диффузионный токи). Уравнение Ильюковича. Уравнение полярографической волны. Полярографический спектр. Факторы, влияющие на величину предельного диффузионного тока и на значение потенциала полуволны. Типы электродов, применяемых в вольтамперометрии.

Амперометрическое титрование, его сущность и практическое применение для определения веществ в различных объектах. Виды кривых титрования и их связь с химической и электрохимической реакциями.

Кондуктометрический анализ. Прямая кондуктометрия и кондуктометрическое титрование. Высокочастотное кондуктометрическое титрование.

7.2. ОПТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АНАЛИЗА. Оптические методы анализа. Эмиссия и абсорбция электромагнитного излучения веществом и классификация оптических методов анализа. Спектры атомов. Основные и возбужденные электронные состояния атомов. Энергетические переходы и правило отбора. Законы испускания и поглощения электромагнитного излучения веществом. Характеристики спектральных линий: положение в спектре, интенсивность, полуширина.

Спектры молекул. Представление полной энергии молекул, как суммы электронной, колебательной и вращательной. Особенности молекулярных спектров. Применение атомарных и молекулярных спектров в аналитической химии.

Законы поглощения электромагнитного излучения и способы их выражения. Аналитическое применение закона Бугера - Ламберта - Бера. Величины, характеризующие излучение.

Атомно-эмиссионный анализ. Источники атомизации и возбуждения. Физические и химические процессы в источниках атомизации и возбуждения. Количественная зависимость между интенсивностью спектральных линий и концентрацией. Метод эмиссионной спектрометрии пламени. Примеры применения атомно - эмиссионного анализа для определения металлов первой и второй групп в различных объектах (биологических, медицинских и др.).

Атомно-абсорбционный анализ. Основы метода, способы получения поглощающего слоя атомов. Способы монохроматизации лучистой энергии.

Лампа с полым катодом. Зависимость между величиной сигнала и концентрацией элемента в пробе. Сравнительная характеристика атомно-эмиссионного и атомно – абсорбционного анализа (точность, селективность, экспрессность).

Молекулярно - абсорбционный анализ. Визуальная фотометрия и ее значение. Фотоэлектроколориметрия. Спектрофотометрия в видимой и УФ-области спектра. Методы получения поглощающих сред. Применение реакций комплексообразования для получения окрашенных соединений. Органические реагенты в фотометрии.

Области и примеры применения фотометрического анализа. Определение металлов и органических веществ в экологии, медицине, сельском хозяйстве, промышленности.

7.3. ХРОМАТОГРАФИЯ. Хроматография. Принципы метода. Классификация хроматографических методов анализа. Газовая хроматография. Устройство газо-хроматографической установки и принцип ее действия. Детекторы в газовой хроматографии: катарометр, пламенно-ионизационный детектор, детектор электронного захвата. Подвижные и неподвижные фазы в газовой хроматографии. Тарелочная теория газожидкостной хроматографии. Уравнение Ван-Деемтера. Природа аналитического сигнала в газовой хроматографии. Хроматограмма и методы ее обработки. Качественная и количественная газовая хроматография. Методы нормирования. Метод внутреннего стандарта. Определяемые вещества. Области и примеры применения метода. Высокоэффективная жидкостная хроматография. Определяемые вещества, области и примеры применения. Ионная хроматография. Основы метода. Детекторы в методе ионной хроматографии. Определяемые вещества, объекты анализа.

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ЛИТЕРАТУРА

О с н о в н а я

1. Основы аналитической химии: В 2 кн./ Под ред Ю.А. Золотова. М.: Высшая школа, 1996. Кн.1. 383 с. Кн. 2. 461 с.
2. Васильев В.П. Аналитическая химия: В 2 ч. М.: Высшая школа, 1989. Ч.1 320 с., Ч. 2. 384 с.
3. Пилипенко А.Т., Пятницкий И.В. Аналитическая химия: В 2 кн. М., 1990
4. Скуг Д., Уэст Д. Основы аналитической химии: В 2 т. М.: Мир, 1979.Т.1,2
5. Фритц Дж., Шенк Г. Количественный анализ. М.: Мир,1978. 557 с.
6. Дорохова Е.Н., Прохорова Г.В. Задачи и упражнения по аналитической химии. М.: Изд-во Моск. Ун-та, 1984. 215 с.
7. Мечковский С.А. Аналитическая химия. Мн. «Университетское», 1991. 334 с.

8. Основы аналитической химии /Под ред. Ю.А. Золотова М.: Высшая школа, 2004. 504 с.
9. Иванова М.А. Аналитическая химия и физико-химические методы анализа. Учебное пособие. М.: РИОР, 2006. 289 с.

