

«ПРИНЯТО»

На заседании Ученого совета  
ФИЦ Биотехнологии РАН  
Протокол № 4 от 07.06.2023

«УТВЕРЖДАЮ»

И.о. директора  
ФИЦ Биотехнологии РАН  
д.б.н.



А.Н. Федоров

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)  
«МОЛЕКУЛЯРНЫЕ ОСНОВЫ СОВРЕМЕННОЙ БИОТЕХНОЛОГИИ»**

**Укрупненная группа научных специальностей:** 1.5. Биологические науки

**Научные специальности:** 1.5.3. Молекулярная биология, 1.5.6. Биотехнология

**Уровень образования:** высшее образование - подготовка кадров высшей квалификации

Рабочая программа дисциплины (модуля) «Молекулярные основы современной биотехнологии» разработана в соответствии с приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.2021 № 951 «Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)»

#### Составители

№	Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, звание
1	Равин Николай Викторович	д.б.н., профессор
2	Жгун Александр Александрович	к.б.н.

#### Согласовано

Заместитель директора  
по научной работе, к.б.н.

  
\_\_\_\_\_

А.М. Камионская

## Содержание

1. Цель и задачи изучения дисциплины (модуля).....	4
1.1. Цель изучения дисциплины (модуля).....	4
1.2. Задачи дисциплины (модуля).....	4
2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы.....	4
3. Содержание дисциплины (модуля).....	4
4. Учебно-тематический план дисциплины (модуля).....	7
5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся.....	8
6. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.....	8
7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля).....	11
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля).....	13
9. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины (модуля).....	14
10. Методические рекомендации преподавателю по организации учебного процесса по дисциплине (модулю).....	16

## 1. Цель и задачи изучения дисциплины (модуля)

### 1.1 Цель изучения дисциплины (модуля)

Подготовка исследователей, обладающих современными теоретическими знаниями и экспериментальной подготовкой в области основных направлений использования бактерий и дрожжей в традиционной и современной биотехнологии.

### 1.2 Задачи дисциплины (модуля)

— ознакомление аспирантов с современными методами геномики, генетической инженерии дрожжей и прокариот, метаболической инженерии, синтетической и системной биологии;

— формирование представления об их роли как модельных организмов в функциональной геномике, синтетической биологии и хромосомной инженерии;

— формирование у аспирантов практических навыков использования полученных знаний для решения учебных и исследовательских задач в области биотехнологии дрожжей и прокариот.

## 2. Объем дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Виды учебной работы	Всего, час	Объем по семестрам							
		1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Контактная работа обучающегося с преподавателем по видам учебных занятий (Контактная работа):</b>	36	36	-	-	-	-	-	-	-
Лекционное занятие (Л)	18	18	-	-	-	-	-	-	-
Семинарское / практическое занятие (СПЗ)	18	18	-	-	-	-	-	-	-
Самостоятельная работа обучающегося, в том числе подготовка к промежуточной аттестации (СР)	68	68	-	-	-	-	-	-	-
<b>Вид промежуточной аттестации:</b> Зачет (З), Зачет с оценкой (ЗО), Экзамен (Э), Кандидатский экзамен (КЭ)	Э	4	-	-	-	-	-	-	-
<b>Общий объем</b>	<b>в часах</b>	108	108	-	-	-	-	-	-
	<b>в зачетных единицах</b>	3	3	-	-	-	-	-	-

## 3. Содержание дисциплины (модуля)

### Тема 1. Основные направления биотехнологии

Роль биотехнологии в решении глобальных проблем человечества. Характеристики микроорганизмов, определяющие возможности их промышленного использования. Основные виды микробиологической продукции – объемы, рынки, перспективы.

«Белая» биотехнология – сырье, процессы и продукты. Тенденции развития «белой» биотехнологии в области энергетики, сырья для производства полимеров и продукции тонкого органического синтеза. Состояние промышленной биотехнологии в

России.

Основные представления о процессах культивирования микроорганизмов. Методы контроля параметров культивирования микроорганизмов. Методы выделения целевых продуктов – мембранная фильтрация, хроматография, и т. д. Проблемы утилизации. Организация очистных станций. Микробная биodeградация токсичных отходов.

## **Тема 2. Первичные метаболиты**

Значение биотоплива для современной энергетики. Государственные программы по разработке биотоплив. Виды биотоплив. Сырье для получения биотоплив. Биэтанол. Общая характеристика. Биобутанол как биотопливо. Альтернативные методы биотехнологического получения бутанола с помощью ГМ-штаммов *E.coli* и дрожжей. Биодизель, общая характеристика, источники получения, преимущества и недостатки. Биогаз, биогазовые установки, интеграция производства энергии с переработкой отходов.

Значение аминокислот и их применение в пищевой и химической промышленности, производстве кормов, медицине. Пути биосинтеза аминокислот. Важнейшие аминокислоты, объемы производства, микроорганизмы-продуценты. Стратегии создания штаммов-микроорганизмов-продуцентов аминокислот.

Биотехнологическое производство витаминов. Общая характеристика витаминов как микронутриентов, необходимых для гетеротрофного питания. История открытия витаминов, классификация витаминов. Пути биосинтеза витаминов А. Стероиды. Строение стероидов, структурная и сигнальная роль производных стероидов в клетке и организме животных. Путь биосинтеза стероидов. Стероидгидроксилующие ферменты микроорганизмов – классификация, специфичность, использование для оптимизации технологий биотрансформации.

## **Тема 3. Биопластики и ферменты**

Значение полимеров в современной экономике и промышленности. Типы синтетических полимеров. Проблемы утилизации бытовых и других отходов. Типы биополимеров используемых для производства биопластиков. Динамика и структура рынка биопластиков.

Природные полисахариды – общая характеристика, конформации мономеров, типы связей в полисахаридах, первичная, вторичная, третичная, четвертичная структура. Полимеры молочной кислоты – сырье, технологии, свойства, производители.

Промышленные ферменты. Общая характеристика ферментов как биологических катализаторов. Основные вехи открытия и изучения ферментов. Функции ферментов, классификация ферментов, представление о механизмах действия ферментов. Стратегии создания эффективных штаммов-продуцентов ферментов, белковой инженерии для получения аналогов с улучшенными физико-химическими и энзиматическими свойствами.

## **Тема 4. Вторичные метаболиты. Антибиотики**

Антибиотики – общая характеристика, механизмы действия. Антибиотики – ингибиторы репликации ДНК, структура, свойства, механизм действия. Рифампины как антибиотики-ингибиторы транскрипции. Рибосома прокариот как мишень для действия антибиотиков. Основные типы антибиотиков – ингибиторов трансляции. Антибиотики – ингибиторы биосинтеза клеточной стенки и структуры клеточной мембраны. Проблема антибиотико-резистентности и пути ее преодоления. Механизмы цитотоксичности

антибиотиков, роль оксидативного стресса как медиатора опосредованной антибиотиками клеточной гибели. Пути биосинтеза антибиотиков и методы промышленной селекции продуцентов.

### **Тема 5. Общая характеристика дрожжей-сахаромицетов**

*Saccharomyces cerevisiae* как объект традиционной и современной биотехнологии. История использования дрожжей в традиционной биотехнологии. Экономика виноделия, пивоварения, хлебопечения.

Метаболизм дрожжей. Пути утилизации глюкозы. Реакции спиртового брожения и другие пути анаэробного метаболизма пирувата. Катаболитная репрессия.

Липидный состав дрожжевой клетки. Пути биосинтеза жирных кислот, три- и фосфоглицеридов, стероидов – стадии, ферменты, компартменты. Биосинтез оснований, нуклеотидов.

Генетический материал дрожжевой клетки. Гомоталличные и гетероталличные дрожжи. Классическая генетика дрожжей - методы получения и анализа мутантов. Особенности генетической трансформации у дрожжей, интегративные и репликативные вектора, способы введения чужеродной ДНК в клетки сахаромицетов, ауксотрофные и доминантные селективные маркеры.

Транспорт и секреция белков у дрожжей. Биологическая роль секреции. Модель транслокации мембранных белков. Структура Аппарата Гольджи, транспорт между его компартментами, роль малых ГТФ-аз в формировании транспортных везикул. Механизмы везикулярного транспорта и адресации везикул.

### **Тема 6. Функциональная геномика дрожжей**

Характеристика ядерного генома сахаромицетов, методы физического разделения хромосом, группы сцепления и генетические карты. Проект генома дрожжей – цели и задачи, участники, технологические подходы. Современный статус расшифровки и аннотации генома дрожжей. Информационные ресурсы по геномике дрожжей – базы данных NCBI, EMBL-EBI. Уникальность дрожжей как объекта эволюционной и популяционной геномики.

Функциональная геномика дрожжей - цели и задачи функциональной геномики, уникальные возможности дрожжей как объекта «постгеномной биологии». Методы анализа генетических взаимодействий, принципы построения карт генных взаимодействий. Транскриптомика дрожжей, протеомика дрожжей.

Рост и размножение у дрожжей. Особенности вегетативного и полового размножения у дрожжей, значение изучения митоза и цитокинеза для оптимизации процессов культивирования дрожжевых штаммов, понимания причин патогенности дрожжей и грибов, поиска мишеней фунгицидов и разработки новых лекарственных препаратов. Клеточный цикл дрожжей. Циклин-зависимые киназы, циклины.

Регуляция генной экспрессии у дрожжей. Взаимосвязь структуры хроматина с процессами репликации и репарации ДНК, транскрипции. РНК-полимеразы дрожжей. Структура промоторов дрожжей. Примеры регулируемых промоторов дрожжей, их преимущества для экспрессии чужеродных белков. Основные этапы сплайсинга мРНК у дрожжей. Сплайсосома дрожжей.

### **Тема 7. Дрожжи как биофабрики для получения целевых низкомолекулярных соединений**

Преимущества дрожжей как объектов метаболической инженерии. Дрожжи как продуценты вторичных метаболитов. Создание штаммов дрожжей способных к биосинтезу кортизола. Биофармацевтика – общая характеристика, мировой рынок.

Стратегии создания эффективных дрожжевых штаммов-продуцентов биофармацевтиков. Нейрофармакология дрожжей – разработка на основе дрожжей модельных систем, имитирующих внутриклеточные механизмы патогенеза нейродегенеративных заболеваний – болезней Альцгеймера, Паркинсона, Крейцфельда-Якоба, поиска лигандов к белкам-мишеням, определяющих патогенез этих заболеваний.

Биосенсоры для детекции загрязнителей и генотоксических агентов на основе клеток дрожжей. Геронтология дрожжей – поиск препаратов против старения с помощью дрожжей.

Дрожжи как объект и инструмент хромосомной инженерии и синтетической биологии. Особенности процессов рекомбинации ДНК в клетке сахарометов. Приемы направленного изменения генома дрожжей и клонированных в дрожжах геномов других организмов с помощью гомологичной рекомбинации.

Тест-системы для идентификации генов, контролирующей стабильность хромосом у дрожжей. Роль человеческих ортологов CIN генов дрожжей (chromosome instability) в развитии онкозаболеваний

Мегануклеазы генома дрожжей как инструменты сайт-направленной рекомбинации. Рекомбинация-ассоциированная с трансформацией – использование для селективного выделения протяженных хромосомных фрагментов, физического картирования хромосом, сборки искусственных геномов. Использование дрожжей для конструирования искусственных хромосом растений и животных.

Концепция минимальной клетки, эксперименты К.Вентера, создание искусственного генома микоплазмы с помощью рекомбинации в дрожжах.

#### 4. Учебно-тематический план дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование тем и разделов (с развернутым содержанием курса по каждой теме и разделу)	Количество часов					Форма контроля
		Всего	КР	ЛК	СМ	СР	Экзамен
<b>Общий объем</b>		108	36	18	18	68	4
1	Основные направления биотехнологии.	14	5	3	2	9	Устный опрос
2	Первичные метаболиты.	15	5	2	3	10	Устный опрос
3	Биопластики и ферменты.	15	5	2	3	10	Устный опрос
4	Вторичные метаболиты. Антибиотики.	15	5	2	3	10	Устный опрос
5	Общая характеристика дрожжей-сахарометов.	16	6	3	3	10	Устный опрос
6	Функциональная геномика дрожжей.	15	5	3	2	10	Устный опрос
7	Дрожжи как биофабрики для получения целевых низкомолекулярных соединений.	14	5	3	2	9	Устный опрос

## **5. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся является неотъемлемой частью процесса обучения и может быть представлена как средство организации самообразования и воспитания самостоятельности как личностного качества. Самостоятельная работа обучающихся по освоению учебных дисциплин (модулей) предполагает более глубокую проработку ими отдельных тем дисциплин, определенных рабочими программами. Основными видами и формами самостоятельной работы обучающихся являются:

- проработка конспектов лекций;
- поиск информации по теме;
- аннотирование и реферирование дополнительной литературы;
- проработка учебного материала (по конспектам учебной и научной литературы) и подготовка докладов на практических занятиях, к участию в тематических дискуссиях, научных конференциях;
- подготовка рефератов;
- самоподготовка по вопросам;
- подготовка к текущему контролю успеваемости / промежуточной аттестации.

При организации самостоятельной работы обучающимся рекомендуется использовать методические указания и материалы по учебной дисциплине (модулю), текст лекций, а также электронные пособия.

## **6. Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся**

Текущий контроль успеваемости проводится в соответствии с Порядком проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации аспирантов ФИЦ Биотехнологии РАН.

Текущий контроль осуществляется в форме устного опроса и проведения экзамена / дифференцированного зачета.

Устный опрос проводится на лекциях. Цель устного опроса - оценка самостоятельной работы аспирантов по вопросам тем теоретического содержания.

### **Перечень вопросов для подготовки к промежуточной аттестации (экзамену)**

1. Основные направления биотехнологии. Место и роль биотехнологии в современной экономике.
2. Продукция микробиологической промышленности.
3. Биопластики – основные типы, достоинства и недостатки. Сырье для получения биопластиков, области применения биопластиков.
4. Рибосома прокариот как мишень для действия антибиотиков. Основные типы антибиотиков – ингибиторов трансляции.
5. Виды биотоплив. Значение биотоплив для современной энергетики. Сырье для получения биотоплив, организмы-продуценты.
6. Использование биополимеров в медицине и нанобиотехнологии. Биодegradуемые и биорезорбируемые полимеры, типы химических связей.
7. Бета-лактамы антибиотиков, общая характеристика, история открытия. Механизмы действия бета-лактамов антибиотиков. Организмы-продуценты бета-



лактамов, стратегии создания более эффективных штаммов-продуцентов.

8. Протеазы – общая характеристика, классификация, основные области практического применения. Штаммы-продуценты протеаз, основные направления белковой и генетической инженерии протеаз.

9. Биоэтанол. Общая характеристика, схема получения, спиртовое брожение. Микроорганизмы-этанологены, стратегии создания более эффективных штаммов-продуцентов.

10. Стероиды, строение, роль в клетке и в организме животных, методы биотрансформации для получения стероидных препаратов.

11. Основные классы промышленных ферментов, использование ферментов в пищевой и легкой промышленности.

12. Антибиотики – общая характеристика, классификация по химической структуре и механизмам действия.

13. Основные типы природных полисахаридов, первичная, вторичная, третичная, четвертичная структура, использование полисахаридов в пищевой промышленности.

14. Мишени действия антибиотиков.

15. Происхождение генов биосинтеза бета-лактамов у грибов.

16. Структура пенициллинов и цефалоспоринов.

17. Генетические морфологические особенности промышленных штаммов грибов-продуцентов вторичных метаболитов.

18. Транскрипционный фактор РасС.

19. Селективные маркеры для генетической трансформации грибов.

20. Методы переноса и экспрессии генов в промышленных штаммах грибов.

21. Система посттранскрипционного у молчания генов у грибов.

22. Методы инактивации экспрессии генов у грибов.

23. Протеазы – общая характеристика, классификация, основные области практического применения. Штаммы-продуценты протеаз, основные направления белковой и генетической инженерии протеаз.

24. Стероиды, строение, роль в клетке и в организме животных, методы биотрансформации для получения стероидных препаратов.

25. Таксономия сахаромицетов.

26. Морфология дрожжевой клетки.

27. Особенности клеточного деления у дрожжей.

28. Спиртовое брожение.

29. Лocus типа спаривания, феромоны дрожжей и их рецепторы.

30. Особенности ДНК рекомбинации у дрожжей.

31. Селективные маркеры для трансформации дрожжей.

32. Сигнальные последовательности секретиции и сортировки белков у дрожжей.

33. Катаболизм метанола у метилотрофных дрожжей – ферменты, гены, органеллы.

34. Рекомбинантная дрожжевая вакцина против гепатита В – история создания и современные разработки.

35. Способы получения рекомбинантного инсулина в дрожжах.

36. «Гуманизированные» дрожжи для продукции рекомбинантных белков медицинского назначения.

37. Краткая история развития системного подхода к анализу биологических

объектов.

38. Общая характеристика генома сахаромицетов.
39. Проект «генома» дрожжей.
40. Генные нокауты и анализ генетических взаимодействий.
41. Дрожжевая двугибридная система.
42. Методы полногеномного картирования ДНК-белковых взаимодействий у дрожжей.
43. Методы полногеномного анализа транскрипции у дрожжей.
44. Методы направленного изменения метаболизма дрожжевой клетки.
45. Патогенные дрожжи - морфологические особенности и противогрибковые препараты.
46. Пути катаболизма гексоз и пентоз у различных видов дрожжей.
47. G-белки и рецепторы, сопряженные с G-белками у дрожжей и млекопитающих.
48. Методы скрининга генотоксичных соединений с помощью дрожжей.
49. Центромерные последовательности дрожжей и высших эукариот.
50. Принципы рекомбинационного клонирования в дрожжах, применение для выделения и анализа протяженных хромосомных сегментов, создания искусственных хромосом высших.

#### **Оценивание результатов обучения**

На этапе формирования базы знаний оценивается посещение лекций.

Критерии оценивания устных ответов:

Оценка «отлично» (86-100 баллов) - глубокие исчерпывающие знания всего программного материала, понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений. Логически последовательные, полные, правильные и конкретные ответы на все основные вопросы. Правильные и конкретные ответы на дополнительные вопросы. Использование в необходимой мере в ответах на вопросы материалов всей рекомендованной литературы.

Оценка «хорошо» (69-85 баллов) - твердые и достаточно полные знания программного материала, понимание сущности рассматриваемых процессов и явлений. Последовательные и правильные, но недостаточно развернутые ответы на основные вопросы. Правильные ответы на дополнительные вопросы. Ссылки в ответах на вопросы на отдельные материалы рекомендованной литературы.

Оценка «удовлетворительно» (51-68 баллов) - правильные и конкретные, без грубых ошибок ответы на основные вопросы. Наличие отдельных неточностей в ответах. В целом правильные ответы с небольшими неточностями на дополнительные вопросы. Некоторое использование в ответах на вопросы материалов рекомендованной литературы.

Оценка «неудовлетворительно» (0-50 баллов) выставляется в случае, когда количество неправильных ответов превышает количество допустимых для положительной оценки.

#### **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

Изучение учебной дисциплины (модуля) предполагает освоение теоретических вопросов, освещенных в лекционном материале и учебно-методической литературе, выполнение практических заданий и самостоятельную работу обучающихся. Организация самостоятельной работы предусматривает конспектирование и реферирование

рекомендованной преподавателем литературы.

№ п/п	Автор, наименование, место издания, издательство, год издания	Кол-во экземпляров
<b>Основная литература</b>		
1	Кузнецов А.Е. [и др.]. Прикладная экобиотехнология : учебное пособие: в 2 т. Т. 1 - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. - 629 с. : ил., [4] с. цв.вкл. - (Учебник для высшей школы).	10
2	Кузнецов А.Е. [и др.]. Прикладная экобиотехнология : учебное пособие: в 2 т. Т. 2 - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. - 485 с. : ил., [4] с. цв.вкл. - (Учебник для высшей школы).	10
3	Ребриков Д.В. [и др.] ПЦР в реальном времени; под ред. д. б. н. Д. В. Ребрикова. - 7-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2018. - 232 с.: ил.	10
4	Ребриков Д.В. [и др.] NGS: высокопроизводительное секвенирование; под общей редакцией Д. В. Ребрикова. - 2-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 232 с.: ил.	10
5	Скрябин К.Г., Михайлова С.Н., Варламов В.П. (ред.) Хитозан / Рос. акад. наук, Центр «Биоинженерия» РАН - М., 2013. - 591 с. : ил., портр., табл. - Библиогр. в конце ст. Рез. рус., англ. [Изд. при поддержке РФФИ].	5
6	Шмид Р. Наглядная биотехнология и генетическая инженерия; пер. с нем. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. - 325 с.: ил.	20
<b>Дополнительная литература</b>		
1	Биссвангер Х. Практическая энзимология; пер. с англ. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2018. - 328 с.: ил.	5
2	Джералд М. Великая биология. От происхождения жизни до эпигенетики. 250 основных вех в истории биологии; пер. с англ. А. А. Синюшина.- М. : Лаборатория знаний, 2018. - 540 с. : ил.	10
3	Инге-Вечтомов С.Г. Генетика с основами селекции: учебник для студентов высших учебных заведений. – СПб. : Изд-во Н-Л, 2015. - 720 с.	10
4	Лутова Л.А., Ежова Т.А, Додуева И.Е, Осипова М.А.; ред. Инге-Вечтомов С.Г. Генетика развития растений: для биологических специальностей университетов. – СПб. : Изд-во Н-Л, 2010. - 432 с.	10
5	Миронова Л.Н., Падкина М.В., Самбук Е.В. РНК: синтез и функции. – СПб. : Эко-Вектор, 2017. – 287 с.	10
6	Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. / Биология: в 3-х томах (комплект) Т. 1; под ред. Р. Сопера ; пер. 3-го англ. изд. - 9-е изд. - М. : Лаборатория знаний, 2018. - 454 с. : ил.	10
7	Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. / Биология: в 3-х томах (комплект) Т. 2; под ред. Р. Сопера ; пер. 3-го англ. изд. - 9-е изд. - М. : Лаборатория знаний, 2018. - 454 с. : ил.	10
8	Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. / Биология: в 3-х томах (комплект) Т. 3; под ред. Р. Сопера ; пер. 3-го англ. изд. - 9-е изд. - М. : Лаборатория знаний, 2018. - 454 с. : ил.	10

9	Разин С.В., Быстрицкий А.А. Хроматин: упакованный геном - 3-е изд. - М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2017. - 172 с. : ил., [16] с. цв. вкл.	5
10	Штильман М.И. [и др.] Технология полимеров медико-биологического назначения. Полимеры природного происхождения: учебное пособие; под ред. М. И. Штильмана. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - 328 с. : ил. - (Учебник для высшей школы).	5

### Электронные ресурсы (базы данных, информационно-справочные и поисковые (специализированные) системы)

Официальный сайт ФИЦ Биотехнологии РАН: адрес ресурса - <https://www.fbras.ru> содержит сведения об образовательной организации и ее подразделениях, локальные нормативные акты, сведения о реализуемых образовательных программах, их учебно-методическом и материально-техническом обеспечении, а также справочная, оперативная и иная информация. Через официальный сайт обеспечивается доступ всех участников образовательного процесса к различным сервисам и ссылкам, в том числе к электронной информационно-образовательной среде Центра.

1. <http://www.benran.ru/> - Библиотека по естественным наукам Российской академии наук.
2. <https://apps.webofknowledge.com/> - Научно-библиографическая база данных Web of Science.
3. <http://www.scopus.com/> - Научно-библиографическая база данных Scopus.
4. <http://elibrary.ru/> - Научная электронная библиотека НЭБ.
5. <http://www.rsl.ru/> - Электронная библиотека РГБ.
6. <http://www.diss.rsl.ru/> - Электронная библиотека диссертаций РГБ.
7. <http://www.sciencedirect.com/> - Журналы издательства Elsevier.
8. <http://link.springer.com/> - Журналы издательства Springer.
  - a) <http://www.springerprotocols.com> - SpringerProtocols
  - b) <http://www.springermaterials.com> - SpringerMaterials
  - c) <http://www.springerimages.com> - SpringerImages
  - d) <http://www.zentralblatt-math.org/zbm/zbmath/en> - Zentralblatt MATH
9. <http://link.springer.com/> - Архивные материалы на платформе Springer.
  - a) Журналы (Journals) 1832-1996 и 2002-2011 гг.
  - b) Журналы (Journals) 1997-2001 гг.
  - c) Книги (Books) 2005-2010 гг., включая книжные серии и справочники.
  - d) Книжные серии (Book Series) 1902-1996 гг.
  - e) Книжные серии (Book Series) 2005-2010 гг.
  - f) Электронные справочники (E-References) 2005-2010 гг.
10. <http://xlink.rsc.org?genre=journal&eissn=1364-548X&date=1996> - Chemical Communications (Cambridge)
11. <http://xlink.rsc.org?genre=journal&eissn=1460-4744&date=1972> - Chemical Society Reviews
12. <http://xlink.rsc.org?genre=journal&eissn=1477-9234&date=2003> - Dalton Transactions
13. <http://xlink.rsc.org?genre=journal&eissn=1364-5501&date=1991> - Journal of

## Materials Chemistry

14. <http://xlink.rsc.org?genre=journal&eissn=2050-7496&date=2012> - Journal of Materials Chemistry A

15. <http://xlink.rsc.org?genre=journal&eissn=2050-7518&date=2013> - Journal of Materials Chemistry B

16. <http://xlink.rsc.org?genre=journal&eissn=2050-7534&date=2013> - Journal of Materials Chemistry C

17. <http://xlink.rsc.org?genre=journal&eissn=1463-9084&date=1999> - Physical Chemistry Chemical Physics

18. <http://pubs.rsc.org/en/journals/journalissues/ob#!recentarticles&all> - Organic & Biomolecular Chemistry

19. <http://journals.cambridge.org/> - Журналы издательства Cambridge University Press.

20. <http://www.oxfordjournals.org/en/> - Журналы издательства Oxford University Press.

21. <http://onlinelibrary.wiley.com/> - Журналы издательства Wiley.

22. <http://pubs.acs.org/> - American Chemical Society.

23. <http://www.nature.com/> - Журнал «Nature» (и другие журналы группы Nature).

24. [www.sciencemag.org](http://www.sciencemag.org) - Журнал «Science».

25. <http://www.fips.ru/> — Патентная база данных РФ (РОСПАТЕНТ).

26. <http://www.uspto.gov/> - Патентная база данных США (USPATFULL).

27. <http://arxiv.org> - arXiv.org/ - международный архив электронных научных статей.

28. <http://www.ccdc.cam.ac.uk/> - Кэмбриджская база структурных данных органических и металлоорганических соединений.

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование оборудованных учебных аудиторий	Перечень специализированной мебели, технических средств обучения
1	Учебные аудитории для проведения занятий, лекционного и семинарского типов, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет", столы, стулья, демонстрационные доски, видеопроекторы, оргтехника.
2	Помещения для самостоятельной работы	Компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде

### Программное обеспечение

–MICROSOFT WINDOWS 7, 10;

–OFFICE, 2013;

–ADOBE CC;

–Adobe Reader;

- Adobe Flash Player;
- Google Chrome, Mozilla Firefox, Mozilla Public License;
- FastStone Image Viewer.

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

Основными формами получения и закрепления знаний по дисциплине (модулю) являются занятия лекционного и семинарского типа, самостоятельная работа обучающегося, в том числе под руководством преподавателя, прохождение контроля.

### **Методические рекомендации по освоению лекционного материала**

Лекция выступает пассивной формой работы по отношению к обучающимся, т.к. основная нагрузка в данном случае ложится на преподавателя. Тем не менее, обучающийся должен готовиться к лекции, т.к. заранее ознакомившись с материалом предстоящего занятия, он будет гораздо более осмысленно воспринимать новый материал. К тому же преподаватель может не давать на лекции ту информацию, которая изложена в учебниках, и, следовательно, доступна для самостоятельного изучения обучающихся, а сосредоточиться на раскрытии каких-либо дополнительных сведений по теме.

Во время самостоятельной проработки лекционного материала особое внимание следует уделять возникшим вопросам, непонятным терминам, спорным точкам зрения. Все такие моменты следует выделить или выписать отдельно для дальнейшего обсуждения на практическом / семинарском занятии. В случае необходимости обращаться к преподавателю за консультацией. Полный список литературы по конкретной учебной дисциплине (модулю) приведен в рабочих программах дисциплин (модулей).

### **Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям**

Практические и лабораторные / семинарские занятия проводятся с целью закрепления лекционного материала, овладения понятийным аппаратом предмета, методами решения проблемных ситуаций, изучаемыми в рамках учебной дисциплины (модуля). Все формы практических и семинарских занятий (круглые столы, дискуссии, научные конференции и пр.) служат тому, чтобы обучающиеся отрабатывали на них практические действия по решению проблемных ситуаций, складывающихся в реальной жизнедеятельности. Главной целью такого рода занятий является: научить обучающихся применению теоретических знаний на практике.

На практическом занятии обсуждаются теоретические положения изучаемого материала, уточняются позиции авторов научных концепций, определяется и формулируется отношение обучающихся к теоретическим проблемам науки, оформляется собственная позиция будущего специалиста. Форма работы – диалог: и обучающиеся, и преподаватель вправе задавать друг другу вопросы, которые возникли и могут возникнуть у них в процессе изучения материала, делятся своими сомнениями, наблюдениями, обосновывают возможность применения на практике тех или иных теоретических положений. Подготовка к практическому занятию включает в себя текущую работу над учебными материалами с использованием конспектов и рекомендуемой основной и дополнительной литературы; групповые и индивидуальные консультации и т.п.

В процессе изучения конкретной дисциплины (модуля) учитывается посещаемость занятий, оценивается активность обучающихся на каждом занятии при обсуждении теоретических вопросов, а также качество и своевременность подготовки теоретических

материалов, творческих заданий и презентаций. По окончании изучения дисциплины проводится дифференцированный зачёт / экзамен по предложенным вопросам, написание реферата.

### **Методические рекомендации / требования по подготовке и оформлению реферата**

Реферат представляет письменный материал по определённой теме, в котором собрана информация из одного или нескольких источников. В нем в обобщенном виде представляется материал на определенную тему, включающий обзор соответствующих литературных и других источников. Рефераты могут являться изложением содержания какой-либо научной работы, статьи и т.п.

Доклад представляет публичное, развёрнутое сообщение (информирование) по определённому вопросу или комплексу вопросов, основанное на привлечении документальных данных, результатов исследования, анализа деятельности и т.д.

### **Правила оформления реферата в соответствии с требованиями ГОСТ**

С использованием следующих параметров:

- шрифт Times New Roman черного цвета;
- размер шрифта – 14 пт.;
- интервал между строчками 1,5 (за исключением титульной страницы);
- поля левой стороны – 3см, правой — 1,5 см, верх и низ по 2 см.;
- нумерация страниц осуществляется арабскими цифрами внизу листа по центру,

на титульном листе нумерация не ставится.

Согласно правилам ГОСТа реферат должен быть распечатан на обычном листе А4, с одной стороны, обратная сторона листа остается чистой.

### **Рекомендуемая структура реферата**

Собрав все доступные источники информации на определенную тему, необходимо, в первую очередь, самостоятельно с ней ознакомиться, чтобы понятно раскрыть ее в реферате. Чтобы облегчить написание реферата можно составить для себя план и разделить работу на этапы - это значительно облегчит рабочий процесс.

Объем работы в печатном виде должен составлять не менее 7 и не более 15 страниц. Для того чтоб работа легко воспринималась, следует придерживаться определенной структуры текста:

- Содержание.
- Введение (обосновывается цель написания работы, актуальность и причина выбора именно этой темы).
- Главы, основная часть работы, где в результате ознакомления со списком литературы, открывается точка зрения автора на выбранную тему. Обозначаются в верхней центральной части листа заглавными буквами. Все главы нумеруются.
- Заключение (короткие и четкие выводы сформированы из основной части реферата).
- Приложения, если такие использовались.
- Список используемой литературы (должен включать от 4 до 10 источников).

Список литературы оформляется в алфавитном порядке, сначала публикации на русском языке, затем - иностранные, в конце - другие источники (ссылки на сайты в Интернете).

Каждая новая часть / глава реферата должна начинаться с новой страницы. Текст выравнивается по ширине. Отступления между абзацами должны составлять 1,5 см.

В текст научной работы можно вставлять таблицы (подпись и номер оформляется над ней), рисунки и изображения (подписываются в центральной части под ними) и ссылки (не более 10).

На защиту реферата отводится 5 – 7 минут, вместе с вопросами группы. На защите оценивается: удачно ли устное выступление (культура речи, манера, использование наглядных средств, удержание внимания аудитории), прозвучала основная идея реферата, какие задачи были поставлены и как они были реализованы. Как обучающийся ориентируется в материале, и отвечает на вопросы (полнота, аргументированность, убедительность и т.д.) Проведена ли исследовательская работа, каковы ее результаты, чем они обоснованы.

Различные виды учебной работы аспиранта способствуют овладению культурой мышления, способностью в письменной и устной речи логически правильно оформить его результаты, готовностью к формированию системного подхода к анализу информации, восприятию инноваций, формируют способность и готовность к самосовершенствованию, самореализации, личностной и предметной рефлексии.

Более того, различные виды учебной деятельности формируют способность в условиях развития науки и практики к переоценке накопленного опыта, анализу своих возможностей, умению приобретать новые знания, использовать различные формы обучения, информационно-образовательные технологии.

#### **10. Методические рекомендации преподавателю по организации учебного процесса по дисциплине (модуля)**

Преподавание дисциплины (модуля) осуществляется в соответствии с Федеральными государственными требованиями.

При изучении дисциплины (модуля) рекомендуется использовать следующий набор средств и способов обучения:

- рекомендуемую литературу;
- задания для подготовки к семинарам (практическим занятиям);
- вопросы для устного опроса и обсуждения и др.;
- задания для текущего контроля успеваемости (задания для самостоятельной работы обучающихся);
- вопросы и задания для подготовки к промежуточной аттестации по итогам изучения дисциплины (модуля).

При проведении занятий лекционного и семинарского типа необходимо строго придерживаться учебно-тематического плана дисциплины (модуля). Необходимо уделить внимание рассмотрению вопросов и заданий, включенных в оценочные задания, при необходимости, решить аналогичные задачи с объяснением алгоритма решения. Следует обратить внимание обучающихся на то, что для успешной подготовки к текущему контролю успеваемости и промежуточной аттестации нужно изучить рекомендованную литературу и иные рекомендованные источники, необходимые для изучения дисциплины (модуля).

Текущий контроль успеваемости по дисциплине (модулю) и промежуточная аттестация осуществляются в соответствии с Порядком организации и проведения



текущего контроля успеваемости и Порядком проведения промежуточной аттестации обучающихся, устанавливающим формы проведения промежуточной аттестации, ее периодичность и систему оценок.

Наличие в Центре электронной информационно-образовательной среды, а также электронных образовательных ресурсов позволяет изучать дисциплину (модуль) инвалидам и лицам с ОВЗ. Особенности изучения дисциплины (модуля) инвалидами и лицами с ОВЗ определены в Положении об организации получения образования для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья.