ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Кафедра биофизики

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по научно-методической
и учебной работе
_____ Е.И.Скафа
« 28 » июня 2017 г.

Рабочая программа учебной дисциплины

«МЕХАНИЗМЫ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭНЕРГИИ В ФОТОСИНТЕЗЕ»

(спецкурс №7)

Направление подготовки: 06.04.01 Биология

Профиль подготовки: Биофизика

Образовательный уровень выпускника: магистр

Форма обучения: очная, заочная

Донецк 2017

УТВЕРЖДАЮ:
Декан биологического факультета
_____ О.С. Горецкий
"26" июня 2017 г.

Программа учебной дисциплины **«Механизмы трансформации энергии в фотосинтезе»** составлена на основе ГОС ВПО по направлению подготовки 06.04.01 Биология, утвержденного приказом Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики от "28" сентября 2016г. № 1002, зарегистрированному в Министерстве юстиции ДНР от 20 октября 2016 г. № 1652 и «Положения об организации учебного процесса в образовательных организациях высшего профессионального образования Донецкой Народной Республики», утверждённого приказом Министерства образования и науки ДНР «30» октября 2015 г. №750, учебных планов по направлению подготовки 06.04.01 Биология (Профиль: Биофизика), утвержденных Ученым Советом Университета от 31.03.2017 г., протокол № 3 и основной образовательной программы, утвержденной приказом ректора (№ 77/05 от 06.05 2017 г.).

Разработчик:
д.ф.-м.н., профессор кафедры биофизики _____ С.В. Беспалова

ст.преподаватель кафедры биофизики _____ Е.С. Сергеева

ст.преподаватель кафедры биофизики _____ С.В. Чуфицкий

Программа учебной дисциплины утверждена на заседании кафедры биофизики

Протокол № 16 от "15 мая 2017 г.

Зав. кафедрой _____ С.В. Беспалова

Программа учебной дисциплины одобрена учебно-методической комиссией биологического факультета

Протокол № 10 от "23" июня 2017 г.

Председатель учебно-методической
комиссии факультета _____ Е.В. Прокопенко

1. Область применения и место дисциплины в учебном процессе: учебная дисциплина «Механизмы трансформации энергии в фотосинтезе» является вариативной частью профессионального блока дисциплин подготовки студентов по направлению подготовки 06.04.01 Биология.

Дисциплина реализуется на биологическом факультете ГОУ ВПО «ДонНУ» кафедрой биофизики, основывается на базе дисциплин бакалавриата Физика, Математика, Цитология, Физиология и биохимия растений, Анатомия растений, Физические методы в биологии, Биофизика, Введение в биофизику, Математические методы в биологии, Общая и неорганическая химия, Биоорганическая химия, Органическая химия, Избранные главы теоретической биофизики, Компьютерные исследование и моделирование биологических процессов, Дифференциальные уравнения в биологии и медицине, а также предшествующих и сопутствующих дисциплин Экологическая биофизика, Количественный анализ биологических данных, Биофизические методы в экологическом мониторинге, Биологическое действие физических факторов, Кинетика и термодинамика биологических процессов, Биофизика транспортных процессов, Молекулярная биофизика, Математическое моделирование биологических процессов, Спецглавы физических и химических наук, Современные проблемы биологии (биофизики), Современная экология и глобальные экологические проблемы, является основой для решения задач производственной (научно-педагогической), производственной (преддипломной) практик, написания научно-исследовательской работы и будущей профессиональной деятельности.

2. **Нормативные ссылки** *(при необходимости)*

3. **Структура дисциплины** *(модуля)*

Характеристика учебной дисциплины	очная форма обучения	заочная форма обучения
Образовательный уровень:	Магистр	
Направление подготовки	06.04.01 Биология	
Профиль	Биофизика	
Количество содержательных модулей (тем)	2 (7)	
Дисциплина базовой / вариативной части образовательной программы [1]	Дисциплина вариативной части ОП	
Формы контроля	*текущий, модульный контроль, промежуточная аттестация (экзамен)*	
Показатели	очная форма обучения	заочная форма обучения
Количество зачетных единиц (кредитов)	2	2
Количество часов	72	72
Год подготовки	2	2
Семестр	3	
Количество часов		
- лекционных	18	4
- практических, семинарских		
- лабораторных	18	4
- самостоятельной работы	36	64
в т.ч. индивидуальное задание		
Недельное количество часов, т.ч.	4	
аудиторных	2	

4. Описание дисциплины

Цели и задачи.

Цель – изучение физических основ первичных процессов фотосинтеза: механизмы поглощения молекулами пигментов светового излучения, процессы миграции энергии электронного возбуждения, механизмы тушения электронного возбуждения; изучить особенности регистрации состояний молекул, входящих в фотосинтетическую электронно-транспортную цепь.

Задачи - понимание основных физических основ процессов поглощения и взаимодействия света с веществом; усвоение основных принципов, лежащих в основе функционирования как электрон-транспортной цепи и кислород-выделяющего комплекса, так и фотосистемы II в целом; понимание основных механизмов электронного возбуждения и миграции энергии в ФС II; умение применять и выбирать методы необходимые для решения задач, связанных с исследованием состояния фотосистем.

Требования к результатам освоения дисциплины: Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ГОС ВПО по данному направлению подготовки 06.04.01 Биология профиль Биофизика:

а) ***общекультурных (ОК):***

способность к абстрактному мышлению, критическому анализу информации (ОК-1);

готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-3);

б) ***общепрофессиональных (ОПК):***

готовность использовать фундаментальные биологические представления в сфере профессиональной деятельности для постановки и решения новых задач (ОПК-3);

способность самостоятельно анализировать имеющуюся информацию, выявлять фундаментальные проблемы, ставить задачу и выполнять полевые, лабораторные биологические и медико-биологические исследования с использованием современной аппаратуры и вычислительных средств, нести ответственность за качество работ и научную достоверность результатов (ОПК-4);

способность применять современные компьютерные технологии при сборе, хранении, обработке, анализе и передаче биологической информации для решения профессиональных задач (ОПК-7);

способность профессионально оформлять и представлять результаты научно-исследовательских и производственно-технологических работ по утвержденным формам (ОПК-9);

в) профессиональных (ПК):

научно-исследовательская деятельность:

способность творчески использовать в научной и производственно-технологической деятельности знания фундаментальных и прикладных разделов дисциплин (модулей), определяющих направленность (профиль) программы магистратуры (ПК-1);

способность применять методические основы проектирования, выполнения полевых и лабораторных биологических, экологических исследований, использовать современную аппаратуру, вычислительные комплексы (в соответствии с направленностью (профилем) программы магистратуры (ПК-3);

способность осваивать теории, модели, методы исследования, навыки разработки новых методических подходов с учетом целей и задач исследования (ПК-4).

В результате изучения учебной дисциплины студент должен.

ориентироваться: в современных проблемах и методах биофизики фотосинтеза;

знать: строение фотосинтетического аппарата; особенности механизмов поглощения световой энергии веществом; механизмы миграции и переноса электронного возбуждения; физические механизмы элементарного акта переноса электронов при

фотосинтезе;

уметь: формулировать цели и задачи экспериментальных исследований в области биофизики фотосинтетических процессов, механизмах миграции энергии возбуждения;

владеть: теоретическими знаниями и практическими навыками, необходимыми для описания и анализа процессов электронного транспорта, работы фотосистемы 2 и кислород-выделяющего комплекса высших растений и микроводорослей.

5. Содержание дисциплины и формы организации учебного процесса

Курс дисциплины «Механизмы трансформации энергии в фотосинтезе» предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа студента.

Материал излагается с использованием объяснительно-иллюстративных и эвристических методов обучения. В учебном процессе применяются активные и интерактивные формы проведения занятий (разбор конкретных ситуаций, дискуссия и т.д.).

Самостоятельная работа студентов предусматривает подготовку к лабораторным занятиям, изучение учебной и методической литературы, составление конспектов.

