Федеральное государственное бюджетное образовательное

учреждение высшего образования

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова

Факультет биоинженерии и биоинформатики

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ / В.П. Скулачев /

«31» августа 2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Межфакультетский курс «Происхождение и развитие жизни на Земле».**

Уровень высшего образования:

**Специалитет**

Направление подготовки (специальность) высшего образования

**06.05.01 Биоинженерия и биоинформатики**

Направленность (профиль) программы

**Фундаментальная биоинженерия и биоинформатика**

Форма обучения:

**очная**

Рабочая программа рассмотрена и одобрена

Учебно-методической комиссией факультета

(протокол №1 от 30 апреля 2021 г)

Москва 2022

Рабочая программа дисциплины (модуля) разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки/специальности 06.05.01 Биоинженерия и биоинформатики *(программа специалитета)* в редакции приказа МГУ от 30 декабря 2020 года № 1382.

**Аннотация программы**

В научных представлениях о происхождении жизни в последнее десятилетие происходит настоящая революция. Прочтение геномов почти двух тысяч видов бактерий и архей дало огромный объем данных о путях эволюции микроорганизмов и их молекулярных составляющих. Полеты космических зондов к Луне, Марсу и другим телам Солнечной системы и новые геохимические методы в исследованиях горных пород Земли позволили воссоздать условия и процессы, происходившие на Земле в глубочайшей древности. Новые методы молекулярной биологии позволяют воссоздать в лаборатории многие этапы предполагаемого пути от неживой материи к живым клеткам. В результате изучение происхождения жизни превратилось из пустых спекуляций в нормальную область науки, приносящую массу интересных результатов.

В курсе лекций будет рассказано о древней истории Земли и Солнечной системы и геологических предпосылках зарождения жизни. Будет уделено внимание методам, позволяющим узнать что-то о событиях, произошедших миллиарды лет назад. Мы разберем связь проблем происхождения жизни с термодинамикой и известное заблуждение «зарождение жизни противоречит второму началу термодинамики». Будет рассказано о возможных альтернативных химических основах жизни и даны ответы на вопросы вроде «почему в стандартном наборе 20 аминокислот» или «почему в ДНК именно эти четыре азотистых основания, а не другие». Мы проследим эволюционный путь от неживой материи до примитивных форм жизни, основанных на РНК, и от примитивной жизни до современных типов клеток бактерий, архей и эукариот.

**1. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО:**

**Цели курса** познакомить студентов с основными физическими, астрономическими и химическими ограничениями на структуру и распространение живых систем.

**Задачи курса**

Изучение происхождения и устройства Солнечной системы

Изучение идей о происхождении жизни

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

Для освоения материала настоящей дисциплины студенты должны обладать знаниями и умениями в объеме курсов биологии, химии и физики средней школы:

- иметь представления и понимание основных химических понятий и процессов неорганической химии: атомы, молекулы, ионы, диссоциация веществ, гидролиз; кислоты и основания, рН, растворимость, электролиз;

- иметь представления и понимание основных химических понятий и процессов органической химии: валентность углерода, многообразие соединений углерода, реакции поликонденсации, функциональные группы и знание их реакционной способности;

- иметь представления и понимание основных понятий и процессов общей химии: химическое равновесие, обратимость реакций, химическая кинетика, катализ;

- иметь представления и понимание основных физических понятий и процессов: движение тел под действием гравитации, электромагнитное излучение, молекулярно-кинетическая теория, ядерные реакции;

- иметь представления и понимание основных понятий и процессов биохимии: катаболизм, анаболизм, промежуточный метаболизм, гликолиз, цикл трикарбоновых кислот;

- иметь представления и понимания основных понятий и процессов молекулярной биологии: репликация, транскрипция, трансляция, генетический код, рекомбинация и репарация.

- применять имеющиеся знания по разным дисциплинам для анализа/синтеза информации из разных разделов науки (биология, физика, химия, астрономия, геология) для более глубокого понимания биологических процессов;

- уметь логически объяснять протекание тех или иных процессов в клетке, включая патологические, на основании научных фактов, полученных при изучении биологии, химии и физики.

**3. Результаты обучения по дисциплине (модулю):**

|  |
| --- |
| **Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)** |
| В рамках УК-16  - знать основные физические, астрономические и химические ограничения на структуру и распространение живых систем;  - знать условия происхождения и обитания древнейшей жизни на Земле;  - знать пути абиогенного синтеза основных биомолекул;  - знать возможности и ограничения рибозимного катализа различных реакций;  - знать физические и химические процессы нарушения хиральной симметрии;  - знать происхождение систем трансляции, репликации, мембран, мембранных энергетических систем;  - знать происхождение эукариотических клеток;  - уметь работать снаучной литературой биологической тематики, в том числе научными статьями и обзорами,  В рамках ОК-5: уметь самостоятельно приобретать с помощью информационных и компьютерных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности  В рамках ОК-6: уметь порождать новые идеи (креативность), адаптироваться к новым ситуациям, переоценивать накопленный опыт, анализировать свои возможности;  В рамках ПК-1: уметь демонстрировать знания современной научной парадигмы в области клеточной биологии, принципов и методов биологического исследования;  В рамках ПК-4: уметь самостоятельно изучать, пополнять, критически анализировать и применять теоретических и практических знаний для собственных научных исследований.  В рамках ПК-6: Уметь сотрудничать с представителями других областей знания в ходе решения научно-исследовательских и прикладных задач. |

**4. Объем дисциплины (модуля)** составляет 1 з.е.

**5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий:**

**5.1. Структура дисциплины (модуля) по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий (в строгом соответствии с учебным планом)**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Наименование разделов и тем дисциплины (модуля),**  **Форма промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)** | **Номинальные трудозатраты обучающегося** | | | **Всего академических часов** | **Форма текущего контроля успеваемости\*** *(наименование)* |
| **Контактная работа  (работа во взаимодействии с преподавателем)**  **Виды контактной работы, академические часы** | | **Самостоятельная работа обучающегося,**  **академические часы** |
| **Занятия лекционного типа** | **Занятия семинарского типа** |
| Устройство Солнечной системы. | 2 |  | 1 | 3 | Домашняя работа |
| Происхождение Солнечной системы | 2 |  | 1 | 3 | Домашняя работа |
| Строение и геологическая история Земли, Марса и Венеры. | 2 |  | 1 | 3 | Домашняя работа |
| История идей о происхождении жизни: Реди, Спалланцани, Пастер, Опарин. Опыты Миллера-Юри. | 2 |  | 1 | 3 | Домашняя работа |
| Абиогенный синтез сахаров, азотистых оснований и нуклеотидов — достижения и проблемы.. | 2 |  | 1 | 3 | Домашняя работа |
| Обмен веществ и его происхождение. | 2 |  | 1 | 3 | Контрольная работа |
| Альтернативные химические основы живого. | 2 |  | 1 | 3 | Домашняя работа |
| Происхождение и эволюция рибосомы и генетического кода. | 2 |  | 1 | 3 | Контрольная работа |
| Происхождение ДНК и систем ее репликации. Вирусный мир и роль вирусов в эволюции жизни. | 2 |  | 1 | 3 | Домашняя работа |
| Эволюция мембран и мембранной энергетики. | 2 |  | 1 | 3 | Домашняя работа |
| Эволюция фотосинтеза. | 2 |  | 1 | 3 | Домашняя работа |
| Происхождение эукариот. | 2 |  | 1 | 3 |  |
| **Итого** | 24 |  | 12 | 36 | зачет |

**5.2. Содержание разделов (тем) дисциплины**

1. Устройство Солнечной системы. Законы Кеплера, приливы, орбитальные резонансы. Гравитационная дифференциация небесных тел. Планеты, регулярные и нерегулярные спутники. Астероиды, пояс Койпера, кометы.
2. Происхождение Солнечной системы. Протопланетные диски, химический состав метеоритов, их изотопные датировки. Конденсация пыли в планетезимали и образование планет. Взаимодействие планет с газовым диском и миграции планет. Поздняя метеоритная бомбардировка и эпоха орбитальной нестабильности.
3. Строение и геологическая история Земли, Марса и Венеры. Тектоника литосферных плит, мантийная конвекция, магнитное поле планет. Атмосфера и климат Земли, Марса и Венеры. Источники атмосферных газов и пути их потери.
4. История идей о происхождении жизни: Реди, Спалланцани, Пастер, Опарин. Опыты Миллера-Юри. Теория РНК-мира. Термодинамические аспекты жизни, роль неравновесной термодинамики и диссипативных структур. Место обитания первых форм жизни.
5. Абиогенный синтез сахаров, азотистых оснований и нуклеотидов — достижения и проблемы. Абиогенный синтез РНК. Репликация РНК при помощи рибозимов. Роль праймеров, палиндромов и тепловых ловушек. Потенциал рибозимов в древнем метаболизме. Активность рибозимов с коферментами и короткими пептидами.
6. Обмен веществ и его происхождение. Пути фиксации СО2. Метилотрофия и ее связь с синтезом пуринов.
7. Альтернативные химические основы живого. Ксенонуклеиновые кислоты, кремний, альтернативные растворители. Жизнь в углекислотных озерах.
8. Происхождение и эволюция рибосомы и генетического кода. Стохастические, стереохимические и коэволюционные теории генетического кода.
9. Происхождение ДНК и систем ее репликации. Вирусный мир и роль вирусов в эволюции жизни.
10. Эволюция мембран и мембранной энергетики. Ионный гомеостаз и его связь с энергетикой. Происхождение роторной АТФазы.
11. Эволюция фотосинтеза. Бактериородопсин, меланин, флавины. Аноксигенный фотосинтез. Два типа фотосистем и их происхождение. Происхождение оксигенного фотосинтеза.
12. Происхождение эукариот. Симбиогенетическое происхождение митохондрий. Происхождение ядра и цитоплазмы. Локиархеоты. Роль вирусов в происхождении эукариот.

**6. Фонд оценочных средств (ФОС, оценочные и методические материалы) для оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю).**

**6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения текущего контроля успеваемости, критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)**

**6.2. Типовые контрольные задания или иные материалы для проведения промежуточной аттестации по дисциплине (модулю), критерии и шкалы оценивания (в отсутствие утвержденных соответствующих локальных нормативных актов на факультете)**

1. Химические основы живого. Возможные альтернативы углерода и воды в биохимии и причины их нереализованности.
2. Критерии пригодности планетных систем для жизни. Стабильность орбит, астероидная опасность, влияние массы звезды.
3. Критерии пригодности планет для жизни. Стабильность осей вращения, влияние спутников, атмосфера, климат, геология.
4. Древняя атмосфера Земли, состав, история и влияние на климат. Роль импактов.
5. Минеральный состав живых клеток. Функции переходных металлов. Эволюция минерального состава клеток и место обитания первых клеток.
6. Термодинамика формирования биополимеров в водных и неводных средах. Возможные пути абиогенного формирования биополимеров.
7. Пути и продукты абиогенного восстановления углекислого газа. Серпентинизация, цинк-сульфидный фотосинтез, карбонил-сульфидная химия черных курильщиков, атмосферные фотохимические превращения метана.
8. Теория мира РНК. Предпосылки, подтверждения и нерешенные вопросы.
9. Абиогенный синтез сахаров. Реакция Бутлерова и катализаторы ее отдельных направлений. Синтез Килиани-Фишера.
10. Абиогенный синтез азотистых оснований.
11. Абиогенный синтез нуклеотидов. Сложности и обходные пути. Цианосульфидный протометаболизм.
12. Хиральность и ее происхождение. Соотношение хиральных изомеров в метеоритной органике. Астрофизические и ядерные механизмы нарушения хиральной симметрии.
13. Химические механизмы нарушения хиральной симметрии. Хиральный автокатализ, рацематная и конгломератная кристаллизация. Связь хиральности аминокислот и нуклеотидов.
14. Абиогенная поликонденсация РНК. Абиогенная репликация и лигирование. Роль минералов, источники энергии. Проблемы прайминга и разделения цепей, мир шпилек.
15. Рибозимная репликация и лигирование РНК. Точность и процессивность репликации. Проблема точности репликации и порог Эйгена. Кросс-хиральная репликация.
16. Коферменты и их связь с миром РНК. Фотохимия НАД и флавиновых коферментов. Возможности рибозимов с коферментами, металлами, аминокислотами, олигопептидами. Возможные функции первых метаболических рибозимов.
17. Пути фиксации углекислого газа и их эволюция.
18. Происхождение центрального метаболизма. Роль формальдегида, формиата и СО в архаичном метаболизме, их связь с синтезом пуринов. Происхождение цикла трикарбоновых кислот.
19. Происхождение рибосомы и белкового синтеза. Транспортные РНК, разнообразие их функций и происхождение. Модульная структура рибосомных РНК и порядок возникновения их доменов.
20. Происхождение генетического кода. Стереохимические и коэволюционные теории. Порядок появления аминокислот в коде. Возможные вымершие аминокислоты и причины их исчезновения.
21. Два семейства аминоацил-тРНК-синтетаз, их происхождение. Гипотеза Родина-Оно. Операционный код и его отношение к обычному генетическому коду.
22. Системы репликации бактерий и архей. Причины и пути перехода от РНК-геномов к ДНК-геномам. Структура генома и механизмы репликации LUCA.
23. Мембраны бактерий и архей. Сходство и различие их липидов и путей их биосинтеза. Структура липидов LUCA.
24. Происхождение мембранной энергетики, роторной АТФ-синтазы, ион-непроницаемых мембран, разнообразие первичных ионных помп
25. Фотосинтез. Световые и темновые реакции. Флавиновый, родопсиновый и меланиновый фотосинтез. Структура электрон-транспортных цепей фотосинтеза.
26. Разнообразие фотосинтезирующих прокариот, используемые ими доноры электронов. Разнообразие и происхождение хлорофилл-связывающих белков. Происхождение кислородного фотосинтеза.
27. Происхождение эукариот. Архейные и бактериальные компоненты эукариотической клетки. Родственные связи архейного предка эукариот и бактериального предка митохондрий. Возможные пути установления симбиоза.
28. Вирусная теория происхождения ядра. Вирусные компоненты эукариотической клетки. Происхождение кэпирования, полиаденилирования и моноцистронных мРНК. Связь митоза, мейоза и полового процесса с жизненным циклом лизогенного вируса.

**Шкала и критерии оценивания результатов обучения по дисциплине**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Результаты**  **обучения** | **«Неудовлетворительно»** | **«Удовлетворительно»** | **«Хорошо»** | **«Отлично»** |
| Знания | Знания отсутствуют | Фрагментарные знания | Общие, но не структурированные знания | Сформированные систематические знания |
| Умения | Умения отсутствуют | В целом успешное, но не систематическое умение | В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера) | Успешное и систематическое умение |
| Владения | Навыки владения отсутствуют | Наличие отдельных навыков (наличие фрагментарного опыта) | В целом, сформированные навыки (владения), но используемые не в активной форме | Сформированные навыки (владения), применяемые при решении задач |

**7. Ресурсное обеспечение:**

**7.1. Перечень основной и дополнительной литературы**

Основная литература

1. К. Ю. Еськов «История Земли и жизни на ней», Москва, ЭНАС, 2008
2. Е. Кунин «Логика случая. О природе и происхождении биологической эволюции», Москва, Центрполиграф, 2014
3. М. А. Никитин "Происхождение жизни: от туманности до клетки", Москва, Альпина Нон-Фикшн, 2016

Дополнительная литература

1. Нельсон Д., Кокс М. «Основы биохимии Ленинджера. T. 1, 2, 3» – М.: Бином, 2011-2014.
2. Б.Албертс и др «Молекулярная биология клетки», издательство «Мир» Москва, 1998 (2007 – предпочтительно).

**7.1. Перечень лицензионного программного обеспечения, в том числе отечественного производства (подлежит обновлению при необходимости)**

Всё необходимое программное обеспечение является свободно распространяемым и не требует лицензирования

**7.2. Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем (подлежит обновлению при необходимости)**

не требуется

**7.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

не требуется

**7.4. Описание материально-технического обеспечения.**

Необходимо оборудование для демонстрации презентаций: ноутбук, проектор, экран.

Студентам для выполнения домашних заданий необходим доступ в Интернет с персональных компьютеров

**8. Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП указано в Общей характеристике ОПОП.**

**9. Разработчик (разработчики) программы.**

Никитин Михаил Александрович, с.н.с.