

**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>	Онкогенетика
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Алгоритмическая биология
	Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики
	центр образовательных программ Физтех-школы биологической и медицинской физики
<b>курс:</b>	2
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Количество контрольных работ, заданий: 2

Программу составил: Д.В. Гурьев, канд. биол. наук

Программа обсуждена на заседании центра образовательных программ Физтех-школы биологической и медицинской физики 16.06.2023

## Аннотация

Дисциплина направлена на формирование у студентов представления о воздействии ионизирующей радиации на генетический аппарат клетки. Результатом обучения являются следующие знания, умения и навыки: запоминание и понимание основных терминов, используемых в радиационной генетике; представление о мутационном процессе; понимание основных механизмов формирования отдаленных генетических эффектов ионизирующих излучений: нестабильность генома, репродуктивная гибель, «эффект свидетеля» и т.п.; овладение методами биоиндикации и биодозиметрии, мутагенной активности излучений; овладение умениями популяризовать радиационную генетику среди широких слоев общественности. Полученные по итогам курса знания необходимы для полноценного изучения других дисциплин в области радиационной биофизики.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

- изучение теоретических и практических аспектов закономерностей действия ионизирующих излучений на генетический аппарат клетки и основных механизмов, лежащих в основе спонтанного и индуцированного мутагенеза;
- формирование биологической культуры и способностей практического применения полученных знаний.

#### Задачи дисциплины

- дать представление о теоретическом и прикладном значении современной радиационной генетики;
- обеспечить необходимый минимум знаний основных положений и законов, перспектив развития радиационной генетики, позволяющий студентам свободно ориентироваться в современных проблемах теоретической и практической биологии и естествознания в целом;
- способствовать формированию необходимых навыков общебиологического мышления посредством изучения разделов радиационной генетики;
- сформировать умения и способствовать развитию навыков применять полученные знания при самостоятельной, в том числе научно-исследовательской, работе, решении задач, а также анализе полученных результатов.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

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

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- главные проблемы и задачи радиационной генетики на современном этапе ее развития;
- основные положения и законы радиационной генетики; историю становления основных направлений мировой и отечественной генетики, ученых, внесших наибольший вклад в развитие предмета;
- основные термины и концепции радиационной генетики, например, типы мутаций ДНК, количественные закономерности мутагенного действия ионизирующих излучений на живые клетки, механизмы пострадиационной репарации, математические модели мутационного процесса и др.

уметь:

- реферировать научные труды, содержащие сведения о воздействии ионизирующего излучения на генетический аппарат клетки;
- системно мыслить, переносить свойства, структуру и функции с одного биообъекта на похожий объект, корректно использовать генетические и радиобиологические термины и понятия, свободно ориентироваться в принятых в радиационной генетике символах и обозначениях, пользоваться справочной и научной, в том числе периодической, литературой по изучаемому предмету;
- обобщать полученные результаты в ходе проведения лабораторных работ в контексте ранее накопленных в науке знаний.

владеть:

- навыками анализа экспериментальных генетических данных с помощью статистических методов;
- навыками выделения ДНК, проведения ПЦР в реальном времени, анализа полиморфизмов, ассоциированных с радиационными повреждениями ДНК;
- навыками цитогенетического анализа хромосомных нарушений;
- принципами работы с информационно-коммуникационными технологиями.

#### 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	Предмет и задачи радиационной генетики. История развития радиационной генетики	5			10
2	Генетические эффекты ионизирующего излучения	5			10
3	Радиационно-индуцированная нестабильность генома	5			10
4	Малые дозы ионизирующего излучения и их влияние на геном	5			10
5	Радиационная генетика млекопитающих и человека	5			10
6	Методы биоиндикации и биодозиметрии, основанные на генетических методах	5			10
Итого часов		30			60
Подготовка к экзамену		0 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

Семестр: 3 (Осенний)

###### 1. Предмет и задачи радиационной генетики. История развития радиационной генетики

Введение. Предмет и задачи радиационной генетики. Методы радиационной генетики, связь с другими науками. История развития, вклад отечественных ученых. Открытие мутагенного действия рентгеновских лучей. Развитие представлений о механизме действия радиации на наследственные структуры. Развитие представлений о влиянии радиации на здоровье животных и человека. Развитие взглядов на последствия облучения у потомства облученных людей. Радиационная генетика на современном этапе.