Порядковый номер и тема	**Краткое содержание темы**
	Содержательный модуль 1
Тема 1. Процессы взаимодействия света с веществом	Поглощение света, флуоресценция, тепловая конверсия энергии возбуждения. Квантовый выход люминесценции, закон Вавилова, уравнение Штерна-Фольмера. Модифицированная теория Штерна-Фольмера. Поглощение света веществом, закон Бугера-Ламберта-Бэра. Квантовый выход люминесценции $\varphi_л$, длительность возбужденного состояния. Коэффициенты Эйнштейна, отрицательное поглощение (усиление света), суперлюминесценция, генерация лазерного излучения.
Тема 2. Перенос энергии электронного возбуждения	Статическое и динамическое тушение флуоресценции. Концентрационное тушение люминесценции. Практические применения. Правило Левшина, зеркальная симметрия, 0–0 переход. Температурное тушение люминесценции. Флуоресценция димеров и эксимеров. Эффект сита. Триплетные состояния биомолекул. Фосфоресценция. Излучательное время жизни. Замедленная флуоресценция и ее практические применения. Температурная зависимость замедленной флуоресценции. Тушение фосфоресценции.
Тема 3. Механизмы миграции энергии электронного возбуждения	Приближение двухуровневой системы для квантовомеханического описания элементарного акта переноса энергии. Диссипативная система. Диполь-дипольное взаимодействие. Переходы в квазинепрерывном спектре. Теория Фёрстера. Интеграл перекрытия, ориентационный фактор, радиус Фёрстера. Условия применимости теории Фёрстера. Использование теории Фёрстера для оценки расстояния между молекулами. Диполь-квадрупольное и квадруполь-квадрупольное взаимодействие. Обменно-резонансный перенос энергии.
Тема 4. Процессы миграции энергии в антенном аппарате высших растений и цианобактерий	Пигмент-белковые комплексы высших растений и цианобактерий. Пространственная организация пигментного аппарата. Спектральные характеристики, пути миграции энергии. Процессы аннигиляции электронных возбуждений. Модель Шатца для определения констант миграции энергии и переноса электрона. Температурная зависимость скоростей миграции энергии. Рекомбинация зарядов в РЦ, рекомбинационная люминесценция светособирающей антенны. Экспериментальные данные по переносу возбуждения в антенных комплексах. Нефотохимическое тушение в

	антенне высших растений (зеаксантиновый цикл) и цианобактерий (оранжевый каротиноидный белок).
Содержательный модуль 2	
Тема 5. Перенос и захват энергии возбуждения у пурпурных бактерий	Реакция фотосинтеза в общем виде для растений и пурпурных бактерий. Реакционные центры и светособирающая антенна – основные части фотосинтетического аппарата, в которых протекают первичные (физические) процессы. Пигмент-белковые комплексы реакционных центров и антенны – состав пигментов, белковые компоненты. Пространственные структуры реакционного центра, периферического (LH2) и прицентрового (LH1) светособирающих комплексов пурпурных бактерий. Симметричные кольцевые агрегаты молекул бактериохлорофилла в антенне – экситонное взаимодействие, делокализация возбуждений по нескольким молекулам бактериохлорофилла. Спектральные проявления экситонной природы. Перенос энергии возбуждения в диполь-дипольном приближении (по Фёрстеру). Коллективные (экситонные) электронные возбуждения в светособирающих комплексах. Модифицированная теория Редфилда и обобщенная теория Ферстера.
Тема 6. Электрон-транспортная цепь оксигенного фотосинтеза	Оксигенный фотосинтез. Первичные процессы в фотосистемах. Разделение зарядов. Механизм трансформации световой энергии в химическую. Типы фотосистем. Z-схема. Локализация комплексов фотосинтетической цепи в фотосинтетических мембранах. Пластохинон. Комплекс цитохромов b_6/f. Q-цикл. Пластоцианин. Фотосистема 1 и фотосистема 2 (ФС 1 и ФС2). Светособирающий комплекс (ССК2) и его пигменты (хлорофиллы, фикобилины, каротиноиды).
Тема 7. Электрон-транспортные компоненты и кислород-выделяющий комплекс	Электрон-транспортные (ЭТ) компоненты, кофакторы и редокс-активные компоненты ФС2. Окислительно-восстановительные потенциалы. P680. Тирозин Yz. Кислород-выделяющий комплекс (КВК). Акцепторная сторона. Фотоингибирование: донорное и акцепторное; марганцевая гипотеза. Защита от фотоингибирования: синтез белка D1; цитохром b-559; каротиноиды; ксантофильный цикл. Структура Mn/Ca кластера. Лиганды, связывающие Mn/Ca кластер. Функция марганца в окислении воды. Четырехтактная периодичность выделения кислорода. S-цикл.

Тематический план

	Содержательный модуль 1											
Названия содержательных модулей и тем	**Количество часов**											
	Очная форма						**Заочная форма**					
	всего	лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа	всего	лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 1. Процессы взаимодействия света с веществом	9	2		2	5		11	1		1	9	
Тема 2. Перенос энергии электронного возбуждения	9	2		2	5		9				9	
Тема 3. Механизмы миграции энергии электронного возбуждения	10	2		2	6		11	1		1	9	
Тема 4. Процессы миграции энергии в антенном аппарате высших растений и цианобактерий	13	4		4	5		9				9	
Итого по 1 содержательному модулю	**41**	**10**		**10**	**21**		**40**	**2**		**2**	**36**	

	Содержательный модуль 2											
Названия содержательных модулей и тем	**Количество часов**											
	Очная форма						**Заочная форма**					
	всего	лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа	всего	лекции	практические	лабораторные	самостоятельная работа	индивидуальная работа
Тема 5. Перенос и захват энергии возбуждения у пурпурных бактерий	9	2		2	5		10	1			9	
Тема 6. Электрон-транспортная цепь оксигенного фотосинтеза	13	4		4	5		11			1	10	
Тема 7. Электрон-транспортные компоненты и кислород-выделяющий комплекс	9	2		2	5		11	1		1	9	
Итого по 2 содержательному модулю	**31**	**8**		**8**	**15**		**32**	**2**		**2**	**28**	
Всего часов по дисциплине	**72**	**18**		**18**	**36**		**72**	**4**		**4**	**64**	

6. Темы семинарских занятий
7. Темы практических занятий
8. Темы лабораторных занятий

	Тема лабораторного занятия	Количество часов	
		дневная форма	заочная форма
Лабораторная работа 1	Определение показателей, определяющих скорость и эффективность электронного транспорта при протекании фотосинтеза	2	1
Лабораторная работа 2	Стохастические модели трансформации и переноса энергии по электрон-транспортной цепи	2	
Лабораторная работа 3	Основные приемы работы с программой USCF Chimera	2	1
Лабораторная работа 4	Изучение доменной структуры светособирающего комплекса	2	
Лабораторная работа 5	Изучение доменной структуры и конформационных изменений фотосистемы II	2	
Лабораторная работа 6	Изучение доменной структуры фотосистемы I	2	1
Лабораторная работа 7	Изучение строения и конформационных изменений кислород-выделяющего комплекса	2	
Лабораторная работа 8	Изучение спектров поглощения фотосинтетических пигментов	2	1
Лабораторная работа 9	Изучение состояния фотосинтетического аппарата флуориметрическим методом	2	
Всего часов		18	4

9. Самостоятельная работа

Самостоятельная работа студентов предусматривает подготовку к лабораторным занятиям (18 часов).

Также предусмотрено изучение учебной и методической литературы, составление конспектов.

№	Название темы	Количество часов	
		дневная форма	заочная форма
Содержательный модуль 1			
1	Коэффициенты Эйнштейна, отрицательное поглощение (усиление света), суперлюминесценция, генерация лазерного излучения.	5	9
2	Температурная зависимость замедленной флуоресценции. Тушение фосфоресценции.	5	9
3	Диполь-квадрупольное и квадруполь-квадрупольное взаимодействие. Обменно-резонансный перенос энергии.	6	9
4	Нефотохимическое тушение в антенне высших растений (зеаксантиновый цикл) и цианобактерий (оранжевый каротиноидный белок).	5	9
Содержательный модуль 2			
5	Коллективные (экситонные) электронные возбуждения в светособирающих комплексах. Модифицированная теория Редфилда и обобщенная теория Ферстера.	5	9
6	Светособирающий комплекс (ССК2) и его пигменты	5	10

	(хлорофиллы, фикобилины, каротиноиды).		
7	Функция марганца в окислении воды. Четырехтактная периодичность выделения кислорода. S-цикл.	5	9
Всего часов		**36**	**64**

10.Индивидуальные задания

11. Контрольные вопросы к промежуточной аттестации

Вопросы к модульному контролю

1. Индуцированное и вынужденное излучение. Теория Эйнштейна.
2. Время жизни возбужденного состояния молекул. Излучательные и безызлучательные переходы.
3. Z-схема электронтранспортной цепи.
4. Показатели поглощения, испускания, оптической плотности вещества. Сечение поглощения.
5. Пигмент-белковые и электрон-транспортные фотосинтетические комплексы.
6. Модульный принцип организации электрон-транспортной цепи фотосинтеза.
7. Закон Бугера-Ламберта-Бера.
8. Локализация и основные функции подвижных фотосинтетических переносчиков.
9. Отрицательное поглощение. Усиление света. Лазерный эффект.
10. Основные закономерности миграции энергии в фотосистеме II.
11. Комплекс хлоропластов – локализация в мембране, субъединичный состав, функции, конформационные изменения.
12. Уравнение Штерна-Фольмера.
13. Понятие квантового выхода фотосистемы. Способы вычисления.
14. Светособирающий комплекс фотосистемы II (ФСII).
15. Основная и вспомогательная электрон-транспортные цепи ФСII.
16. Реакционный центр ФСII. Мобильный ССК ФСII
17. Миграция энергии при слабом диполь-дипольном взаимодействии.
18. Кислород-выделяющий комплекс (КВК).
19. Структура марганцевого кластера. Цикл S-состояний. Роль тирозина Yz.
20. Методы исследования ФСII и КВК.
21. Теория Ферстера. Ферстеровский радиус.
22. Цитохромный комплекс – локализация, строение и функции.
23. Структурно-функциональная организация комплекса ФСI.
24. Фотофосфорилирование. Принципиальные механизмы сопряжения.
25. Скорости миграции энергии при диполь-дипольном, квадруполь-квадрупольном и обменном взаимодействиях.
26. Спектры поглощения фотосинтетических пигментов.
27. Особенности фотосинтетического аппарата пурпурных бактерий.
28. Метод флуориметрических исследований состояния ФСII. Импульсная флуориметрия. Лазерная флуориметрия.

Вопросы к экзамену

1. Коэффициенты Эйнштейна. Спонтанное и вынужденное излучение. Отрицательное поглощение, генерация лазерного излучения.

2. Экспериментальные подходы и доказательства, лежащие в основе Z-схемы электронтранспортной цепи фотосинтеза. Ее основные положения, значение. Современное отношение к схеме.

3. Показатель поглощения, коэффициент экстинкции, оптическая плотность, сечение поглощения. Соотношения между этими величинами.

4. Модульный принцип организации электрон-транспортной цепи фотосинтеза. Основные хлорофилл-содержащие пигмент-белковые комплексы. Электрон-транспортные комплексы.

5. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Натуральный и десятичный показатели поглощения, сечение поглощения, коэффициент экстинкции. Причины возможных отклонений от закона Бугера-Ламберта-Бера.

6. Подвижные переносчики в электрон-транспортной цепи фотосинтеза. Их организация, локализация в хлоропласте и значение

7. Отрицательное поглощение (усиление света, лазерный эффект). Метод импульсной флуориметрии. Миграция энергии в ФСII.

8. Сопрягающий комплекс хлоропластов. Локализация в мембране, субъединичный состав, функции субъединиц, конформационные изменения в процессе функционирования.

9. Время жизни возбужденного состояния. Квантовый выход флуоресценции. Уравнение Штерна-Фольмера. Миграция энергии в ФСII.

10. Светособирающий комплекс и ядро ФС2: полипептидный состав и структурная организация. Основная и вспомогательная электрон-транспортные цепи ФСII: химическая природа компонентов, окислительно-восстановительные потенциалы, скорость переноса электронов, функциональная роль компонентов.

11. Квантовомеханическое описание миграции энергии между одинаковыми атомами в двухуровневом приближении. Миграция энергии при слабом диполь-дипольном взаимодействии.

12. Организация электрон-транспортной цепи на донорном участке ФСII. Кислород-выделяющий комплекс (КВК). Структура марганцевого кластера. Цикл S-состояний. Роль тирозина Yz. Методы исследования ФСII и КВК.

13. Диполь-дипольный и обменный механизмы переноса энергии. Условия применимости теории Ферстера, ферстеровский радиус.

14. Функциональная организация и субъединичный состав цитохромного f/b комплекса. Взаимосвязь с пулом хинонов.

15. Сильное и слабое взаимодействие. Перенос энергии при диполь-дипольном взаимодействии. Формула Ферстера, ферстеровкий радиус. Измерение времени жизни возбужденного состояния (импульсная флуорметрия).

16. Структурно-функциональная организация комплекса ФСI, локализация в мембране, субъединичный состав, функции субъединиц. Организация электронного транспорта с донорной и акцепторнй стороны. Циклический поток электронов вокруг ФСI, его участники. Физиологическое значение цикла.

17. Теория Ферстера и условия ее применимости. Миграция энергии при диполь-квадрупольном и обменном взаимодействиях.

18. Фотофосфорилирование. Принципиальные механизмы сопряжения. Основные требования хемиосмотического механизма сопряжения и их соответствие структурно-функциональной организации тилакоида.

19. Время жизни возбужденного состояния. Скорости миграции энергии при диполь-дипольном, квадруполь-квадрупольном и обменном взаимодействиях.

20. Структурные свойства и особенности спектра поглощения хлорофилла а.

21. Типы фотосистем. Оксигенный фотосинтез.

22. Особенности фотосинтетического аппарата пурпурных бактерий. Кольцевая структура ССК. Миграция энергии.

23. Организация и локализация фотосистемы II в фотосинтетических мембранах: мембранные препараты ФСII, светосибирающий комплекс и ядро ФСII, реакционный центр ФСII. Мобильный ССК ФСII.

12.Образец экзаменационного билета

ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Образовательный уровень	Магистр
Направление подготовки	06.04.01 Биология
Семестр	3
Учебная дисциплина	Механизмы трансформации энергии в фотосинтезе

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ №

1. Коэффициенты Эйнштейна. Спонтанное и вынужденное излучение. Отрицательное поглощение, генерация лазерного излучения.
2. Диполь-дипольный и обменный механизмы переноса энергии. Условия применимости теории Ферстера, ферстеровский радиус.

Утверждено на заседании кафедры биофизики
Протокол №___ от „___” _____ 20 г.

Декан биол. факультета Горецкий О.С.

Экзаменатор Беспалова С.В.

13.Образец тестового задания *(при наличии)*

14. Критерии оценивания

Оценка знаний студентов проводится по 100-балльной шкале согласно следующим критериям:

Зачетные модули	**Форма контроля**	**Баллы**
Содержательный модуль 1	Выполнение лабораторных работ	10
	Самостоятельная работа	7
Содержательный модуль 2	Выполнение лабораторных работ	8
	Самостоятельная работа	5
Модульный контроль		20
Экзамен		**50**
Общий итог		**100**

Шкала оценивания:

По шкале ECTS	Оценка по 100-балльной шкале	Оценка по государственной шкале (экзамен, дифференцированный зачет)	Оценка по государственной шкале (зачет)
A	90–100	5 (отлично)	зачтено
B	80–89	4 (хорошо)	зачтено
C	75–79	4 (хорошо)	зачтено
D	70–74	3 (удовлетворительно)	зачтено
E	60–69	3 (удовлетворительно)	зачтено
FX	35–59	2 (неудовлетворительно)с возможностью повторной сдачи	не зачтено
F	0-34	2 (неудовлетворительно) с возможностью повторной сдачи при условии обязательного набора дополнительных баллов	не зачтено

Экзамен оценивается в 50 баллов.

Для оценки экзамена преподаватель руководствуется следующими принципами:

50-40 баллов - показаны систематические и глубокие знания при ответе на вопросы билета;

39-30 баллов - показаны систематические и глубокие знания при ответе на вопросы билета, но при ответе допущены несущественные ошибки;

29-20 баллов – показаны не систематические и не глубокие знания при ответе на вопросы билета, при ответе допущено несколько существенных ошибок;

19-10 баллов - показаны поверхностные знания при ответе на вопросы билета, при ответе допущено много существенных ошибок;

9-1 балл - простые вопросы по знанию основных определений и формул, воспроизведены отдельные фрагменты материала с помощью экзаменатора.

0 - полное незнание материала.

15. Материально-техническое обеспечение учебного процесса

Для проведения **лекционных занятий** требуется аудитория на группу, оборудованная меловой или интерактивной доской, мультимедийным проектором и экраном.

1. Для обеспечения **лабораторных занятий** по данному курсу необходим компьютерный класс с соответствующим программным обеспечением.
2. Выход в Интернет.
3. Пакет программ MatLab, MathCad
4. Текстовые и электронные ресурсы Научной библиотеки университета.

16. Рекомендованная литература

Основная

1. Биофизика первичных фотосинтетических процессов [Электронный ресурс] : учебное пособие / [сост. С. В. Беспалова, С. В Чуфицкий] ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Биологический факультет, Кафедра биофизики. – Донецк : ДонНУ, 2017 – Электронные данные (1 файл).

2. Физико-биологическая оценка первичных процессов фотосинтеза [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / [сост. С. В. Беспалова, С. В. Чуфицкий, Е. С. Сергеева] ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Биологический факультет, Кафедра биофизики. – Донецк : ДонНУ, 2017 – Электронные данные (1 файл).

3. Биофизика макромолекул [Электронный ресурс] : учебное пособие / [сост. С. В. Беспалова, В. О. Корниенко] ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Биологический факультет, Кафедра биофизики. – Донецк : ДонНУ, 2017. – Электронные данные (1 файл).

4. Современные проблемы биологии (Биофизики) [Электронный ресурс]: учебное пособие / [сост.С. В. Беспалова, О. С .Горецкий, В. О. Корниенко] ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Биологический факультет, Кафедра биофизики. – Донецк : ДонНУ, 2017. – Электронные данные (1 файл).

5. Биофизические методы исследования биологических систем. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / [сост. С. В. Беспалова, Ю. А. Легенький, В. О. Корниенко, С. В. Чуфицкий, Р. А. Капшуков] ; ГОУ ВПО "Донецкий национальный университет", Биологический факультет, Кафедра биофизики. – Донецк : ДонНУ, 2017. – Электронные данные (1 файл).

Дополнительная

1. Основы молекулярной биологии клетки : учеб. пособие / Б. Альбертс, Д. Брей, К. Хопкин и др. ; пер. с англ. под ред. С. М. Глаголева, Д. В. Ребрикова. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 768 с. **(3 экз.)**

2. Должицька, А. Г. Фізіологія рослин : навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів / А. Г. Должицька, І. І. Панчук ; Чернівецький національний університет імені Юрія Федьковича. - Чернівці : Чернівецький нац. ун-т, 2010. - 167 с. **(1 экз.)**

3. Камкин, А. Г. Физиология и молекулярная биология мембран клеток : учеб. пособ. для студентов мед. вузов / А. Г. Камкин, И. С. Киселева. - Москва : Академия, 2008. - 585 с. **(1 экз.)**

4. Біофізика : підруч. для студ. біол. спеціальностей вищ. навч. закл. / П. Г. Костюк, В. Л. Зима, І. С. Магура та ін. ; Київський нац. ун-т ім. Т. Шевченка. - Київ : Київський ун-т, 2008. - 567 с. **(51 экз)**

5. Рубин, А. Б. Биофизика: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению 020400 (020200) "Биология" и специальности 020207 "Биофизика" : [в 3 т.]. Т. 3 : Биофизика клеточных процессов ; Механизмы первичных фотобиологических процессов / А. Б. Рубин. - Москва : Институт компьютерных исследований ; Ижевск, 2013. - 478 с. **(1 экз)**

6. Джаксон, М. Б. Молекулярная и клеточная биофизика / М. Б. Джаксон ; пер. с англ. А. П. Савицкого, А. И. Журавлева. - Москва : Мир : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. - 551 с. **(3 экз.)**

17. Информационные ресурсы

1. http://www.postnauka.ru/
2. http://www.biophys.ru/
3. http://www.biophysics.org/
4. http://depts.washington.edu/pbiopage/
5. http://photosynthesiseducation.com/
6. http://www.livescience.com/

18. Программное обеспечение (при наличии)

1. Пакет программ MS Office – Word, Excel;
2. Программа для визуализации белковой структуры молекул UCSF Chimera;
3. Пакет программного обеспечения MatLab.

Рабочая программа рассмотрена и переутверждена на заседании кафедры с изменениями (без изменений) на 201____ год. Протокол заседания кафедры № ___ от ____ .

Заведующий кафедрой биофизики С.В. Беспалова