

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
биологической и медицинской  
физики**

**Д.В. Кузьмин**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Современная биохимия
<b>по направлению:</b>	Биология
<b>профиль подготовки:</b>	Биология и биоинформатика Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики кафедра молекулярной и клеточной биологии
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 45 всего, в том числе:

лекции: 45 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 135, всего зач. ед.: 3

Программу составил: А.В. Иванов, канд. хим. наук

Программа обсуждена на заседании кафедры молекулярной и клеточной биологии 16.06.2023

## Аннотация

В курсе излагаются современные представления о биохимии, метаболизме и редокс-биологии, тесно связанных с различными процессами в клетках и тканях. Даются основные представления о метаболических процессах клетки, о различных методах анализа биохимических/метаболических процессов и количественного определения ключевых интермедиатов. В курсе также даются представления о редокс-биологии, активных формах кислорода, их роли в регуляции биологических процессов и о редокс-зависимых пост-трансляционных модификациях белков. Наконец, во всех этих разделах представлены данные о возможности направленной регуляции метаболических процессов для терапии онкологических, инфекционных и аутоиммунных заболеваний.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

сформировать представления об основных метаболических процессах клетки, их роли в поддержании роста и дифференцировки клеток, а также вкладе отдельных путей и метаболитов в поддержании энергетического баланса клетки.

### Задачи дисциплины

- получение представлений об основных метаболических процессах и их вкладе в поддержании пролиферации и дифференцировки клетки;
- ознакомление с недавними фундаментальными открытиями в области биохимии и метаболизма;
- получение представлений о методах анализа метаболического статуса клетки и концентраций ключевых метаболитов;
- изучение примеров фармакологического воздействия на отдельные метаболические пути клетки для терапии различных заболеваний;
- ознакомление с основами редокс-биологии: терминологии, методов анализа активных форм кислорода и их роли в регуляции клеточных процессов, а также с редокс-зависимыми пост-трансляционными модификациями белков.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.1 Знает основные правила оформления научных публикаций и научно-технической документации, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения
	ОПК-3.2 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной, технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
	ОПК-3.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
	ОПК-3.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
	ОПК-3.5 Владеет навыками проектирования новых биоинформатических и технологических решений для поставленной научно-технической, биотехнологической задач
ОПК-6.1	Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения

ОПК-6 Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, проектировать элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	ОПК-6.2 Способен к профессиональной эксплуатации современной экспериментальной научно-исследовательской техники и современного технологического оборудования для осуществления биотехнологических процессов
	ОПК-6.3 Способен к оценке, анализу и интерпретации полученных в результате биотехнологических процессов данных
	ОПК-6.4 Способен к профессиональной эксплуатации и модернизации современного технологического оборудования для осуществления биотехнологических процессов

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- фундаментальные основы биохимии;
- современные методы биохимии и метаболизма;
- возможности применения ингибиторов метаболических ферментов в качестве лекарственных препаратов.

уметь:

- формулировать и ставить задачу научного исследования;
- владеть техникой поиска и анализа информации, находимой в Интернете;
- представлять полученные результаты исследований в устной и наглядной форме;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- представлять полученные результаты исследований в виде графиков, диаграмм и текста;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач.

владеть:

- навыками анализа большого объема информации и данных;
- навыками самостоятельной работы с научными статьями и публикациями;
- навыками планирования и проведения научно-исследовательских проектов;
- навыками грамотной статистической обработки результатов проведенных экспериментов и их представления в виде графиков, диаграмм и текста.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Гликолиз и связанные с ним метаболические пути, цикл Кребса. Альтернативные источники углерода для цикла Кребса. Онкометаболиты	6			6
2	Дыхательная активность митохондрий, структура митохондрий. Суперкомплекс	5			6
3	Метаболизм жирных кислот и триглицеридов. Метаболизм нуклеотидов. Нуклеоз(т)идные ингибиторы репликации вирусов	6			9

4	Метаболизм триптофана, аргинина, пролина, серо-содержащих аминокислот, биогенных полиаминов	5			9
5	Методы анализа клеточного метаболизма	5			9
6	Роль органелл в клеточном метаболизме	6			6
7	Редокс-биология	6			9
8	Изменения метаболических процессов при онкологических, аутоиммунных и инфекционных заболеваниях	6			6
Итого часов		45			60
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		135 час., 3 зач.ед.			

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

##### Семестр: 1 (Осенний)

1. Гликолиз и связанные с ним метаболические пути, цикл Кребса. Альтернативные источники углерода для цикла Кребса. Онкометаболиты

Гликолиз и эффект Варбурга. Пентозо-фосфатный путь, биосинтез серина и глицина, фолатный цикл. Транспорт пирувата в митохондриях. Канонический и неканонический цикл Кребса, онкометаболиты. Глутаминолиз и окисление жирных кислот, их роль в поддержании активности цикла Кребса. Ацетат как донор углерода. Лактат-зависимая пост-трансляционная модификация белков.

2. Дыхательная активность митохондрий, структура митохондрий. Суперкомплексы

Структура митохондрий и митохондриального ретикулума. Респираторные комплексы и суперкомплексы. Разобщители дыхания.

3. Метаболизм жирных кислот и триглицеридов. Метаболизм нуклеотидов. Нуклеоз(т)идные ингибиторы репликации вирусов

Синтез жирных кислот и триглицеридов, синтез непредельных жирных кислот. Биосинтез пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов. Нуклеозид- и нуклеотидкиназы. Модифицированные нуклеозиды и нуклеотиды как противораковые и противовирусные препараты.

4. Метаболизм триптофана, аргинина, пролина, серо-содержащих аминокислот, биогенных полиаминов

Метаболизм триптофана. Метаболизм метионина и цистеина. Импорт цистина в клетку и его связь с метаболизмом глутамата. Цикл мочевины и метаболизм биогенных полиаминов. Полиамин-опосредованная пост-трансляционная модификация белков. Метаболизм и цикл пролина, его роль с регуляции дыхательной активности митохондрий и биосинтеза нуклеотидов.

5. Методы анализа клеточного метаболизма

Колориметрические тест-системы, высокоэффективная жидкостная хроматография, газовая и жидкостная хроматография с масс-спектрометрической детекцией метаболитов. Использование  $^{13}\text{C}$ -,  $^{15}\text{N}$ ,  $^2\text{H}$ -меченных метаболитов для анализа скоростей метаболических процессов. Респирометрия и технология Сихорс. Плазма-подобные культуральные среды для исследования метаболизма.

#### 6. Роль органелл в клеточном метаболизме

Локализация метаболических ферментов. Роль митохондрий и пероксисом в катаболизме жирных кислот. Лизосомы и их роль в хранении метаболитов и регуляции метаболизма. Метаболизм ионов кальция и роль эндоплазматического ретикулума. Мембраны-ассоциированные с митохондриями и их роль в клеточном метаболизме.

#### 7. Редокс-биология

Активные формы кислорода и их взаимопревращения. Методы анализа уровней продукции активных форм кислорода. Системы защиты клетки от активных форм кислорода. Антиоксиданты и электрофилы. Ферроптоз. Редокс-зависимые посттрансляционные модификации белков.

#### 8. Изменения метаболических процессов при онкологических, аутоиммунных и инфекционных заболеваниях

Метаболическая перестройка клеток при злокачественной трансформации. Различия в метаболизме клеток первичной опухоли и метастазирующих клеток. Иммунометаболизм. Перестройка метаболизма клетки при вирусных инфекциях. Возможности применения ингибиторов метаболических ферментов в качестве противоопухолевых, противовирусных препаратов и лекарств для терапии аутоиммунных заболеваний.

### 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Учебная аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием (проектор, звуковая система).

### 6. Перечень рекомендуемой литературы

#### Основная литература

Базовая кафедра имеет в наличии данную литературу:

1. Нельсон, Кокс: Основы биохимии Ленинджера, 2022

#### Дополнительная литература

### 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. Научные журналы (Молекулярная биология, Биохимия, Acta Naturae, и др.), доступные через Internet научные журналы: <http://scitation.aip.org/>, <http://www.sciencemag.org>.
2. Доступные через Internet базы данных и биоинформатические программы: Pubmed – NCBI, OMIM – NCBI, UCSC Genome Browser и др.

### 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Для части занятий потребуются Zoom. Google Drive для доступа к материалам курса. Приветствуется наличие во время занятий смартфонов/ноутбуков для участия в интерактивных упражнениях.

## 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студент, прослушавший курс, должен с одной стороны, овладеть теоретическим аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять полученные знания на практике. Успешное освоение курса требует самостоятельной работы студента. В программе курса для самостоятельной работы студента над темой отводится минимальное время.

