

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт фундаментальной медицины и биологии



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
**Биоэнергетика Б2.ДВ.2**

Направление подготовки: 020400.62 - Биология

Профиль подготовки: не предусмотрено

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Темников Д.А.

**Рецензент(ы):**

Алимова Ф.К.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Алимова Ф. К.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института фундаментальной медицины и биологии:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 849444614

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) декан, к.н. (доцент) Темников Д.А. Факультет повышения квалификации и переподготовки кадров для ВУЗов КФУ , dozhdin@yandex.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины Биоэнергетика являются: ознакомление студентов с современными теоретическими знаниями и последними научными достижениями о молекулярных основах превращения энергии в живых системах, структурно-функциональной организации клеточных мембран, об основных энергозапасующих и энергозатратных процессах и реакциях, протекающих внутри клеток и связанных с жизненно важными функциями организма; сформирование представления о возможностях применения полученных знаний биоэнергетики в профессиональной деятельности, что является неотъемлемым этапом развития профессиональных навыков и компетенций обучающихся в соответствии с требованиями ФГОС ВПО по направлению подготовки Биология.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б2.ДВ.2 Общепрофессиональный" основной образовательной программы 020400.62 Биология и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе, 6 семестр.

Дисциплина "Биоэнергетика" является составной частью содержания общепрофессиональной подготовки бакалавра по направлению Биология (Общепрофессиональный цикл Учебного плана согласно ФГОС ВПО направления 020400 "Биология") и является дисциплиной по выбору.

Она логически взаимосвязана с другими общепрофессиональными дисциплинами, необходимыми для реализации профессиональных функций выпускника.

Предшествующими дисциплинами, на которых базируется курс "Биоэнергетика", являются Общая и неорганическая химия, Органическая химия, Биохимия, Цитология, Физиология животных, Физиология растений.

Курс "Биоэнергетика" является полезным для изучения следующих дисциплин: Введение в биотехнологию и бионанотехнологию, Иммунология, Медицинская биохимия, Фотосинтез, Дыхание и продуктивность растений, Физиология сенсорных систем, Энзимология, Актуальные проблемы биологии и др. дисциплин на выбор студента.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-6 (общекультурные компетенции)	использует в познавательной и профессиональной деятельности базовые знания в области математики и естественных наук, применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования
ПК-3 (профессиональные компетенции)	демонстрирует знание принципов структурной и функциональной организации биологических объектов и механизмов гомеостатической регуляции; применяет основные физиологические методы анализа и оценки состояния живых систем
ПК-4 (профессиональные компетенции)	демонстрирует знание принципов клеточной организации биологических объектов, биофизических и биохимических основ, мембранных процессов и молекулярных механизмов жизнедеятельности

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:
2. должен уметь:
3. должен владеть:
4. должен продемонстрировать способность и готовность:

проводить классификацию термодинамических систем, транслировать и обсуждать законы термодинамики в биологических системах, строение, физико-химические свойства различных видов биомембран, структурную и функциональную организацию биологических мембран, характеристики мембранных белков и липидов, белок-липидные взаимодействия в биомембранах, физико-химические механизмы стабилизации биомембран, влияние внешних факторов на их структурно-функциональные характеристики, химические механизмы транспорта веществ в клетке, механизмы окислительного и фотосинтетического фосфорилирования, молекулярные механизмы процессов энергетического сопряжения; осуществлять поиск, анализировать, оценивать и применять полученные знания при изучении других дисциплин и в профессиональной деятельности; работать с информацией об основных закономерностях энергетических взаимосвязей между организмами биосферы, о термодинамическом сопряжении реакций и тепловых эффектах в биологических системах, термодинамике транспортных процессов, энергетике важнейших метаболических путей, о методах изучения и получения мембран

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины экзамен в 6 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Энергетика биосферы	6	1, 2	3	3	0	презентация
2.	Тема 2. Закономерности биоэнергетики и биомембраны	6	3, 4	3	3	0	презентация
3.	Тема 3. Транспортные системы мембран	6	5, 6	3	3	0	презентация

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
4.	Тема 4. Регуляторные механизмы катаболизма и анаболизма	6	7, 8	3	3	0	презентация
5.	Тема 5. Глюконеогенез	6	9	2	2	0	презентация
6.	Тема 6. Фотосинтез	6	10	2	2	0	презентация
7.	Тема 7. Эволюция биологических механизмов запасания энергии	6	11	2	2	0	презентация
8.	Тема 8. Энергетика движения	6	12-14	6	6	0	презентация
	Тема . Итоговая форма контроля	6		0	0	0	экзамен
	Итого			24	24	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Энергетика биосферы

###### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Поток биологической энергии. Законы термодинамики в биологических системах. Энтропия биологических систем. Метаболизм: понятие и функции. Макроскопический аспект метаболизма. Автотрофы и гетеротрофы. Аэробы и анаэробы. Круговороты N, C, H<sub>2</sub>O. Метаболические пути: линейные и циклические. Катаболические и анаболические пути и их взаимосвязь.

