**Форма описания образовательного модуля**

**(код направления подготовки, наименование направления подготовки: 06.04.01 Биология, 19.04.11 Биотехнология, 28.04.02 Наноинженерия)**

1. **Форма и критерии отбора обучающихся для освоения образовательного модуля:**
	1. Входные компетенции, оцениваемые на этапе отбора, включая минимальный уровень образования, предметная область.

Входной минимальный уровень образования: законченное высшее образование на уровне бакалавриата в области естественных или инженерно-технических наук.

На этапе отбора оцениваются базовые знания в области биологии (включая молекулярные основы функционирования живых систем), физики, математики, информационных технологий.

* 1. Форма организации отбора участников.

 Письменное (онлайн) тестирование, написание мотивационного письма (эссе), развернутое резюме.

* 1. Задания для проведения отбора обучающихся.

Тестирование по следующим темам (2-5 вопросов на тему):

а) Биология:

1) Представления о строении живых клеток

2) Представления о структуре и функциях нуклеиновых кислот, ДНК, РНК, белков, полисахаридов

3) Представления о генетическом коде, строении и функции генов и геномов

4) Представления о лабораторных методах в биологии

б) Физика:

1. Представления о работе электрических схем
2. Представления о работе транзисторов

в) Математика:

1. Представления об основах математического анализа
2. Представления о дифференциальных уравнениях и методах их решения
3. Представления о математической логике, операторах И, ИЛИ, НЕ

г) Информационные технологии:

1. Представления о двоичном кодировании информации
2. Представления о программировании
3. Представление о форматах файлов (текстовые, табличные и т.д.), умение редактировать текстовые файлы.

Задание на написание мотивационного письма: напишите в свободной форме о том, почему вы хотите изучить данный курс и каким образом он будет вам полезен?

Необходимо предоставить Резюме в академическом формате.

1. **Характеристика образовательного модуля**
	1. Название образовательного модуля.

**Введение в инженерную биологию**

* 1. Научный центр (научная лаборатория Университета).

Центр генетики и наук о жизни.

* 1. Направление научно-технологической деятельности Университета.

Биотехнология

* 1. Инициатор (руководитель образовательного модуля).

Алексей Константинович Шайтан

* 1. Партнеры образовательного модуля:
		1. Образовательные организации высшего образования;

МГУ имени М.В. Ломоносова, биологический факультет

* + 1. Научные организации;

МГУ имени М.В. Ломоносова, биологический факультет

* + 1. Высокотехнологичные компании.

Список возможных партнеров (готовность участия и/или предоставления ресурсов в рамках конкретного модуля нужно уточнять):

1. Компания MathWorks (<http://matlab.ru/products/simbiology> ) - производитель ПО для имитационного моделирования биологических процессов SimBiology, Российский дистрибьютор компания Экспонента (<https://exponenta.ru> )
2. Opentrons (<https://opentrons.com> ) - производитель роботизированных систем для автоматизации экспериментов.
3. Strateos ( <https://www.strateos.com/>) - компания, предоставляющая услуги облачной лаборатории
	1. Аннотация

Биология -- наука, потенциал которой будет стремительно раскрываться в 21 веке благодаря интеграции с точными науками, включая инженерные науки и компьютерные технологии. Ключевые механизмы работы живых систем на молекулярном уровне на данный момент хорошо изучены. Дальнейшая задача совершить качественный скачок в наших возможностях по пониманию и управлению сложностью живых систем, развить возможности предсказания и проектирования природободобных систем. В области физико-технических и инженерных наук такой путь был пройден за последние 70 лет, обеспечив качественный технологический скачок от изобретения транзистора до цифрового мира сегодняшнего дня. При этом инженерные подходы, методы автоматизации, моделирования и проектирования, стандартизации, абстракции, организации и разделения труда оказались ключевыми для перехода от фундаментальных открытий к новому технологическому укладу.

Данный курс “Введение в инженерную биологию” познакомит слушателей с основами современной биоинженерии живых систем и главным образом с понятиями и подходами, которые должны обеспечить скачок к переходу на следующий уровень возможностей в плане управления сложностью живых систем. В частности, будут обсуждаться вопросы построения генетических схем и сетей из генетических “деталей”, методы стандартизации и автоматизации проектирования живых систем и методы автоматизации экспериментов, методы компьютерного моделирования генетических схем, этические и экономические вопросы инженерной биологии.

Курс является интердисциплинарным и будет интересен как студентам биологам, так и студентам технических специальностей, которым интересна биология и применение подходов естественно-технических наук к решению биологических задач.

Курс включает в себя лекции, семинары, выполнение практических работ на компьютере.

Целями данного модуля являются овладение навыками и принципами инженерной биологии.

Задачами модуля являются:

* знакомство с принципами инженерной биологии;
* знакомство с методами моделирования, проектирования, создания генетических схем (сетей);
* обучение работе с рядом программ для моделирования и создания искусственных биологических систем;
* обучение работе со стандартными биологическими деталями;

Исследовательские/научно-технологические задачи, решаемые в данном модуле:

В данном модуле планируется привлечь студентов к конструированию различных генетических конструкций и генетических схем. В частности авторы курса сейчас работают над разработкой программируемой платформы для детекции последовательностей ДНК на основе CRISPR/Cas систем. Данный подход будет обладать высокой чувствительностью и специфичностью. Технологии на основе данного подхода могут найти применение для создания 1) экспресс тест-систем на присутствие ДНК патогенных микроорганизмов; 2) платформ молекулярного скрининга для оптимизации работы систем геномного редактирования; 3) молекулярных инструментов для детекции и локализации однонуклеотидных замен в геноме эукариотических клеток. Студенты, успешно выполнившие задачи модуля, смогут продолжить свою работу в рамках существующих научно-исследовательских проектов под руководством преподавателей модуля. Полученные студентами результаты могут быть использованы для последующих публикаций и для подготовки ими магистерских диссертаций.

Студенты, освоившие модуль, приобретут следующие компетенции:

– Уметь осуществлять критический анализ проблем современной биотехнологии на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий для их решения (УК-1)

– Быть способным применять современные коммуникативные технологии, в том числе на английском языке, для работы с литературой, выступлением с докладами и обсуждением результатов работ своих коллег в этой области

– Уметь использовать и применять фундаментальные биологические представления и современные методологические подходы для постановки и решения новых нестандартных задач биоинженерии (ОПК-1)

– Быть способным творчески применять и модифицировать современные компьютерные технологии, работать с профессиональными базами данных, профессионально оформлять и представлять результаты новых разработок (ОПК-6)

– Быть способными использовать современную аппаратуру и вычислительную технику для решения инновационных задач в профессиональной деятельности (ОПК-8)

Данный модуль имеет связь с остальными биологическими модулями. Для эффективного освоения данного модуля студентам рекомендуется прослушать модуль «Генетика и персонализированная медицина», который дает необходимые знания о современных проблемах медицинской генетики, ДНК-диагностики заболеваний, а также некоторых методах генетического анализа. А также курс «Механизмы программируемой гибели клеток», в котором рассматриваются современные методы исследования процессов в клеточной биологии, такие как проточная цитометрия и флуоресцентная микроскопия.

Предполагаемый объем 2 (две) (з.е.).

* 1. Структура образовательного модуля (учебный план).

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| № | Раздел / тема | Содержание  | Форма занятий | Количество, ак. часов  | ФИО преподавателя |
| 1 | Введение в инженерную биологию | *Набор из представляющий основы направления инженерной биологии* | Лекции | 28 | А.К. Шайтан, Г.С. Глухов, Г.А. Армеев, Е.Козлов, Ю.В. Шидловский, П.Зайцев |
| 2 | Работа в системе лабораторных журналов Benchling, знакомство с базой данных Parts Registry |  | Практические занятия | 2 | Ю. Качер |
| 3 | Моделирование генетических сетей в пакете MATLAB Simbiology |  | Практические занятия | 4 | А.К. Грибкова |
| 4 | Использование средств автоматизации биологического дизайна (программы SBOL designer, j5, CELLO) |  | Практические занятия | 2 | Р. Новиков, Ю.Качер |
| 5 | Использование средств автоматизации экспериментов |  | Практические занятия | 2 | Г.А. Армеев |
| 6 | Вводный и заключительный семинары |  | Семинарские занятия | 4 | А.К. Шайтан |
| 7 | Выполнение проектной работы, домашних, самостоятельных и контрольных работ |  | Самостоятельная работа | 22 |  |
| 8 | Итоговый семинар с представлением проектных работ |  | Семинар | 8 | А.К. Шайтан |
| ИТОГО |  |  | 72 |  |

* 1. Форма оценки результатов освоения образовательного модуля. Оценочные средства.

В рамках данного модуля оценка студентов будет проводиться по результатам проведения контрольных опросов, выполнения домашних самостоятельных работ и защиты итогового проекта.

**Методические указания для обеспечения самостоятельной работы**

**студентов**

**Рекомендации по видам самостоятельной работы студентов.**

Для овладения знаниями:

*- чтение текста (учебника, первоисточника, дополнительной литературы);*

*- составление плана текста;*

*- графическое изображение структуры текста;*

*- конспектирование текста;*

*- выписки из текста*

Для закрепления и систематизации знаний:

*- работа с конспектом лекции (обработка текста);*

*- повторная работа над учебным материалом (учебника, первоисточника,*

*дополнительной литературы);*

*- составление плана и тезисов ответа;*

*- составление таблиц для систематизации учебного материала;*

*- ответы на контрольные вопросы*;

Для формирования умений:

*- решение задач и упражнений по образцу;*

*- решение вариантных задач и упражнений*

*- выполнение самостоятельных работ на компьютере по плану*

**В качестве проектной самостоятельной работы студентам будет предложено выполнить мини проект, посвященный анализу и применению принципов инженерной биологии**

*Студентам будет нужно выбрать актуальную проблему на основе скрининга информации о современных биотехнологических компаниях, а также проектов международного конкурса по инженерной биологии iGEM. Студентам будет необходимо описать в виде презентации данную проблему и предложить решение на основе генетической схемы или иного биоинженерного продукта. Необходимо предложить как концепцию, так и наметить план создание данного продукта на основе различных биоинженерных технологий (например, предложить способы синтеза генетических конструктов и их дальнейшей работы в живом организме).*

**Образцы контрольных вопросов по разделу** «Введение в инженерную биологию»

1. Дайте определение понятия инженерная биология, понятия engineering biology, biological systems engineering, bioengineering, synthetic biology, systems engineering
2. Каким образом осуществляется разделение задач дизайна и реализации
3. Назовите базовые инженерные принципы
4. Какие вы знаете аналогии между компьютерными и биологическими технологиями
5. Чем отличается свободное программное обеспечение и свободная биология
6. Основные преимущества автоматизации биологических процессов (bio-design automation)
7. Что такое искусственный геном, М. laboratorium, Genome-write project.
8. Дайте определение понятию стандартной биологической детали (standard biological part). Опишите основные структурные элементы стандартных биологических деталей
9. Что такое репозитории биологических деталей
10. Назовите основные этапы конструирования плазмидной ДНК с последовательностью различных генетических элементов.
11. Опишите принцип работы и применение рестриктаз.
12. Основные характеристики вектора. Ограничения в выборе вектора для клонирования.
13. Назовите способы трансформации бактериальных клеток и трансфекции эукариотических клеток.
14. Что такое компетентность бактерий. Способы ее достижения.
15. Какие способы отбора клонов, содержащих вектор, вы знаете.
16. Какие современные методы конструирования векторов.
17. Основные методы оценки эффективности работы генетических схем.
	1. Кадровое обеспечение образовательного модуля.

Преподаватели:

1. к.ф.-м.н. Алексей Константинович Шайтан
2. к.б.н. Григорий Сергеевич Глухов
3. к.ф.-м.н. Григорий Алексеевич Армеев
4. д.б.н. Юлий Валерьевич Шидловский
5. к.б.н. Евгений Николаевич Козлов

Ассистенты

1. Грибкова Анна Кирилловна / Юлия Германовна Качер / Роман Вячеславович Новиков / Петр Андреевич Зайцев