## 2. Генетические эффекты ионизирующего излучения

Доказательство роли ядра, хромосом и ДНК в процессах радиационного поражения клеток. Молекулярные механизмы радиационного мутагенеза в свете теории попаданий и мишеней. Особенности мутагенного действия различных видов ионизирующего излучения. Общая теория радиационного мутагенеза. Мутации, индуцируемые ионизирующим излучением, классификация, характеристика. Основные закономерности действия радиации на мутационный процесс. Зависимость частоты возникновения мутаций от дозы облучения. Понятие относительной генетической эффективности облучения, роль фактора времени.

## 3. Радиационно-индуцированная нестабильность генома

Феномен геномной нестабильности, ее признаки. Отсроченная репродуктивная гибель клеток. Дестабилизация хромосом. Отсроченные мутации. Апоптоз. Механизмы формирования нестабильности генома. Влияние активных форм кислорода, контроля клеточного цикла, механизмов репарации ДНК на нестабильность генома. Эпигенетические механизмы РИНГ. Эффект "свидетеля". Патогенетическое значение РИНГ.

## 4. Малые дозы ионизирующего излучения и их влияние на геном

Понятие о малых дозах облучения. Возникновение одонитевых (ОР) и двунитевых (ДР) разрывов ДНК. Цитогенетические эффекты. Модуляции внутриклеточных процессов. Радиационный гормезис применительно к генетическим эффектам.

## 5. Радиационная генетика млекопитающих и человека

Анализ генетического риска: методы расчёта, экстраполяция данных, полученных на животных, трудности и перспективы решения проблемы. Анализ генетических эффектов в природных биогеоценозах. Оценка генетической опасности облучения для человека.

## 6. Методы биоиндикации и биодозиметрии, основанные на генетических методах

Принципы тестирования на мутагенность. Применение молекулярно-генетических методов для оценки влияния мутагенов на геном человека. Возможности биоиндикации и биодозиметрии с применением генетических методов.

## 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

Литература предоставляется на базовой кафедре:

1. Ярмоненко С. П., Вайнсон А. А. Радиобиология человека и животных: учеб. пособие для вузов. - М.: Высш. шк, 2004.
2. Основы радиобиологии и радиационной медицины: учебное пособие / А. Н. Гребенюк и др. — СПб.: Фолиант, 2012. — 226 с.: ил. — Библиогр.: с. 225-226 и в конце гл. — ISBN 978-5-93929-223-8.
3. Основы медико-экологической безопасности: учебное пособие / А.А. Викторов, В.Д. Гладких, В.В. Смирнов, А.И. Ксенофонтов. - М.: МИФИ, 2011. - 192 с. - ISBN 978-5-7262-1408-5.
4. Климанов В.А. Радиобиологическое и дозиметрическое планирование лучевой и радионуклидной терапии: учебное пособие / В.А. Климанов. - М.: МИФИ, 2011. - Ч. 1. - 500 с. - ISBN 978-5-7262-1490-0.

#### Дополнительная литература

Литература предоставляется на базовой кафедре:

1. Ярмоненко С.П. Радиобиология человека и животных. - М.: «Высшая школа», 2010. — 424 с.
2. Жимулев И.Ф. Общая и молекулярная генетика — Издание 4-е, стереотипное. Новосибирск: «Сибирское университетское издательство», 2007. — 479 с.
3. Льюин Б. Гены. - М.: Бином, 2012. - 896 с.

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

Не используются

### **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 потребуется 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, изучающий дисциплину, должен с одной стороны, овладеть общим понятийным аппаратом, а с другой стороны, должен научиться применять теоретические знания на практике. В результате изучения дисциплины студент должен знать основные определения дисциплины, уметь применять полученные знания для решения различных задач.

Успешное освоение курса требует:

- посещения всех занятий, предусмотренных учебным планом по дисциплине;
- ведения конспекта занятий;
- напряжённой самостоятельной работы студента.

Самостоятельная работа включает в себя:

- чтение рекомендованной литературы;
- проработку учебного материала, подготовку ответов на вопросы, предназначенных для самостоятельного изучения;
- решение задач, предлагаемых студентам на занятиях;
- подготовку к выполнению заданий текущей и промежуточной аттестации.

Показателем владения материалом служит умение без конспекта отвечать на вопросы по темам дисциплины.

Важно добиться понимания изучаемого материала, а не механического его запоминания. При затруднении изучения отдельных тем, вопросов, следует обращаться за консультациями к преподавателю.

Возможен промежуточный контроль знаний студентов в виде решения задач в соответствии с тематикой занятий.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

### ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Алгоритмическая биология Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики центр образовательных программ Физтех-школы биологической и медицинской физики
<b>курс:</b>	<u>2</u>
<b>квалификация:</b>	магистр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 3 (осенний) - Дифференцированный зачет	
<b>Разработчик:</b>	Д.В. Гурьев, канд. биол. наук

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	ПК-2.1 Способен планировать и проводить научные исследования самостоятельно или в составе научного коллектива
	ПК-2.2 Способен проводить апробацию результатов научно-исследовательской работы посредством публикации научных статей и участия в конференциях

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Онкогенетика» обучающийся должен:

### знать:

- главные проблемы и задачи радиационной генетики на современном этапе ее развития;
- основные положения и законы радиационной генетики; историю становления основных направлений мировой и отечественной генетики, ученых, внесших наибольший вклад в развитие предмета;
- основные термины и концепции радиационной генетики, например, типы мутаций ДНК, количественные закономерности мутагенного действия ионизирующих излучений на живые клетки, механизмы пострадиационной репарации, математические модели мутационного процесса и др.

### уметь:

- реферировать научные труды, содержащие сведения о воздействии ионизирующего излучения на генетический аппарат клетки;
- системно мыслить, переносить свойства, структуру и функции с одного биообъекта на похожий объект, корректно использовать генетические и радиобиологические термины и понятия, свободно ориентироваться в принятых в радиационной генетике символах и обозначениях, пользоваться справочной и научной, в том числе периодической, литературой по изучаемому предмету;
- обобщать полученные результаты в ходе проведения лабораторных работ в контексте ранее накопленных в науке знаний.

### владеть:

- навыками анализа экспериментальных генетических данных с помощью статистических методов;
- навыками выделения ДНК, проведения ПЦР в реальном времени, анализа полиморфизмов, ассоциированных с радиационными повреждениями ДНК;
- навыками цитогенетического анализа хромосомных нарушений;
- принципами работы с информационно-коммуникационными технологиями.

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

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

1. Полигеномный механизм реализации мутаций.
2. Классификации радиационно-индуцированных aberrаций хромосом.
3. Классификации мутаций. Фенотипическая, геномная и т.д.
4. Зависимость выхода хромосомных aberrаций от дозы облучения. Спектр aberrаций. Зависимость выхода aberrаций от ЛПЭ.
5. Хромосомные мутации, вызванные облучением.
6. Оценка генетической опасности облучения для человека.
7. Молекулярно-генетические методы в оценке влияния мутагенов на геном человека.
8. Методы оценки интенсивности мутационного процесса.

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 зачете.

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

1. Ионизирующие излучения. Характеристика, виды.
2. Основные принципы радиобиологии. Принцип восстановления первичных повреждений. Потенциальные повреждения генома.
3. Прямое и косвенное действие ионизирующего излучения на генетические структуры.
4. Механизмы взаимодействия излучений с веществом.
5. Реакция цепного окисления липидов, инициируемая ионизирующими излучениями.
6. Эндогенный фон радиорезистентности и механизмы, снижающие окислительную деградацию биологических мембран.
7. Начальные этапы развития лучевого поражения.
8. Основные реакции клеток на облучение. Летальные реакции.
9. Основные реакции клеток на облучение. Нелетальные реакции.
10. Зависимость частоты возникновения мутаций от дозы облучения. Понятие относительной генетической эффективности облучения, роль фактора времени. Проблема порога.
11. Феномен максимума мутаций при облучении. Доза и качество мутаций. Доза и относительное количество мутаций.
12. Принципы тестирования на мутагенность.
13. Влияние на геном малых доз ионизирующего излучения. Влияние малых доз на ДНК и структуру хроматина.
14. Цитогенетические эффекты и модуляция процессов репарации ДНК.
15. Экспрессия генома и стимуляция пролиферации.
16. Универсальность мишени для действия радиации. Чувствительный объем диплоидной клетки.
17. Адаптивный ответ клетки. Инициация сигнала.
18. Механизмы формирования радиационно-индуцированной нестабильности генома.
19. Отсроченные мутации как проявление радиационно-индуцированной нестабильности генома.
20. «Эффект свидетеля» при радиационно-индуцированной нестабильности генома.
21. Отсроченная репродуктивная гибель клеток как проявление радиационно-индуцированной нестабильности генома.
22. Понятие и основные признаки радиационно-индуцированной нестабильности генома.
23. Проявление феномена радиационно-индуцированной нестабильности генома *in vivo*.
24. Нестабильность генома как форма отдаленного эффекта радиации.
25. Эпигенетические реакции клеток на действие облучения. Механизмы эпигенетического наследования.

#### **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 недочётами.

Оценка "хорошо" (7 баллов) выставляется студенту, если он твёрдо 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 твёрдо 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**

Во время проведения дифференцированного зачета обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины.