

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан биологического факультета МГУ

Академик

М.П.Кирипичников

2015 г.

Рабочая программа дисциплины (модуля)

1. Код и наименование дисциплины (модуля): «Теоретическая биофизика»

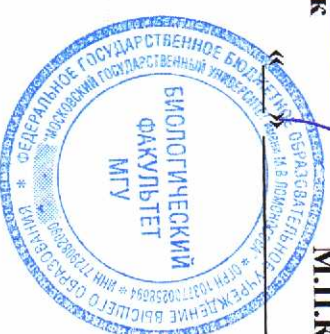
2. Уровень высшего образования – подготовка научно-педагогических кадров в аспирантуре.

3. Направление подготовки – **06.06.01 Биологические науки**. Направленность (профиль) программы – **Биофизика**

4. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП (осенний/весенний семестр), спецкурс по выбору (читается на кафедре биофизики)

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотношенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников)

| Формируемые компетенции<br>(код компетенции)                                                                                                                                                            | Планируемые результаты обучения по дисциплине<br>(модулю)                                                                                                                                                                                                  |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| УК-1: Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях | Владеть:<br>навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях<br>Код В1 (УК-1)<br>Владеть:<br>навыками критического анализа и оценки современных научных |



|                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                        | Достижений и результатов деятельности по решению исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях<br>Код В2 (УК-1)                                                                                                                                              |
| <b>УК-2</b><br>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.   | <b>Знать:</b><br>методы научно-исследовательской деятельности<br>Код 31 (УК-2)                                                                                                                                                                                                                  |
| <b>УК-3:</b><br>Готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач                                                                             | <b>Владеть:</b><br>технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке<br>Код В2 (УК-3)                                                                                                     |
| <b>УК-4:</b><br>Готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языке                                                                                                    | <b>Владеть:</b><br>навыками анализа научных текстов на государственном и иностранном языках<br>Код В1 (УК-4)<br><b>Знать:</b><br>стилистические особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках<br>Код 32 (УК-4) |
| <b>ОПК-1</b><br>Способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий | <b>Уметь:</b><br>собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять количественные методы их анализа                                                                                                                                                                   |

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

6. Объем дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единицы, всего 108 академических часов, из которых 28 часов составляет контактная работа аспиранта с преподавателем (28 часов занятий лекционного типа) и 80 часов составляет самостоятельная работа аспиранта (выполнение домашних заданий и написание реферата).

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

ЗНАТЬ: биофизику, математику, физику, физическую химию, биохимию, основы молекулярной биологии, клеточной биологии и физиологии (на уровне программ специалиста/магистра), теоретические и методологические основы биологических научных исследований

УМЕТЬ: вырабатывать на основе рационального анализа экспериментальных результатов свою точку зрения в вопросах клеточной биофизики и отстаивать ее во время дискуссии со специалистами и неспециалистами; читать и реферировать научную литературу в области клеточной биофизики, 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 лекционные технологии.

9. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических 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 |                           |                        |                             |                                                                                                                                  |       | Самостоятельная работа обучающегося, часы |                             |       |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |              | из них                                                              |                           |                        |                             |                                                                                                                                  |       | 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 |
| СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ДАННЫХ. Построение математической модели первичных процессов фотосинтеза. Применение пакета Microsoft Office в исследовательской работе. Оценка функционального состояния акцепторной части ФС 2 по индукции флуоресценции хлорофилла. Обработка изображений в биофизических исследованиях. Математическая обработка экспериментальных данных. | 48           | 8                                                                   |                           |                        |                             |                                                                                                                                  | 8     | 32                                        | 8                           | 28    |

