# ***Программа вступительного экзамена по направлению 1.5. Биологические науки***

**Целью** вступительного испытания является оценка уровня освоения поступающим компетенций, необходимых для обучения по направлению ***1.5. «Биологические науки»***по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре.

**Программы вступительных испытаний при приеме на обучение в аспирантуре формируются** на основе требований Национального исследовательского Университета ИТМО. Экзамен проводится по билетам. Билет содержит 2 вопроса в соответствии с программой, а также вопрос о планируемом диссертационном исследовании абитуриента.

**Форма вступительного испытания:** устно-письменная

**Форма вступительного испытания с использованием дистанционных технологий:** тест, устно-письменная

**Продолжительность** проведения вступительного испытания. Продолжительность вступительного испытания - не более 90 минут.

**Критерии оценивания:** “неудовлетворительно”, “Удовлетворительно”, “Хорошо”, “Отлично”

**Минимальный проходной балл,** подтверждающий успешное прохождение вступительных испытаний: оценка “удовлетворительно”.

**Перечень принадлежностей**, которые поступающий имеет право пронести в аудиторию во время проведения вступительного испытания: письменные принадлежности, непрограммируемый калькулятор.

**Научная специальность 1.5.2. «Биофизика»**

1. «Центральная догма» молекулярной биологии. Ген. Экспрессия гена. Стадии экспрессии гена у прокариот и эукариот. Сплайсинг.
2. Абсорбционная спектроскопия в видимом и инфракрасном диапазоне.
3. Активный транспорт ионов. Система уравнений, отображающая термодинамическое сопряжение при активном транспорте. Калий-натриевая помпа, механизм функционирования, физиологическая роль.
4. Антитела. Антигены. Специфический иммунитет. Строение молекул иммуноглобулинов. Специфичность антител. Использование антител в исследовательской практике.
5. Аффинное взаимодействие биомолекул. Типы физических взаимодействий, обеспечивающих молекулярное узнавание. Методы исследования специфичности связывания молекул.
6. Белки. Химическое строение, уровни структуры. Фолдинг белка. Выделение и фракционирование белков (электрофорез, изофокусирование, хроматография…)
7. Биофизика и физиология зрительного анализатора. Механизм фотоизомеризации родопсина. Природа, свойства и основные характериcтики оптического излучения. Отражение света. Оптическое волокно. Светодиоды. Практическое применение в медицине.
8. Биофизика и физиология слухового анализатора. Механизм слуховой рецепции. Роль эндокохлеарного потенциала.
9. Биофизические механизмы трансдукции в рецепторах разных типов. Свойства рецепторного и генераторного потенциалов. Генерация потенциалов действия и их бездекрементное проведение по афферентным волокнам.
10. Биохемилюминесценция, использование её в медицине. Собственная флуоресценция живых тканей.
11. Вены. Общая характеристика систем верхней и нижней полых вен, воротные вен. Строение стенки венозных сосудов, клапаны. Факторы, определяющие величину венозного возврата крови. Механизм венного пульса, флебограмма.
12. Взаимодействие молекул с электромагнитным излучением. Молекулярный спектр. Квантовое описание взаимодействия ЭМ-излучения с молекулами. Правило Ферми.
13. Внутренняя среда организма. Гомеостазис. Биологические жидкости. Механизмы обмена веществ между кровью и интерстициальной жидкостью, между интерстициальной жидкостью и лимфой.
14. Волновая функция. Уравнение Шредингера. Принципы квантовомеханического описания строения молекул (приближения Борна-Оппенгеймера и Хартри-Фока).
15. Второе начало термодинамики в биологических системах. Понятие энтропии, размерность этой физической величины. Формулы Клаузиуса и Больцмана. Тепловая теорема Нернста.
16. Генерация потенциалов действия в аксоном холмике. Нейрон как интегратор. Закономерности синаптической передачи (в сопоставлении с закономерностями проведения возбуждения по нервному волокну).
17. Генетическая инженерия. Плазмиды и бактериофаги. Метод рекомбинантных ДНК. Ферменты генетической инженерии. Векторы для клонирования в бактериях. Получение рекомбинантных белков.
18. Гистоны и негистоновые белки хроматина. Хроматин или дезоксинуклеопротеидный комплекс. Три уровня организации хроматина. Регуляция экспрессии генов на уровне хроматина.
19. Дипольное приближение взаимодействия частицы с ЭМ-излучением. Рассеяние света, его характеристики. Приближение Рэлея (спектр, пространственное распределение). Неупругое рассеяние света.
20. Дыхательная система человека, бронхиальное “дерево”, генерации бронхов. Строение трахеи и бронхов, реснитчатые и секреторные клетки. Мукоцилиарный клиренс.
21. Закономерности движения крови по сосудам. Анализ уравнения Пуазейля.
22. Иммунная система организма. Центральные и периферические органы - строение и функциональное значение. Взаимодействия В-лимфоцитов, макрофагов и Т-лимфоцитов в обеспечении иммунопоэза.
23. Интегративные функции ЦНС. Безусловные и условные рефлексы. Различия между ними. Правила выработки условных рефлексов. Понятие о форпостном регулировании. Безусловное, условное и запредельное торможение условнорефлекторной деятельности.
24. Катаболизм и анаболизм. Метаболизм глюкозы. Гликолиз. Цикл лимонной кислоты.
25. Кислотно-основные свойства молекул, рН, буферные растворы. Кислотно-основные свойства белков.
26. Клапанный аппарат сердца. Его роль в кровообращении, механизм функционирования. Цикл сердечной деятельности, его фазовая структура. Изменения кровяного давления в камерах сердца в течение цикла сердечной деятельности. Работа и мощность сердца.
27. Клеточные сигнальные системы. Природа биологических сигналов. Обратные связи. Рецепторы, основные типы рецепторных белков. Межклеточная коммуникация.
28. Клеточный цикл. Фазы клеточного цикла эукариот. Митоз. Мейоз. Регуляция клеточного цикла. Апоптоз. Методы исследования клеточного цикла, проточная цитометрия.
29. Метаболизм азота. Основные пути биосинтеза и деградации аминокислот и нуклеотидов. Цикл мочевины. Фиксация азота.
30. Митохондрии и хлоропласты. Строение и функции. Окислительное фосфорилирование и синтез АТФ, другие биохимические функции митохондрий. Митохондриальная ДНК геном. Фотосинтез в хлоропластах.
31. Мутагенез и репарация. Спонтанный мутагенез. Основные виды мутагенов. Классификация мутаций. Системы репарации. Основные концепции молекулярной эволюции.
32. Мякотные и безмякотные нервные волокна. Бездекрементное проведение возбуждения по мякотным нервным волокнам. Структура миелиновой оболочки аксонов в периферической и центральной нервной системе.
33. Нервно-мышечная передача. Потенциал концевой пластинки. Распространение мышечного импульса по сарколемме. Значение Т-трубочек в мышечном сокращении. Саркомер. Биофизический механизм электромеханического сопряжения, роль ионов Са2+ в этом процессе.
34. Нуклеиновые кислоты (НК). Химическое строение, структура. Тепловая денатурация НК. Гибридизация НК. Оптические спектральные свойства НК. Фракционирование НК.
35. Обмен липидов в организме. Биосинтез липидов и фосфолипидов, окисление жирных кислот в живых тканях. Липиды биологических мембран. Строение и функции биомембран. Жидкокристаллическое состояние биомембран.
36. Обмен энергии в организме. Анализ уравнения теплового баланса организма. Терморегуляция гомойотермного организма. Эффекторы теплопродукции и теплообмена.
37. Общие принципы морфофункциональной организации эукариотической клетке (животной и растительной). Классификация органоидов, их структура и функциональное значение.
38. Окислительно-восстановительные свойства молекул, уравнение Нернста. Перенос электронов в биологических системах. Дыхание и фотосинтез как транспорт электронов. Роль ионов переходных металлов.
39. Оптические спектральные свойства белков (поглощение, флуоресценция, оптическая активность). Методы измерения концентрации белка.
40. Основные показатели гемодинамики. Эффект Доплера. Регистрация и изменение параметров кровотока на базе доплеровских приборов.
41. Основы кинетики химических реакций. Кинетические уравнения. Константы скорости и равновесия. Порядок реакции. Уравнение Эйринга-Аррениуса. Катализ.
42. Основы термодинамики открытых и неравновесных систем. Энтропия открытой системы. Самоорганизация и хаотизация. Диссипативные структуры.
43. Пассивные электрические свойства живых тканей. Особенности их электропроводности и диэлектрических свойств. Электрический импеданс живых тканей и его дисперсия.
44. Первое начало термодинамики. Особенности I начала термодинамики в биологичеких системах (отличие биологической системы от тепловой машины).
45. Плазматическая мембрана, ее функции, биологическая роль. Транспорт через биологические мембраны. Мембранный потенциал. Каналы и переносчики. Эндоцитоз. Рецептор-опосредованный эндоцитоз.
46. Полисахариды. Нахождение в природе: целлюлоза, хитин, бактериальные полисахариды.
47. Понятие радикала, цепной реакции. Радикалообразующие реакции: гомолитический, термический и фотохимический разрыв ковалентных связей. Цепная полимеризация виниловых мономеров, реакции инициирования, роста и обрыва цепи. Кинетика радикальной полимеризации. Химическое строение мономера и способность к полимеризации.
48. Понятие реакции поликонденсации и факторы, определяющие получение линейных и высокомолекулярных полимеров. Кинетика поликонденсации.
49. Понятия идеально упругого и идеально вязкого элементов. Уравнения Гука и Ньютона-Стокса. Функции резистивных сосудов. Регуляция сосудистого тонуса.
50. Преломление света и рефрактометрические свойства биологических систем.
51. Равновесное и неравновесное излучение. Распределение Планка. Источники электромагнитного излучения различных диапазонов. Лазеры.
52. Радиоспектроскопия. Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс.
53. Различие в свойствах между низкомолекулярными и высокомолекулярными соединениями. Полимергомологи. Виды макромолекул по пространственной архитектуре, строению основной цепи. Природные, синтетические, органические и неорганические полимеры. Методы получения.
54. Распространение излучений в среде. Оптические характеристики среды. Закон Бера. Хиральность и оптическая активность.
55. Рекомбинация. Виды рекомбинации (по механизму, по результату). Структура Холлидея; гомологическая рекомбинация. Мобильные генетические элементы. Горизонтальный перенос генов. Биологическое значение рекомбинации.
56. Ремоделирование костной ткани. Соединение костей скелета человека между собой, типы соединений. Классификация суставов, объём движений в них. Биомеханика суставов.
57. Рентгеновское излучение. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Рентгеноструктурный анализ.
58. Рентгеновское излучение. Взаимодействие рентгеновского излучения с веществом. Физические основы применения рентгеновых лучей в медицинской диагностике.
59. Репликация. Матричный синтез нуклеиновых кислот. ДНК-полимеразы. Механизмы репликации. Репликационная вилка. ПЦР. Принципы секвенирования ДНК.
60. Секреторный путь клетки. Эндоплазматический ретикулум, аппарат Гольджи, лизосомы. Везикулярный транспорт. Понятие сигнальных пептидов. Гликозилирование белков. Экзоцитоз. Секреция.
61. Синапсы с химической (медиаторной) передачей. Медиаторы и модуляторы. Свойства пресинапса, синаптической щели, субсинаптической мембраны. Механизм синаптической передачи.
62. Синаптическая передача возбуждения в нервной системе. Классификация синапсов (по способу передачи, по местоположению, по характеру реакции постсинаптических структур).
63. Спиновый магнитный резонанс. ЭПР-спектроскопия. ЯМР-спектроскопия и магнитная томография. Принципы определения структуры молекул с помощью ЯМР.
64. Строение и функции капилляра. Размеры (средняя величина длины и диаметра) отдельного кровеносного капилляра. Суммарная длина и суммарное сечение всех кровеносных капилляров большого круга кровообращения. Типы капилляров в зависимости от структуры стенки. Механизм обмена веществ через стенку капилляра.
65. Типы физических взаимодействий, обеспечивающих молекулярное узнавание. Аффинное взаимодействие биомолекул. Аллостерия. Методы исследования специфичности связывания молекул.
66. Транскрипция. РНК-полимеразы. Регуляция транскрипции (на примерах генов прокариот: лактозный оперон, регуляция развития умеренного фага лямбда и др.).
67. Трансляция. Рибосомы, строение и функции. Рибосомальные и транспортные РНК. Генетический код. Аминоацилирование тРНК. Синтез белка на рибосоме.
68. Транспорт кислорода кровью. Кислородная ёмкость крови и кислородное насыщение. Кривая диссоциации оксигемоглобина. Артерио-венозная разница по кислороду.
69. Уравнение Бернулли. Среднее кровяное давление как энергетический эквивалент. Расчет среднего кровяного давления (формула среднего). Статический и динамический компоненты работы сердца.
70. Ферменты. Ферментативный катализ. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Ингибирование ферментативных реакций. Методы исследования ферментативной активности.
71. Физиология мышечной ткани. Сила и работа мышцы. Изометрическое и изотоническое сокращение. Уравнение Хилла. Преимущества и недостатки различных типов материалов с точки зрения их применения в качестве биоматериалов.
72. Флуоресценция. Количественные характеристики флуоресценции молекулярных растворов. Применение флуоресцентных методов в биофизике.
73. Функциональная модель потенциалзависимого натриевого канала. Разнообразие ионных каналов в биологических мембранах. Транспорт ионов по мембранным каналам и при помощи переносчиков.
74. Химический состав биологических систем. Классы биомолекул. Биополимеры. Методы выделения и фракционирования компонентов клетки (ультрацентифугирование, хроматография, электрофорез).
75. Химическая термодинамика. Энтальпия, энтропия, свободная энергия Гиббса, химический потенциал. Сопряжение физико-химических процессов. Основные энергетические процессы в биосфере.
76. Цитоскелет. Актиновые филаменты, микротрубочки, промежуточные филаменты. Моторные белки. Миофибрилла. Роль цитоскелета в митозе, движении и морфогенезе клеток.
77. Электромагнитные колебания и волны. Шкала электромагнитных волн. Классификация частотных интервалов, принятая в медицине.
78. Энергетическое сопряжение фотосинтеза и клеточного дыхания. Механизм межмолекулярного переноса электронов по дыхательной цепи митохондрий. Механизм сопряжения окисления и фосфорилирования (синтеза АТФ) в митохондрии.

**Рекомендованная литература для научной специальности 1.5.2. «Биофизика»**

1. Медицинская биофизика: учебник для вузов / В.О. Самойлов. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб : СпецЛит, 2007. – 560 с.
2. Медицинская и биологическая физика/А.Н. Ремизов. – 4–е изд., испр. и доп. – М: Высшая школа, 2012. – 616 с. Дополнительная 73
3. Молекулярная биология клетки - в 3-х т. / Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж., Рэфф М., Робертс К., Уотсон Дж. Т. — М.: Мир, 1994
4. Биофизика / М. В. Волькенштейн . – СПб. : Лань, 2008. - 594 с.
5. Рубин А.Б. Биофизика. В 2-х т. Изд-во Московского университета; 1999.
6. Кантор Ч., Шиммел П. Биофизическая химия: В 3 т. М.: Мир, 1984.
7. Кольман Я., Рём К.-Г. Наглядная биохимия. М.: 2000. - 469 с.
8. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математическая биофизика. М., 1984.
9. Седова В.М., Боголюбов Д.С. «Физико-химические основы цитологии», 2009. Учебное пособие, Библиотека СПбГПУ.
10. Седова В.М., Боголюбов Д.С., Спивак И.М. «Регуляторные механизмы экспрессии генома», 2011, Учебное пособие, библиотека СПбГПУ.
11. Остроумова О.С.,.Ефимова С.С, Малев В.В., Шагина Л.В. Ионные каналы в модельных липидных мембранах .СПб.:Изд-во Политехнического университета, 2013.
12. Власова О.Л. Экспериментальные методы исследований. Физико-химические основы многопараметрического оптического анализа биодисперсий. СПб.:Изд-во Политехнического университета, 2013.
13. Паутов В.Д. Прикладная физика. Гидродинамические и оптические методы исследования лекарственных веществ. Учебное пособие. СПб.: Издательство Политехнического университета. 2006. 99 с.
14. Паутов В.Д. Прикладная физика. Спектроскопические методы исследования лекарственных веществ. Учебное пособие. СПб.: Издательство Политехнического университета. 2006. 127 с.
15. Панарин Е.Ф. «Полимеры в медицине и фармации». Учебное пособие. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2008. 192 с.
16. Писарев О.А., Полякова И.В. «Фракционирование биологически активных веществ. Часть 1: Аналитические методы». Учебное пособие. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2009. 95 с.
17. Е.Ф. Панарин «Химия высокомолекулярных соединений». Учебное пособие. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2010. 203 с.
18. Ганин П.Г, Писарев О.А. «Физико-химические основы культивирования микроорганизмов и выделения целевых продуктов биосинтеза». Издательство Политехнического университета.2010.140c.
19. Писарев О.А, Полякова И.В. «Фракционирование биологически активных веществ. Часть 2: Препаративные методы». Учебное пособие. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2011. 180с.
20. Соловский. М.В. Физиологически активные полимеры. Учебное пособие. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2011. 110с.

**Specialization 1.5.2. Biophysics**

1. The "central dogma" of molecular biology. Gene. Gene expression. Stages of gene expression in prokaryotes and eukaryotes. Splicing.
2. Absorption spectroscopy in the visible and infrared ranges.
3. Active ion transport. System of equations for thermodynamic coupling in active transport. The sodium–potassium pump, its functioning mechanism, physiological role.
4. Antibodies. Antigens. Specific immunity. The structure of immunoglobulin molecules. Antibody specificity. The use of antibodies in applied research.
5. Affinity interaction of biomolecules. Types of physical interactions providing molecular recognition. Methods for studying the specificity of binding molecules.
6. Proteins. Chemical composition and levels of protein structure. Protein folding. Protein isolation and fractionation (electrophoresis, isoelectric focusing, chromatography…).
7. Biophysics and physiology of the visual system. Photoisomerization mechanism of rhodopsin. The nature, properties and main characteristics of optical radiation. Reflection of light. Optical fiber. Light-emitting diodes (LEDs). Practical application in medicine.
8. Biophysics and physiology of the auditory system. The mechanism of auditory reception. The role of the endocochlear potential.
9. Biophysical mechanisms of transduction in receptors of different types. Properties of the receptor and generator potentials. Generation of action potentials and their non-decremental conduction along afferent fibers.
10. Biochemiluminescence, its use in medicine. Intrinsic fluorescence of living tissues.
11. Veins. General characteristics of the superior and inferior vena cava systems, the portal vein. The structure of the wall of veins, valves. Factors that determine the amount of venous blood return. Venous pulse mechanism, phlebogram.
12. Interaction of molecules with electromagnetic radiation. Molecular spectra. Quantum description of the interaction of EM radiation with molecules. Fermi's rule.
13. The internal environment of the body. Homeostasis. Biological fluids. Mechanisms of substance exchange between blood and interstitial fluid, between interstitial fluid and lymph.
14. Wave function. The Schrödinger equation. Principles of quantum mechanical description of the molecular structure (the Born-Oppenheimer and Hartree-Fock approximations).
15. The second law of thermodynamics in biological systems. The concept of entropy, the dimension of entropy. Clausius’ and Boltzmann’s formulas. The Nernst heat theorem.
16. Generation of action potentials in the axon hillock. Neuron as an integrator. Patterns of synaptic transmission (in comparison with the patterns of conduction of excitation along the nerve fiber).
17. Genetic engineering. Plasmids and bacteriophages. Recombinant DNA method. Enzymes used in genetic engineering. Cloning vectors in bacteria. Production of recombinant proteins.
18. Histones and nonhistone proteins of chromatin. Chromatin or deoxynucleoprotein complex. Three levels of chromatin organization. Chromatin regulation of gene expression.
19. Dipole approximation of the interaction of a particle with EM radiation. Scattering of light, its characteristics. Rayleigh approximation (spectrum, spatial distribution). Inelastic light scattering.
20. Human respiratory system, bronchial “tree”, bronchial generations. The structure of the trachea and bronchi, ciliated and secretory cells. Mucociliary clearance.
21. Patterns of blood flow through the vessels. Analysis of the Poiseuille equation.
22. The immune system of the body. Central and peripheral organs, their structure and functional significance. Interactions of B-lymphocytes, macrophages and T-lymphocytes in providing immunopoiesis.
23. Integrative functions of the central nervous system. Unconditioned and conditioned reflexes. The difference between them. Rules for the development of conditioned reflexes. The concept of anticipatory control. Unconditional, conditional and protective inhibition of conditioned reflex activity.
24. Catabolism and anabolism. Metabolism of glucose. Glycolysis. The citric acid cycle.
25. Acid-base properties of molecules, pH, buffer solutions. Acid-base properties of proteins.
26. Valvular heart apparatus. Its role in blood circulation, its functioning mechanism. The cardiac cycle, its phases. Changes in blood pressure in the chambers of the heart during the cardiac cycle. The work and power of the heart.
27. Cell signaling systems. The nature of biological signals. Feedback. Receptors, the main types of receptor proteins. Intercellular communication.
28. Cell cycle. Phases of the eukaryotic cell cycle. Mitosis. Meiosis. Regulation of the cell cycle. Apoptosis. Methods for studying the cell cycle, flow cytometry.
29. Nitrogen metabolism. The main ways of biosynthesis and degradation of amino acids and nucleotides. The urea cycle. Nitrogen fixation.
30. Mitochondria and chloroplasts. Their structure and functions. Oxidative phosphorylation and ATP synthesis, other biochemical functions of mitochondria. Mitochondrial DNA genome. Photosynthesis in chloroplasts.
31. Mutagenesis and repair. Spontaneous mutagenesis. The main types of mutagens. Mutation classification. Repair systems. Basic concepts of molecular evolution.
32. Medullated and non-medullated nerve fibers. Non-decremental conduction of excitation along the medullated nerve fibers. The structure of the myelin sheath of axons in the peripheral and central nervous system.
33. Neuromuscular transmission. End-plate potential. Propagation of a muscle impulse along the sarcolemma. The importance of T-tubules in muscle contraction. Sarcomere. Biophysical mechanism of electromechanical coupling, the role of Ca2+ ions in this process.
34. Nucleic acids (NA). Chemical composition and structure. Thermal denaturation of NA. NA hybridization. Optical spectral properties of NA. Fractionation of NA.
35. Lipid metabolism in the body. Biosynthesis of lipids and phospholipids, oxidation of fatty acids in living tissues. Lipids in biological membranes. Structure and functions of biomembranes. Liquid crystalline state of biomembranes.
36. Energy exchange in the body. Analysis of the heat balance equation of the body. Thermoregulation of a homeothermic organism. Effectors of heat production and heat exchange.
37. General principles of the morphological and functional organization of the eukaryotic cell (animal and plant ones). Classification of organoids, their structure and functional significance.
38. Redox properties of molecules, the Nernst equation. Electron transfer in biological systems. Respiration and photosynthesis as electron transport. Role of transition metal ions.
39. Optical spectral properties of proteins (absorption, fluorescence, and optical activity). Methods for measuring the protein concentration.
40. Main hemodynamic indicators. Doppler effect. Monitoring and changing the blood flow parameters using Doppler devices.
41. Fundamentals of the kinetics of chemical reactions. Kinetic equations. Rate and equilibrium constants. Reaction order. The Eyring-Arrhenius equation. Catalysis.
42. Fundamentals of thermodynamics of open and non-equilibrium systems. Entropy of an open system. Self-organization and chaos. Dissipative structures.
43. Passive electrical properties of living tissues. Features of their electrical conductivity and dielectric properties. Electrical impedance of living tissues and its dispersion.
44. The first law of thermodynamics. Features of the first law of thermodynamics in biological systems (the difference between a biological system and a heat engine).
45. Plasma membrane, its functions, biological role. Transport across biological membranes. Membrane potential. Сhannels and carriers. Endocytosis. Receptor-mediated endocytosis.
46. Polysaccharides. Natural polysaccharides: cellulose, chitin, bacterial polysaccharides.
47. The concept of a radical, a chain reaction. Radical-forming reactions: homolytic, thermal and photochemical breaking of covalent bonds. Chain polymerization of vinyl monomers, reactions of chain initiation, growth and termination. Kinetics of radical polymerization. The chemical structure of a monomer and its ability to polymerize.
48. The concept of the polycondensation reaction and the factors defining the production of linear and high-molecular polymers. Kinetics of polycondensation.
49. The concepts of ideally elastic and perfectly viscous elements. Hooke’s and Navier-Stokes equations. Functions of resistance vessels. Regulation of vascular tone.
50. Refraction of light and refractometric properties of biological systems.
51. Equilibrium and non-equilibrium radiation. The Planck distribution. Sources of electromagnetic radiation in various ranges. Lasers.
52. Radiospectroscopy. Electron paramagnetic resonance. Nuclear magnetic resonance.
53. The difference in the properties of low molecular weight and high molecular weight compounds. Polymer homologues. Types of macromolecules classified by their spatial architecture, structure of their main chain. Natural, synthetic, organic and inorganic polymers. Methods of production.
54. Propagation of radiation in a medium. Optical characteristics of the medium. Beer's law. Chirality and optical activity.
55. Recombination. Types of recombination (classified by mechanism, by result). Holliday junction; homologous recombination. Mobile genetic elements. Horizontal gene transfer. The biological significance of recombination.
56. Bone remodeling. The connections between the bones in the human skeleton, types of connections. Classification of joints, their range of motion. Biomechanics of joints.
57. X-ray radiation. Interaction of X-ray radiation with matter. X-ray crystallography.
58. X-ray radiation. Interaction of X-ray radiation with matter. Physics of the use of X-rays in medical diagnostics.
59. Replication. Template synthesis of nucleic acids. DNA polymerases. Replication mechanisms. Replication fork. PCR. Principles of DNA sequencing.
60. Cell secretory pathway. Endoplasmic reticulum, Golgi apparatus, lysosomes. Vesicular transport. The concept of signal peptides. Protein glycosylation. Exocytosis. Secretion.
61. Synapses with chemical (mediator) transmission. Mediators and modulators. Properties of the presynapse, synaptic cleft, and subsynaptic membrane. Mechanism of synaptic transmission.
62. Synaptic transmission of excitation in the nervous system. Classification of synapses (by the method of transmission, by location, by the postsynaptic response).
63. Spin magnetic resonance. EPR spectroscopy. NMR spectroscopy and magnetic imaging. Principles of identifying the structure of molecules using NMR.
64. The structure and functions of a capillary. Dimensions (average length and diameter) of an individual blood capillary. The total length and the total cross-sectional area of all blood capillaries of the systemic (greater) circulation. Types of capillaries classified by the structure of the walls. The mechanism of substance exchange through the capillary walls.
65. Types of physical interactions that provide molecular recognition. Affinity interaction of biomolecules. Allosteric regulation. Methods for studying the specificity of binding molecules.
66. Transcription. RNA polymerases. Regulation of transcription (using the example of prokaryotic genes: lactose operon, regulation of the development of the temperate lambda phage, etc.).
67. Translation. Ribosomes, their structure and functions. Ribosomal and transfer RNAs. Genetic code. tRNA aminoacylation. Protein synthesis by ribosomes.
68. Transport of oxygen in the blood. Oxygen-carrying capacity of the blood and oxygen saturation. Oxyhemoglobin dissociation curve. The arteriovenous oxygen difference.
69. Bernoulli's equation. Mean blood pressure as an energy equivalent. Calculation of mean blood pressure (average formula). Static and dynamic components of the heart work.
70. Enzymes. Enzyme catalysis. The Michaelis-Menten equation. Inhibition of enzymatic reactions. Methods of investigation of enzymatic activity.
71. Physiology of muscle tissue. Muscle strength and work. Isometric and isotonic contraction. Hill’s equation. Advantages and disadvantages of various types of materials in terms of their application as biomaterials.
72. Fluorescence. Quantitative characteristics of fluorescence of molecular solutions. Application of fluorescent methods in biophysics.
73. Functional model of a voltage-gated sodium channel. Diversity of ion channels in biological membranes. Ion transport through membrane channels and carrier-mediated ion transport.
74. Chemical composition of biological systems. Classes of biomolecules. Biopolymers. Methods for isolation and fractionation of cell components (ultracentrifugation, chromatography, electrophoresis).
75. Chemical thermodynamics. Enthalpy, entropy, Gibbs free energy, chemical potential. Coupling between physical and chemical processes. Basic energy processes in the biosphere.
76. Cytoskeleton. Actin filaments, microtubules, intermediate filaments. Motor proteins. Myofibril. The role of the cytoskeleton in mitosis, cell movement and morphogenesis.
77. Electromagnetic oscillations and waves. Electromagnetic spectrum. Classification of frequency ranges adopted in medicine.
78. Energy coupling between photosynthesis and cellular respiration. The mechanism of intermolecular electron transport along the mitochondrial respiratory chain. The mechanism of coupling between oxidation and phosphorylation (ATP synthesis) in mitochondria.

# Recommended literature for specialization 1.5.2. Biophysics

1. Медицинская биофизика: учебник для вузов / В.О. Самойлов. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб : СпецЛит, 2007. – 560 с.
2. Медицинская и биологическая физика/А.Н. Ремизов. – 4–е изд., испр. и доп. – М: Высшая школа, 2012. – 616 с. Дополнительная 73
3. Молекулярная биология клетки - в 3-х т. / Альбертс Б., Брей Д., Льюис Дж., