

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

**ФГАОУ ВО "Новосибирский национальный
исследовательский государственный университет"**

Факультет естественных наук

УТВЕРЖДАЮ



Декан ФЕН НГУ, профессор

Резников В.А.

«29» августа 2014 г.

Биохимия

Программа лекционного курса, семинаров и самостоятельной работы студентов

Курс 2-й, IV семестр

Учебно-методический комплекс

Новосибирск 2014 г.

Учебно-методический комплекс предназначен для студентов 2 курса факультета естественных наук, направление подготовки 020100 «Химия (бакалавриат)». В состав пособия включены: программа курса лекций, структура курса. Кроме того, приведен набор задач для самостоятельной работы студентов с использованием учебной литературы и персонального компьютера и даны примеры вопросов для контрольных работ.

Составитель

Бунева В.Н., проф.

© Новосибирский государственный университет, 2014

Содержание

Аннотация рабочей программы	4
1. Цели освоения дисциплины	5
2. Место дисциплины в структуре ООП	5
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Биохимия»	6
4. Структура и содержание дисциплины	7
Рабочий план	8
Программа курса лекций	10
5. Образовательные технологии.	18
6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины	18
Примеры вопросов на контрольных работах и экзамене	18
Вопросы для подготовки к экзамену	19
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины	21
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины	22

Аннотация рабочей программы

Дисциплина «Биохимия» (Биологическая химия) относится к базовой части (общеобразовательные фундаментальные дисциплины) профессионального (специального) цикла ООП по направлению подготовки 020100 «Химия (бакалавр)». Дисциплина реализуется на Факультете естественных наук Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования Новосибирского государственного университета (НГУ) кафедрой молекулярной биологии.

Содержание дисциплины включает широкий круг вопросов от мономеров и структур биологических макромолекул – углеводов, липидов, белков и нуклеиновых кислот – до их биохимических превращений в процессах метаболизма, а также их биологических свойств; основные классические биохимические принципы катализа и метаболических путей в живых организмах; все химические реакции, структуры и механизмы действия практически всех кофакторов, коферментов и простетических групп; дана классификация, строение, свойства ферментов, механизм их действия, а также кинетика ферментативных реакций; представлены главные биоэнергетические процессы катаболизма и синтеза углеводов, жирных кислот, аминокислот, нуклеотидов, включая фотосинтез; продемонстрированы взаимосвязь и уровни регуляции разнообразных биохимических процессов, протекающих в клетках высших организмов, необходимых для современного ученого-химика.

Дисциплина предназначена для повышения биологической и химической грамотности и развития абстрактного и структурного стиля мышления у студентов-биологов, химиков и медиков, и нацелена на формирование у выпускника общекультурных компетенций: ОК-6; профессиональных компетенций: ПК-1, ПК-2, ПК-3.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, семинарские занятия, контрольные работы, домашние задания, консультации, самостоятельная работа студента.

Результатом прохождения дисциплины является итоговая оценка по пятибалльной шкале (экзамен).

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля:

Текущий контроль. Формой текущего контроля при прохождении дисциплины «Биохимия» является контроль посещаемости занятий, сдача домашних заданий и написание контрольных работ.

Для того чтобы быть допущенным к экзамену, студент должен выполнить следующее:

- в ходе обучения посещение не менее 70% лекционных занятий, не менее 75% семинаров, выполнение не менее 85% домашних заданий;
- написать на положительные оценки три контрольные работы.

В случае отсутствия на контрольной работе по уважительной причине (наличие медицинской справки) контрольную работу можно переписать в течение недели от окончания срока действия справки.

В зависимости от результатов работы в течение семестра студент имеет право на получение оценки без экзамена (отличной оценки-«автомата»). Для этого он должен:

- в ходе прохождения дисциплины посетить не менее 75 % лекционных занятий, семинаров и выполнить все лабораторные работы;
- написать две контрольные работы на оценку «отлично» и одну не менее чем на «хорошо»;
- выполнить и сдать все домашние задания.

Итоговый контроль. Итоговую оценку за семестр студент может получить на досрочном экзамене в конце семестра в виде любой положительной или неудовлетворительной оценки, в случае отсутствия у него «отличной оценки-автомата» по результатам работы в семестре.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 академических часов. Программой дисциплины предусмотрены 32 часов лекционных и 32 часов семинарских занятий,

4 часа на контрольные работы, 2 часа - экзамен, а также 38 часов самостоятельной работы студентов, включая подготовку к контрольным работам, экзамену и выполнение домашних заданий.

1. Цели освоения дисциплины

Дисциплина «Биохимия» (Биологическая химия) имеет своей целью формирование у студентов профессиональных научно-исследовательских навыков по использованию современных биологических и химических знаний в результате теоретического и практического усвоения:

1. широкого спектра аналитических методов и подходов биоорганической и биологической химии, молекулярной биологии, иммунохимии; теоретических основ, достижения и проблем современной биохимии и молекулярной биологии, а также биоорганической химии; молекулярных механизмов ферментативного катализа и основ клеточной биоэнергетики; использования приобретенных знаний и навыков для решения задач генной инженерии, медицинской биохимии, ветеринарной биохимии, биотехнологии, биологического контроля окружающей среды.
2. структурных особенностей различных классов химических соединений в живой природе и вытекающих из них физико-химических свойств веществ для получения на их основе новых современных препаратов для лечения и диагностики вирусных и онкологических заболеваний.

В рамках курса даются базовые знания по теоретическому описанию основных положений биохимии. Это в первую очередь, определяющая роль нековалентных взаимодействий в формировании пространственной структуры биополимеров и в обеспечении специфичности биохимических процессов. Роль ферментов в химических превращениях в живой природе. Организация ферментативных реакций в системы процессов со сложной пространственной организацией и тонкими механизмами регуляции.

На лекциях разбираются наиболее важные и распространенные биохимические процессы, протекающие в живой клетке. Процессы биоэнергетики, катаболические и анаболические процессы. На семинарских занятиях студенты решают задачи по установлению первичной структуры биополимеров, анализу ферментативных реакций, роли кофакторов и коферментов. Установлению механизмов ферментативных реакций и определению констант скоростей ферментативных реакций.

Основной целью освоения дисциплины является получение и творческое освоение студентами систематизированных биохимических и молекулярно-биологических знаний и терминологий, формирование умения анализа полученных структурных и экспериментальных данных для активного использования их в своей научно-исследовательской работе.

2. Место дисциплины в структуре ООП

Дисциплина «Биохимия» относится к базовой части (общеобразовательные фундаментальные дисциплины) профессионального (специального) цикла ООП по направлению подготовки 020100 «Химия (бакалавр)».

Дисциплина «Биохимия» опирается на следующие дисциплины данной ООП:

- Высшая алгебра;
- Математический анализ;
- Теория вероятностей и математическая статистика;
- Физика (электромагнитное излучение, кулоновское взаимодействие, дифракция);
- Неорганическая химия (строение и свойства атомов, периодический закон, строение

молекул, теория химической связи, стереохимия);

- Физическая химия (природа химической связи в молекулах и кристаллах, химическая термодинамика, фазовые диаграммы);
- Органическая химия (классификация и номенклатура соединений, строение молекул, изомерия);
- Введение в естествознание;
- Химические основы жизни;
- Экология;

Результаты освоения дисциплины «Биохимия» используются в следующих дисциплинах данной ООП:

- Высокомолекулярные соединения;
- Основы молекулярной биологии;
- Дисциплины профиля «Органическая и биоорганическая химия».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Биохимия»:

- **общекультурные компетенции:**
- *использует основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОК-6).*
- **профессиональные компетенции:**
- *понимает сущность и социальную значимость профессии, основных перспектив и проблем, определяющих конкретную область деятельности (ПК-1);*
- *владеет основами теории фундаментальных разделов химии (неорганической, аналитической, органической, физической, химии высокомолекулярных соединений, биохимии, химической технологии) (ПК-2);*
- *обладает способностью применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных (ПК-3).*

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

- **знать** задачи современной биохимии и основные понятия структурной и функциональной организации всех уровней организации клетки;
- **иметь представление** о взаимосвязи таких фундаментальных биологических дисциплин как клеточная биология, физиология, генетика;
- **знать** системы биохимического метаболизма, биохимические цепи и циклы, протекающие в живых организмах, и регуляцию этих процессов;
- **знать** главные химические компоненты клетки, пространственную структуру биополимеров и роль нековалентных взаимодействий в биологических системах;
- **знать** методы исследования биополимеров;
- **знать** роль ферментов, классы ферментативных реакций, кинетику ферментативных реакций, коферменты и простетические группы,
- **знать** процессы, приводящие к синтезу макроэргических соединений, все биоэнергетические процессы - гликолиз, окислительное фосфорилирование др.;
- **уметь** – грамотно излагать свои знания по всем вопросам программы курса «Биохимия» и работать с научной и учебной литературой, уметь решать задачи по разработанному задачку.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы, всего 108 академических часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)	
				Лекции	Семинары	Самост. работа	Экзамен	
1.	Вводная часть курса	4	1	2				
2.	Биополимеры	4	2-4	6	8	3		Сдача домашних заданий
3.	Ферменты	4	5-8	8	10	3		Сдача домашних заданий Контрольная работа
4.	Биоэнергетические процессы	4	9-12	12	10	5		Сдача домашних заданий
5.	Биосинтез полисахаридов и предшественников макромолекул	4	13-15	6	8	5		Сдача домашних заданий
6.	Интеграция и принципы контроля метаболизма	4	16	2	4	4		Сдача домашних заданий Контрольная работа
						18	2	Экзамен
	Итого			32	32	38	2	

Рабочий план (по неделям семестра)

Неделя	Темы занятий
СЕНТЯБРЬ 1-я неделя	Лекция 1. Предмет биологическая химия, задачи и методы исследования. Основные понятия и методы химии биополимеров. Семинар 1. Задачи на строение, химические свойства и пространственную структуру белков.
2-я неделя	Лекция 2. Белки и углеводы, структура мономеров, уровни структурной организации, биологические функции. Семинар 2. Задачи на строение, химические свойства и пространственную структуру нуклеиновых кислот.
3-я неделя	Лекция 3. Нуклеиновые кислоты и липиды, структура и функции. Семинар 3. Задачи по методам определения первичной структуры белков.
4-я неделя	Лекция 4. Нековалентные взаимодействия в биополимерах. Специфические межмолекулярные взаимодействия и узнавание в биологических системах. Семинар 4. Задачи по методам определения первичной структуры нуклеиновых кислот.
ОКТАБРЬ 1-я неделя	Лекция 5. Механизм действия ферментов. Активный центр. Коферменты. Семинар 5. Задачи по механизму действия и структуре активных центров ферментов.
2-я неделя	Лекция 6. Кинетика ферментативных реакций. Ингибирование. Семинар 6. Задачи по кинетике ферментативного катализа. Уравнение Михаэлиса-Ментон. Ингибирование.
3-я неделя	Лекция 7. Классы ферментов. Семинар 7. Задачи по ферментативному катализу (продолжение). Задачи по классам ферментов.
4-я неделя	Лекция 8. Классы ферментов (продолжение). Контрольная работа № 1. Структура и заряды биополимеров. Ферментативный катализ.
НОЯБРЬ 1-я неделя	Лекция 9. Катаболические и анаболические процессы протекающие в клетке. Гликолиз. Семинар 8. Задачи на метаболизм углеводов (гликолиз, пируватдегидрогеназный комплекс и цикл трикарбоновых кислот).
2-я неделя	Лекция 10. Пируватдегидрогеназный комплекс. Цикл трикарбоновых кислот. Цепь переноса электронов. Семинар 9. Задачи по метаболизму углеводов (цепь переноса электронов, уравнение баланса окисления глюкозы).
3-я неделя	Лекция 11. Окисление липидов и жирных кислот. Катаболизм аминокислот.

		Семинар 10. Задачи по альтернативному пути окисления глюкозы. Задачи по катаболизму липидов и окислению жирных кислот.
4-я неделя		Лекция 12. Катаболизм аминокислот (продолжение). Цикл мочевины. Альтернативный путь окисления глюкозо-6-фосфата (гексозомонофосфатный шунт). Семинар 11. Задачи по катаболизму аминокислот. Задачи по глюконеогенезу.
ДЕКАБРЬ 1-я неделя		Лекция 13 Глюконеогенез. Фотосинтез. Темновые и световые стадии. Контрольная работа № 2. Биоэнергетические процессы, коферменты и классы ферментов.
2-я неделя		Лекция 14. Биосинтез предшественников макромолекул. Биосинтез олиго- и полисахаридов. Биосинтез липидов и жирных кислот. Биосинтез аминокислот. Семинар 12. Задачи по биосинтезу олиго- и полисахаридов, по биосинтезу липидов и жирных кислот, по биосинтезу аминокислот.
3-я неделя		Лекция 15. Биосинтез нуклеотидов. Синтез пуриновых нуклеотидов. Синтез пиримидиновых нуклеотидов. Семинар 12. Задачи по синтезу пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов.
4-я неделя		Лекция 16. Интеграция и принципы контроля метаболизма. Биохимические цепи и циклы как общий принцип организации систем биохимических превращений в живой природе. Контрольная работа № 3. Итоговая контрольная по всему курсу.
		Экзамен.

Программа курса лекций

Введение

Метаболизм, его основа – катаболизм и анаболизм. Ферментативный катализ. Основные сложные органические биомолекулы – биополимеры, клетки: ДНК, РНК, белки, углеводы (полисахариды) и липиды. Мономеры биополимеров. Главные биологические функции биополимеров.

I. Биополимеры

Химическое строение белков, углеводов, нуклеиновых кислот и липидов

Белки. Биологические функции: структурообразующие, запасные, транспортные, двигательные, защитные, регуляторные и двигательные.

Мономеры белков – аминокислоты: биологические функции, общая структура, изомерия. Проекция Фишера. Цвиттерионы. Классификация 20 протеиногенных аминокислот (трех- и однобуквенные обозначения): алифатические, серосодержащие, ароматические, иминокислоты, нейтральные, кислые и основные. Посттрансляционная модификация аминокислот: гидроксипролин, γ -карбоксихлутамат, O-фосфосерин, их биологическая роль.

Первичная структура пептидов и белков: пептидная связь, направление последовательности аминокислот, S-S-мостики.

Понятие о пространственной структуре белков и нековалентных взаимодействиях, обеспечивающих ее: вторичная (α -спираль, β -складки), третичная и четвертичная структуры.

Углеводы. Биологические функции моно- и полисахаридов. Структура моносахаридов. Альдозы и кетозы. Простейшие триозы: глицеральдегид и дигидрокси ацетон, D- и L- изомеры. Важнейшие моносахариды: глюкоза, фруктоза и рибоза. Образование циклических полуацеталей. Фуранозы и пиранозы. α - и β -аномеры. Проекционные формулы Хеуорса и Фишера. Эпимеры глюкозы: галактоза и манноза. Важнейшие производные моносахаридов: O- и N-гликозиды, фосфомоноэфиры и их биологическое значение.

Структура полисахаридов. Гомо- и гетерогликаны. Линейные и разветвленные. Важные полисахариды (мономеры, тип связи(ей), биологическое значение): гликоген, муреин, декстран, агароза, целлюлоза, крахмал (амилоза и амилопектин), инулин и хитин. Гиалуроновая кислота – глюкозаминогликан, мономеры и биологические функции. O- и N-гликопротеины.

Нуклеиновые кислоты. Биологические функции нуклеиновых кислот и нуклеотидов. Азотистые основания ДНК и РНК. Модифицированные минорные компоненты гетероциклов. Рибоза и дезоксирибоза. Нуклеозиды. Нуклеотиды. Электрохимические и спектральные характеристики компонентов нуклеиновых кислот. Межнуклеотидная связь. Олиго- и полинуклеотиды. Понятие о пространственной структуре ДНК (двойная спираль, A-, B- и Z-формы) и РНК («шпильки», «кленовый лист»).

Липиды. Биологические функции липидов. Классификация липидов: нейтральные жиры, фосфо-, сфинголипиды и стероиды. Жирные кислоты и их биологические функции. Структура и номенклатура жирных кислот. Арахидоновая кислота как пример незаменимой жирной кислоты. Структура жиров. Фосфатидная кислота и структура фосфолипидов. Сфинго- и гликолипиды и их главные компоненты.

Стероиды. Базовая структура стероидов – пергидроциклофенатрен (холестан). Классификация стероидов: стерины, желчные кислоты и стероидные гормоны. Холестерол как важный представитель стероинов. Желчные кислоты и стероидные гормоны, их биологические функции.

II. Ферменты

Строение и механизм действия

Ферментативный катализ как основной путь протекания химических процессов в живой природе.

Механизм действия ферментов: равновесие реакции и энергия активации, каталитическая сила (карбоангидраза), специфичность, трансформация различных видов энергии. Активный центр и адсорбционный центр фермента. Каталитический центр фермента. Образование комплекса фермент•субстрат – первая стадия ферментативного катализа, основные нековалентные взаимодействия, участвующие в образовании ES-комплекса. Две модели взаимодействия субстрата с ферментом (Э. Фишера и Д. Кошланда).

Активный центр и механизм действия панкреатической рибонуклеазы. Ферменты как кислотно-основные катализаторы.

Механизм действия сериновых протеаз как пример нуклеофильного катализа. Химическое взаимодействие субстратов с ферментами как промежуточная стадия ряда ферментативных реакций.

Активный центр и механизм действия карбоксипептидазы. Участие кофакторов – ионов металлов в формировании активных центров некоторых ферментов. Электрофильный катализ в ферментативных реакциях.

Участие специальных органических молекул (простетических групп) в формировании каталитических центров ферментов. Апоферменты и холоферменты. Коферменты – универсальные переносчики в ферментативных реакциях. Флавиновые нуклеотиды – флавиномононуклеотид и флавинадениндинуклеотид (FMN и FAD) как простетические группы ряда ферментов, катализирующих окислительно-восстановительные реакции (глюкозооксидаза).

Организующая и определяющая роли апофермента по отношению к простетической группе. Зависимость функции простетических групп от природы апофермента на примере гема (гемоглобин, цитохром С и каталаза) и пиридоксальфосфата (катализ реакций переаминирования и декарбоксилирования аминокислот).

Кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса–Ментен (вывод с учетом ограничений). Параметры, характеризующие эффективность фермента: константа Михаэлиса и максимальная скорость ферментативной реакции. K_M как мера сродства субстрата к ферменту. Физический смысл величины V_{max} . Графические методы определения величин K_M и V_{max} (Лайнуивера–Берка, Иди–Хофсти и Эйзенталя–Корниш–Боудена).

Эффекторы: активаторы и ингибиторы. Необратимое ингибирование. Конкурентное и неконкурентное ингибирование. Субъединичные ферменты. S-образные зависимости скорости ферментативной реакции от концентрации субстратов и эффекторов в субъединичных системах.

Классы ферментативных реакций

Классификация и систематическая номенклатура ферментов. Классы, подклассы и подподклассы. Коферменты.

Первый класс – оксидоредуктазы. Рациональная номенклатура. Подклассы. Дегидрогеназы. Никотинамидадениндинуклеотид (NAD^+) и его фосфат ($NADP^+$) – главные переносчики электронов. Оксидоредуктазы – флавопротеиды, глюкозооксидаза. Окислительное декарбоксилирование α -кетокислот с участием тиаминпирофосфата и липоамида. Цитохром С оксидаза как представитель гемопротеида. Каталаза. Окислительно-восстановительные реакции с участием кислорода. Оксидазы. Ферменты, катализирующие включение одного или двух атомов кислорода в окисляемые субстраты. Монооксигеназы. Цитохром P-450 и его роль в выведении из организма гидрофобных соединений, в том числе лекарств и других ксенобиотиков.

Второй класс – трансферазы. Рациональная номенклатура. Подклассы. Тетрагидрофолат как

переносчик одноуглеродных фрагментов. Перенос метильных групп. S-аденозилметионин (его биосинтез из гомоцистеина) как универсальный переносчик метильных групп. Транскетолазы и трансальдолазы. Перенос ацильных остатков. Кофермент А (CoA). Перенос гликозидных остатков и его роль в синтезе олиго- и полисахаридов. Нуклеозиддифосфат сахара как универсальные переносчики гликозидных остатков. Перенос азотсодержащих групп, аминотрансферазы. Перенос остатков фосфорной кислоты, ее ангидридов и эфиров. Киназы. Аденозинтрифосфат как универсальный донор фосфата. Перенос нуклеотидных остатков. Полинуклеотидтрансферазы. ДНК- и РНК-полимеразы.

Третий класс – гидролазы. Рациональная номенклатура. Подклассы. Панкреатическая РНКаза как гидролаза сложноэфирных связей. Липазы и фосфатазы как гидролазы эфиров карбоновых кислот (жиров и фосфолипидов). Гидролиз углеводов. Амилазы. Аденозилгомоцистеиназа – гидролаза тиоэфира. Пептидазы. Сериновые протеазы. Карбоксипептидаза. Специальные функции гидролаз. Ацетилхолинэстераза.

Четвертый класс – лиазы. Рациональная номенклатура. Подклассы. Углерод-углерод лиазы. Декарбоксилирование. Альдегидлиазы. Альдолазы. Лиазы кетокилот. Цитратсинтаза. Карбоангидраза – гидролиаза. Аденилатциклаза.

Пятый класс – изомеразы. Классификация и номенклатура. Рацемазы и эпимеразы. Рибулозо-5-фосфат-3-эпимераза. UDP-глюкоза-4-эпимераза. Внутримолекулярные оксидоредуктазы. Глюкозо-6-фосфат-изомераза. Внутримолекулярные трансферазы – мутаза. Изомеризация углеродного скелета. Фосфоглицерат мутаза. S-метилмалонил-CoA мутаза. Кобаламидные коферменты.

Шестой класс – лигазы (синтетазы). Рациональная номенклатура. Синтез, сопряженный с гидролизом пирофосфатных связей в АТР или GTP. Подклассы. Аминоацил-tРНК синтетазы. Механизм действия. Промежуточное образование аминокислотаденилатов. CoA-лигазы жирных кислот. Карбоксилирование с помощью лигаз. Участие биотина в зависимом от АТР карбоксилировании пирувата. ДНК- и РНК-лигазы, трехстадийный механизм катализа.

Типы реакций в живой клетке. Реакции присоединения. Окислительно-восстановительные реакции. Взаимодействие кислот и оснований. Реакции замещения. Нуклеофильный и электрофильный характер замещения. Реакции перегруппировки (изомеризации).

III. Биоэнергетические процессы. Генерирование и хранение метаболической энергии

Катаболические и анаболические процессы. Значение катаболических процессов для **биоэнергетики клетки**. Ферментативный распад белков, жиров и углеводов с образованием АТР – главного донора свободной энергии в клетке. Макроэргические связи в АТР. Факторы, определяющие макроэргичность фосфоангидридных связей АТР и PP_i.

Способы синтеза АТР.

Енолфосфаты, ацилфосфаты, ацилтиоэфиры.

Никотинамидадениндуклеотид (NAD⁺) и его фосфат (NADP⁺) – главные переносчики электронов, NADH и NADPH – промежуточные аккумуляторы энергии.

Окисление углеводов

Гликолиз и его основные этапы. Образование глюкозо-6-фосфата из глюкозы и гликогена. Изомеризация глюкозо-6-фосфат во фруктозо-6-фосфат. Получение фруктозо-1,6-дифосфата. Расщепление фруктозо-1,6-дифосфата до глицеральдегид-3-фосфата и дигидроксиацетонфосфата. Взаимопревращение триозофосфатов. Окисление глицеральдегид-3-фосфата до 3-фосфоглицерат, сопряженное с фосфорилированием карбоксильной группы. Механизм сопряжения. Образование макроэргической связи. Перенос фосфорильного остатка на ADP. Изомеризация 3-фосфоглицерата в 2- фосфоглицерат. Участие 1,3-дифосфоглицерата в

реакции изомеризации. Дегидратация 2- фосфоглицерата и образование макроэргического соединения - фосфоенолпирувата. Пируваткиназа и образование АТФ из АДФ. Пируват, как конечный продукт гликолиза.

Необратимые и лимитирующая реакции гликолиза. Регуляция гликолиза.

Превращение пирувата в анаэробных условиях. Молочно-кислое и спиртовое брожение. Биоэнергетический баланс анаэробного гликолиза. Превращение пирувата в аэробных условиях.

Пируватдегидрогеназный комплекс. Окислительное тиаминпирофосфат зависимое декарбоксилирование пирувата, сопровождающееся переносом остатка ацетальдегида на липоат. Образование ацетилкофермента А. Регенерация окисленного липоата. Энергетический баланс превращения глюкозы в ацетил-СоА. Необратимость и регуляция пируватдегидрогеназного комплекса.

Цикл трикарбоновых кислот

ЦТК (цикл лимонной кислоты, цикл Кребса) как пример биохимического цикла и основной источник образования NADH из NAD⁺. Основные реакции ЦТК. Синтез цитрата из оксалоацетата и ацетил-СоА. Изомеризация цитрата в изоцитрат. Аконитаза. Окислительное декарбоксилирование изоцитрата. α -Оксоглутарат. Оксоглутаратдегидрогеназный комплекс, механизм, ферменты и коферменты. Перенос сукцинильного остатка на липоат. Образование сукцинил-СоА. Превращение сукцинил-СоА в сукцинат, сопряженное с фосфорилированием GDP. Окисление янтарной кислоты до фумаровой. Гидратация фумарата и образование малата. Окисление малата до оксалоацетата.

Биоэнергетический баланс цикла трикарбоновых кислот. Регуляторные и лимитирующая реакции ЦТК. Регуляция ЦТК.

Цепь переноса электронов (окислительное фосфорилирование, дыхательная цепь)

Локализация процесса. 4 трансмембранных комплекса и перенос электронов от NADH или FADH₂ к O₂ с образованием АТФ. Окисление NADH NADH-Q-оксидоредуктазным комплексом (I). Железо-серные комплексы и кофермент Q – убихинон. Окисление сукцината сукцинат-Q-редуктазным комплексом (II). Окисление восстановленного убихинона QH₂-цитохром-с-редуктазным комплексом (III). Окисление восстановленного цитохрома с цитохром-с-оксидазным комплексом (IV). Цитохромы a и a₃.

Сопряжение окисления и фосфорилирования АДФ до АТФ протонным градиентом. Возникновение трансмембранного градиента рН при переносе электронов и хемииосмотическая гипотеза окислительного фосфорилирования. Генерация протонного градиента в трех трансмембранных комплексах (I, III, IV). АТФ-синтезирующий комплекс митохондрий.

Окисление цитоплазматического NADH дыхательной цепью. Глицеролфосфатный и малат-аспартатный челночные механизмы. Полный биоэнергетический баланс окисления глюкозы.

Окисление жирных кислот

Номенклатура жирных кислот. Гидролиз триацилглицеролов. Активация жирных кислот путем зависимого от гидролиза АТФ присоединения к СоА. Карнитин - переносчик активированных жирных кислот с длинной цепью через внутреннюю митохондриальную мембрану. Дегидрирование CH₂-CH₂-группы ацил-СоА. Гидратация двойной связи и образование β -гидроксиацил-СоА. Окисление оксигруппы до оксогруппы. Перенос β -ацильного остатка на СоА. Биоэнергетический баланс окисления пальмитиновой кислоты до ацетил-СоА.