Самостоятельная работа включает в себя:

- проработку учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе),
- чтение и конспектирование дополнительной литературы,
- подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения,
- решение задач, предлагаемых студентам,
- подготовку к экзамену.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю. Обязательным требованием является выполнение домашних работ, которые систематически сдаются на проверку.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**по направлению:** Биология  
**профиль подготовки:** Биология и биоинформатика  
Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики  
кафедра молекулярной и клеточной биологии  
**курс:** 1  
**квалификация:** магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 1 (осенний) - Экзамен

**Разработчик:** А.В. Иванов, канд. хим. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.1 Знает основные правила оформления научных публикаций и научно-технической документации, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения
	ОПК-3.2 Владеет методами визуального и графического представления результатов научной (научно-технической, инновационной, технологической) деятельности в виде отчетов, научных публикаций
	ОПК-3.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
	ОПК-3.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
	ОПК-3.5 Владеет навыками проектирования новых биоинформатических и технологических решений для поставленной научно-технической, биотехнологической задач
ОПК-6 Способен эксплуатировать технологическое оборудование, выполнять технологические операции, управлять биотехнологическими процессами, проектировать элементы технических и технологических систем, технических объектов, технологических процессов биотехнологического производства на основе применения базовых инженерных и технологических знаний	ОПК-6.1 Способен анализировать задачу, планировать пути решения, предлагать и комбинировать способы решения
	ОПК-6.2 Способен к профессиональной эксплуатации современной экспериментальной научно-исследовательской техники и современного технологического оборудования для осуществления биотехнологических процессов
	ОПК-6.3 Способен к оценке, анализу и интерпретации полученных в результате биотехнологических процессов данных
	ОПК-6.4 Способен к профессиональной эксплуатации и модернизации современного технологического оборудования для осуществления биотехнологических процессов

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Современная биохимия» обучающийся должен:

### знать:

- фундаментальные основы биохимии;
- современные методы биохимии и метаболомики;
- возможности применения ингибиторов метаболических ферментов в качестве лекарственных препаратов.

### уметь:

- формулировать и ставить задачу научного исследования;
- владеть техникой поиска и анализа информации, находимой в Интернете;
- представлять полученные результаты исследований в устной и наглядной форме;
- делать правильные выводы из сопоставления результатов теории и эксперимента;
- представлять полученные результаты исследований в виде графиков, диаграмм и текста;
- пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач.

### владеть:



- навыками анализа большого объема информации и данных;
- навыками самостоятельной работы с научными статьями и публикациями;
- навыками планирования и проведения научно-исследовательских проектов;
- навыками грамотной статистической обработки результатов проведенных экспериментов и их представления в виде графиков, диаграмм и текста.

### **3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю**

Во время текущего контроля студент должен уметь ответить на следующие вопросы:

1. Гликолиз и его роль в поддержании биосинтетических путей клетки
2. Канонический и неканонический цикл Кребса, онкометаболиты
3. Роль гликолиза и других метаболических процессов в поддержании активности цикла Кребса
4. Биосинтез жирных кислот и триглицеридов
5. Цикл мочевины и метаболизм пролина, цикл пролина
6. Метаболизм полиаминов
7. Лактат и полиамин-зависимая пост-трансляционная модификация белков.
8. Методы анализа метаболизма клеток
9. Активные формы кислорода, их взаимопревращения и нейтрализация ферментами и низкомолекулярными соединениями
10. Биосинтез цистеина и глутатиона
11. Использование ингибиторов метаболических ферментов в медицине

Во время занятий могут проходить интерактивные обсуждения в чатах курса, что будет являться домашним заданием. Возможно выполнение патентного поиска в качестве самостоятельной задачи. Успешное выполнение всех заданий по курсу и выполнение контрольных срезов знаний дает преимущество на экзамене.

### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

1. Гликолиз и его роль в поддержании биосинтетических путей клетки
2. Канонический и неканонический цикл Кребса, онкометаболиты
3. Роль гликолиза и других метаболических процессов в поддержании активности цикла Кребса
4. Биосинтез жирных кислот и триглицеридов
5. Цикл мочевины и метаболизм пролина, цикл пролина
6. Метаболизм полиаминов
7. Лактат и полиамин-зависимая пост-трансляционная модификация белков.
8. Методы анализа метаболизма клеток
9. Активные формы кислорода, их взаимопревращения и нейтрализация ферментами и низкомолекулярными соединениями
10. Биосинтез цистеина и глутатиона
11. Использование ингибиторов метаболических ферментов в медицине

Примеры билетов на экзамене:

Билет №1

1. Цикл мочевины и метаболизм пролина, цикл пролина
2. Метаболизм полиаминов

#### **Критерии оценивания**

Оценка отлично (10 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (9 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений.

Оценка отлично (8 баллов) - выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами.

Оценка хорошо (7 баллов) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты.

Оценка хорошо (6 баллов) - выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности.

Оценка хорошо (5 баллов) - выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей.

Оценка удовлетворительно (4 балла) - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации.

Оценка удовлетворительно (3 балла) - выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации.

Оценка неудовлетворительно (2 балла) - выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач.

Оценка неудовлетворительно (1 балл) - выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач.

## **5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

При проведении устного экзамена обучающемуся предоставляется 30 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать одного астрономического часа.