|                                                                                                                                                        |            |           |  |  |  |  |  |           |           |           |           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|-----------|--|--|--|--|--|-----------|-----------|-----------|-----------|
| <b>ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БИОФИЗИКА.</b><br>ВЫРАВНИВАНИЕ ПОСЛЕДУЯТЕЛЬНОСТЕЙ.<br>АНАЛИЗ ТРЕХМЕРНЫХ СТРУКТУР. АДСОРБЦИЯ<br>НА ПОВЕРХНОСТИ БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ. | 36         | 12        |  |  |  |  |  | 12        | 28        |           | 40        |
| Моделирование взаимодействий<br>белков. Применение методов квантовой<br>химии для решения задач современной<br>биофизики.                              | 24         | 8         |  |  |  |  |  | 8         |           | 12        | 12        |
| <b>Промежуточная аттестация - зачет</b>                                                                                                                |            |           |  |  |  |  |  |           |           |           |           |
| <b>Итого</b>                                                                                                                                           | <b>108</b> | <b>28</b> |  |  |  |  |  | <b>28</b> | <b>60</b> | <b>20</b> | <b>80</b> |

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:

Основная литература

1. Рубин А. Б. Биофизика: в 3-х томах. Том 1. Теоретическая биофизика. М.-Ижевск: ИКИ, 2013. 472 стр.
2. Ризниченко Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии (изд. 2-е, испр. и дополн.) М.-Ижевск: РХД, 2011 г. 560 стр.
3. Нанобиотехнологии: практикум. Под ред. А. Б. Рубина. М.: Бином, 2011. 384 стр.

**Дополнительная литература**

Баташов С. П., Литвин Ф. Ф. Фотохимические превращения бактериородопсина. М., 1985 Молекулярные механизмы биологического действия оптического излучения. (Под ред. А. Б. Рубина). М., 1987

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

о <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK21054/>

Перечень используемых информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости):

Интернет-браузер, базы данных PubMed (NCBI)

Описание материально-технической базы.

Кафедра биофизики биологического факультета МГУ располагает необходимым аудиторным фондом, компьютерами, проекторами и экранами, аудиоаппаратурой.

12. Язык преподавания: русский.

13. Преподаватель: профессор кафедры биофизики д.ф.м.н. Г.Ю.Ризниченко





## Приложение

### Оценочные средства для промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) « Теоретическая биофизика» на основе карт компетенций выпускников

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

|                                                                                                                                                                                |   |      |       |       |        |                                                   |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|------|-------|-------|--------|---------------------------------------------------|
| технологиями оценки результатов коллективной деятельности по решению научных и научно-образовательных задач, в том числе ведущейся на иностранном языке<br>Код В2(УК-3)        |   |      |       |       |        | зачет                                             |
| <b>Знать:</b><br>стилистические особенности представления результатов научной деятельности в устной и письменной форме на государственном и иностранном языках<br>Код З2(УК-4) | 0 | 1-29 | 30-59 | 60-89 | 90-100 | - индивидуальное собеседование, реферат,<br>зачет |
| <b>Владеть:</b><br>навыками анализа научных текстов на государственном и иностранном языках<br>Код В1(УК-4)                                                                    | 0 | 1-29 | 30-59 | 60-89 | 90-100 | - индивидуальное собеседование, реферат,<br>зачет |
| <b>Уметь:</b><br>собирать, отбирать и использовать необходимые данные и эффективно применять количественные методы их анализа                                                  | 0 | 1-29 | 30-59 | 60-89 | 90-100 | - индивидуальное собеседование, реферат,<br>зачет |



## Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

### Примеры вопросов к промежуточному контролю (темы рефератов, вопросы для индивидуального собеседования):

Оцените среднее расстояние, на которое смешается молекула белка в растворе за 1 нс при температуре 300К, если коэффициент вязкого трения составляет  $3 \times 10^{-11}$  кг с<sup>-1</sup>.

Оцените среднюю частоту столкновений молекул белка альбумина между собой в 5%-ном растворе.

Рассчитайте энергию взаимодействия двух единичных зарядов, разнесённых на расстояние 2нм, в дистиллированной воде и в растворе с ионной силой 150 мМ.

Оцените возможное число окислительно-восстановительных состояний, в которых может находиться цитохромный  $b_6f$  комплекс.

На языке *Karr* опишите реакции, входящие в Q-цикл Митчелла.

Получите спектральное мультисеквенциальное разложение для функции  $t/(1+t)$  для  $t \in [0.1, 2]$ . Прокомментируйте полученный результат.

Предложите и протестируйте реализацию подбора параметров модели для описания экспериментальных данных, используя алгоритм Монте-Карло для марковских цепей. Используйте конкретный пример.

Какие физические факторы необходимо учитывать при моделировании диффузии макромолекул?

Как электростатические взаимодействия участвуют в процессе ассоциации/диссоциации белковых макромолекул?

Охарактеризуйте и сравните способы решения задач (био)химической кинетики, основанные на применении закона действующих масс и алгоритма Гиллеспи.

Охарактеризуйте области применения методов линейной и нелинейной регрессии при анализе временных рядов.

Охарактеризуйте области применения методов линейной и нелинейной регрессии при анализе временных рядов.

Как связаны размытие изображения фильтром Гаусса и решение уравнений в частных производных для интенсивностей пикселей изображения?

Охарактеризуйте различия между результатами понижения размерности данных методами главных компонент и независимых компонент.



## **ПРОГРАММА**

### **зачета по спецкурсу «Теоретическая биофизика»**

## **Современные методы обработки и анализа данных**

Обработка временных рядов на примере исследования разложения флуоресценции хлорофилла, происходящего при освещении

адаптированных к темноте фотосинтезирующих организмов (растения, водоросли). Различные подходы к построению моделей первичных процессов фотосинтеза, такие как кинетические модели (системы обыкновенных дифференциальных уравнений) и агентные модели.

Различные алгоритмы минимизации, позволяющие провести идентификацию параметров моделей по экспериментальным данным, особое их применение для решения тех или иных практических задач. Простые программы на языке Python, в которых рассматриваемые методы использованы для анализа реальных экспериментальных данных. Широко применяемый в экомониторинге и агробиотехнологии JIP-тест для оценки параметров электронного транспорта.

Актуальные подходы к обработке и анализу изображений. Навыки работы со статистическими и динамическими изображениями для решения таких задач как подавление шума, разделение (сегментация) изображений на объект и фон, представление изображений в пространстве преобразований (Фурье и вейвлет), выделение кооперативных мод динамики в видео и т.д. Как методы обработки изображений позволяют получать информацию об исследуемой системе. Использование видео и изображений, которые каждый студент может сделать в повседневной жизни с помощью обычного смартфона, равно как и экспериментальных данных, которые студенты получают в своих лабораториях или находящихся в открытом доступе.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ БИОФИЗИКА**

Основные особенности кинетики биологических процессов. Описание динамики биологических процессов на языке химической кинетики. Математические модели. Задачи математического моделирования в биологии. Общие принципы построения математических моделей биологических систем. Понятие адекватности модели реальному объекту. Динамические модели биологических процессов. Линейные и нелинейные процессы. Методы качественной теории дифференциальных уравнений в анализе динамических свойств биологических процессов. Понятие о фазовой плоскости и фазовом портрете системы. Временная иерархия и принцип “узкого места” в биологических системах. Управляющие параметры. Быстрые и медленные переменные.

Способы математического описания пространственно неоднородных систем.

Стационарные состояния биологических систем. Множественность стационарных состояний. Устойчивость стационарных состояний.

Модели триггерного типа. Примеры. Силовое и параметрическое переключение триггера. Гистерезисные явления. Колебательные процессы в биологии. Автоколебательные режимы. Предельные циклы и их устойчивость. Примеры.

Представления о пространственно неоднородных стационарных состояниях (диссипативных структурах) и условиях их образования.

Кинетика ферментативных процессов. Особенности механизмов ферментативных реакций. Понятие о физических механизмах ферментативного катализа.

Классификация термодинамических систем. Первый и второй законы термодинамики в биологии. Теплоемкость и сжимаемость белковых глобул. Расчеты энергетических эффектов реакций в биологических системах. Характеристические функции и их использование в анализе биологических процессов.

Изменение энтропии в открытых системах. Постулат Пригожина. Термодинамические условия осуществления стационарного состояния. Связь между величинами химического сродства и скоростями реакций. Термодинамическое сопряжение реакций и тепловые эффекты в биологических системах.

Понятие обобщенных сил и потоков. Линейные соотношения и соотношения взаимности Онзагера. Термодинамика транспортных процессов. Стационарное состояние и условия минимума скорости прироста энтропии. Теорема Пригожина.