Деградация жирных кислот с нечетным числом атомов углерода. Карбоксилирование пропионил-СоА и изомеризация метилмалонил-СоА с участием биотина и кофермента В₁₂.

Биосинтез кетонных тел. Образование ацетоацетил-СоА, присоединение третьей молекулы ацетил-СоА с образованием 3-гидрокси-3-метилглутарил-СоА. Цикл Линена. Кетонные тела:

ацетоацетат, 3-гидроксibuтират и ацетон, их роль в метаболизме.

Катаболизм аминокислот

Окислительное дезаминирование аминокислот оксидазами. Гидролитическое дезаминирование аспарагина и глутамината и элиминирующее дезаминирование серина. Реакции переаминирования между аминокислотами и α -кетоглутаратом. Глутамат- и аланин-аминотрансферазы. Дегидрогеназа глутаминовой кислоты.

Цикл мочевины как путь вывода аммиака из организма млекопитающих. Превращение аммиака в мочевины. Синтез карбамоилфосфата. Присоединение карбамоильного остатка к орнитину и образование цитруллина. Взаимодействие цитруллина с аспартатом с образованием аргининосукцината. Отщепление фумарата и образование аргинина. Замыкание цикла при гидролитическом отщеплении мочевины от аргинина.

Биоэнергетический баланс цикла мочевины и его регуляция. Синтез фумарата – связующее звено цикла мочевины и ЦТК.

Превращения углеродных скелетов дезаминированных аминокислот. Образование пирувата и компонентов цикла трикарбоновых кислот, кетогенные и глюкогенные аминокислоты. Образование пирувата в процессах трансаминирования аланина и дезаминирования серина. Превращение аспарагиновой кислоты в фумарат и оксалоацетат.

Катаболизм валина как пример деградации разветвленной углеродной цепи. Переаминирование и образование α -оксоизовалерата. Окислительное декарбоксилирование α -оксоизовалерата и образование изобутирил-СоА. Дегидрирование до метакрил-СоА. Гидратация с образованием β -оксиизобутират-СоА. Окисление до семиальдегида метилмалоновой кислоты. Повторное окисление до метилмалонил-СоА. Изомеризация с образованием сукцинил-СоА. Участие V_{12} -кофермента в реакции изомеризации.

Декарбоксилирование аминокислот: серина, цистеина, треонина, аспартата и глутамата. Биогенные амины и их биологические функции.

Альтернативный путь окисления глюкозо-6-фосфата (гексозомонофосфатный шунт, пентозофосфатный путь)

Окислительная и восстановительная части процесса и их основные продукты. Окисление глюкозо-6-фосфата через глюконо- δ -лактон-6-фосфат до 6-фосфоглюконата. Окислительное декарбоксилирование 6-фосфоглюконата до рибулозо-5-фосфата.

Изомеризация рибулозо-5-фосфата в ксилулозо-5-фосфат и в рибозо-5-фосфат.

Взаимопревращение пентоз и гексоз. Тиаминпирофосфат-зависимый перенос остатка гликолевого альдегида с ксилулозо-5-фосфата на рибозо-5-фосфат. Образование седогептулозо-7-фосфата и глицеральдегид-3-фосфата. Перенос остатка дигидроксиацетона с седогептулозо-7-фосфата на глицеральдегид-3-фосфата и образование фруктозо-6-фосфата и эритрозо-4-фосфата. Перенос остатка гликолевого альдегида с ксилулозо-5-фосфата на эритрозо-4-фосфат с образованием фруктозо-6-фосфата и глицеральдегид-3-фосфата.

Полный итог взаимодействия альдоз и кетоз – образование пяти молекул гексоз из шести молекул пентоз. Биоэнергетический баланс гексозо-монофосфатного шунта.

Судьба глюкозо-6-фосфата – четыре механизма с участием пентозофосфатного пути – в зависимости от преимущественных потребностей организма: 1) в рибозо-5 фосфате; 2) в NADPH и рибозо-5-фосфате; 3) в NADPH и 4) в NADPH и АТФ.

Катаболизм нуклеотидов

Расщепление пуриновых нуклеотидов с образованием мочевины и алантоина. Ресинтез пуриновых нуклеотидов.

Расщепление пиримидинов с образованием пропионата (изобутирата), CO_2 и H_2O .

Глюконеогенез

Синтез глюкозы из неуглеводных предшественников: лактата, аминокислот и глицерола. Общие реакции для глюконеогенеза и гликолиза. Образование фосфоенолпирувата через промежуточное образование оксалоацетата. Превращение фосфоенолпирувата в гексозофосфат путем обращенной цепи гликолиза.

Изменение энергетики при обращении стадий, идущих с существенным падением энергии Гиббса.

Фотосинтез

Локализация фотосинтеза в хлоропластах. Световые и темновые реакции фотосинтеза.

Световая стадия фотосинтеза как индуцированный светом перенос электронов от воды к NADP^+ . Хлорофиллы и концепция фотосинтетической единицы, реакционный центр.

Две фотосистемы I и II. Фотосистема I. Восстановленный ферредоксин, и перенос электрона с него на NADP^+ с образованием NADPH . Фотосистема II. Образование сильного окислителя. Окисление воды до молекулярного кислорода. Перенос электронов от системы II к системе I. Пластохинон, цитохромы b_{559} , c_{552} (цитохром f) и пластоцианин – промежуточные переносчики электронов. Создание в процессе переноса электронов протонного градиента и запуск синтеза АТФ. Циклическое фотосинтетическое фосфорилирование.

Общий энергетический баланс световой стадии фотосинтеза.

Темновая стадия фотосинтеза (Цикл Кальвина). Взаимодействие CO_2 с 1,5-рибулозодифосфатом с образованием двух молекул 3-фосфоглицерата. Рибулозобисфосфат карбоксилаза. Фосфорилирование 3-фосфоглицерата с образованием 1,3-дифосфоглицерата и восстановление последнего с помощью NADPH до 3-фосфоглицеринового альдегида.

Синтез гексозы из двух молекул триозофосфата. Цепь превращений альдозо- и кетозо-фосфатов при фотосинтезе с регенерацией в конце рибулозо-1,5-дифосфата. Перенос двууглеродного остатка от фруктозо-6-фосфата на 3-фосфоглицериновый альдегид с образованием эритрозо-4-фосфата и ксилулозо-5-фосфата. Синтез седогептулозо-1,7-дифосфата из эритрозо-4-фосфата и дигидроксиацетонфосфата. Перенос двууглеродного остатка с седогептулозо-1,7-дифосфата на 3-фосфоглицериновый альдегид с образованием рибозо-5-фосфата и ксилулозо-5-фосфата. Изомеризация рибозо-5-фосфата и ксилулозо-5-фосфата в рибулозо-5-фосфат. Фосфорилирование рибулозо-5-фосфат и регенерация рибулозо-1,5-дифосфата.

Биоэнергетический баланс синтеза одной молекулы гексозы из CO_2 . Регуляция цикла Кальвина.

IV. Биосинтез полисахаридов и предшественников макромолекул

Биосинтез олиго- и полисахаридов. Синтез сахарозы и лактозы. Роль UDP-глюкозы и UDP-галактозы и их взаимопревращение. Биосинтез амилозы и гликогена.

Биосинтез жирных кислот. Биосинтез липидов. Ацетил-СоА - исходное соединение при биосинтезе жирных кислот, механизм его карбоксилирования. Ацил-переносящий белок (АСР). Образование ацетил-АСР и малонил- АСР из ацетил-СоА и малонил-СоА. Перенос ацетильного остатка от ацетил- АСР на малонил- АСР с отщеплением CO_2 . Восстановление 3-кетогруппы до оксигруппы в 3-кетоацил- АСР с помощью NADPH . Дегидратация 3-оксиацил-АСР. Восстановление двойной связи с помощью NADPH .

Регуляция синтеза жирных кислот. Биоэнергетический баланс синтеза жирных кислот. Отличия путей синтеза и расщепления жирных кислот.

Биосинтез сложных липидов. Взаимодействие глицерол-3-фосфата с ацил-СоА и образование фосфатидной кислоты – промежуточного продукта синтеза липидов. Гидролиз ее до диацилглицерола, образование жиров. Два пути синтеза фосфолипидов. Активированные

промежуточные соединения фосфатидата и аминокспирта (или оксиаминокислоты) в этих процессах. Взаимопревращения лецитинов и кефалинов.

Три этапа синтеза холестерина (холестерина, стероидов). Синтез мевалоновой кислоты – ключевого соединения синтеза изопреноидов. Образование активного изопрена (5C) и его последовательная конденсация в сквален (5C→10C→15C→30C). Превращение сквалена в холестерин. Пергидроциклопентанофенантрен как основа стероидов.

Биосинтез нуклеотидов

Синтез пуриновых нуклеотидов. Образование ФРПФ из рибозо-5-фосфата и АТФ. Взаимодействие ФРПФ с глутамином и образование 5-фосфорибозил-1-амин. Присоединение остатка глицина и образование глицинамидрибонуклеотида. Происхождение атомов пуринового кольца: аминокислоты и производные тетрагидрофолата, участвующие в синтезе. Формилирование α -аминогруппы глицина с помощью N^5, N^{10} -метинил-TGF с образованием рибонуклеотид α -N-формилглицинамида. Превращение в формилглицинамидрибонуклеотид при взаимодействии с глутамином. Замыкание пятичленного цикла и образование 5-аминоимидазолрибонуклеотида. Взаимодействие с CO_2 с образованием 5-амино-, 4-карбоксиимидазолрибонуклеотида. Взаимодействие с аспарагиновой кислотой с образованием 5-аминоимидазол-4-сукцино-карбоксамидрибонуклеотида. Отщепление фумарата и образование 5-формаимидазол-4-карбоксамидрибонуклеотида. Его циклизация с образованием 5'-IMP.

Пути превращения 5'-IMP в 5'-AMP и 5'-GMP.

Синтез пиримидиновых нуклеотидов. Синтез карбамоиласпартата. Дигидрооротаза и образование дигидрооротата. Дигидрирование его до оротата. Взаимодействие оротата с 5-фосфорибозил-1-пирофосфатом (ФРПФ) и образование оротидин-5'-фосфата. Декарбоксилирование оротидин-5'-фосфата и образование 5'-UMP.

Превращение 5'-UMP в 5'-NDP и 5'-NTP. Синтез CTP из UTP.

Восстановление рибонуклеотидов до дезоксирибонуклеотидов. Восстановительное метилирование dUMP с образованием TMP с помощью N^5, N^{10} -метилтен- тетрагидрофолата (TGF) и дегидрирование кольца TGF в ходе этой реакции. Образование 7,8-дигидрофолата.

Биосинтез аминокислот

Превращение N_2 в NH_4 микроорганизмами. Нитрогеназный комплекс.

Включение NH_4 в аминокислоты через глутамат и глутамин. Заменяемые и незаменимые аминокислоты.

Шесть биосинтетических семейств. Введение аммиака в α -оксоглутарат. Переаминирование оксалоацетата с образованием аспарагиновой кислоты и пирувата с образованием аланина. Образование амидов аминокислот. Аспарагин- и глутаминсинтетазы.

Биосинтез изолейцина как пример синтеза аминокислот с разветвленной алифатической боковой цепью. Превращение треонина в α -кетомасляную кислоту. Тиаминпирофосфат зависимое присоединение группы ацетальдегида к α -оксобутирату и образование α -ацетил, α -гидроксibuтирата. Восстановление его до α, β -дигидрокси- β -метилвалерата. Дегидратация с образованием α -оксо- β -метилвалерата и его переаминирование с образованием изолейцина.

Биосинтез тирозина и фенилаланина.

Образование серина и глицина из 3-фосфоглицерата.

Превращение метионина в гомоцистеин через S-аденозилметионин. Образование цистатионина из серина и гомоцистеина, и его превращение в цистеин.

Биосинтез треонина как пример синтеза незаменимой аминокислоты. Фосфорилирование аспартата, последовательное восстановление 4-фосфоатаспарагиновой кислоты с образованием аспартат- β -полуальдегида и гомосерина, кинирование гомосерина и образование треонина, катализируемое треонинсинтазой.

V. Интеграция и принципы контроля метаболизма

Биохимические цепи и циклы как общий принцип организации систем биохимических превращений в живой природе

Общие принципы стратегии метаболизма и механизмов его регуляции.

Гликолиз как пример биохимической цепи. Необратимая последовательность превращений веществ через биохимическую цепь. Необратимые стадии гликолиза. Участие вспомогательных компонентов и их регенерация. Точки разветвления цепи: глюкозо-6-фосфат, пируват и ацетил-СоА. Использование промежуточных продуктов гликолиза в биосинтезе углеродного скелета аминокислот, нуклеотидов, жиров, фосфолипидов и NADPH.

Цикл трикарбоновых кислот как пример биохимического цикла, его регуляция. Расходование компонентов цикла в реакциях синтеза аминокислот. Поддержание уровня компонентов цикла путем анаплеротических реакций (реакций, пополняющих запас компонентов, участвующих в цикле). Зависимое от АТР и биотина карбоксилирование пирувата – анаплеротический путь синтеза оксалоацетата.

Цикл Кори, взаимопревращение глюкозы и лактата в процессах гликолиза и глюконеогенеза. Система взаимоуравновешиваемых компонентов. Уравновешивание гексозофосфатов и пентозофосфатов. Их значение при окислении глюкозы и в темновой стадии фотосинтеза.