Д о п о л н и т е л ь н а я

1. Лайтинен Г.А., Харрис В.Е. Химический анализ. 2-е изд. Перераб.М.: Химия,1979.624 с.
2. Москвин Л.Н., Царицына Л.Г. Методы разделения и концентрирования аналитической химии. Л.:Химия,1991
3. Доерфель К. Статистика в аналитической химии. М.:Мир,1994
4. Золотов Ю.А. Аналитическая химия: проблемы и достижения. М.: Наука,1992. 288с.
5. Методы обнаружения и разделения элементов / Под ред. И.П. Алимарины.М.: Изд-во Моск. Ун-та,1984.206 с.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

1. Качественные реакции на катионы I, II, III, IV, V групп.
2. Контрольная работа на катионы I-V групп.
3. Изучение аналитических свойств анионов.
4. Контрольная работа на присутствие анионов.
5. Изучение качественных реакций на белок, мочевины, сахар.
6. Гравиметрический метод анализа. Осаждение Ba^{2+}
7. Хроматографический метод определения катионов (методом бумажной хроматографии).
8. Приготовление и стандартизация растворов. Кислотно-основное титрование. Определение кислот и оснований, карбонатов, гидрокарбонатов при совместном присутствии, солей аммония, временной жесткости воды.
9. Титрование по методу окисления-восстановления. Определение Fe^{2+} методом перманганато- и бихроматометрии, Cu^{2+} йодометрически.
10. Титрование по методу комплексообразования. Определение Ca^{2+} , Mg^{2+} , постоянной жесткости воды.
11. Потенциометрическое титрование кислот.
12. Атомно-эмиссионный анализ на содержание Na^+ и K^+ в природных объектах.
13. Молекулярно-абсорбционный анализ черных сплавов на содержание железа.

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

Для организации самостоятельной работы студентов по курсу следует использовать современные информационные технологии: разместить в сетевом доступе комплекс учебных и учебно-методических материалов (программа, методические указания к лабораторным занятиям, список рекомендуемой литературы и информационных ресурсов, задания в тестовой форме для самоконтроля и др.).

Часть вопросов описательного характера, перечисленных в программе, выносятся для самостоятельного изучения в целях развития навыков работы с учебной и научной литературой, указанной в программе. Эффективность самостоятельной работы студентов целесообразно проверять в ходе текущего и итогового контроля знаний.

ХАРАКТЕРИСТИКА ПОДХОДОВ К ПРЕПОДАВАНИЮ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Преподавание курса включает семь основных разделов: «Метрологические основы химического анализа», «Методы пробоотбора и пробоподготовки основных объектов анализа», «Методы обнаружения и идентификации», «Реакции и процессы, используемые в аналитической химии», «Методы разделения и концентрирования», «Методы количественного анализа», «Физико-химические методы анализа».

После изложения вводной части курса, включающей общее рассмотрение методов аналитической химии и основ химической метрологии, излагаются обязательные для данного курса представления о химическом равновесии и кинетике. Основное внимание при этом уделяется факторам, определяющим состояние химического равновесия и принципиальным возможностям использования этих факторов для управления химическими превращениями в гомогенных и гетерогенных системах. Все разновидности возможных химических процессов и их сочетаний оцениваются с точки зрения формирования аналитического сигнала и его функциональной связи с природой и концентрацией компонентов исследуемых вещественных систем. Этой цели подчинены предусмотренные программой циклы лабораторных работ: методов разделения, концентрирования и обнаружения компонентов, гравиметрические методы определения, титриметрические методы определения.

Лабораторные занятия предусматривают освоение техники выполнения химического эксперимента, приготовление и стандартизацию растворов, проведение химического анализа по определению качественного и количественного состава вещества и должны быть обеспечены химической посудой, реактивами, средствами измерений.

ПЕРЕЧЕНЬ РЕКОМЕНДУЕМЫХ СРЕДСТВ ДИАГНОСТИКИ

Учебными планами направления специальности 1-31 01 01-03 «Биология (биотехнология)», специальностей 1-31 01 02 «Биохимия» и 1-31 01 03 «Микробиология» в качестве формы итогового контроля по дисциплине рекомендован зачет.

Для оценки профессиональных компетенций можно использовать следующий диагностический инструментарий:

- защита индивидуальных заданий при выполнении лабораторных работ;
- защита подготовленного студентом реферата;
- устные опросы;
- письменные контрольные работы по отдельным темам курса;
- компьютерное тестирование.