

**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>	Молекулярные и клеточные основы биологии развития
<b>по направлению:</b>	Биотехнология
<b>профиль подготовки:</b>	Биомедицинские технологии Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики кафедра молекулярной и клеточной биологии
<b>курс:</b>	1
<b>квалификация:</b>	магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 30 час.

Подготовка к экзамену: 30 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Программу составил: А.А. Макаров, д-р биол. наук, (на удаление) академик

Программа обсуждена на заседании кафедры молекулярной и клеточной биологии 04.06.2020

## Аннотация

Целью данной дисциплины является освоение студентами фундаментальных знаний в области молекулярной и клеточной биологии развития: изучение ранних стадий развития насекомых, амфибий, птиц, млекопитающих, молекулярные и клеточные основы закладки осей тела и формирования трехмерного зародыша, первичная и вторичная эмбриональная индукция, каскады межклеточных взаимодействий в эмбриогенезе. Студент после освоения курса будет понимать фундаментальные основы биологии развития и функционирования раннего зародыша разных видов животных, современный уровень знаний и проблемы биологии развития, возможности приложения полученных знаний в медицине, фармакологии, биотехнологии и других смежных областях.

### 1. Цели и задачи

#### Цель дисциплины

освоение студентами фундаментальных знаний в области молекулярной и клеточной биологии развития: изучение ранних стадий развития насекомых, амфибий, птиц, млекопитающих, молекулярные и клеточные основы закладки осей тела и формирования трехмерного зародыша, первичная и вторичная эмбриональная индукция, каскады межклеточных взаимодействий в эмбриогенезе.

#### Задачи дисциплины

- создание основ знаний в области биологии развития;
- создание четкого представления о том, что биология развития является основой для исследований в биомедицине;
- формирование фундаментальных основ, необходимых для повышения творческого и исследовательского потенциала студентов.

### 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.5 Способен создавать программные средства и базы данных, используемые в биоинженерии и биоинформатике
	ПК-1.4 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	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:

- ☐ фундаментальные основы биологии развития и функционирования раннего зародыша разных видов животных;
- ☐ современный уровень знаний и проблемы биологии развития;
- ☐ возможности приложения полученных знаний в медицине, фармакологии, биотехнологии и других смежных областях.

уметь:

- ☐ формулировать и ставить задачу исследования и её поэтапного выполнения;
- ☐ 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;
- ☐ пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач.

владеть:

- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- ☐ культурой постановки экспериментов и моделирования в биологии развития;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- ☐ практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

#### 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	Ближние тканевые взаимодействия	2			2
2	Гастрюляция: перераспределение клеток зародыша	2			2
3	Дробление: создание многоклеточного зародыша.	2			2
4	Нейруляция. Формирование нервной трубки	2			2
5	Оплодотворение. Строение гамет. Молекулярные механизмы узнавания и соединения гамет.	2			2
6	Прогрессивная детерминация в эмбриогенезе	4			2
7	Пространственная упорядоченность клеток	4			2
8	Формирование конечности эмбриона	4			2
9	Формирование пространственной организации эмбриона	4			5
10	Эмбриогенез млекопитающих на примере человека	4			9
Итого часов		30			30
Подготовка к экзамену		30 час.			
Общая трудоёмкость		90 час., 2 зач.ед.			

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

##### Семестр: 2 (Весенний)

###### 1. Ближние тканевые взаимодействия

Ближние тканевые взаимодействия. Вторичная индукция. Каскады межклеточных взаимодействий. Индукция хрусталика. Развитие роговицы глаза. Эпителио-мезенхимные взаимодействия. Региональная специфичность индукции (опыты комбинирования мезенхимы и эпидермиса у зародыша цыпленка). Генетическая специфичность индукции (опыты Ганса Шпемана и Оскара Шотте на эмбрионах лягушки и тритона).

###### 2. Гастрuliaция: перераспределение клеток зародыша

Гастрuliaция: перераспределение клеток. Основные черты гастрuliaции. Три зародышевых листка и их производные. Гастрuliaция у морского ежа, амфибий, птиц и млекопитающих.

###### 3. Дробление: создание многоклеточного зародыша.

Дробление: создание многоклеточности. Пространственные закономерности дробления зародышей дрозофилы, морского ежа, амфибий, птиц и млекопитающих. «Молекулярные часы» в регуляции дробления у морского ежа.

###### 4. Нейруляция. Формирование нервной трубки

Нейруляция. Формирование нервной трубки. Образование отделов ЦНС. Нервный гребень и его производные. Формирование глаза.

###### 5. Оплодотворение. Строение гамет. Молекулярные механизмы узнавания и соединения гамет.

Оплодотворение. Строение гамет. Узнавание спермия и яйца. Контакт между гаметами. Предотвращение полиспермии. Слияние генетического материала. Активация метаболизма яйца. Неравнозначность пронуклеосов у млекопитающих.

###### 6. Прогрессивная детерминация в эмбриогенезе

Прогрессивная детерминация клеток в эмбриогенезе. Опыт Ганса Дриша (регуляционное развитие), Свена Герстрадиуса (потенции и градиенты в ооците), Ганса Шпемана (прогрессивная детерминация эмбриональных клеток), Ганса Шпемана и Гильды Мангольд (первичная эмбриональная индукция, организатор – его функции).

