

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)**

**Биохимия и механизмы реакций в растворе**

**Уровень высшего образования:**  
Специалитет

---

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

**Направленность (профиль) ОПОП:**  
Фундаментальная и прикладная энзимология

**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

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>ОПК-1.С.</b> Способен решать современные проблемы фундаментальной и прикладной химии, используя методологию научного подхода и систему фундаментальных химических понятий и законов</p>	<p><b>ОПК-1.С.1.</b> Воспринимает информацию химического содержания, систематизирует и анализирует ее, оценивает актуальность и степень новизны данных</p>	<p><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>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> Способен использовать сведения о строении и биологических функциях основных классов биологических соединений, свойствах микроорганизмов, способах регуляции биохимических процессов, основных направлениях современной биотехнологии и прикладной биохимии при решении задач профессиональной деятельности</p>	<p><b>СПК-1.С(итог)</b> использует сведения о строении и биологических функциях основных классов биологических соединений, свойствах микроорганизмов, способах регуляции биохимических процессов, основных направлениях современной биотехнологии и прикладной биохимии при планировании и выполнении исследований, интерпретации полученных результатов</p>	<p><b>Знать:</b> Строение и биологические функции основных классов биологических соединений, свойства микроорганизмов, способы регуляции биохимических процессов, основные направления современной биотехнологии и прикладной биохимии  <b>Уметь:</b> самостоятельно применять знания о строении и биологических функциях основных классов биологических соединений, свойствах микроорганизмов, способах регуляции биохимических процессов, основных направлениях современной биотехнологии и прикладной биохимии с целью решения профессиональных задач</p>
<p><b>СПК-2.С.</b> Способен применять общие закономерности физической химии ферментов при описании химической и ферментативной кинетики и механизмов</p>	<p><b>СПК-2.С(итог)</b> грамотно использует аппарат физической химии при описании кинетики и механизмов ферментативных реакций</p>	<p><b>Знать:</b> общие закономерности физической химии ферментов, основные механизмы действия ферментов разных классов</p>

ферментативных реакций		
------------------------	--	--

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 4 зачетных единицы, всего 144 часа, из которых 112 часов составляет контактная работа студента с преподавателем (54 часа занятия лекционного типа, 54 часа – занятия семинарского типа, 4 часа – промежуточный контроль успеваемости), 32 часа составляет самостоятельная работа студента.*

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

Обучающийся должен

Знать: общие положения, законы и теории базовых химических дисциплин, основные классы биомолекул и их свойства.

Уметь: предполагать физико-химические свойства молекул по их строению.

Владеть: навыками анализа литературы, приемами решения типовых задач синтеза.

5. 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
Тема 1.	6	3	3				6			

Тема 2.	6	3	3				6			
Тема 3.	6	3	3				6			
Тема 4.	6	3	3				6			
Тема 5.	6	3	3				6			
Тема 6.	4	2	2				4			
Тема 7.	6	3	3				6			
Тема 8.	4	2	2				4			
Тема 9.	6	3	3				6			
Тема 10.	4	2	2				4			
Тема 11.	6	3	3				6			
Тема 12.	6	3	3				6			
Тема 13.	6	3	3				6			
Тема 14.	6	3	3				6			
Тема 15.	6	3	3				6			
Тема 16.	6	3	3				6			
Тема 17.	6	3	3				6			
Тема 18.	6	3	3				6			
Тема 19.	6	3	3				6			

Промежуточная аттестация <i>экза- мен</i>	36					4				32
<b>Итого</b>	<b>144</b>	<b>54</b>	<b>54</b>			<b>4</b>	<b>112</b>			<b>32</b>

Тема 1 Молекулярные особенности живых систем

Тема 2 ДНК и РНК: строение и свойства

Тема 3 Строение и свойства биомембран

Тема 4 Белки в природе

Тема 5 Ферменты в живых системах

Тема 6 Биосфера и биологический круговорот веществ и энергии. Строение про- и эукариотической клетки. Функции органелл и цитоплазмы клетки.

Тема 7 Химический состав живого. Метаболизм

Тема 8 Энергетический обмен клетки. Макроэргические соединения. Природа макроэргической связи. АТФ и другие фосфорилированные соединения.

Тема 9 Гликолиз и гликогенолиз. Брожение

Тема 10 Пируватдегидрогеназный комплекс ферментов. Коферменты и кофакторы комплекса. Цикл лимонной кислоты. Регуляция окислительного декарбоксилирования пирувата и цикла лимонной кислоты. Анаэробные реакции. Глиоксилатный цикл и его функции. Вторичный катаболизм глюкозы. Биосинтез глюкуроновой кислоты и витамина С. Вторичный катаболизм глюкозы. Пентофосфатный путь и его физиологическая роль. Окислительный и неокислительный этапы пентофосфатного пути.

Тема 11 Электрон-транспортная цепь и окислительное фосфорилирование. Внутриклеточная локализация процессов гликолиза, цикла лимонной кислоты и электрон-транспортной системы. Структура митохондрий и челночные системы. Хемосмотическая гипотеза и механизм создания градиента протонов. Q-цикл. Окислительное фосфорилирование. Структура и механизм действия АТФ-синтетазы.

Тема 12 Окисление и биосинтез жирных кислот

Тема 13 Аминокислоты: строение и биологические функции. Механизм реакции переаминирования. Расщепление аминокислот. Токсичность аммиака и орнитинный цикл. Аммоний-, урео- и урикоптерические организмы. Глюкогенные и кетогенные аминокислоты. Пути распада и синтеза аминокислот, сходства и различия катаболических и анаболических путей. Роль тетрагидрофолиевой кислоты.

Тема 14 Строение и биологические функции азотистых оснований. Катаболизм и анаболизм пуриновых оснований, нуклеотидов и дезокси-нуклеотидов на их основе. Строение и биологические функции азотистых оснований. Катаболизм и анаболизм пиримидиновых оснований, нуклеотидов и дезокси-нуклеотидов на их основе.

Тема 15 Глюконеогенез. Превращение пирувата в фосфоенолпируват. Сходства и различия гликолиза и глюконеогенеза. Реципрокная регуляция гликолиза и глюконеогенеза. "Холостые циклы" в углеводном обмене и их роль. Синтез гликогена. Реципрокная регуляция гликоген-синтетазы и гликоген-фосфоорилазы.

Тема 16 Элементарная химическая стадия и механизм химической реакции. Стехиометрический и тонкий механизмы. Теория переходного состояния (активированного комплекса). Диффузия и теория столкновений.

Тема 17 Кинетика некоторых простых реакций. Бимолекулярные реакции: простейший случай. Принцип стационарных концентраций Боденштейна. Уравнение Михаэлиса-Ментен и его многочисленные аналоги. Основные инструменты химической кинетики. Корреляционные уравнения Гаммета и Тафта. Уравнение Бренстеда. Активационные параметры и механизмы химических реакций.

Тема 18 Катализ. Специфический кислотный катализ. Специфический основной катализ. Общий кислотно-основной и нуклеофильный катализ. Электрофильный катализ. Катализ сближением.

Тема 19 Перенос электрона. Внутри- и внешнесферный перенос. Теория внешнесферного переноса электрона Маркуса. Кросс-уравнение Маркуса.

#### **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):**

Литература из списка основной и дополнительной литературы по курсу, материалы научных статей, предоставляемые на лекциях.