Пространственная организация систем биохимических процессов

Пространственное разобщение – компартментация, биохимических процессов. Разобщение синтеза и катаболизма жирных кислот. Разобщение синтеза карбамоилфосфата в цикле мочевины и при синтезе пиримидиновых нуклеотидов. Мультиферментные комплексы как способ более совершенной организации систем биохимических реакций. Пируватдегидрогеназный и α -оксoglутаратдегидрогеназный комплексы. Полиферментный комплекс синтеза жирных кислот.

Регуляция систем биохимических процессов

Уровни контроля процессов метаболизма. Метаболическая регуляция.

Стехиометрическая регуляция в точках разветвления. Регуляция взаимопревращения глицеральдегид-3-фосфата и дигидроксиацетонфосфата. Регуляция за счет накопления продукта реакции по принципу обратной связи. Ингибирование ацетил-СоА карбоксилазы образовавшимся при синтезе пальмитоил-СоА. Регуляция синтеза пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов по принципу обратной связи.

Регуляция энергетическим зарядом. Регуляция скорости окислительного фосфорилирования. Воздействие АТР на цепь переноса электронов (дыхательный контроль).

Аллостерическая регуляция. Активация ключевой реакции гликолиза – фосфорилирования фруктозо-6-фосфата с помощью АМР и АDР. Ингибирование синтеза фруктозо-1,6-дифосфата избытком АТР. Ингибирующее действие АМР на конечную стадию глюконеогенеза – гидролиз фосфоэфирной связи в фруктозо-1,6-дифосфате. Изменение соотношения между процессами гликолиза и глюконеогенеза в зависимости от концентрации АТР, АМР и цитрата - реципрокная регуляция.

Активация пируват карбоксилазы – фермента ключевой стадии глюконеогенеза: превращение пирувата в оксалоацетат.

Регуляция активности ферментов путем их модификации. Регуляция синтеза и фосфорилиза гликогена модификацией гликоген фосфорилазы и гликоген синтазы каскадом реакций, в которых участвуют адреналин, аденилатциклаза, сАМР, протеинкиназа и киназа фосфорилазы.

Аденилаты (АМР, АDР, АТР) как универсальные регуляторы ряда биохимических процессов.

Понятие о нервной и гормональной системах регуляции.

5. Образовательные технологии

Виды/формы образовательных технологий.

Преподавание курса ведется в виде чередования лекций и семинарских занятий. Семинарские занятия в основном построены на практическом усвоении лекционного материала: студентам предлагаются задачи или упражнения различной сложности по соответствующим разделам курса. Решаемые студентами задачи охватывают не только текущую, разбираемую в настоящее время на лекциях тему, но содержат элементы предыдущих тем, что помогает более прочному усвоению знаний. Имеется также задачи, в которых комбинируются мотивы нескольких тем курса. В конце каждого семинара студентам дается домашнее задание, обычно состоящее из двух–трех задач. Для того чтобы заинтересовать студента в подготовке к каждому семинарскому занятию, каждое семинарское занятия начинается с экспресс – мини-контрольной работы, результат которой может существенным образом повлиять на итоговую оценку студента.

Следует отметить, что практически все преподаватели, участвующие в курсе «Биохимия» являются профессиональными исследователями в области биохимии.

Лектор регулярно переиздает учебное пособие по курсу лекций. Эти пособия размещаются и в электронном виде на сайте Факультета естественных наук. Там же можно найти мультимедийную презентацию лекционного курса.

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

Примеры задач и вопросов на контрольных работах и экзамене

Задача 1. Мышечный белок тропомиозин представляет собой суперспираль, состоящую из двух α -спирализованных тяжей. Масса этого белка – 70 кДа. Средняя масса одного аминокислотного остатка около 110 Да. Рассчитайте длину молекулы.

Задача 2. Напишите структурную формулу пептида Leu-Pro-Arg-Cys-Glu при pH 2; 5 и 11 и оцените его заряд при этих pH.

Задача 3. Олигонуклеотид d32p(CTGCTACGTCCT) обработали муравьиной кислотой в условиях статистической химической модификации, затем выдержали его в присутствии основания - пиперидина и провели электрофорез в полиакриламидном геле.

1) Какие нуклеотидные продукты модификации вы получили?

2) Нарисуйте радиоавтограф геля.

3) Напишите полную структурную формулу самого короткого из полученных продуктов модификации.

Задача 4. После инкубации с химическим реагентом связывание фермента с субстратом не изменилось, но каталитическая активность фермента уменьшилась на 40%. Какой вывод можно сделать? По какому механизму ингибирует фермент этот реагент?

Задача 5. Какой кофермент (простетическая группа) участвует в реакциях карбоксилирования:

а) пиридоксальфосфат

б) FADH₂

в) биотин

г) кофермент А?

Укажите этот кофермент и изобразите его структуру.

Задача 6. Напишите полностью реакцию и укажите класс фермента и его название:

Рибулозо-5-фосфат ↔ рибозо-5-фосфат

Задача 7. Если п-гептановая кислота, содержащая ^{14}C -метку в положении 7, окисляется в условиях функционирования ЦТК, то какие из атомов углерода оксалоацетата окажутся мечеными? Напишите реакции.

Задача 8. Предложите путь биосинтеза Asn из промежуточного метаболита ЦТК (укажите класс и название ферментов).

Задача 9. CoA и его функции. Изобразите его структуру и схему одного из процессов с его участием.

Задача 10. Рибозо-5-фосфат, меченый ^{14}C при C-1, добавлен в раствор, содержащий транскетолазу, трансальдолазу, фосфопентозоизомеразу и глицеральдегид-3-фосфат. Каково распределение метки в эритрозо-4-фосфате и фруктозо-6-фосфате, образующихся в этой реакционной смеси?

Напишите необходимые реакции.

Вопрос 1. Электрофильный катализ в ферментативных реакциях. Карбоксипептидаза.

Вопрос 2. Цепь переноса электронов.

Вопрос 3. Механизм действия ферментов.

Вопрос 4. Окислительная часть альтернативного пути окисления глюкозо-6-фосфата.

Вопрос 5. Организующая и определяющая роли апофермента по отношению к простетической группе на примере пиридоксальфосфата.

Вопрос 6. Циклическое фотосинтетическое фосфорилирование.

Вопрос 7. Биосинтез нуклеозиддифосфатов.

Вопрос 8. Отличия катаболизма и анаболизма жирных кислот.

Вопрос 9. Биосинтез dAMP из IMP.

Вопрос 10. Активация пируват карбоксилазы – фермента ключевой стадии глюконеогенеза: превращение пирувата в оксалоацетат.

Вопросы для подготовки к экзамену

1. Химическое строение и биологические функции белков и их мономеров.
2. Катаболические и анаболические процессы. Главные переносчики электронов и промежуточные аккумуляторы энергии.
3. Биосинтез dCTP из UMP.
4. Химическое строение и биологические функции мономеров углеводов.
5. Электрофильный катализ в ферментативных реакциях. Карбоксипептидаза.
6. Биосинтез dAMP из IMP.
7. Химическое строение и биологические функции ДНК и ее мономеров.
8. Окисление жирных кислот.
9. Активация пируват карбоксилазы – фермента ключевой стадии глюконеогенеза: превращение пирувата в оксалоацетат.
10. Химическое строение и биологические функции РНК и ее мономеров.
11. Цепь переноса электронов.
12. Кофермент CoA и его функции.
13. Химическое строение, классификация и биологические функции липидов.
14. Циклическое фотосинтетическое фосфорилирование.
15. Кофермент липоамид и его функции.
16. Механизм действия ферментов.
17. Гликолиз. Основные реакции и биологическая роль.
18. Синтез dGMP из IMP.
19. Механизм действия сериновых протеаз.
20. Цикл трикарбоновых кислот.

21. Биотин и его функции.
22. Деаминация аминокислот.
23. Биосинтез нуклеозиддифосфатов.
24. Регуляция активности ферментов путем их модификации.
25. Классы ферментативных реакций.
26. Пируватдегидрогеназный комплекс.
27. Биосинтез нуклеозидтрифосфатов.
28. Кинетика ферментативных реакций. Уравнение Михаэлиса-Ментен.
29. Окислительная часть альтернативного пути окисления глюкозо-6-фосфата.
30. S-аденозилметионин и его функции.
31. Организующая и определяющая роли апофермента по отношению к простетической группе на примере гемсодержащих белков.
32. Цикл мочевины.
33. Регуляция энергетическим зарядом.
34. Оксидоредуктазы.
35. Биосинтез олиго- и полисахаридов.
36. Гормональная и нервная системы регуляции.
37. Структура полисахаридов.
38. Организующая и определяющая роли апофермента по отношению к простетической группе на примере пиридоксальфосфата.
39. Регуляция синтеза пиримидиновых нуклеотидов.
40. Катаболизм валина как пример дегградации разветвленной углеродной цепи.
41. Синтез оксалоацетата – анаплеротическая реакция цикла трикарбоновых кислот.
42. Аденилаты – универсальные регуляторы ряда биохимических процессов.
43. Лиазы.
44. Стероиды.
45. Биосинтез dTMP из UMP.
46. Конкурентное и неконкурентное ингибирование.
47. Биосинтез нейтральных жиров.
48. Регуляция цикла Кальвина
49. Изомеразы.
50. Биосинтез фосфолипидов.
51. Взаимосвязь цикла мочевины и ЦТК.
52. Судьба глюкозо-6-фосфата – четыре механизма пентозофосфатного пути.
53. Включение NH₄ в аминокислоты. Биосинтез аспартата, аланина, аспарагина и глутаминна.
54. Макроэрги и их роль.
55. Синтез пуриновых нуклеотидов.
56. Регуляция гликолиза и глюконеогенеза.
57. Тиаминпирофосфат и его функции.
58. Биосинтез пиримидиновых нуклеотидов.
59. Гидролазы.
60. Гидролитическое деаминация аспарагина и глутаминна и элиминирующее деаминация серина.
61. Первичная структура пептидов и белков.
62. Отличия катаболизма и анаболизма жирных кислот.
63. Синтез дезоксирибонуклеотидов.
64. Превращения пирувата в анаэробных условиях.
65. Окислительное фосфорилирование.
66. Флавиновые нуклеотиды как простетические группы ферментов.
67. Биосинтез "активного" изопрена и дальнейшая схема синтеза холестерина.

68. Коферменты нуклеотидной природы.
69. 3. Нитрогеназный комплекс.
70. Восстановительная часть альтернативного пути окисления глюкозо-6-фосфата.
71. Кетогенные и глюкогенные аминокислоты. Превращения аланина, серина и аспартата.
72. Мультиферментные комплексы как способ совершенной организации систем биохимических реакций.
73. Световая стадия фотосинтеза.
74. Цикл Кори.
75. Основные типы нековалентных взаимодействий в биополимерах.
76. Темновая стадия фотосинтеза.
77. Глицеролфосфатный и малат-аспартатный челночные механизмы переноса.
78. Биосинтез dTMP.

Методические указания для типовых задач и ответы решения

Методические указания типовых задач и ответы решения даны в приведенном ниже Сборнике задач и упражнений.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Кнорре Д.Г., Мызина С.Д. Биологическая химия. М.: Высшая школа, 1998, 2000, 2011.
2. Страйер Л. Биохимия. 3 т. М.: Мир, 1984.
3. Биохимия: Учеб. / Под ред. Е.С. Северина. М.: ГЭОТАЗ-МЕД, 2004; 2005, 2007, 2009.
4. Албертс Б. Молекулярная биология клетки. 3 т. М.: Мир, 1994.
5. Ленинджер А. Основы биохимии. 3 т. М.: Мир, 1985.
6. Мецлер Д. Биохимия. 3 т. М.: Мир, 1980.
7. Бунева В.Н. Биохимия: Учебное пособие. Новосибирск: Изд. НГУ. 2005, 2010, 2014
8. Бунева В.Н., Кудряшова Н.В., Воробьев П.Е., Мызина С.Д. Биохимия. Сборник задач и упражнений. Учебное пособие. Новосибирск: Изд-во НГУ. 2003, 2006.
9. Мызина С.Д., Халимская Л.М. Биологическая роль химических элементов. Учебное пособие. Новосибирск: Изд-во НГУ. 2004, 70 с.
10. Мызина С.Д., Халимская Л.М. Биологически активные соединения. Витамины, гормоны и биорегуляторы. Учебное пособие. Новосибирск: Изд-во НГУ. 2006, Р. 72 с.
11. Кудряшова Н.В., Алексеев П.В., Халимская Л.М. Ферментативная кинетика. Учеб. пособие. - Новосибирск: Изд-во НГУ. 2007. 36 с.

б) дополнительная литература:

1. Воробьев П.Е., Жарков Д.О. Основы молекулярной биологии. Новосибирск: Изд-во НГУ. 2009. 90с.
2. Федорова О.С., Кузнецова А.А. Химия природных соединений. Ч 1: Порфирины. Учебн. пособие. Новосибирск: НГУ, 2010, 62 с. (Уч.-изд. л. 4,0)
3. Д.М. Грайфер, Н.А. Моор. Биосинтез белка. Учебное пособие. Новосибирск: Изд-во НГУ. 2011, (Уч.-изд. л. 5,0) 80 с.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

- В качестве технического обеспечения лекционного процесса используется ноутбук, мультимедийный проектор, доска.
- Для демонстрации иллюстрационного материала используется программа Microsoft Power Point 2003.
- Проведение контрольных работ и экзамена обеспечивается печатным раздаточным материалом.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и с ОС ВПО, принятым в ФГАОУ ВО Новосибирский национальный исследовательский государственный университет, с учетом рекомендаций ООП ВПО по направлению «020100 ХИМИЯ».

Автор: Бунева Валентина Николаевна, д.б.н., профессор кафедры молекулярной биологии ФЕН НГУ.

Программа одобрена на заседании кафедры молекулярной биологии "22" августа 2014 г.

Секретарь кафедры к.х.н.  Л.М. Халимская