* 1. Ресурсное обеспечение образовательного модуля (описание материально-технической базы, необходимой для реализации образовательного модуля).
* Компьютеры с доступом к сети интернет
* Набор программного обеспечения и доступа к интернет ресурсам: MATLAB Simbiology, Benchling, SBOL Designer, CELLO, j5, Autoprotocol, Jupyter Notebook.
	1. Учебно-методические материалы (материалы лекций и практических (лабораторных) занятий, иных форм учебной деятельности, задания для самостоятельной работы). М*огут формироваться в том числе в ходе модуля.*

*Темы и содержание лекций.*

### *Лекция 1. Инженерная биология:идеи , понятие, тренды.*

*- определение понятия инженерная биология, понятия engineering biology, biological systems engineering, bioengineering, synthetic biology, systems engineering*

*- инженерная биология как закономерный этап развития биологических наук, аналогии с развитием инженерно-технических наук*

*- разделение задач дизайна и реализации*

*- инженерные принципы: стандартизация, абстракция, автоматизация*

*- от программирования компьютеров к программированию живых систем: аналогии между компьютерными и биологическими технологиями*

*- свободное программное обеспечение и свободная биология*

*- инженерная биология на разных уровнях от молекул до экосистем*

*- история развития инженерной биологии, наиболее интересные примеры*

*- понятие автоматизации биологических процессов (bio-design automation)*

*- практические успехи и перспективы, коммерциализация, конкурс iGEM*

*- создание искусственных геномов, М. laboratorium, Genome-write project.*

*- понятие биологической детали (biological part)*

*- репозитории биологических деталей*

*- цифровая логика в биологических системах*

#### *Материалы для изучения*

* Endy, D. Foundations for Engineering Biology. *Nature* **2005**, *438* (7067), 449–453. <https://doi.org/10.1038/nature04342>.
* Грешнова А. А., Глухов Г. С., Шайтан А. К. Синтетическая биология: конструирование живого // Химия и жизнь - XXI век (до 1997 г. Химия и жизнь). — 2019. — № 9. — С. 32–38.
* *Artemisinin: A Synthetic Biology Success Story | Bio 2.0 | Learn Science at Scitable* [*https://www.nature.com/scitable/blog/bio2.0/artemisinin\_a\_synthetic\_biology\_success/*](https://www.nature.com/scitable/blog/bio2.0/artemisinin_a_synthetic_biology_success/) *(accessed Apr 6, 2020).*

### *Лекция 2. Основы молекулярной биологии.*

* *Устройство молекулы ДНК*
* *Свойства генетического кода*
* *Процесс репликации*
* *Особенности строения молекул РНК*
* *Трансляция*
* *Транскрипция*
* *Особенности работы промоторов прокариот*
* *Оперон. Разбор работы на примере лактозного оперона*
* *Особенности биосинтеза белка у прокариот*

*Материалы для изучения*

* Щелкунов С. Н. Генетическая инженерия: Учеб. -справ. пособие. — 2-е изд., испр. и доп. — Новосибирск: Сиб. унив. изд-во, 2004. — 496 с; ил. ISBN 5-94087-098-8
* Башмакова, В. Молекулярное клонирование, или как засунуть в клетку чужеродный генетический материал <https://biomolecula.ru/articles/molekuliarnoe-klonirovanie-ili-kak-zasunut-v-kletku-chuzherodnyi-geneticheskii-material> (accessed Apr 6, 2020).

**Лекция 3. Основы молекулярного клонирования, стандартные биологические детали**

* *Перенос генов. Генетические элементы бактериальной клетке. Конъюгация у бактерий. Фактор F. Ti плазмиды*
* *Плазмиды. Особенности устройства плазмид применяемых в современной биологии. Методы селекции плазмидных векторов. Основные элементы плазмидных векторов*
* *Методы манипуляции с ДНК и РНК, основные классы ферментов, полимеразы, фосфатазы, полинуклеотид киназы, лигазы*
* *Методы получения рекомбинантной ДНК*
* *ПЦР, методы подбора праймеров*
* *Клонирование с использованием рестриктаз и лигаз*
* *Стандартизации в биологии. примеры методов клонирования на основе стандартных частей*