###### 7. Пространственная упорядоченность клеток

Пространственная упорядоченность клеток: роль клеточной поверхности. Дифференциальное сродство клеток. Молекулы клеточной адгезии: кадгерины, иммуноглобулиновое семейство МКА, сахаридные МКА. Их строение и функции. Морфогенез путем взаимодействия между клеткой и субстратом. Внеклеточный матрикс: коллагены, протеоглики, внеклеточные гликопротеины (фибронектин, ламинин, тенасцин). Строение и функции. Интегрины – рецепторы к молекулам внеклеточного матрикса. Строение и функции.

###### 8. Формирование конечности эмбриона

Формирование конечности у куриного зародыша. Образование почки конечности. Апикальный эктодермальный гребень (АЭГ). Функции мезенхимы конечности и АЭГ. Регуляционные возможности почки конечности (расщепление почки конечности у амфибий яйцами трематод). Зона поляризующей активности (ЗПА), ее функции. Роль ретиноевой кислоты. Градиентная модель позиционной информации на примере развивающейся конечности. Экспрессия генов кластера Нох-5 в развивающейся почке конечности. Реакционно-диффузионная модель Тьюринга передачи позиционной информации.

#### 9. Формирование пространственной организации эмбриона

Формирование пространственной организации. Закладка осей тела у дрозофилы, амфибий, птиц, млекопитающих. Гомеобоксные гены (Нох-гены) – инструмент, регулирующий формирование структур Anterior-Posterior оси (А-Р оси). Строение кластера НОХ-2 у человека. Влияние ретиноевой кислоты на экспрессию генов кластера НОХ-2 в клетках эмбриональной карциномы NT2/D1 (временная и концентрационная зависимости). Влияние ретиноевой кислоты на формирование А-Р оси у амфибий.

#### 10. Эмбриогенез млекопитающих на примере человека

Эмбриогенез млекопитающих на примере человека. Оплодотворение, дробление, гаструляция, нейруляция. Функция хориона. Имплантация. Близнецы. Когда начинается работа сердца, регистрируются электрические импульсы в головном мозге, рефлексорные движения ручек и ножек эмбриона, сформированы все органы. Влияние тератогенов на развивающийся плод.

### 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. Гилберт С. «Биология развития», в 3-х томах, «Мир», Москва, 2000 (имеется электронная версия)
2. Molecular Biology of the Cell. 5th Edition. B. Alberts, et al. Ed. Garland Sc., USA (имеется электронная версия). 2008.
3. Alberts B., Jonson A., Lewis J., Raff H., Roberts K., Walter P. "Molecular Biology of the Cell", Fourth edition, Garland Science, 2002, New York (имеется электронная версия)

#### Дополнительная литература

1. Молекулярная биология клетки [Текст] : в 3 т. Т. 1 : [учебник для вузов] / Б. Альбертс [и др.] ; пер. с англ. А. А. Светлова, О. В. Карловой ; под ред. А. А. Миронова, Л. В. Мочаловой .— М. ; Ижевск : Ин-т компьютер. исследований, 2013 .— 808 с.
2. Молекулярная биология клетки [Текст] : в 3 т. Т. 2 : [учебник для вузов] / Б. Альбертс [и др.] ; пер. с англ. А. Н. Дьяконовой, А. В. Дюбы ; под ред. Е. Н. Богачевой, И. Н. Шатского .— М. ; Ижевск : Ин-т компьютер. исследований, 2013 .— 992 с.
3. Молекулярная биология клетки [Текст] : в 3 т. Т. 3 : [учебник для вузов] / Б. Альбертс [и др.] ; пер. с англ. А. Н. Дьяконовой, А. В. Дюбы ; под ред. Е. С. Шиловой [и др.] .— М. ; Ижевск : Ин-т компьютер. исследований, 2013 .— 1052 с.

### 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 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, 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:** Биотехнология  
**профиль подготовки:** Биомедицинские технологии  
Физтех-школа Биологической и Медицинской Физики  
кафедра молекулярной и клеточной биологии  
**курс:** 1  
**квалификация:** магистр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 2 (весенний) - Экзамен

**Разработчик:** А.А. Макаров, д-р биол. наук, (на удаление) академик

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
ОПК-2 Имеет представление об актуальных проблемах науки и техники в области своей профессиональной деятельности, способен на научном языке формулировать профессиональные задачи	ОПК-2.1 Имеет представление о современном состоянии исследований в рамках тематической области своей профессиональной деятельности
	ОПК-2.2 Способен оценивать актуальность исследований в области своей профессиональной деятельности и их практическую значимость
	ОПК-2.3 Владеет профессиональной терминологией, используемой в современной научно-технической литературе, обладает навыками устного и письменного изложения результатов научной деятельности в рамках профессиональной коммуникации
ПК-1 Способен ставить, формализовывать и решать задачи, в том числе разрабатывать и исследовать математические модели изучаемых явлений и процессов, системно анализировать научные проблемы, получать новые научные результаты	ПК-1.5 Способен создавать программные средства и базы данных, используемые в биоинженерии и биоинформатике
	ПК-1.4 Способен применять теоретические и (или) экспериментальные методы исследований к конкретной научной задаче и интерпретировать полученные результаты
ПК-2 Способен самостоятельно или в качестве члена (руководителя) малого коллектива организовывать и проводить научные исследования и их апробацию	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 «Молекулярные и клеточные основы биологии развития» обучающийся должен:

### знать:

- ☐ фундаментальные основы биологии развития и функционирования раннего зародыша разных видов животных;
- ☐ современный уровень знаний и проблемы биологии развития;
- ☐ возможности приложения полученных знаний в медицине, фармакологии, биотехнологии и других смежных областях.

### уметь:

- ☐ формулировать и ставить задачу исследования и её поэтапного выполнения;
- ☐ 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;
- ☐ пользоваться своими знаниями для решения фундаментальных и прикладных задач и технологических задач.

### владеть:

- ☐ навыками освоения большого объема информации;
- ☐ навыками самостоятельной работы в лаборатории и Интернете;
- ☐ культурой постановки экспериментов и моделирования в биологии развития;
- ☐ навыками грамотной обработки результатов опыта и сопоставления с теоретическими данными;
- ☐ практикой исследования и решения теоретических и прикладных задач.

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

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



1. Узнавание спермия и яйца. Контакт между гаметам. Предотвращение полиспермии. Слияние генетического материала. Активация метаболизма яйца. Неравнозначность пронуклеосов у млекопитающих.
2. Пространственные закономерности дробления зародышей дрозофилы, морского ежа, амфибий, птиц и млекопитающих. «Молекулярные часы» в регуляции дробления у морского ежа.
3. Гастрюляция. Три зародышевых листка и их производные. Гастрюляция у морского ежа, амфибий, птиц и млекопитающих.
4. Нейруляция. Формирование нервной трубки. Нервный гребень и его производные.
5. Особенности эмбриогенеза млекопитающих. Оплодотворение, дробление гастрюляция, нейруляция.
6. Функция хориона. Имплантация. Близнецы. Когда начинается работа сердца, регистрируются электрические импульсы в головном мозге, рефлекторные движения ручек и ножек эмбриона, сформированы все органы. Влияние тератогенов на развивающийся плод.
7. Прогрессивная детерминация клеток в эмбриогенезе. Первичная эмбриональная индукция, организатор – его функции.
8. Пространственная упорядоченность клеток: роль клеточной поверхности. Дифференциальное сродство клеток. Молекулы клеточной адгезии.
9. Ближние тканевые взаимодействия. Вторичная индукция. Каскады межклеточных взаимодействий.
10. Региональная специфичность индукции. Генетическая специфичность индукции
11. Формирование конечности у куриного зародыша.
12. Формирование пространственной организации.
13. Закладка осей тела у дрозофилы, амфибий, птиц, млекопитающих.
14. Молекулярные механизмы влияния ретиноевой кислоты на формирование пространственных структур зародыша.

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. Узнавание спермия и яйца. Контакт между гаметам. Предотвращение полиспермии. Слияние генетического материала. Активация метаболизма яйца. Неравнозначность пронуклеосов у млекопитающих.
2. Пространственные закономерности дробления зародышей дрозофилы, морского ежа, амфибий, птиц и млекопитающих. «Молекулярные часы» в регуляции дробления у морского ежа.
3. Гастрюляция. Три зародышевых листка и их производные. Гастрюляция у морского ежа, амфибий, птиц и млекопитающих.
4. Нейруляция. Формирование нервной трубки. Нервный гребень и его производные.
5. Особенности эмбриогенеза млекопитающих. Оплодотворение, дробление гастрюляция, нейруляция.
6. Функция хориона. Имплантация. Близнецы. Когда начинается работа сердца, регистрируются электрические импульсы в головном мозге, рефлекторные движения ручек и ножек эмбриона, сформированы все органы. Влияние тератогенов на развивающийся плод.
7. Прогрессивная детерминация клеток в эмбриогенезе. Первичная эмбриональная индукция, организатор – его функции.
8. Пространственная упорядоченность клеток: роль клеточной поверхности. Дифференциальное сродство клеток. Молекулы клеточной адгезии.
9. Ближние тканевые взаимодействия. Вторичная индукция. Каскады межклеточных взаимодействий.
10. Региональная специфичность индукции. Генетическая специфичность индукции
11. Формирование конечности у куриного зародыша.
12. Формирование пространственной организации.
13. Закладка осей тела у дрозофилы, амфибий, птиц, млекопитающих.

#### 14.Молекулярные механизмы влияния ретиноевой кислоты на формирование пространственных структур зародыша.

Примеры билетов на экзамене:

Билет №1

Ближние тканевые взаимодействия

Билет №2

Гастрুলация: перераспределение клеток зародыша

Билет №3

Дробление: создание многоклеточного зародыша.

Билет №4

Нейруляция. Формирование нервной трубки

#### 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.