

Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

**СОГЛАСОВАНО**

Заведующий кафедрой

Кафедра биофизики  
(БиоФиз\_ИФББ)

наименование кафедры

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий ОП ВО

**УТВЕРЖДАЮ**

Заведующий кафедрой

Кафедра биофизики  
(БиоФиз\_ИФББ)

наименование кафедры

В.А. Кратасюк

подпись, инициалы, фамилия

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

институт, реализующий дисциплину

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ**  
**МЕХАНИЗМЫ**  
**ФЕРМЕНТАТИВНОГО КАТАЛИЗА**

Дисциплина Б1.В.ДВ.07.02 Физико-химические механизмы  
ферментативного катализа

Направление подготовки / 03.03.02 Физика Профиль 03.03.02.07  
специальность Биохимическая физика

Направленность  
(профиль)

Форма обучения

очная

Год набора

2018

Красноярск 2021

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по укрупненной группе

030000 «ФИЗИКА И АСТРОНОМИЯ»

---

Направление подготовки /специальность (профиль/специализация)

Направление 03.03.02 Физика Профиль 03.03.02.07 Биохимическая физика

---

Программу  
составили

канд.биол.наук, доцент, Суковатая И. Е

---

## 1 Цели и задачи изучения дисциплины

### 1.1 Цель преподавания дисциплины

Целью изучения дисциплины «Физико-химические механизмы ферментативного катализа» является освещение основных вопросов, касающихся физико-химических механизмов, лежащих в основе ферментативного катализа.

### 1.2 Задачи изучения дисциплины

В задачи изучения дисциплины входит:

- обобщить представления о механизмах функционирования ферментов, включая исторический экскурс;
- обзор современных теоретических и экспериментальных методов изучения механизмов ферментативных реакций;
- обзор существующих гипотез механизмов ферментативного катализа.

1.3 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

<b>ОПК-1: способностью использовать в профессиональной деятельности базовые естественнонаучные знания, включая знания о предмете и объектах изучения, методах исследования, современных концепциях, достижениях и ограничениях естественных наук</b>	
Уровень 1	свободное владение фундаментальными разделами ферментативного катализа
Уровень 2	методы исследования, современные концепции, достижения и ограничения естественных наук (прежде всего химии, биологии, экологии, наук о земле и человеке)
Уровень 1	применять знания современных проблем и новейших достижений физики и химии биолюминесценции в своей научно-исследовательской деятельности;
Уровень 1	представлениями о ключевых механизмах функционирования биологических систем разного иерархического уровня и структур, обеспечивающих это функционирование
Уровень 2	владения методами обработки и анализа экспериментальной и теоретической информации в области разделами ферментативного катализа и т.п.
<b>ПК-1: способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин</b>	

Уровень 1	теоретические основы общей и теоретической физики
Уровень 2	Основы размышления по аналогии, являющегося основным инструментом работы в проблемной ситуации
Уровень 3	принципы устройства и работы современного научно-исследовательского оборудования
Уровень 1	пользоваться теоретическими основами, основными понятиями разделами ферментативного катализа
Уровень 2	эксплуатировать современную аппаратуру и оборудование для выполнения научно-исследовательских полевых и лабораторных биологических работ
Уровень 1	теоретическими и экспериментальными данными механизмов ферментативных реакций

#### 1.4 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору.

Для успешного освоения предлагаемого курса в полном объеме необходимо пред-варительное изучение курсов «Химия», «Биология», «Физика».

Изучение модулей курса «Физико-химические механизмы ферментативного ката-лиза» также будет способствовать формированию у студентов-бакалавров целостного естественнонаучного мировоззрения, темы курса дополнят изучение базовых дисциплин профессионального цикла.

#### 1.5 Особенности реализации дисциплины

Язык реализации дисциплины .

Дисциплина (модуль) реализуется без применения ЭО и ДОТ.

## 2. Объем дисциплины (модуля)

Вид учебной работы	Всего, зачетных единиц (акад.час)	Семестр
		5
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>3 (108)</b>	<b>3 (108)</b>
<b>Контактная работа с преподавателем:</b>	<b>2 (72)</b>	<b>2 (72)</b>
занятия лекционного типа	1 (36)	1 (36)
занятия семинарского типа		
в том числе: семинары		
практические занятия	1 (36)	1 (36)
практикумы		
лабораторные работы		
другие виды контактной работы		
в том числе: групповые консультации		
индивидуальные консультации		
иная внеаудиторная контактная работа:		
групповые занятия		
индивидуальные занятия		
<b>Самостоятельная работа обучающихся:</b>	<b>1 (36)</b>	<b>1 (36)</b>
изучение теоретического курса (ТО)		
расчетно-графические задания, задачи (РГЗ)		
реферат, эссе (Р)		
курсовое проектирование (КП)	Нет	Нет
курсовая работа (КР)	Нет	Нет
<b>Промежуточная аттестация (Зачёт)</b>		

### 3 Содержание дисциплины (модуля)

#### 3.1 Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/п	Модули, темы (разделы) дисциплины	Занятия лекционного типа (акад. час)	Занятия семинарского типа		Самостоятельная работа, (акад. час)	Формируемые компетенции
			Семинары и/или Практические занятия (акад. час)	Лабораторные работы и/или Практикумы (акад. час)		
1	2	3	4	5	6	7
1	Модуль 1. Современные теоретические подходы и экспериментальные методы изучения кинетики ферментативных реакций	13	13	0	16	ОПК-1 ПК-1
2	Модуль 2. Молекулярная энзимология и изучение механизмов ферментативного катализа	23	23	0	20	ОПК-1 ПК-1
Всего		36	36	0	36	

#### 3.2 Занятия лекционного типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме

	<p>Тема 1.1. История развития представлений о механизмах функционирования ферментов</p> <p>Тема 1.2. История исследования ферментов. Динамика нарастания количества обнаруживаемых ферментов.</p> <p>Тема 1.3. Белки как биокатализаторы. Классификация и номенклатура ферментов.</p> <p>Тема 1.4. Ферменты – белковые катализаторы. Активный центр фермента, кофакторы. Специфичность действия ферментов.</p> <p>Тема 1.5. Существующие объяснения активности и специфичности ферментов - гипотезы “ключ-замок”, “рука-перчатка”, “дыба”.</p> <p>Тема 1.6. Типы гомогенного катализа: сближение и ориентация, кислотно-основной, электрофильный и нуклеофильный. Ключевые направления: выяснение конкретных молекулярных механизмов функционирования ферментов, установление природы промежуточных соединений, изучение механизмов элементарных актов, влияние физических факторов на эффективность этих процессов.*</p> <p>Тема 1.7. Проблем объяснения происхождения каталитической эффективности ферментов.</p> <p>Тема 1.8. Ферментативная кинетика. Кинетика</p>			
--	--	--	--	--

	<p>Тема 2.1. Анализ современного состояния исследований механизмов ферментативного катализа с точки зрения существующих экспериментальных и теоретических методов. Методы компьютерного моделирования биологических макромолекул. Базы данных и компьютерная графика. Белковый банк данных “ProteinDataBank” - <a href="http://www.wwpdb.org/">http://www.wwpdb.org/</a></p> <p>Тема 2.2. Анализ трехмерной структуры молекул ферментов. Методы компьютерного моделирования как инструмент для исследования функционирования ферментов. Инженерия белков и ферментов. Активные центры ферментов и механизмы катализируемых реакций. Тема 2.3. Проблема снижения энергетического барьера. Трудность в объяснении происхождения каталитической эффективности ферментов - разграничение различных энергетических вкладов прямыми экспериментами. Теория переходного состояния TST (Transition-state theory). Вероятность реактантов находиться в переходном состоянии. Свободная энергия активации и ее оценка в воде и белках. Тема 2.4. Эффекты сближения и ориентации, эффекты среды в ферментативном</p>			
--	---	--	--	--



Всего		26	0	0
-------	--	----	---	---

### 3.3 Занятия семинарского типа

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование занятий	Объем в акад. часах		
			Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
1	1	Изучение стационарной кинетики ферментативных реакций на примере бактериальной люциферазы. Изучение нестационарной кинетики ферментативных реакций на примере бактериальной люциферазы Влияние температуры на кинетику ферментативной реакции <i>in vitro</i> рН-зависимость ферментативной активности на примере биolumнесцентной реакции Исследование поведение бактериальной люциферазы в неводной реакционной среде Определение параметров $V_m$ и $K_m$ из экспериментальных данных Ингибиторный анализ ферментативных реакций	13	0	0
2	2	Работа в белковом банке данных ProteinDataBank (PDB) – Режим доступа: <a href="http://www.pdb.org/pdb/home/home.do">http://www.pdb.org/pdb/home/home.do</a> . Освоение методов молекулярного моделирования с помощью программы Swiss-PdbViewer	23	0	0
Всего			26	0	0

### 3.4 Лабораторные занятия

№	№	Наименование занятий	Объем в акад. часах
---	---	----------------------	---------------------

п/п	раздела дисциплины		Всего	в том числе, в инновационной форме	в том числе, в электронной форме
Всего					

#### 4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Суковатая И. Е.	Физико-химические механизмы ферментативного катализа: учеб.-метод. пособие для самостоят. работы студентов спец. 010708.65 "Биохимическая физика"	Красноярск: СФУ, 2012
Л1.2	Сарафанов А. В., Торопов М. М.	Каталог лицензионных программных продуктов, используемых в СФУ: Вып. 3	Красноярск: ИПК СФУ, 2009

#### 5 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Оценочные средства находятся в приложении к рабочим программам дисциплин.

#### 6 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

6.1. Основная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л1.1	Суковатая И. Е., Кратасюк В. А., Межевикин В. В., Свидерская И. В., Есимбекова Е. Н., Немцева Е. В., Кудряшева Н. С.	Фотобиофизика: электрон. учеб.-метод. комплекс дисциплины	Красноярск: ИПК СФУ, 2008
6.2. Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год

Л2.1	Плакунов В. К.	Основы энзимологии: учебное пособие для вузов по направлениям подготовки бакалавров и магистров "Биология", "Экология и природопольз.", "Химическая технология и биотехнология", направлениям подготовки дипломированных специалистов "Биология", "Физиология", "Микробиология", "Биохимия", "Биоэкология"	Москва: Логос, 2002
Л2.2	Кудряшева Н. С., Кратасюк В. А., Есимбекова Е. Н.	Физико-химические основы биoluminesцентного анализа: учебное пособие	Красноярск: Красноярский университет [КрасГУ], 2002
Л2.3	Березин И. В., Варфоломеев С. Д.	Биокинетика: монография	Москва: Наука, 1979
Л2.4	Келети Т., Курганов Б. И., Бровко Л. Ю.	Основы ферментативной кинетики: монография	Москва: Мир, 1990
Л2.5	Блюменфельд Л. А.	Решаемые и нерешаемые проблемы биологической физики: [монография]	Москва: Едиториал УРСС, 2010
<b>6.3. Методические разработки</b>			
	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год
Л3.1	Суковатая И. Е.	Физико-химические механизмы ферментативного катализа: учеб.-метод. пособие для самостоят. работы студентов спец. 010708.65 "Биохимическая физика"	Красноярск: СФУ, 2012
Л3.2	Сарафанов А. В., Торопов М. М.	Каталог лицензионных программных продуктов, используемых в СФУ: Вып. 3	Красноярск: ИПК СФУ, 2009

## **7 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Э1	Специализированный научный поисковый сервер Google. Режим доступа: <a href="http://scholar.google.com">http://scholar.google.com</a>	Специализированный научный поисковый сервер SCIRUS. Режим доступа: <a href="http://www.scirus.com/">http://www.scirus.com/</a>
Э2	Специализированный научный поисковый сервер SCIRUS. Режим доступа: <a href="http://www.scirus.com/">http://www.scirus.com/</a>	<a href="http://www.scirus.com/">http://www.scirus.com/</a>

## **8 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам

1 1 Тема 1.5. Существующие объяснения активности и

специфичности ферментов - гипотезы “ключ-замок”, “рука-перчатка”, “дыба”.\* Тема 1.6. Ключевые направления: выяснение конкретных молекулярных механизмов функционирования ферментов, установление природы промежуточных соединений, изучение механизмов элементарных актов, влияние физических факторов на эффективность этих процессов.\* Тема 1.7. Проблем объяснения происхождения каталитической эффективности ферментов.\* Тема 1.11. Влияние физико-химических факторов окружения на кинетику ферментативных реакций (температуры, pH, ионной силы). Влияние органических растворителей на кинетику ферментативных реакций.\*

2 2 Тема 2.4. Модель неполярных сферических белков (Krishtalik) - белков с низкой диэлектрической проницаемостью.\* Тема 2.5. Гипотезы механизмов ферментативного катализа: динамический эффект. Особенности и отличительные черты модели флуктуационной динамики ферментов.\* Тема 2.6. Гипотезы механизмов ферментативного катализа: десольватационная гипотеза Коэна и Кросби. Причины уменьшения свободной энергии в активном центре фермента.\* Влияние неравновесной сольватации на активационный барьер. Проблемы подтверждения гипотезы.\* Тема 2.7. Гипотезы механизмов ферментативного катализа: туннелирование (квантовый эффект): vibrationally enhanced tunneling (VET). Проблемы подтверждения гипотезы.\* Тема 2.8. Гипотезы механизмов ферментативного катализа: энтропия связывания. Проблемы подтверждения гипотезы.\* Тема 2.9. Другие гипотезы механизмов ферментативного катализа.\*

При самостоятельной работе над теоретическим курсом студент пользуется методическими материалами из списка основной и дополнительной литературы, электронных методических изданий, перечня программного обеспечения, методических указаний используемых в учебном процессе.

Написание и защита итогового проекта/реферата.

Основной целью выполнения данной работы является развитие мышления и творческих способностей студента.

В процессе выполнения итогового проекта/реферата у студента должны сформироваться следующие навыки:

- применения методов научного познания;

- анализа различных фотобиологических явлений и процессов в биологических системах различной сложности;
- владения методологией обучения, постановки и разрешения проблем;
- способности к самоорганизации, организации и планированию;
- работы с компьютером, умения использовать современные информационные технологии (справочные системы, Интернет и др.) для получения доступа к источникам информации, хранения и обработки данных;
- управления информацией и приемов информационно-описательной деятельности;
- грамотной письменной и устной речи.

Написание реферативного исследования требует самостоятельности и творческого подхода. Основной целью работы является раскрытие одной из тем, предложенных преподавателем или выбранных самим студентом, по согласованию с преподавателем. Основы реферата выполняются с использованием учебной и научной литературы и обязательно подкрепляется материалами из научных статей журналов, которые доступны на сайтах научных баз данных, поисковых систем, издательств.

Реферат включает следующие структурные элементы: Титульный лист, Содержание, Введение, Обзор литературы, Заключение, Библиографический список, Приложения. Подробное описание структуры реферата по дисциплине «Физико-химические механизмы ферментативного катализа» представлены в методических указаниях по самостоятельной работе.

Проект должен быть оформлен в соответствии с требованиями оформления студенческих текстовых документов, объемом не менее 20 машинописных страниц, должен сопровождаться библиографическим списком, который составлен в соответствии с ГОСТ 7.1-2003 «Библиографическая запись. Библиографическое описание». Проект должен быть размещен в закрытом личном кабинете учащегося образовательного пространства Университета ([i.sfu-kras.ru](http://i.sfu-kras.ru)) не позднее 11 недели семестра.

Для защиты реферата студент готовит презентационные

материалы, оформленные в виде последовательности слайдов, демонстрируемых на экранах для аудитории слушателей. Электронные презентационные материалы (ЭПМ) разрабатываются как средство сопровождения общения докладчика с аудиторией, при этом современные ЭПМ должны предоставлять докладчику возможность произвольно регулировать темп изложения материала, частоту смены слайдов, а также дополнять письменно или в устной форме сведения, представленные на слайдах. ЭПМ являются средством, предоставляющим возможность наглядного сопровождения образовательного и научных процесса с применением мультимедийных технологий, в том числе с использованием графических образов, что особенно важно при изучении дисциплины «Физико-химические механизмы ферментативного катализа», поскольку появляется возможность понять на молекулярном уровне, например, с помощью специальных мультимедийных элементов, основные механизмы, лежащие в основе фотобиологических процессов.

## **9 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю) (при необходимости)**

### **9.1 Перечень необходимого программного обеспечения**

9.1.1	Работа осуществляется при помощи широкого спектра лицензионных программных продуктов, закупленных по программе развития СФУ: MicrosoftOffice, Adobe Photoshop, CorelDRAW, Adobe Illustrator и др., а так же современных информационных технологий (электронные базы данных, Internet).
-------	--

### **9.2 Перечень необходимых информационных справочных систем**

9.2.1	В рамках освоения дисциплины используется одна из крупнейших информационных систем в области биологии медицины, биофизики Национального центра биотехнологической информации (NationalCenterforBiotechnologyInformation(NCBI)), США (www.NCBI.nlm.nih.gov).
9.2.2	
9.2.3	БД NCBI являются достаточно сложным инструментарием с разнообразным функционалом.
9.2.4	Перечень основных БД (в алфавитном порядке), входящих в Search NCBI databasesи их краткое описание:
9.2.5	
9.2.6	1 BioSystems. Содержит информацию о взаимодействии биомолекул, участвующих в метаболизме болезненных состояний, а также других биологических процессов
9.2.7	
9.2.8	2 Bookshelf. Содержит коллекцию полнотекстовых книг, которые можно найти в интернете и которые связаны с PubMed

9.2.9	
9.2.1 0	3 CancerChromosomes. Содержит описания кариотипа, флуоресценции insitu, изображения гибридизации, клиническую информацию для клеточных линий раковых опухолей
9.2.1 1	
9.2.1 2	4 ConservedDomains. БД изображений последовательностей белковых доменов и профилей
9.2.1 3	
9.2.1 4	5 dbGaP. БД генотипов и фенотипов
9.2.1 5	
9.2.1 6	6 dbVAR. БД геномных структурных изменений
9.2.1 7	
9.2.1 8	7 Gene. БД генов, в том числе структур геномов, которые были полностью секвенированы
9.2.1 9	
9.2.2 0	8 Genome БД последовательностей и картографических данных из целых геномов для более 1000 видов и штаммов
9.2.2 1	
9.2.2 2	9 GenomeProject Проект «Геном»
9.2.2 3	
9.2.2 4	10 NCBI WebSite БД статических страниц NCBI, содержащая документацию, инструменты, старые выпуски информационных бюллетеней, описания страниц ресурса, примеры кода и т. д.
9.2.2 5	
9.2.2 6	11 NLM Catalog Содержит содержание книг, журналов, аудио- и видеоматериалов, компьютерных программ, электронных ресурсов и
9.2.2 7	
9.2.2 8	12 Nucleotide Нуклеотидная БД
9.2.2 9	
9.2.3 0	13 OMIA (Online Mendelian Inheritance in Animals) БД генов, унаследованных расстройств и черт различных видов животных (кроме человека и мышей)

9.2.3 1	
9.2.3 2	14 OMIM (Online Mendelian Inheritance in Man) БД содержит обзор генов человека, генетических нарушений и других наследственных признаков
9.2.3 3	
9.2.3 4	15 PopSet БД, содержащая связанные нуклеотидные последовательности, которые исходят из сравнительных исследований: филогенетических, населения, окружающей среды (экосистем) и мутационных исследований
9.2.3 5	
9.2.3 6	16 Protein БД, содержащая аминокислотные последовательности
9.2.3 7	
9.2.3 8	17 ProteinClusters БД связанных последовательностей белков (кластеров)
9.2.3 9	
9.2.4 0	18 PubMed БД библиографических описаний/аннотаций
9.2.4 1	
9.2.4 2	19 PubMed Central БД полнотекстовых ресурсов, находящихся в открытом доступе
9.2.4 3	
9.2.4 4	20 SNP (SingleNucleotidePolymorphism) БД одиночных нуклеотидных полиморфизмов, микросателлитов и т. д.
9.2.4 5	
9.2.4 6	21 Structure БД экспериментальных данных из кристаллографического и ЯМР-резонансного определения структуры

## **10 Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

Необходимое для реализации дисциплины «Физико-химические механизмы ферментативного катализа» материально-техническое обеспечение включает в себя:

- учебные аудитории, оборудованные аппаратно-программными комплексами «Малый презентационный комплекс», «Доска обратной проекции», «Средний презентационный комплекс»;
- компьютерный класс, укомплектованные современными компьютерами, классы на 15 рабочих мест с выходом в Интернет.