### *Лекция 4. Генетические схемы/сети.*

* *Клетка как устройство*
* *Понятие circuit*
* *Определение центральной догмы молекулярной биологии*
* *Устройство гена*
* *Простейшая генетическая схема, ее виды, аналоги, определения и понятия.*
* *Инструменты работы с генетическими схемами*
* *Принцип работы сигнала*
* *Модели и уровни абстракции*
* *Инверторы сигнала*
* *Понятие регистра и языков для работы со схемами*
* *Biological Parts*
* *Мотив, его виды и понятия.*

***Лекция 5. Абстракция, моделирование, математические и компьютерные подходы в инженерной биологии.***

* *История парадигм.*
* *Понятие Абстракции, Компьютерного моделирования.*
* *Молекулярное моделирование и моделирование генных схем.*
* *Системная биология: сети, пути, графы.*
* *Кинетическое моделирование: законы, уравнения.*
* *Модели регуляции и экспрессии генов.*
* *Реплессилятор*

***Лекция 6. Работа с информацией в биологии( базы данных, форматы файлов, репозитории, обмен информации).***

* *Природа информации*
* *Генетический код*
* *Теория информации: теоремы и понятия*
* *Передача и хранение информации*
* *Базы данных: виды, структуры, форматы, отрасли и типы*

***Лекция 7. Обзор методов геномики.***

* *Определение геномики и ее видов*
* *Омиксные технологии*
* *Секвенирование: история, прогресс, методы и определение*
* *Проект геном человека: методы и подходы*
* *Генетические маркеры*
* *Понятие сборки генома и версии*
* *Аннотация геномов*
* *Сравнительная/эволюционная геномика*
* *Проекты постгеномной эры, Гаплотипы, Мутации*
* *Структура генома человека и вариации*

***Лекция 8. Продвинутые методы сборы ДНК конструкций.***

* *Векторы: Клонирующие, Экспрессирующие, Интегративные вектора*
* *Бело-голубая селекция*
* *Прямой отбор клонов*
* *Фаги, определение, их особенности, рекомбинации и космиды*
* *Искусственные бактериальные хромосомы*
* *Современные методы сборки ДНК*
* *Бесшовные методы клонирования, TA, Golden Gate , Gibson*
* *Методы основанные на сайт-специфической рекомбинации*
* *Синтез генов de nova*
* *Точечные мутагенез*

***Лекция 9. Модельные организмы - шасси***

* *Эмергентность*
* *Современное представление генных сетей*
* *Модельный организм: определение, направления применений, характеристика, разнообразие*
* *Бактерии: определение, особенности, типы, области применения*
* *Грибы*
* *Мутации*
* *Клеточные культуры*

***Лекция 10. Редактирование геномов: узнавание и модификауция нуклеидовых последовательностей.***

* *Генная/геномная инженерия*
* *Генная терапия*
* *Редактирование геномов*
* *Что можно редактировать?*
* *ДНК*
* *Молекулярные инструменты: ZNF, TALEN, CRISPR/Cas, вирусы,мегануклиазы*
* *Подходы к инженерии*
* *Методы оптимизации и доставки*

***Лекция 11. Методы автоматизации в биологии: программирование и роботизация.***

* *предпосылки и причины необходимости автоматизации экспериментов*
* *кризис воспроизводимости экспериментов*
* *подходы к автоматизации экспериментального исследовательского цикла*
* *стандартизация записи экспериментальных протоколов*
* *проблемы роботизации биологических экспериментов*
* *подходы к программированию роботов для экспериментов*
* *примеры реализации автоматизированных лабораторий*
* *альтернативы роботизации и возможные последствия полной роботизации исследований*

***Лекция 12. Регуляция работы генетических сетей в эукариотических организмах.***

* *организация генетического материала у эукариот*
* *разнообразие регуляторных элементов генома*
* *промоторы генов, общие факторы транскрипции*
* *энхансеры и ген-специфические факторы транскрипции*
* *коактиваторы транскрипции и их роль в работе энхансеров*
* *эпигенетическая регуляция транскрипции, гистоновый код*
* *хроматин-ремоделирующие и модифицирующие факторы*
* *гетерохроматин, транскрипционная память*
* *кинетика привлечения факторов и активации генов*
* *трехмерная организация хроматина и активация генов*
* *архитектурные факторы хроматина*
* *генетические сети раннего развития дрозофилы*

