

«УТВЕРЖДАЮ»
Декан факультета биоинженерии и биоинформатики МГУ



В.П.Скулачев

«03» сентября 2015 года

Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Код и наименование дисциплины (модуля): Молекулярная биология
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.
3. Направление подготовки – 06.06.01 Биологические науки. Направленность (профиль) программы – Молекулярная биология.
4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, обязательна для освоения
5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

Формируемые компетенции (код компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<i>УК-1: Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в</i>	Владеть: навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач,

<p><i>том числе в междисциплинарных областях</i></p>	<p>в том числе в междисциплинарных областях Код В1 (УК-1) Владеть: навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях Код В2 (УК-1)</p>
<p>УК-2 <i>Способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки.</i></p>	<p>Знать: методы научно-исследовательской деятельности Код 31(УК-2)</p>
<p>УК-3: <i>Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач</i></p>	<p>Владеть: технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке Код В2(УК-3)</p>
<p>УК-4: <i>Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языке</i></p>	<p>Владеть: навыками анализа научных текстов на государственном и иностранном языках Код В1(УК-4) Знать: стилистические особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках Код 32(УК-4)</p>
<p>ОПК-1</p>	<p>Владеть:</p>

<p><i>Способность самостоятельно осуществлять научно- исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий</i></p>	<p>навыками публикации результатов научных исследований, в том числе полученных лично обучающимся, в рецензируемых научных изданиях</p> <p>Уметь: сбирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять количественные методы их анализа</p>
<p>ОПК-2 <i>Готовность к преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования</i></p>	<p>Уметь: доносить до обучающихся в доступной и ясной форме содержание выбранных дисциплин биологических наук</p>

Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) приведены в Приложении.

6. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетные единицы, всего 108 часов, из которых 36 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (18 часов занятия лекционного типа, 6 часов семинары, 6 часов групповые консультации, 6 часов - учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости), 72 часа составляет самостоятельная работа аспиранта.

7. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия:

ЗНАТЬ: органическую химию, общую биологию, биохимию, основы молекулярной биологии, теоретические и методологические основания биологических научных исследований

УМЕТЬ: вырабатывать на основе рационального анализа экспериментальных результатов свою точку зрения в вопросах биологии и отстаивать ее во время дискуссии со специалистами и неспециалистами; реферировать научную литературу в области молекулярной биологии, в том числе на иностранных языках, при условии соблюдения научной этики и авторских прав.

ВЛАДЕТЬ: современными информационно-коммуникационными технологиями, иностранным языком.

8. Образовательные технологии: классические лекционно-консультационные технологии, метод Case study, проектный метод.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и виды учебных занятий

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)	Всего (часы)	В том числе								
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них					Самостоятельная работа обучающегося, часы из них			
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости коллоквиумы, практические контрольные занятия и др)*	Всего	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов и т.п..	Всего
Методы молекулярной и клеточной биологии. Микроскопия видимого света, флюоресцентная, конфокальная сканирующая. Методы окрашивания: красители, антитела, конъюгированные с флюоресцентными группами, рекомбинантные белки, соединенные с	10	2					2	4	4	8

<p>флюоресцирующими белками, гибридизация с флюоресцентным зондом (FISH). Клеточный сортер. Электронная микроскопия: сканирующая, теневая, электронная томография, крио электронная микроскопия.</p>										
<p>Методы выделения и детекции компонентов. Способы разрушения клеток. Центрифугирование. Ультрацентрифугирование. Хроматография. Ультрафильтрация. Обработка ферментами. Фенольная депротенинизация. Осаждение нуклеиновых кислот, белков. Гель-электрофорез ДНК и РНК: агарозный и полиакриламидный. Детекция ДНК и РНК: красители, радиоизотопы, флюоресцентные метки, блоттинг по Саузерну и</p>	<p>10</p>	<p>2</p>					<p>2</p>	<p>4</p>	<p>4</p>	<p>8</p>

<p>Нозерн-блоттинг. Разделение белков электрофорезом в ПААГ. Детекция белков окрашиванием кумасси, серебром, иммуноблоттинг. Идентификация белков при помощи масс-спектрометрии MALDI</p>										
<p>Методы генной инженерии. Вектор. Плазмидные и интегративные вектора. Ферменты и реакции, применяемые в генной инженерии. Эндонуклеазы рестрикции, ДНК-лигаза, полинуклеотид-киназа, щелочная фосфатаза. ДНК-полимеразы. Обратная транскриптаза. Полимеразная цепная реакция. Химический синтез ДНК. Транскрипция <i>in vitro</i>. Сайт-направленный и случайный мутагенез. Рекомбинантные белки. Векторы для экспрессии.</p>	24	4	2	2	2	10	8	6	14	

<p>Методы определения структуры макромолекул и их взаимодействия.</p> <p>Прямые методы: ядерный магнитный резонанс и рентгеноструктурный анализ. Методы поиска взаимодействующих молекул: аффинная хроматография, ко-иммунопреципитация, двухгибридная система. Методы поиска взаимодействующих участков макромолекул: делеционный анализ, мутации мест связывания, сшивки, химический и ферментативный пробинг, ограниченный протеолиз, тоупринтинг.</p>	10	2					2	4	4	8
<p>Репликация ДНК прокариот. ДНК-полимеразы. Полимеризующая и экзонуклеазная активности. Строение</p>	10	2					2	4	4	8

<p>ДНК-полимераз. Процессивность, фактор процессивности бета. Репликативная вилка. Лидирующая и отстающая цепи. Фрагменты Оказаки. Праймаза, хеликазы и их направленность, SSB-белок. ДНК-лигазы, РНКазы H, топоизомеразы I и II. Инициация репликации. Оридгин, DnaA-белок. Регуляция репликации прокариот. Терминация репликации. Разделение бактериальных хромосом по дочерним клеткам</p>										
<p>Репликация эукариот. Клеточный цикл. Циклины и циклин-зависимые киназы. Контрольные точки (checkpoint). Множественность ориджинов эукариот. Сборка комплекса узнавания ориджина (ORC). Инициация репликации. Координация репликативных процессов.</p>	16	2	2	2		2	8	4	4	8

<p>Координация инициации репликации с различных ориджинов. Особенности и ферментативный аппарат репликации эукариот. Сборка хроматина на синтезируемой ДНК. Удлинение теломер. Теломераза.</p>											
<p>Транскрипция у бактерий. РНК-полимераза, особенности строения и инициации транскрипции. Отличие РНК- и ДНК-полимераз. Промоторы. Последовательность стадий инициации. Закрытый и открытый комплекс. Сигма факторы. Регуляция транскрипции с помощью замены сигма-фактора. Каскад активации/инактивации NtrC. Активаторы и репрессоры транскрипции. Альфа субъединица РНК полимеразы, ее взаимодействие с UP-</p>	<p>2</p>					<p>2</p>	<p>4</p>	<p>6</p>		<p>10</p>	<p>12</p>

<p>элементами и белками-активаторами. Репрессия и активация транскрипции с помощью изменения геометрии ДНК – ртутный репрессор. Примеры регуляции транскрипции – лактозный оперон, <i>pir</i>-оперон. Регуляция транскрипции с помощью локализации транскрипционного фактора – пример для прокариот.</p>										
<p>Биосинтез белка. Генетический код. Принцип декодирования. Аминоацил-тРНК синтетазы. Инициация трансляции у прокариот. Участок связывания рибосом на мРНК – последовательность Шайн-Дальгарно, инициаторный кодон и другие особенности. Факторы инициации. Пути регуляции инициации трансляции. Регуляция трансляции мРНК рибосомных белков по механизму отрицательной</p>	<p>16</p>	<p>2</p>	<p>2</p>	<p>2</p>	<p>2</p>	<p>8</p>	<p>4</p>	<p>4</p>	<p>8</p>	

обратной связи. Регуляция трансляции с помощью связывания белков с участком посадки рибосом (треонил-тРНК синтетаза, S15). Саморегуляция экспрессии гена.											
Промежуточная аттестация - экзамен кандидатского минимума	XXX	X						XX			
Итого	108	18	6	6		6	36	36	36	72	

10. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы аспирантов.

Конспекты лекций, аудио- и видеозаписи лекций, файлы презентаций лекций, основная и дополнительная учебная литература (см. п.11)

11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы
 - Альбертс Б., Джонсон А., Льюис Д. Молекулярная биология клетки (в 3-х томах). «ИКИ (РХД)». 2013 г. 808 с.
 - Льюин Б. Гены. М.: «Бином». 2011 г. 896 с.
 - Льюин Б. Клетки. М.: «Бином». 2011 г. 952 с.
 - Falkenberg M., Larsson N. G., Gustafsson C. M. DNA replication and transcription in mammalian mitochondria //Annu. Rev. Biochem. – 2007. – Т. 76. – С. 679-699.
 - Neupert W., Herrmann J. M. Translocation of proteins into mitochondria //Annu. Rev. Biochem. – 2007. – Т. 76. – С. 723-749.
 - Schapira A. H. V. Mitochondrial disease //The Lancet. – 2006. – Т. 368. – №. 9529. – С. 70-82.

- Huynen M. A., Duarte I., Szklarczyk R. Loss, replacement and gain of proteins at the origin of the mitochondria //Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Bioenergetics. – 2013. – T. 1827. – №. 2. – C. 224-231.
- Campbell C. T., Kolesar J. E., Kaufman B. A. Mitochondrial transcription factor A regulates mitochondrial transcription initiation, DNA packaging, and genome copy number //Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Regulatory Mechanisms. – 2012. – T. 1819. – №. 9. – C. 921-929.
- Pohjoismäki J. L. O., Goffart S. Of circles, forks and humanity: topological organisation and replication of mammalian mitochondrial DNA //Bioessays. – 2011. – T. 33. – №. 4. – C. 290-299.
- Falkenberg M., Larsson N. G., Gustafsson C. M. DNA replication and transcription in mammalian mitochondria //Annu. Rev. Biochem. – 2007. – T. 76. – C. 679-699.
- Yasukawa T. et al. Replication of vertebrate mitochondrial DNA entails transient ribonucleotide incorporation throughout the lagging strand //The EMBO journal. – 2006. – T. 25. – №. 22. – C. 5358-5371.
- Kasiviswanathan R., Collins T. R. L., Copeland W. C. The interface of transcription and DNA replication in the mitochondria //Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Regulatory Mechanisms. – 2012. – T. 1819. – №. 9. – C. 970-978.
- Korhonen J. A. et al. Structure–function defects of the TWINKLE linker region in progressive external ophthalmoplegia //Journal of molecular biology. – 2008. – T. 377. – №. 3. – C. 691-705.
- Sobek S et al. Negative regulation of mitochondrial transcription by mitochondrial topoisomerase I. // Nucleic acids research. – 2013. – T. 41. – №. 21. – C. 9848-9857.
- Sykora P., Wilson III D. M., Bohr V. A. Repair of persistent strand breaks in the mitochondrial genome //Mechanisms of ageing and development. – 2012. – T. 133. – №. 4. – C. 169-175.
- Boesch P. et al. DNA repair in organelles: Pathways, organization, regulation, relevance in disease and aging //Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Molecular Cell Research. – 2011. – T. 1813. – №. 1. – C. 186-200.

- Arnold J. J. et al. Human mitochondrial RNA polymerase: structure–function, mechanism and inhibition //Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Regulatory Mechanisms. – 2012. – Т. 1819. – №. 9. – С. 948-960.
 - Rackham O., Filipovska A. The role of mammalian PPR domain proteins in the regulation of mitochondrial gene expression //Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Regulatory Mechanisms. – 2012. – Т. 1819. – №. 9. – С. 1008-1016.
 - Joanna R., Michal M. The post-transcriptional life of mammalian mitochondrial RNA //Biochemical Journal. – 2012. – Т. 444. – №. 3. – С. 357-373.
 - Ngo H. B., Kaiser J. T., Chan D. C. The mitochondrial transcription and packaging factor Tfam imposes a U-turn on mitochondrial DNA //Nature structural & molecular biology. – 2011. – Т. 18. – №. 11. – С. 1290-1296.
 - Campbell C. T., Kolesar J. E., Kaufman B. A. Mitochondrial transcription factor A regulates mitochondrial transcription initiation, DNA packaging, and genome copy number //Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-Gene Regulatory Mechanisms. – 2012. – Т. 1819. – №. 9. – С. 921-929.
 - Yakubovskaya E. et al. Helix unwinding and base flipping enable human MTERF1 to terminate mitochondrial transcription //Cell. – 2010. – Т. 141. – №. 6. – С. 982-993.
 - Byrnes J, Garcia-Diaz M. Mitochondrial transcription: how does it end? //Transcription. – 2011.- Т. 2. – С. 32-36.
- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»
 - <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21054/>
 - <http://www.cellbio.com/>
 - <http://bioinfo.nist.gov/>
 - <http://www.cellbiol.com/>
 - Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

Интернет-браузер, базы данных PubMed (NCBI, <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed>), Protein Data Bank (Research Collaboratory for Structural Bioinformatics <http://www.rcsb.org/pdb/home/home.do>)

- Описание материально-технической базы.

Факультет биоинженерии и биоинформатики располагает необходимым аудиторным фондом, компьютерами, проекторами и экранами, аудиоаппаратурой.

12. Язык преподавания: русский

13. Преподаватель (преподаватели): доцент ФББ МГУ к.б.н. Б.А.Фенюк, ст.преп. ФББ МГУ к.б.н. Л.А.Зиновкина

**Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) Молекулярная биология
на основе карт компетенций выпускников**

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	КРИТЕРИИ* и ПОКАЗАТЕЛИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю), баллы БРС					ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА
	1	2	3	4	5	
Владеть: навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях Код В1 (УК-1)	0	1-29	30-59	60-89	90-100	<i>практические контрольные задания</i>
Владеть: навыками критического анализа и оценки современных научных достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях Код В2 (УК-1)	0	1-29	30-59	60-89	90-100	<i>практические контрольные задания</i>
Знать: методы научно-исследовательской деятельности Код З1(УК-2)	0	1-29	30-59	60-89	90-100	<i>- тестирование; - индивидуальное собеседование, - устный опрос</i>
Владеть: технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-	0	1-29	30-59	60-89	90-100	<i>практические контрольные задания</i>

образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке Код В2(УК-3)						
Знать: стилистические особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках Код 32(УК-4)	0	1-29	30-59	60-89	90-100	- тестирование; - индивидуальное собеседование, - устный опрос
Владеть: навыками анализа научных текстов на государственном и иностранном языках Код В1(УК-4)	0	1-29	30-59	60-89	90-100	<i>практические контрольные задания</i>
Владеть: навыками публикации результатов научных исследований, в том числе полученных лично обучающимся, в рецензируемых научных изданиях	0	1-29	30-59	60-89	90-100	<i>практические контрольные задания</i>
Уметь: собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять количественные методы их анализа	0	1-29	30-59	60-89	90-100	<i>практические контрольные задания</i>
Уметь: доносить до обучающихся в доступной и ясной форме содержание выбранных дисциплин биологических наук	0	1-29	30-59	60-89	90-100	<i>практические контрольные задания</i>

* Критерии оценивания приведены в Картах соответствующих компетенций выпускников

Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Примеры вопросов к текущему контролю (индивидуальное собеседование, устный опрос):

1. Регуляция экспрессии генов у прокариот.
2. Регуляция экспрессии генов у эукариот на уровне транскрипции.
3. Регуляция экспрессии генов у эукариот на уровне трансляции.
4. Концепция «Мир РНК». РНК как вероятный первичный биополимер; её значение в эволюции форм жизни.
5. Плазмиды, их свойства и использование в генетической инженерии.
6. Фолдинг и созревание белков.
7. Основные ферменты, используемые в генетической инженерии и реакции, которые они катализируют.
8. Гибридизация нуклеиновых кислот. ДНК-зонды.
9. Полимеразная цепная реакция (ПЦР) и ее практическое использование.
10. Виды регуляторных последовательностей эукариотических геномов.
11. Строение нуклеоида, формы митохондриальной ДНК, гены митохондриальной ДНК
12. Митохондриальный, бактериальный, ядерный генетический код.
13. Основные модели репликации генома.
14. Основные регуляторные элементы генома, их функции.
15. Структура и функции основных ферментов репликации: ДНК полимеразы α , хеликазы TWINKLE, белок SSB, топоизомеразы, RNase H1.
16. ДНК полимеразы – структура и функции.
17. Хеликазы и топоизомеразы.
18. Метилирование ДНК
19. Мутации генома: распределение по геному и хромосомам, возможные причины возникновения.

20. Основные типы репарации митохондриальной ДНК в сравнении с ядерной.
21. Основные виды повреждений азотистых оснований в ДНК и их последствия.
22. Транскрипция ДНК: основные ферменты и их функции.
23. Процессинг тРНК.
24. Процессинг мРНК: вырезание и полиаденилирование.
25. Регуляция стабильности мРНК.
26. Особенности структуры митохондриальных рибосом в сравнении с прокариотическими.
27. Особенности механизмов митохондриальной трансляции в сравнении с прокариотической.

Примеры вопросов для тестов типа «выберите вариант ответа»:

В составе ДНК НЕ встречается нуклеотид:

- 1) АМФ (аденозинмонофосфат)
- 2) ГМФ (гуанозинмонофосфат)
- 3) ЦМФ (цитидинмонофосфат)
- 4) УМФ (урацилмонофосфат)

Процесс синтеза молекул иРНК:

- 1) транскрипция
- 2) трансляция
- 3) транслокация
- 4) трансформация

Для комплекса Гольджи Не характерна функция:

- 1) биосинтез некоторых углеводов
- 2) формирование секреторных гранул
- 3) биосинтеза некоторых белков
- 4) образования лизосом

Помимо ядра, в прокариотной клетке отсутствуют:

- 1) клеточная оболочка
- 2) молекула ДНК
- 3) митохондрии
- 4) рибосомы

Плазматическая мембрана не может выполнять функцию:

- 1) транспорта веществ
- 2) защиты клетки
- 3) взаимодействия с другими клетками
- 4) синтез белка

Примеры билетов к промежуточной аттестации по дисциплине (экзамену кандидатского минимума):

Билет № 1

Надо один из вопросов в каждом билете обозвать – практическое контрольное задание и соответственно его переформулировать (Выбрать и описать методы для определения ...

- 1) Подвижные элементы генома про- и эукариот. IS-последовательности, их структура.
- 2) Практическое контрольное задание: выбрать и описать методы для определения структуры и функции РНК
- 3) Методы определения первичной структуры. Ферментативные методы фрагментации полипептидной цепи. Химические методы специфического расщепления пептидных связей. Разделение пептидов, получаемых при расщеплении белков. Определение N-концевых аминокислот и последовательностей.

Билет № 2

- 1) Основные типы и основные функции клеточных и вирусных РНК. Общие принципы вторичной структуры РНК.
- 2) Практическое контрольное задание: выбрать и описать методы очистки и секвенирования ДНК.
- 3) Структурные особенности пептидной связи. Стерические ограничения и вторичная структура полипептидной цепи. Роль водородных связей в формировании вторичной структуры. α -спираль как важнейший элемент вторичной структуры. Роль боковых радикалов аминокислот в формировании α -спиралей. β -структура: параллельное и антипараллельное расположение цепей при формировании слоев.

Билет № 3

- 1) РНК, ее функции. Вторичная и третичная структура тРНК. Структура антикодоновой петли тРНК.
- 2) Практическое контрольное задание: выбрать и описать методы для определения структуры рибосом.
- 3) Третичная структура белка. Стабильность пространственной структуры. Гидрофобное ядро. Форма, компактность и динамика молекулы белка. Роль дисульфидных связей в стабилизации третичной структуры некоторых белков и пептидов.

Билет № 4

- 1) Уникальные и повторяющиеся нуклеотидные последовательности. Гены кодирующие РНК (рРНК, тРНК, малые ядерные и цитоплазматические РНК). Гены, кодирующие белки. Мультигенные семейства. Тандемные повторы. Механизмы образования и эволюции тандемных повторов.
- 2) Практическое контрольное задание: выбрать и описать методы для определения механизмов трансляции. Инициация трансляции – общие принципы. Прокариотический и эукариотический тип трансляции. Особенности инициации трансляции у прокариот. Инициаторные кодоны, инициаторная тРНК, белковые факторы трансляции, рибосомо-связывающий участок мРНК.
- 3) Проблема репликации линейного незамкнутого фрагмента ДНК. Теломеры. Теломераза, особенности структурной организации (РНК-компонент).

Билет № 5

- 1) Мутации. Причины мутаций. Типы повреждений ДНК.
- 2) Практическое контрольное задание: выбрать и описать методы для выяснения механизма эукариотической мРНК и инициации трансляции у эукариот.
- 3) Роль структурного мотива «спираль-поворот-спираль» как важнейшего элемента в специфическом узнавании ДНК-белок.

Билет № 6

- 1) Системы защиты генома от мутаций.
- 2) Практическое контрольное задание: выбрать и описать методы для определения различий молекулярных механизмов общей и сайтспецифической рекомбинации.
- 3) Узнавание ДНК эукариотическими факторами транскрипции. Структура ТАТА-бокс-связывающего белка, его взаимодействие с ДНК, формирование гетеродимеров.