#### **8. Ресурсное обеспечение:**

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

#### **Основная литература**

1. А. Ленинджер. Основы биохимии, в 3-х т, т. 1. М.: Мир, 1985 (разделы 1-5)
2. Основы биохимии Ленинджера. Том 1. Основы биохимии. Строение и катализ. М.: Бином, 2012 (разделы 1-5)
3. В. Эллиот, Д. Эллиот. Биохимия и молекулярная биология. М.: Изд-во НИИ биомедицинской химии РАМН, 2000 (разделы 1-5)
4. Р. Досон, Д. Эллиот, У. Эллиот, К. Джонс. Справочник биохимика. М.: Мир, 1991 (разделы 1-5)
5. Л.А. Остерман. Хроматография белков и нуклеиновых кислот. М.: Наука, 1985 (раздел 5)

#### **Дополнительная литература**

1. А. Ленинджер. Основы биохимии, в 3-х т, т. 1. М.: Мир, 1985 (разделы 1-5)
2. Основы биохимии Ленинджера. Том 1. Основы биохимии. Строение и катализ. М.: Бином, 2012 (разделы 1-5)
3. В. Эллиот, Д. Эллиот. Биохимия и молекулярная биология. М.: Изд-во НИИ биомедицинской химии РАМН, 2000 (разделы 1-5)

4. Р. Досон, Д. Эллиот, У. Эллиот, К. Джонс. Справочник биохимика. М.: Мир, 1991 (разделы 1-5)
5. Г. Шульц Г., Р. Ширмер. Принципы структурной организации белков. М.: Мир, 1982 (раздел 5)
6. Р. Скоупс. Методы очистки белков. М.: Мир, 1985 (раздел 5)
7. Л.А. Остерман. Хроматография белков и нуклеиновых кислот. М.: Наука, 1985 (раздел 5)
8. Л.А. Остерман. Методы исследования белков и нуклеиновых кислот: электрофорез и ультрацентрифугирование (практическое пособие). М.: Наука, 1981 (раздел 5)

Материально-техническое обеспечение: специальных требований нет, занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (маркерами), техникой для презентаций

9. Язык преподавания – русский

10. Преподаватели: д.х.н. проф. Гладилин Александр Кириллович, [akgladilin@yahoo.com](mailto:akgladilin@yahoo.com)  
к.х.н. доц. Казанков Григорий Михайлович, [gkazankov@hotmail.com](mailto:gkazankov@hotmail.com)

### **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.

#### **Варианты контрольных работ**

1. Рассчитайте  $\Delta G$  гидролиза макроэргической связи в молекуле АТФ, если равновесные концентрации АТФ, АДФ и  $P_i$  равны 1 мм. Температура 300 К.
2. Массовое соотношение С:Н:О:N в азотистом основании А равно 12:1:3,2:14, а в азотистом основании В равно 9,6:1:3,2:8,4. Определите А и В и изобразите пару этих оснований с водородными связями.
3. Природный моносахарид А имеет молекулярную массу 150. Обработка А  $\text{NaBH}_4$  приводит к двум оптически неактивным стереоизомерам В и С.  
А) Изобразите А, В и С в проекции Фишера.  
Б) Обозначьте каждый стереоцентры С по R/S номенклатуре.
4. Природную пентозу А подвергли бромциановому синтезу (Жилиани-Фишера), после чего продукты обработали концентрированной азотной кислотой. В результате были получены одно оптически активное соединение В и одно оптически неактивное соединение С. Четвертый атом углерода С находится в R-конфигурации.  
А) Изобразите В и С в проекции Фишера.  
Б) Изобразите пиранозную и фуранозную форму А ( $\beta$ -аномер).



5. Изобразите конформационную формулу наиболее стабильной формы L-галактозы
6. Приведите фосфолипид, входящий в состав клеточной мембраны и имеющий суммарный заряд -1 при рН 6,5.
7. Изобразите схему К/Na-насоса для транспорта глюкозы в клетку против градиента концентрации.
8. В Вашем распоряжении раствор белка. В системе присутствует только одна соль – карбонат аммония в концентрации 0,5 М. Предложите не менее 3 способов, позволяющих осуществить обессоливание раствора, и укажите условия проведения экспериментов.
9. Вам необходимо разделить смесь следующих белков: А (мол. Масса 20 кДа, р<sub>i</sub> 6.0, гидрофобность поверхности 15%), В (мол. Масса 54 кДа, р<sub>i</sub> 8.0, гидрофобность поверхности неизвестна), С (мол. Масса 22 кДа, р<sub>i</sub> 4.5, гидрофобность поверхности 30%). Предложите стратегию разделения и укажите условия проведения стадий разделения.
10. Вам надо разделить белки с р<sub>i</sub> 4, 6 и 8. Предложите тип ионообменника, условия «посадки» и элюирования и укажите, где Вы ожидаете увидеть белки.
11. Приведите карты предполагаемые Вами карты Рамачандрана для полипептидов из 100 аминокислотных остатков а) L-аланина, б) L-пролина.
12. Сравните число водородных связей, внутримолекулярных гидрофобных контактов и пептидных связей в структурах S, I, M и N (использованы обозначения из общей кинетической схемы сворачивания).
13. Для реакции D→2M определены в отдельном эксперименте равновесные концентрации [D]=[M]=1 мМ. Определите равновесные концентрации D и M в стандартных условиях (то есть при исходных концентрациях веществ 1М) и рассчитайте ΔG°.
14. Некоторый фермент E, выделенный из термо- и мезофильного организмов, представляет собой планарный тетрамер. При нагревании тетрамер диссоциирует на мономеры в одну стадию. Переход (K=1) для мезофильного E наблюдается при 50 °C, а для термофильного E при 87 °C. Тетрамер E образуется за счет гидрофобных взаимодействий между субъединицами, а единственное отличие между E из разных организмов заключается в том, что термофильный фермент содержит 4 солевых мостика, по 1 на каждую пару субъединиц.  
 А) определите ΔG образования солевого мостика (мостики идентичны), если равновесная концентрация как тетрамера, так мономера при 87 °C составляет 1 мМ (другими взаимодействиями между субъединицами в этом расчете пренебрегите)  
 Б) определите ΔS образования тетрамера, если в изучаемом диапазоне температур ΔH и ΔS не зависят от температуры, для ферментов из разных источников ΔS одинаково, а ΔH различается только на величину, соответствующую солевым мостикам.
15. При перманентной завивке волосы приобретают измененную форму за счет их растяжения, при этом цепочки альфа-кератина переходят из альфа-спиральной укладки в бета-лист. Исходя из особенностей состава и строения альфа-кератина, предложите последовательность химических и физических воздействий на волосы при перманентной завивке.
16. Из перечисленных ниже факторов укажите те, которые могут определять стабильность белка в составе живой клетки (значение изоэлектрической точки, гидрофобность поверхности, содержание α-спиралей, наличие сайта, чувствительного к протеолизу, мол. Масса, вхождение в белок-белковый комплекс, природа N-концевого остатка).
17. Приведите типы пост-трансляционной модификации, необходимые для формирования зрелого коллагенового волокна. Учтите, что образованию тропоколлагена предшествует формирование проколлагена.
18. Укажите, как влияет значение рН на эффективность агрегации через образование межмолекулярных солевых мостиков и через гидрофобные взаимодействия, а также на скорость автолиза.

## Вопросы к экзамену

### Вопросы к разделу «Основы биохимии»

1. Молекулярные особенности живых систем. Основные классы биологически активных соединений.
2. Разнообразие и классификация живых организмов. Представление о строении про- и эукариотической клеткок, локализация процессов, функции основных органелл.
3. Физико-химические и кинетические закономерности процессов, протекающих в организмах. Энергетика живого. Уникальная роль АТФ. Другие высоко- и сверхвысокоэнергетические соединения.
4. Биосфера и биологический круговорот веществ и энергии. Пищевые цепи. Автотрофы и гетеротрофы. Симбиоз. Прокариоты и эукариоты. Строение про- и эукариотической клетки. Функции органелл и цитоплазмы клетки.
5. Химический состав живых систем. Основные классы биоорганических соединений. "Органический алфавит" жизни. Биологические функции воды. Основной (первичный) и вторичный метаболизм. Катаболизм и анаболизм. Основные пути регуляции биохимических процессов
6. Энергетический обмен клетки. Макроэргические соединения. Природа макроэргической связи. АТФ и другие фосфорилированные соединения. Энергетический заряд клетки. Пути использования энергии, запасаемой в высокоэнергетических соединениях.
7. Гликолиз и гликогенолиз. Гликолиз - центральный путь катаболизма глюкозы. Стадии и подстадии гликолиза. "Запускные" реакции и этапы запасания энергии. Субстратное фосфорилирование. Необратимые стадии гликолиза. "Кислородная задолженность". Пути вовлечения в гликолиз различных ди- и моносахаридов. Гликогенолиз. Регуляция гликолиза и гликогенолиза. Спиртовое и молочнокислое брожение.
8. Пируватдегидрогеназный комплекс ферментов. Коферменты и кофакторы комплекса. Цикл лимонной кислоты. Регуляция окислительного декарбоксилирования пирувата и цикла лимонной кислоты. Анаэробные реакции. Глиоксилатный цикл и его функции. Вторичный катаболизм глюкозы. Биосинтез глюкуроновой кислоты и витамина С. Вторичный катаболизм глюкозы. Пентофосфатный путь и его физиологическая роль. Окислительный и неокислительный этапы пентофосфатного пути.
9. Электрон-транспортная цепь и окислительное фосфорилирование. Внутриклеточная локализация процессов гликолиза, цикла лимонной кислоты и электрон-транспортной системы. Структура митохондрий и челночные системы. Коллекторная функция NADH и FADH<sub>2</sub>. Четыре комплекса электрон-транспортной цепи. Флавиномононуклеотид. Хемосмотическая гипотеза и механизм создания градиента протонов. Q-цикл. Окислительное фосфорилирование. Структура и механизм действия АТФ-синтетазы.
10. Окисление жирных кислот. Механизм активации и переноса жирных кислот через внутреннюю мембрану митохондрий. Первая (β-окисление до ацетил-СоА) и вторая (до углекислого газа и воды) стадии окисления жирных кислот. Образование кетонных тел в печени и их использование в мышцах. Особенности окисления ненасыщенных жирных кислот и жирных кислот с нечетным числом атомов, углерода. Функции биотина и коферментной формы витамина В<sub>12</sub>. Представление о α- и ω-окислении жирных кислот.

11. Биосинтез жирных кислот. Челночный механизм переноса ацетильных групп из матрикса митохондрий в цитозоль. Образование малонил-СоА. Согласованная регуляция окисления и биосинтеза жирных кислот.
12. Строение и механизм действия синтетазы жирных кислот. Стадии синтеза жирных кислот. Сходства и различия между окислением и синтезом жирных кислот. Синтез и гидролиз жиров и фосфолипидов. Образование ди- и триацилглицеридов. Реутилизация холина и синтез лецитина *de novo*. Представление об основных этапах синтеза стероидов.
13. Аминокислоты: строение и биологические функции. Понятие о заменимых и незаменимых аминокислотах. Взаимосвязь аминокислот с метаболитами гликолиза и цикла лимонной кислоты. Механизм реакции переаминирования. Перидоксальфосфат и перидоксаминфосфат. Глутаминаза и глутаминсинтетаза. Расщепление аминокислот. Токсичность аммиака и орнитинный цикл. Аммоний-, уре- и урикогеновые организмы. Глюкогенные и кетогенные аминокислоты. Пути распада и синтеза аминокислот, сходства и различия катаболических и анаболических путей. Роль тетрагидрофолиевой кислоты.
14. Строение и биологические функции азотистых оснований. Катаболизм и анаболизм пуриновых оснований, нуклеотидов и дезоксинуклеотидов на их основе. Строение и биологические функции азотистых оснований. Катаболизм и анаболизм пиримидиновых оснований, нуклеотидов и дезоксинуклеотидов на их основе.
15. Глюконеогенез. Превращение пирувата в фосфоенолпируват. Сходства и различия гликолиза и глюконеогенеза. Реципрокная регуляция гликолиза и глюконеогенеза. "Холостые циклы" в углеводном обмене и их роль. Синтез гликогена. Реципрокная регуляция гликоген-синтетазы и гликоген-фосфорилазы.

Вопросы к разделу «Механизмы химических реакций в растворах»

1. Элементарная химическая стадия и механизм химической реакции. Стехиометрический и тонкий механизмы. Скорость химической реакции и закон действия масс. Кинетический порядок и молекулярность реакции; Сущность их принципиального отличия. Теория переходного состояния (активированного комплекса). Переходное состояние это уже не исходное соединение, но еще не конечный продукт. Определение строения переходного состояния. Диффузия и теория столкновений. Уравнение Аррениуса.
2. Кинетика некоторых простых реакций. Необратимые мономолекулярные реакции. Вычисления констант скорости. Случай спектрофотометрического контроля. Обратимые мономолекулярные реакции. Концепция "псевдомоно- молекулярности" и условия ее применения. Последовательные мономолекулярные реакции. Понятие о скоростьлимитирующей стадии. Параллельные мономолекулярные реакции. Бимолекулярные реакции: простейший случай.
3. От простых реакций к более сложным кинетическим схемам. Принцип стационарных концентраций Боденштейна. Уравнение Михаэлиса-Ментен и его многочисленные аналоги. Влияние ионов водорода и разнообразных лигандов на скорости химических реакций. Рн профили. Реакции нулевого и псевдонулевого порядка. Автокаталитические реакции. Понятие о колебательных реакциях (на примере реакции Белоусова-Жаботинского).
4. Основные инструменты химической кинетики. Кинетические изотопные эффекты (первичные и вторичные). Понятие о туннелировании протона. Изотопные эффекты растворителей. Линейные соотношения свободных энергий. Корреляционные уравнения Гаммета и Тафта. Уравнение Бренстеда. Сольватационные эффекты и влияние растворителей на скорости химических реакций. Эмпирические подходы и проблема разделения эффектов сольватации основного и переходного состояний. Активационные параметры и механизмы хими-

ческих реакций. Энтальпия и энтропия активации как критерии природы скоростьлимитирующей стадии. Активационный объем как указатель диссоциативного или ассоциативного механизма химической реакции.

5. Катализ. Специфический кислотный катализ. Специфический основной катализ. Общий кислотно-основной и нуклеофильный катализ. Электрофильный катализ. Катализ сближением.

6. Перенос электрона. Внутри- и внешнесферный перенос. Теория внешнесферного переноса электрона Маркуса. Кросс-уравнение Маркуса. Понятие об инверсионной области.

### 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 непринципиального 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>
Знать: Строение и биологические функции основных классов биоорганических соединений, свойства микроорганизмов, способы регуляции биохимических процессов, основные направления современной биотехнологии и прикладной биохимии Знать: общие закономерности физической химии ферментов, основные механизмы действия ферментов разных классов	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене
Уметь анализировать научную литературу с целью выбора направления и методов, применяемых в исследовании по теме выпускной квалификационной работы, Уметь: самостоятельно составлять план исследования Уметь: самостоятельно применять знания о строении и биологических функциях основных клас-	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене

сов биоорганических соединений, свойствах микроорганизмов, способах регуляции биохимических процессов, основных направлениях современной биотехнологии и прикладной биохимии с целью решения профессиональных задач	
Владеть навыками поиска, критического анализа, обобщения и систематизации научной информации, постановки целей исследования и выбора оптимальных путей и методов их достижения	мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на экзамене