***Лекция 13. Этические и юридические аспекты инженерной биологии.***

* *Этика и безопасность генной инженерии*
* *Искусственная жизнь и синтетическая биология*
* *Патенты, патентование генов, свободная биология, бизнес модели*
* *Защита персональной генетической информации, privacy*
* *Редактирование генома человека*
* *Гибриды человека и животных*
* *ГМО*
* *DIY Биология*

***Лекция 14. Advanced topics: искусственная эволюция, регуляторные схемы на основе РНК, белков, CRISPR и т.д.***

* *Направленная эволюция определение*
* *Адаптивный ландшафт*
* *Стратегия внесения изменчивости в живые системы*
* *CRISPR base editing*
* *Стратегии селекции*
* *Биосенсоры на основе TF и РНК-переключателей*
* *Создание аптамеров методом SELEX*
* *Метод селекции RecFACS*
* *Направленная эволюция в системе PACE*

*Темы практических занятий.*

### *Практическая работа: “Работа с системой лабораторных журналов Benchling и репозиторием Parts Registry”.*

***Цель:*** Освоить работу с [Parts Registry](http://parts.igem.org/Main_Page) и [Benchling](https://benchling.com/). Научиться работать с базовыми методами молекулярной биологии. Разобрать основные способы получения генетических элементов. Научиться получать отдельные гены в лабораторных условиях. Освоить методы конструирования новых генетических элементов и получение сложных генетических схем. Научиться методам оценки эффективности произведенных манипуляций с ДНК, а также освоить методы определения эффективности полученных биологических систем.

**Ход занятия:**

1. **Студентам дается введение о том, как работать с реестром биологических деталей (Registry of Biological Parts), вводится понятие биобриков, а также дается представление об основных стандартах синтетической биологии.**
2. **Слушателем предлагается ознакомиться с работой в Benchling, демонстрируются ключевые возможности программы.**
3. **В интерактивном режиме выполняется практическое задание - сборка конструкции по методу 3A Assembly.
Ход работы:**
4. **Импортирование последовательностей ДНК (рассматривается три способа), работа с идентификаторами биобриков**
5. **Осуществление виртуальной рестрикции плазмид и работа с последовательностями**
6. **Создание протокола “Digest and ligate” и исполнение протокола 3A.**
7. **Аннотация последовательностей и анализ результата**

***Практическая работа: “Методы автоматизации в биологии, Autoprotocol*”**

***Цель: Получить представление об устройстве протоколов для автоматизированных исследований. На примере разобрать процесс создания протокола для робота OpenTron2 при помощи визуальной среды программирования*** [***https://designer.opentrons.com***](https://designer.opentrons.com/)***. На примере разобрать процесс создания протокола при помощи python библиотеки для создания Autoprotocol протоколов. Научиться самостоятельно создавать протоколы или в визуальном окружении или при помощи программирования на Python.***

**Ход работы:**

*1. Необходмо выбрать протокол с портала* [*https://openwetware.org*](https://openwetware.org) *(на демонстрации будет использован протокол отжига праймеров https://openwetware.org/wiki/Endy:Annealing\_complementary\_primers)*

*2. Адаптировать выбранный протокол для использования на выбор*

 *а. OpenTrons, при помощи https://designer.opentrons.com/*

 *в этом случае результатом работы является json файл с протоколом.*

 *б. Autoprotocol python library https://github.com/autoprotocol/autoprotocol-python*

 *в этом случае результатом работы является .py файл с программой.*

*Пример кода autoprotocol-python*

*import json*

*from autoprotocol.protocol import Protocol*

*# instantiate a protocol object*

*protocol = Protocol()*

*plate = protocol.ref("test pcr plate", id=None, cont\_type="96-pcr", discard=True)*

*plate.wells(['A1']).set\_volume("50:microliter") # primer 1*

*plate.wells(['A2']).set\_volume("50:microliter") # primer 2*

*plate.wells(['A3']).set\_volume("100:microliter") # NACL*

*plate.wells(['A4']).set\_volume("100:microliter") # H2O*

*for well in range(1,5):*

 *protocol.transfer(plate.well('A1'), plate.well(f'B{well}'), '8:microliter')*

 *protocol.transfer(plate.well('A2'), plate.well(f'B{well}'), '8:microliter')*

 *protocol.transfer(plate.well('A3'), plate.well(f'B{well}'), '4:microliter')*

 *protocol.transfer(plate.well('A4'), plate.well(f'B{well}'), '20:microliter')*

*protocol.thermocycle(plate,*

 *[{"cycles": 1,*

 *"steps": [*

 *{"temperature": "80:celsius",*

 *"duration": "5:minute"},*

 *{"temperature": "70:celsius",*

 *"duration": "15:minute"},*

 *{"temperature": "60:celsius",*

 *"duration": "15:minute"},*

 *{"temperature": "50:celsius",*

 *"duration": "15:minute"}*

 *]*

 *}*

 *])*

*# serialize the protocol as Autoprotocol JSON*

*print(json.dumps(protocol.as\_dict(), indent=2))*

### *Практическая работа: “Моделирование биологических осцилляторов в MATLAB SimBiology”.*

Цель: Получить представление о графическом интерфейсе приложения для математического моделирования MATLAB и пакета SimBiology. На примере моделей репрессилятора и метаболятора получить представление о компонентах моделей, провести математическое моделирование этих систем с различными значениями набора параметров и оценить их влияние на кинетические кривые. Выполнить самостоятельную работу по моделированию реакции связывания лиганда с рецептором, проанализировать полученные кинетические кривые.

Ход занятия:

1. Знакомство с предварительно загруженными математическими моделями на примере репрессилятора и метаболятора, изучение компонентов биологических систем и их отображения в MATLAB SimBiology
2. Запуск скриптов для расчета моделей
3. Подготовка скрипта на языке MATLAB для варьирования значений набора параметров
4. Графическое оформление кинетических кривых по результатам моделирования
5. Построение трехмерных фазовых диаграмм по результатам моделирования
6. Анализ полученных результатов, формирование выводов о влиянии значений различных параметров на кинетику систем
7. Построение модели реакции связывания лиганда с рецептором, расчет модели

Результатом выполнения практикума является набор графиков кинетических кривых систем реакций биологических осцилляторов и реакции связывания лиганда с рецептором, а также трехмерные фазовые портреты рассмотренных систем и оформленные выводы.

#### *Практическая работа: “Bio-design automation: от праймеров к сложной сборке: SBOL, j5, CELLO”*

***Цель: Получить представление о дизайне генетических схем. Познакомиться с языком описания аппаратуры Verilog, логическими выражениями, форматом SBOL. Провести дизайн инвертора и логических конструкций с помощью программ SBOLSesigner, CELLO. Выполнить сборку сложной конструкции методом Golden Gate в программе j5.***

***Ход работы:***

1. ***В программе CELLO реализовать логическую операцию ‘И’ с использованием промоторов pTET и pTAC в качестве входных сигналов и YFP в качестве выходного сигнала. Генетическую схему описать на языке Verilog. Провести анализ полученных данных, рассмотрев полученные функции ответа и последовательность ДНК. Результаты дизайна сохранить в формате zip архива.***
2. ***В программе SBOL провести дизайн TetR инвертора. Для этого использовать следующие генетические части из реестра igem\_collection в SynBioHub: промотор - BBa\_R0040, RBS - BBa\_J61101, CDS - BBa\_C0012, терминатор - BBa\_M45194. Полученную конструкцию объединить с плазмидой pSB1C3. Результаты дизайна сохранить в формате .xml.***
3. ***В программе j5 выполнить практическую задачу по сборке сложной конструкции (TetR инвертора) методом Golden Gate: 1) Изучить способы импортирования последовательностей ДНК биобриков (используются pSB1C3, BBa\_R0040, BBa\_J61101, BBa\_C0012, BBa\_M45194; 2) Изучить правила ассемблирования и ознакомиться с возможностями протоколов j5; 3) Визуализировать результаты с помощью встроенного редактора и сохранение результатов в формате zip архива.***

**Планы по реализации образовательного модуля**

* 1. Сроки и продолжительность образовательного модуля.

Продолжительность модуля 1.5 недели, 72 академических часа.

* 1. Количество обучающихся, приглашаемых для освоения образовательного модуля

30 человек

* 1. Периодичность реализации образовательного модуля (при наличии).

Ежегодно