



«УТВЕРЖДАЮ»

Декан физического факультета

МГУ имени М.В. Ломоносова

профессор

30.03.2022

Н.Н. Сысоев

2022 г.

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ имени М.В.ЛОМОНОСОВА
ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ПРОГРАММА КАНДИДАТСКОГО ЭКЗАМЕНА
по специальности 1.1.10 Биомеханика и биоинженерия
(физико-математические науки)

1. Физико-химические основы биоинженерии

- 1.1. Взаимосвязь физических, физико-химических, биохимических и биологических процессов в живых организмах. Основные положения термодинамики и кинетики живых систем.
- 1.2. Квантовомеханические подходы, подходы физики конденсированного состояния вещества и подходы физики макросистем к изучению биологических объектов.
- 1.3. Взаимодействия в молекулярных системах. Ковалентные связи. Мезоскопические силы.
Жидкие кристаллы. Поверхностные явления.
- 1.4. Диффузия. Гидродинамика при малых числах Рейнольдса.
- 1.5. Биоэлектрохимия. Механика и электрохимия мембран. Донnanовское равновесие.
Реология биологических тканей и жидкостей.
- 1.6. Механические и реологические свойства полимеров и биополимеров, полиэлектролиты.
Фазовые переходы.

2. Пространственная структура и динамические свойства биомакромолекул.

- 2.1. Органеллы клеток, цитоскелет, мембранны. Связь структуры и физических свойств с функциями.
- 2.2. Нуклеиновые кислоты. Структура и функции ДНК и РНК.
- 2.3. Аминокислоты, пептиды, белки. Пептидная связь. Глобулярные и фибриллярные белки, мембранные белки. Уровни пространственной организации белков.
- 2.4. Фолдинг биополимеров, парадокс Левинталя. Роль хиральности в структурообразовании макромолекул. Конформационная подвижность макромолекул.
- 2.5. Типы и физико-химические свойства липидов. Строение и функции клеточных мембран.

3. Методы исследования макромолекул.

- 3.1. Квантово-химические методы исследования макромолекул
- 3.2. Оптические методы исследования биополимеров
- 3.3. Рентгеноструктурный анализ биополимеров
- 3.4. Магнитно-резонансные методы исследования биополимеров, надмолекулярных структур клетки и организмов.
- 3.5. Электронная и атомно-силовая микроскопия, масс-спектрометрия
- 3.6. Методы исследования нуклеиновых кислот
- 3.7. Теоретические методы исследования структурно-динамических свойств биополимеров

4. Молекулярные основы генной инженерии

- 4.1. Современные основы протеомики
- 4.2. Молекулярные основы генной инженерии
- 4.3. Направленный мутагенез белков
- 4.4. Экспрессия генов

5. Биофизические основы нанобиоинженерии.

- 5.1. Наносистемы различной размерности
- 5.2. Методы создания наноматериалов и функциональных наносистем
- 5.3. Роль поверхности и границ раздела фаз в процессах, протекающих вnano-объектах и наносистемах
- 5.4. Наноматериалы и наносистемы как средства доставки лекарств и биологически активных соединений

6. Биоинженерия в медицинской биофизике и фармакологии

- 6.1. Роль свободнорадикальных процессов в старении
- 6.2. Транспорт липидов
- 6.3. Моноклональные антитела
- 6.4. Ферментные датчики и электроды
- 6.5. Докинг. Роль молекулярного моделирования в разработке новых лекарств

7. Биомеханика макроскопическая

7.1. Введение в гидродинамику и аэродинамику

- Математические методы теории сплошных сред
- Конвективный перенос, диффузия и активная диффузия
- Законы подобия. Число Рейнольдса.

7.2. Биомеханика полета.

7.3. Биомеханика плавания (высокие числа Рейнольдса).

- Силы, действующие на организм в воде
- Естественные способы снижения гидродинамического сопротивления.
- Биомиметические материалы.

7.4. Биомеханика сухопутных организмов.

- Силы, действующие на организм на суше.
- Энергоэффективность движения

7.5. Массоперенос микрообъектов на макромасштабе в подвижной среде (планктон, пыльца)

8. Биомеханика анатомическая

8.1. Организм как механическая система.

8.2. Движение конечностей с точки зрения теоретической механики.

- Развиваемые силы и прочность
- Строение конечностей и энергоэффективность движения: бег, плавание, взмахи крыльями.

8.3. Биомеханика кровообращения

- Большой и малый круг кровообращения.
- Типы и свойства кровеносных сосудов. Сердечная мышца.
- Реология крови. Гемодинамические модели.

8.4. Механика дыхательной системы.

- Легкие. Движение воздуха в легких.
- Механика речеобразования.

9. Биомеханика тканей и клеточных агрегатов

9.1. Соединительная ткань. Коллаген, костная ткань, эпидермис. Связь структуры и физических (механических) свойств биоматериала.

9.2. Структура мышечной ткани. Механизм сокращения мышечных волокон. Преобразование энергии.

9.3. Механика и физические свойства клеточных мембран

- Мембрана как двумерный континуум. Реологические свойства мембраны
- Механизмы упругости, математические модели клеточных мембран.
- Ундуляции (волны) мембран

9.4. Механика в квазидвумерных биосистемах. Колонии бактерий. Хемотаксис.

9.5. Механореология клеточных агрегатов

10. Биомеханика клеток

10.1. Микрогидродинамика (малые числа Рейнольдса) – особенности явлений переноса на микромасштабе.

10.2. Движение микроорганизмов в жидкой среде при малых числах Рейнольдса:

- Подвижность клеток и одноклеточных организмов.
 - Типы способов перемещения, pusher vs. puller, жгутики vs. реснички, эффективность
- 10.3. Гидродинамические взаимодействия клеток. Эластогидродинамические эффекты.
- 10.4. Физические механизмы адгезии клеток. Механочувствительность клеток.
- Клетка в потоке жидкости.
 - Эритроциты и лимфоциты. Реология крови.
 - Тромбоциты (цитоскелет).
 - Распределение клеток в кровеносном сосуде. Механизмы и модели агрегации и перераспределения клеток крови в потоке.

10.5. Гидродинамики и реология цитоплазмы. Особенности массопереноса внутри клеток.

10.6. Механика митоза.

11. Биомеханика молекулярная

11.1. Основы физики белковых молекул.

- Конформации линейных полимеров. Энтропийная упругость линейного полимера
- Фолдинг белковых молекул. Вклад энталпии в упругие свойства протеинов.
- Взаимодействие белков (фермент-субстрат) и молекулярное узнавание (ключ-замок) с физической точки зрения.

11.2. Механика нуклеиновых кислот

- Структура молекулы ДНК (первичная, вторичная, третичная).
- Динамика ДНК. Крутильные и изгибные движения. Внутренние движения ДНК. Иерархия математических моделей.
- Механизмы расплетания двойной спирали. Уравнение синус-Гордона, односолитонные и многосолитонные решения, решение вида "кинк".

11.3. Тубулиновые микротрубочки.

- Функции, структура и механические свойства. АСМ эксперименты.
- Рост и разрушение микротрубочки как пример перехода между катастрофой и спасения

11.4. Молекулярные машины, двигательные белки (кинезины). Направленное движение из хаоса – физические механизмы и связь со структурой двигательных белков.

11.5. Взаимосвязь биохимии и молекулярной биомеханики.

Основная литература

1. Альбертс Б., Джонсон А., Льюис Дж., Рэфф М., Робертс К., Уолтер П. Молекулярная биология клетки. Пер. с английского Светлова А.А. и Карповой О.В., 5-е изд. в 3-х томах, М. Иж.: Изд. НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2013.
2. Нельсон Д., Кокс М. Основы биохимии Ленинджера. 3-е издание, исправленное, в 3-х томах. Пер. с английского, М., Изд. Лаборатория знаний, 2017.
3. Сердюк И., Заккаи Н., Заккаи Дж. Методы в молекулярной биофизике, тт. 1 и 2, М. Пер. с английского, Изд. «КДУ», 2009.
4. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии. Редакторы К. Уилсон и Дж. Уокер, пер. с англ., 2-е изд. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015, 848 с.
4. Губин С.П., Кокшаров Ю.А., Хомутов Г.Б., Юрков Г.Ю. Магнитные наночастицы: методы получения, строение и свойства. Успехи химии, 2005, т. 74, стр. 539-574.
5. Эрнст Р., Боденхаузен Дж., Вокаун А. ЯМР в одном и двух измерениях. М. Изд. «Мир», 1990.
6. Уэй Т. Физические основы молекулярной биологии (пер. с англ., Долгопрудный: Издат. дом “Интеллект”, 2010)
7. Сулимов В.Б., Сулимов А.В. Докинг: молекулярное моделирование для разработки лекарств.- М.: ИИнтелл, 2017. – 348 с.
8. Эрлих Г. Малые объекты – большие идеи. Широкий взгляд на нанотехнологии. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2014. – 254 с.
9. Р. Александр. Биомеханика. - М.: Мир, 1970.
10. Д.Д.Донской, В.М.Зациорский. Биомеханика. – М.:Физкультура и спорт, 1979.

Зав. отделением экспериментальной и теоретической физики
профессор


Б.И. Садовников

Заведующий кафедрой биофизики
профессор



Б.А. Твердислов



МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА



ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

ПРИКАЗ

«30» 03 2022 г.

Москва

№ 410 ас.

Об утверждении временных рабочих программ кандидатских экзаменов

На основании решения Учёного совета физического факультета

приказываю:

Утвердить прилагаемые временные рабочие программы кандидатских экзаменов по следующим специальностям:

- 1.1.2 Дифференциальные уравнения и математическая физика;
- 1.1.10 Биомеханика и биоинженерия;
- 1.3.1 Физика космоса, астрономия;
- 1.3.15 Физика атомных ядер и элементарных частиц, физика высоких энергий;
- 1.6.9 Геофизика;
- 1.6.17 Океанология;
- 1.6.18 Науки об атмосфере и климате.

Основание: выписка из протокола № 1 заседания Учёного совета от 24.02.2022.

Декан
физического факультета
профессор

Н.Н.Сысоев