###### **практическое занятие (3 часа(ов)):**

Регуляция метаболических путей: по типу обратной связи, гормональная регуляция, индукция ферментов

##### Тема 2. Закономерности биоэнергетики и биомембраны

###### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Протонный и натриевый потенциал, три закона биоэнергетики (по В.П.Скулачеву). Мембраны: история изучения строения мембран, типы мембран в клетке и их функции, мембранные белки. Современные представления о структуре, стабильности и географии мембранных доменов. Разнообразие мембранных белков: структура, функции и локализация

###### **практическое занятие (3 часа(ов)):**

Методы изучения и конструирования мембран

##### Тема 3. Транспортные системы мембран

###### **лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Мембранные системы транспорта: Na/K-АТФаза (локализация, структура, реакционный цикл), Са-АТФаза (локализация, структура, реакционный цикл), регуляция активности АТФаз. Бактериальные фосфотрансферазы, периплазматические транспортные системы, вакуолярные Н-АТФазы. Транспортные (митохондриальные переносчики: АТФ/АДФ-транслоказа, переносчик фосфата, разобщающий белок) системы внутренней мембраны митохондрий: назначение и механизм функционирования. Транспортные системы, сопряженные с переносом электронов или с поглощением света: цитохром-оксидаза, бактериородопсин. Каналы, поры, переносчики: понятия. Классификация транспортных белков, основанная на механизме их действия и энергетике. Переносчики (пермеазы, транлоказы): активные и пассивные, симпорт и антипорт и унипорт. Первичные и вторичные активные переносчики. Каналы и поры: потенциал-зависимые Na- и Са-каналы, щелевые контакты, ядерные поровые комплексы.

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Порины: структура, функции

**Тема 4. Регуляторные механизмы катаболизма и анаболизма**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Гликолиз. Мобилизация запаса глюкозы из гликогена. Ферменты гликолиза: функция, общая характеристика. Реакции гликолиза. Энергетический баланс гликолиза. Расстройства связанные с нарушением гликолиза. Цикл Кребса. Ферменты ЦЛК: функция, общая характеристика. Реакции ЦЛК Источники электронов для е-транспортной цепи. Дыхательная цепь: комплексы, переносчики, ингибиторы. Окислительное фосфорилирование: АТФ-синтетаза (структура, ротор и статор; эксперименты по изучению механизма перекачки протонов ферментным комплексом), хемиосмотическая теория, механизм создания трансмембранного градиента протонов, общая схема окислительного фосфорилирования. Транспортные (митохондриальные переносчики: АТФ/АДФ-транслоказа, переносчик фосфата, разобщающий белок) и челочные системы внутренней мембраны митохондрий: назначение, механизм функционирования

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Расстройства связанные с нарушением гликолиза. Судьба пирувата. Лакт-ацидоз  
Расстройства связанные с нарушением фосфорилирования. Схема регуляции. Регуляция гликолиза, ЦЛК. Регуляторные взаимосвязи катаболизма глюкозы. Рассеяние энергии дыхания при терморегуляции. Полный энергетический баланс полного окисления молекулы глюкозы. Вторичные метаболические пути: пентозо-фосфатный путь, глиоксилатный цикл

**Тема 5. Глюконеогенез**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Ферменты глюконеогенеза: функция, общая характеристика. Реакции глюконеогенеза. Субстраты для глюконеогенеза. Энергетический баланс глюконеогенеза

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Расстройства, связанные с нарушением глюконеогенеза

**Тема 6. Фотосинтез**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

общая схема и энергетический баланс, история изучения фотосинтеза, световая и темновая фазы фотосинтеза, пигменты и их роль, реакционный центр, фотосистемы, модель световых реакций (Z-схема), фотофосфорилирование (нециклическое и циклическое), С3-путь и С4-путь темновых реакций, фотодыхание у С3- и С4-растений и их продуктивность, САМ-метаболизм.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Фотодыхание у С3-, С4- и САМ-растений и их продуктивность

**Тема 7. Эволюция биологических механизмов запасаения энергии**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Адениновый фотосинтез, бактериородопсиновый фотосинтез, хлорофилльный фотосинтез зеленых серных, пурпурных и цианобактерий, дыхательное фосфорилирование

**практическое занятие (2 часа(ов)):**



Общая схема и энергетический баланс фотосинтеза

### Тема 8. Энергетика движения

#### лекционное занятие (6 часа(ов)):

Строение и механизм работы молекулярного мотора бактерий. Энергетика мышечных сокращений: строение мышечного волокна, модель скользящих нитей, рабочий цикл актомиозинового комплекса. Кинезин, динеин: строение, функции.

#### практическое занятие (6 часа(ов)):

Способы движения растений: внутриклеточные движения, локомоторные движения, рост растяжением, тургорные движения

### 4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Энергетика биосферы	6	1, 2	подготовка к презентации	3	презентация
2.	Тема 2. Закономерности биоэнергетики и биомембраны	6	3, 4	подготовка к презентации	3	презентация
3.	Тема 3. Транспортные системы мембран	6	5, 6	подготовка к презентации	3	презентация
4.	Тема 4. Регуляторные механизмы катаболизма и анаболизма	6	7, 8	подготовка к презентации	3	презентация
5.	Тема 5. Глюконеогенез	6	9	подготовка к презентации	2	презентация
6.	Тема 6. Фотосинтез	6	10	подготовка к презентации	2	презентация
7.	Тема 7. Эволюция биологических механизмов запасания энергии	6	11	подготовка к презентации	2	презентация
8.	Тема 8. Энергетика движения	6	12-14	подготовка к презентации	6	презентация
	Итого				24	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Освоение дисциплины "Биоэнергетика" осуществляется через использование традиционных (лекции, практические занятия) и инновационных образовательных технологий, активных и интерактивных форм проведения занятий: изложение лекционного материала с элементами диалога, обсуждения, использование мультимедийных программ, подготовка и выступление студентов с докладами на занятиях в рамках "Студенческой лекционной сессии", подготовка и защита рефератов с наглядными материалами: рисунками, фотографиями, таблицами, графиками, диаграммами, схемами, медиафайлами, аудио- и видеоматериалами.

Проводится обсуждение актуальных тем, разбор конкретных ситуаций.

Изучение дисциплины "Биоэнергетика" включает:

- посещение всех видов аудиторных работ, т.к. курс является важным для бакалавра биологии;

- чтение студентами рекомендованной литературы и усвоение теоретического материала дисциплины;
- работу с источниками Интернет;
- подготовку к различным формам контроля (рефераты, студенческие мини-лекции, контрольные работы);
- выполнение контрольных работ, защита рефератов;
- подготовка к итоговой форме контроля - экзамену.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

### **Тема 1. Энергетика биосферы**

презентация , примерные вопросы:

Катаболизм и анаболизм. Автотрофы и гетеротрофы. Аэробы и анаэробы. Круговороты N, C, H<sub>2</sub>O. Метаболические пути: линейные и циклические. Катаболические и анаболические пути и их взаимосвязь. Регуляция метаболических путей: по типу обратной связи, гормональная регуляция, индукция ферментов. Предмет и задачи биоэнергетики. История становления биоэнергетики как науки.

### **Тема 2. Закономерности биоэнергетики и биомембраны**

презентация , примерные вопросы:

Превращения энергии в живой клетке. Основные принципы биоэнергетики. Перенос электронов, окислительное фосфорилирование. Жирные кислоты, белки и аминокислоты как источники энергии. Мембранные белки, особенности их строения и функции. Глобулярные белки. Упрощенное представление белковых структур.  $\alpha$ - и  $\beta$ -слои. Строение  $\beta$ -белков: продольная и перпендикулярная упаковка  $\beta$ -листов, преимущественная антипараллельность  $\beta$ -структуры в  $\beta$ -белках. Правопропеллерность  $\beta$ -структурных листов. Мембраны эритроцитов. Миелиновые мембраны. Мембраны хлоропластов. Внутренняя (цитоплазматическая) мембрана бактерий. Мембрана вирусов. Асимметрия мембран. Топография мембранных белков и использование протеаз для ее определения.

### **Тема 3. Транспортные системы мембран**

презентация , примерные вопросы:

Бактериородопсин, фотосинтетический центр, порин. Каналы. Туннельный эффект. Строение  $\alpha$ -белков. Пучки и слои спиралей. Модель квазисферической глобулы из  $\alpha$ -спиралей. Строение  $\alpha/\beta$  белков: параллельный  $\beta$ -слой, прикрытый  $\alpha$ -спиралями. Строение  $\alpha+\beta$  белков. Домены в белках.

### **Тема 4. Регуляторные механизмы катаболизма и анаболизма**

презентация , примерные вопросы:

Химические свойства и структурные особенности молекулы АТФ. Тканевое дыхание. Образование ацетил-КоА из пирувата. Цикл Кребса.

### **Тема 5. Глюконеогенез**

презентация , примерные вопросы:

Биосинтез углеводов в животных тканях. Глюконеогенез. Биосинтез гликогена. Регуляция этих процессов.

### **Тема 6. Фотосинтез**

презентация , примерные вопросы:

Фотосинтез общая схема и энергетический баланс. История изучения фотосинтеза. Световая и темновая фазы фотосинтеза. Пигменты фотосинтеза и их роль, реакционный центр, фотосистемы. Модель световых реакций (Z-схема). Фотофосфорилирование (нециклическое и циклическое). C<sub>3</sub>- и C<sub>4</sub>-пути темновых реакций фотосинтеза Фотодыхание у C<sub>3</sub>- и C<sub>4</sub>-растений и их продуктивность. САМ-метаболизм.



## **Тема 7. Эволюция биологических механизмов запасаения энергии**

презентация , примерные вопросы:

Гликолиз - центральный путь катаболизма глюкозы. Эволюция биологических механизмов запасаения энергии (по В.П.Скулачеву): "адениновый" фотосинтез, бактериородопсиновый фотосинтез, хлорофилльный фотосинтез зеленых серных, пурпурных и цианобактерий, дыхательное фосфорилирование.

## **Тема 8. Энергетика движения**

презентация , примерные вопросы:

Фибриллярные белки, их функции и их вторичные структуры:  $\alpha$ -кератин,  $\beta$ -фиброин шелка, коллаген. Виды двигательной активности в живой природе. Внутриклеточные движения: силы, механизмы, модели. Движения органелл. Движения цитоплазмы. История изучения двигательной функции живых организмов. Молекулы-транслокаторы. Обзор типов двигательной активности в природе. Проблема биологической подвижности: моделирование движений живой клетки. Ротор и статор АТФ-синтетазы: модель функционирования. Строение транспортных белков мембраны. Химизм двигательной активности сократительных белков. Цитоскелет: строение и функционирование.

## **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к экзамену:

### **ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ**

#### **Билет 1**

Автотрофы и гетеротрофы. Аэробы и анаэробы.

Актиновые компоненты немышечных клеток.

Архитектура митохондрий. Распределение и локализация митохондрий в клетке.

#### **Билет 2**

Химическая активность митохондрий.

Асимметрия мембран.

АТФ-синтаза. Структура и механизмы функционирования.

#### **Билет 3**

Бактериальные фосфотрансферазы, периплазматические транспортные системы, вакуолярные Н-АТФазы.

Белки и липиды как основные компоненты мембран. Фосфолипидный состав субклеточных мембран печени крысы. Длинные углеводородные цепи. Мембраны грамположительных бактерий.

Биологическое значение, классификация, изучение и регуляция каталитической активности ферментов биологической мембраны, их отличия от растворимых ферментов.

#### **Билет 4**

Биохимические изменения в мышцах при патологии. Биохимические основы утомления, адаптации и восстановления.

Взаимодействия, стабилизирующие мембраны.

Внутренняя (цитоплазматическая) мембрана бактерий.

#### **Билет 5**

Вторичные метаболические пути: пентозо-фосфатный путь, глиоксилатный цикл.

Гидратация липидного бислоя.

Движения прокариотических организмов. Двигательная активность в мире эукариотов.

#### **Билет 6**

Динамика биологических мембран. Флип-флоп переходы. Микровязкость и текучесть мембран.

Динамическое поведение мембранных систем и липидно-белковые взаимодействия

Динеин: строение, функции.

#### Билет 7

Дыхательная цепь. Компоненты дыхательной цепи митохондрий. Последовательность функционирования переносчиков электронов и протонов; комплексы, переносчики, ингибиторы.

Законы биоэнергетики (В.П.Скулачеву): протонный и натриевый потенциал, три закона биоэнергетики. Генерация потенциала на мембране.

Интегральные и периферические белки.

#### Билет 8

Ионофоры.

Искусственные мембраны. Мицеллы.

История изучения двигательной функции живых организмов. Обзор типов двигательной активности в природе.

#### Билет 9

История изучения строения мембран.

Источники электронов для e-транспортной цепи.

Каналы и поры: потенциалзависимые Na- и Ca-каналы, щелевые контакты, ядерные поровые комплексы.

#### Билет 10

Карнитин, как пример трансмембранного переносчика химической группировки.

Катаболизм глюкозы: общий взгляд.

Кинезин: строение, функции.

#### Билет 11

Классификация транспортных белков, основанная на механизме их действия и энергетике.

Критерий самопроизвольности процесса.

Круговороты N, C, H<sub>2</sub>O.

#### Билет 12

Липиды мембранного бислоя.

Макроскопический аспект метаболизма.

Мембрана вирусов.

#### Билет 13

Мембранные системы транспорта: Ca-АТФаза (локализация, структура, реакционный цикл).

Мембраны хлоропластов.

История изучения фотосинтеза.

#### Билет 14

Мембраны эритроцитов.

Метаболизм: понятие и функции.

Метаболические пути: линейные и циклические. Катаболические и анаболические пути и их взаимосвязь.

#### Билет 15

Методы исследования мембран.

Методы регистрации трансмембранной разности протонного потенциала.

Механизм движения бактериальных жгутиков.

#### Билет 16

Механизм действия гормонов. Пути трансдукции клеточного сигнала.

Механизм электро-механического сопряжения.

Механизмы работы митохондриальных комплексов 1, 2, 3 и 4.

#### Билет 17

Мембранные системы транспорта: Na/K-АТФаза (локализация, структура, реакционный цикл).

Мобилизация запаса глюкозы из гликогена.

Модель световых реакций (Z-схема).

Билет 18

Молекулярная организация и функции сократительных белков гладкой и поперечно-полосатой мускулатуры.

Молекулярные основы биологической подвижности. Креатинфосфатный путь транспорта энергии в мышечных клетках.

Молекулярные основы первично-активного транспорта ионов. Свойства АТФаз различных видов.

Билет 19

Морфологическая организация и химическое строение поперечно-полосатой мышцы, сердечной мышцы и гладкой мускулатуры

Мембранный транспорт. Перенос вещества через мембрану. Избирательная проницаемость мембран. Равновесие по разные стороны мембраны.

Мышечные белки. Белки саркоплазмы. Миоглобин, парвальбумины.

Билет 20

Натриевый потенциал, натрий-транспортирующая дыхательная цепь, натрий-транспортирующая АТФаза.

Нециклическая светозависимая редокс-цепь хлоропластов и цианобактерий.

Общая схема окислительного фосфорилирования.

Билет 21

Общие представления о биологических мембранах. Молекулярная и мембранная биология. Функция мембран. Современные проблемы мембранологии.

Окислительное фосфорилирование. Регуляция дыхания, разобщение и обменные реакции.

Опорно-двигательная система цитоплазмы: микрофиламенты, микротрубочки, промежуточные филаменты.

Билет 22

Особенности пассивного и активного транспорта веществ через мембрану, явления эндо- и экзоцитоза.

Первичные и вторичные активные переносчики.

Пигменты фотосинтеза и их роль, реакционный центр, фотосистемы.

Билет 23

Полный энергетический баланс полного окисления молекулы глюкозы.

Окислительное фосфорилирование: АТФ-синтетаза, хемиосмотическая теория, механизм создания трансмембранного градиента протонов.

Понятие электрического, химического и электро-химического потенциала. Протонный и натриевый потенциал.

Билет 24

Порины: структура, функции.

Поток биологической энергии. Законы термодинамики в биологических системах. Энтропия биологических систем.

Билет 25

Превращения энергии в живой клетке. Основные принципы биоэнергетики.

Предмет и задачи биоэнергетики. История становления биоэнергетики как науки.

Пространственная асимметрия биологических мембран. Домены.

Билет 26

Протонный потенциал как источник энергии для образования теплоты.

Процесс образования мембран. Особенности экзоцитозного пути. Характерные особенности биосинтеза мембранных белков. Сигналы для сортировки белков в эукариотических клетках. Изменения липидного состава мембран в ответ на изменения условий окружающей среды.

Процессы самоорганизации в распределенных биологических системах.

Билет 27

Пути биосинтеза мембранных липидов и механизмы их доставки к местам назначения.

Пути превращения пирувата.

Разрушение клеток, разделение мембран. Критерии чистоты мембранных фракций.

Билет 28

Рассеяние энергии дыхания при терморегуляции.

Расстройства, связанные с нарушением фосфорилирования.

Реакции гликолиза.

Билет 29

Реакции глюконеогенеза.

Расстройства, связанные с нарушением глюконеогенеза.

Реакции цикла Кребса.

Билет 30

Регуляция активности АТФаз.

Расстройства, связанные с нарушением гликолиза.

Регуляция метаболических путей: по типу обратной связи, гормональная регуляция, индукция ферментов.

Билет 31

Регуляция сократительной деятельности мышц.

Регуляция сокращения и расслабления мышц.

Роль мембран в клеточной сигнализации. Рецепторы. Типы мембранных рецепторов.

Билет 32

C3- и C4-пути темновых реакций фотосинтеза

Световая и темновая фазы фотосинтеза.

Светозависимый транспорт протонов бактериородопсина.

Билет 33

Свойства, степень ассоциации и функции эритроцитарных мембранных белков.

Системы переноса восстановительных эквивалентов в митохондриях. Регуляция потоков восстановительных эквивалентов.

Системы переносчиков через митохондриальную мембрану. Каскадные системы переносчиков.

Билет 34

Цитоскелет.

Сократительные белки: актин, актомиозин, миозин, тропомиозин, тропонин, актинины.

Соотношение аэробных и анаэробных процессов при мышечной деятельности.

Билет 35

Способы движения растений

Способы регуляции активности мембран. Изменение жирнокислотного состава мембранных липидов. Лиганд-рецепторные взаимодействия. Фосфорилирование мембранных белков.

Строение и движение ресничек.

Билет 36

Строение и механизм работы двигательного аппарата бактерий.

Строение и функции микротрубочек цитоплазмы.

Структура и функции клеточной стенки.

Билет 37

Структура биологических мембран, их роль в митохондриях, хлоропластах, хроматофорах.

Структура и функция транспортеров (белков-переносчиков) и ионных каналов. Транспортные АТФ-азы.

Билет 38

Строение мышечного волокна, актиновых и миозиновых нитей.

Структурная организация поперечно-полосатой мышцы.

Структурные перестройки мембран.

Билет 39

Субстраты для глюконеогенеза.

Схема регуляции катаболизма глюкозы. Регуляция гликолиза, цикла Кребса. Регуляторные взаимосвязи катаболизма глюкозы.

Билет 40

Теория строения мембран. Компоненты биологических мембран. Матриксная функция мембран. Гетерогенность мембран.

Типы подвижности мембранных компонентов и их временной диапазон.

Трансмембранное и латеральное распределение мембранных компонентов.

Билет 41

Транспорт адениновых нуклеотидов и фосфатных групп в митохондриях.

Типы мембран в клетке и их функции. Современные представления о структуре и географии мембранных доменов.

Транспорт белков через мембрану.

Билет 42

Транспортные (митохондриальные переносчики: АТФ/АДФ-транслоказа, переносчик фосфата, разобщающий белок) системы внутренней мембраны митохондрий: назначение, механизм функционирования.

Утилизация натриевого потенциала для осмотической, химической и механической работы.

Фазовый переход в мембране.

Билет 43

Ферменты гликолиза: функция, общая характеристика.

Транспортные системы, сопряженные с переносом электронов или с поглощением света: цитохром-оксидаза, бактериородопсин.

Ферменты глюконеогенеза: функция, общая характеристика.

Билет 44

Ферменты цикла Кребса: функция, общая характеристика.

Фотодыхание у С3- и С4-растений и их продуктивность. САМ-метаболизм.

Фотосинтез общая схема и энергетический баланс.

Билет 45

Фотофосфорилирование (нециклическое и циклическое).

Функции липидов и методы изучения их влияния на мембранные ферменты.

Функции поровых комплексов и поринов, молекулы используемые в качестве их моделей.

Билет 46

Характеристика ионных каналов: ацетилхолиновый, натриевый, кальциевый.

Химическая модификация фосфолипидов.

Химические свойства АТФ. Стандартная свободная энергия гидролиза АТФ.

Билет 47

Циклическая светозависимая цепь фотосинтезирующих бактерий и нециклическая светозависимая цепь зелёных бактерий.

Челночные системы внутренней мембраны митохондрий: назначение, механизм функционирования.

Эволюция биологических механизмов запасания энергии (по В.П.Скулачеву): "адениновый" фотосинтез, бактериородопсиновый фотосинтез, хлорофилльный фотосинтез зеленых серных, пурпурных и цианобактерий, дыхательное фосфорилирование.

Билет 48

Электрон-транспортные цепи. Олигомерные комплексы дыхательной цепи. Локализация ферментов и переносчиков электронов.

Энергетика мышечных сокращений: модель скользящих нитей.

Роль мембраны в сопряжении между окислением и фосфорилированием согласно хемоосмотической гипотезе Митчелла.

Билет 49

Энергетический баланс гликолиза.

Рабочий цикл актомиозинового комплекса при мышечном сокращении.

Энергетический баланс глюконеогенеза.

Билет 50

Энергетический баланс цикла Кребса.

Динамика мембранных структур.

Биоэнергетические процессы при мышечной деятельности. Источники энергии мышечного сокращения.

Контрольные вопросы к курсу БИОЭНЕРГЕТИКА

1. Поток биологической энергии. Законы термодинамики в биологических системах. Энтропия биологических систем.
2. Метаболизм: понятие и функции.
3. Макроскопический аспект метаболизма.
4. Автотрофы и гетеротрофы. Аэробы и анаэробы.
5. Круговороты N, C, H<sub>2</sub>O.
6. Метаболические пути: линейные и циклические. Катаболические и анаболические пути и их взаимосвязь.
7. Регуляция метаболических путей: по типу обратной связи, гормональная регуляция, индукция ферментов.
8. Предмет и задачи биоэнергетики. История становления биоэнергетики как науки.
9. Превращения энергии в живой клетке. Основные принципы биоэнергетики.
10. Архитектура митохондрий. Распределение и локализация митохондрий в клетке. Химическая активность митохондрий.
11. Дыхательная цепь. Компоненты дыхательной цепи митохондрий. Последовательность функционирования переносчиков электронов и протонов.
12. Механизмы работы митохондриальных комплексов 1, 2, 3 и 4.
13. Окислительное фосфорилирование. Регуляция дыхания, разобщение и обменные реакции.
14. Хемиосмотический механизм запасания энергии дыхания.
15. Циклическая светозависимая цепь фотосинтезирующих бактерий и нециклическая светозависимая цепь зелёных бактерий.
16. Нециклическая светозависимая редокс-цепь хлоропластов и цианобактерий.
17. Светозависимый транспорт протонов бактериородопсина.
18. Химические свойства АТФ. Стандартная свободная энергия гидролиза АТФ. Высокоэнергетические и низкоэнергетические фосфаты.
19. АТФ-синтаза. Структура и механизмы функционирования.
20. Транспорт адениновых нуклеотидов и фосфатных групп в митохондриях.
21. Системы переноса восстановительных эквивалентов в митохондриях. Регуляция потоков восстановительных эквивалентов.



22. Системы переносчиков через митохондриальную мембрану. Каскадные системы переносчиков.
23. Карнитин, как пример трансмембранного переносчика химической группировки.
24. Протонный потенциал как источник энергии для образования теплоты.
25. Молекулярные основы биологической подвижности. Креатинфосфатный путь транспорта энергии в мышечных клетках.
26. Энергетический обмен в кардиомиоцитах. Нарушения энергообразования в клетках сердечной мышцы: причины и следствия.
27. Молекулярные основы первично-активного транспорта ионов. Свойства АТФаз Р-типа, F-типа и V-типа.
28. Натриевый потенциал, натрий-транспортирующая дыхательная цепь, натрий-транспортирующая АТФаза.
29. Утилизация натриевого потенциала для осмотической, химической и механической работы.
  
30. Бактериальные фосфотрансферазы, периплазматические транспортные системы, вакуолярные H-АТФазы.
31. Функции липидов и методы изучения их влияния на мембранные ферменты.
32. Законы биоэнергетики (В.П.Скулачеву): протонный и натриевый потенциал, три закона биоэнергетики. Генерация потенциала на мембране.
33. Структура биологических мембран, их роль в митохондриях, хлоропластах, хроматофорах.
34. История изучения строения мембран.
35. Типы мембран в клетке и их функции. Современные представления о структуре и географии мембранных доменов.
36. Общие представления о биологических мембранах. Молекулярная и мембранная биология. Функция мембран. Современные проблемы мембранологии.
37. Теория строения мембран. Матриксная функция мембран. Гетерогенность мембран. Компоненты биологических мембран: липиды, белки, углеводороды, вода.
38. Мембранный транспорт. Перенос вещества через мембрану. Избирательная проницаемость мембран. Равновесие по разные стороны мембраны.
39. Мембранные системы транспорта: Na/K-АТФаза (локализация, структура, реакционный цикл).
40. Мембранные системы транспорта: Ca-АТФаза (локализация, структура, реакционный цикл).
41. Регуляция активности АТФаз.
42. Катаболизм глюкозы: общий взгляд.
43. Мобилизация запаса глюкозы из гликогена.
44. Ферменты гликолиза: функция, общая характеристика.
45. Реакции гликолиза.
46. Энергетический баланс гликолиза.
47. Расстройства, связанные с нарушением гликолиза.
48. Пути превращения пирувата.
49. Ферменты цикла Кребса: функция, общая характеристика.
50. Реакции цикла Кребса.
51. Энергетический баланс цикла Кребса.
52. Источники электронов для e-транспортной цепи.
53. Дыхательная цепь: комплексы, переносчики, ингибиторы.
54. Окислительное фосфорилирование: АТФ-синтетаза, хемиосмотическая теория, механизм создания трансмембранного градиента протонов.
55. Общая схема окислительного фосфорилирования.

56. Челночные системы внутренней мембраны митохондрий: назначение, механизм функционирования.
57. Расстройства связанные с нарушением фосфорилирования.
58. Схема регуляции катаболизма глюкозы. Регуляция гликолиза, цикла Кребса. Регуляторные взаимосвязи катаболизма глюкозы.
59. Рассеяние энергии дыхания при терморегуляции.
60. Полный энергетический баланс полного окисления молекулы глюкозы.
61. Ферменты глюконеогенеза: функция, общая характеристика.
62. Реакции глюконеогенеза.
63. Субстраты для глюконеогенеза.
64. Энергетический баланс глюконеогенеза.
65. Расстройства связанные с нарушением глюконеогенеза.
66. Фотосинтез общая схема и энергетический баланс.
67. История изучения фотосинтеза.
68. Световая и темновая фазы фотосинтеза.
69. Пигменты фотосинтеза и их роль, реакционный центр, фотосистемы.
70. Модель световых реакций (Z-схема).
71. Фотофосфорилирование (нециклическое и циклическое).
72. С3- и С4-пути темновых реакций фотосинтеза
73. Фотодыхание у С3- и С4-растений и их продуктивность. САМ-метаболизм.
74. Вторичные метаболические пути: пентозо-фосфатный путь, глиоксилатный цикл.
75. Эволюция биологических механизмов запасания энергии (по В.П.Скулачеву): "адениновый" фотосинтез, бактериородопсиновый фотосинтез, хлорофилльный фотосинтез зеленых серных, пурпурных и цианобактерий, дыхательное фосфорилирование.
76. Методы регистрации трансмембранной разности протонного потенциала.
77. Процессы самоорганизации в распределенных биологических системах.
78. Критерий самопроизвольности процесса.
79. Химическая природа хромофоров зрительных пигментов.
80. Липиды мембранного бислоя.
81. Интегральные и периферические белки.
82. Структурные перестройки мембран.
83. Фазовый переход в мембране. Динамика мембранных структур.
84. Искусственные мембраны. Мицеллы.
85. Взаимодействия, стабилизирующие мембраны.
86. Гидратация липидного бислоя.
87. Пространственная асимметрия биологических мембран. Домены.
88. Динамика биологических мембран. Флип-флоп переходы. Микровязкость и текучесть мембран.
89. Типы подвижности мембранных компонентов и их временной диапазон.
90. Методы исследования мембран.
91. Структура и функция транспортеров (белков-переносчиков) и ионных каналов. Транспортные АТФ-азы.
92. Структура и функции клеточной стенки.
93. Способы регуляции активности мембран. Изменение жирнокислотного состава мембранных липидов. Лиганд-рецепторные взаимодействия. Фосфорилирование мембранных белков.
94. Роль мембран в клеточной сигнализации. Рецепторы. Типы мембранных рецепторов.
95. Механизм действия гормонов. Пути трансдукции клеточного сигнала.

96. Электрон-транспортные цепи. Олигомерные комплексы дыхательной цепи. Локализация ферментов и переносчиков электронов. Роль мембраны в сопряжении между окислением и фосфорилированием согласно хемоосмотической гипотезе Митчелла.
97. Понятие электрического, химического и электро-химического потенциала. Протонный и натриевый потенциал.
98. Транспортные системы, сопряженные с переносом электронов или с поглощением света: цитохром-оксидаза, бактериородопсин.
99. Классификация транспортных белков, основанная на механизме их действия и энергетике.
100. Первичные и вторичные активные переносчики.
101. Каналы и поры: потенциалзависимые Na- и Ca-каналы, щелевые контакты, ядерные поровые комплексы.
102. Порины: структура, функции.
103. Транспорт белков через мембрану.
104. Ионофоры.
105. Транспортные (митохондриальные переносчики: АТФ/АДФ-транслоказа, переносчик фосфата, разобщающий белок) системы внутренней мембраны митохондрий: назначение, механизм функционирования.
106. Динамическое поведение мембранных систем и липидно-белковые взаимодействия
107. Мембраны эритроцитов.
108. Мембраны хлоропластов.
109. Внутренняя (цитоплазматическая) мембрана бактерий.
110. Мембрана вирусов.
111. Разрушение клеток, разделение мембран. Критерии чистоты мембранных фракций.
112. Белки и липиды как основные компоненты мембран. Фосфолипидный состав субклеточных мембран печени крысы. Длинные углеводородные цепи. Мембраны грамположительных бактерий.
113. Пути биосинтеза мембранных липидов и механизмы их доставки к местам назначения.
114. Процесс образования мембран. Особенности экзоцитозного пути. Характерные особенности биосинтеза мембранных белков. Сигналы для сортировки белков в эукариотических клетках. Изменения липидного состава мембран в ответ на изменения условий окружающей среды.
115. Особенности пассивного и активного транспорта веществ через мембрану, явления эндо- и экзоцитоза.
116. Характеристика ионных каналов: ацетилхолиновый, натриевый, кальциевый.
117. Функции поровых комплексов и поринов, молекулы используемые в качестве их моделей.
118. Асимметрия мембран.
119. Топография мембранных белков и использование протеаз для ее определения.
120. Трансмембранное и латеральное распределение мембранных компонентов.
121. Свойства, степень ассоциации и функции эритроцитарных мембранных белков.
122. Химическая модификация фосфолипидов.
123. Биологическое значение, классификация, изучение и регуляция каталитической активности ферментов биологической мембраны, их отличия от растворимых ферментов.
124. История изучения двигательной функции живых организмов. Обзор типов двигательной активности в природе.
125. Движения прокариотических организмов. Двигательная активность в мире эукариотов.
126. Опорно-двигательная система цитоплазмы: микрофиламенты, микротрубочки, промежуточные филаменты.
127. Строение и движение ресничек.
128. Строение и механизм работы двигательного аппарата бактерий.

129. Способы движения растений: внутриклеточные движения
130. Способы движения растений: локомоторные движения
131. Способы движения растений: рост растяжением
132. Способы движения растений: тургорные движения
133. Морфологическая организация и химическое строение поперечно-полосатой мышцы.
134. Мышечные белки. Белки саркоплазмы. Миоглобин, парвальбумины.
135. Сократительные белки: актин, актомиозин, миозин, тропомиозин, тропонин, актинины.
136. Строение мышечного волокна, актиновых и миозиновых нитей.
137. Морфологическая организация и химическое строение сердечной мышцы и гладкой мускулатуры
138. Энергетика мышечных сокращений: модель скользящих нитей.
139. Энергетика мышечных сокращений: рабочий цикл актомиозинового комплекса.
140. Биоэнергетические процессы при мышечной деятельности. Источники энергии мышечного сокращения.
141. Биохимические основы утомления, адаптации и восстановления.
142. Регуляция сокращения и расслабления мышц.
143. Биохимические изменения в мышцах при патологии.
144. Сократительные белки цитоскелета.
145. Актиновые компоненты немышечных клеток.
146. Кинезин: строение, функции.
147. Строение и функции микротрубочек цитоплазмы.
148. Центросомный цикл.
149. Механизм движения бактериальных жгутиков.
150. Структурная организация поперечно-полосатой мышцы.
151. Молекулярная организация и функции сократительных белков гладкой и поперечно-полосатой мускулатуры.
152. Динеин: строение, функции.
153. Механизм электро-механического сопряжения.
154. Регуляция сократительной деятельности мышц.
155. Соотношение аэробных и анаэробных процессов при мышечной деятельности.

### **7.1. Основная литература:**

- 1 Мокроносов А.Т. Фотосинтез: физиол.-экол. и биохим. аспекты / А.Т. Мокроносов, В.Ф. Гавриленко, Т.В. Жигалова. - М.: Академия, 2006. - 445 с. 8 экз.
2. Физиология растений / Н.Д. Алехина [и др.]; под ред. И.П. Ермакова. - М.: Академия, 2007. - 634 с. 95 экз.

### **7.2. Дополнительная литература:**

1. Воробьев, В.Н. Практикум по физиологии и биохимии растений. Фотосинтез / В.Н. Воробьев, Т.П. Якушенкова, Г.В. Воробьев. - Казань: Казанский университет, 2013. - 32 с. - Электронный ресурс: <http://shelly.kpfu.ru/e-ksu/docs/F181189224/VOROBEV 2.pdf> ЭР КФУ
2. Кошкин Е.И. Физиология устойчивости сельскохозяйственных культур / Е.И. Кошкин. - М.: Дрофа, 2010. - 636 с. 18 экз.

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

Биохимия мембран с основами нейробиологии -  
[biochem.bio.msu.ru/rus/education/lectures/membranes](http://biochem.bio.msu.ru/rus/education/lectures/membranes)

Наглядная биохимия Ян Кольман, Клаус-Генрих Рем, Юрген Вирт - [www.ximia.org/biochem/](http://www.ximia.org/biochem/)  
студенческая лекционная сессия кафедры биохимии К(П)ФУ -  
<http://old.kpfu.ru/temnikov/index.php?id=3&idm=1&num=1>

ТЕРМОДИНАМИКА БИОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ -  
[www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/649.html](http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/649.html)

ТЕРМОДИНАМИКА БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ -  
[interlibrary.narod.ru/GenCat/GenCat.Scient.Dep/GenCatBiology/201200038/20120003803/20120003803.h](http://interlibrary.narod.ru/GenCat/GenCat.Scient.Dep/GenCatBiology/201200038/20120003803/20120003803.h)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Биоэнергетика" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Аудиторная работа:

1. Лекционная аудитория с комплексом мультимедийной аппаратуры (проектор и ноутбук); принтер и копировальный аппарат для создания раздаточных материалов.
2. Аудитория для проведения семинаров, практических занятий, оборудованная комплектом мультимедийной аппаратуры: проектор, ноутбук.

Материально-техническое обеспечение требуется для проведения лекций и организации самостоятельной работы (в сети Интернет и работы на ПК).

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 020400.62 "Биология" и профилю подготовки не предусмотрено .

Автор(ы):

Темников Д.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Алимова Ф.К. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.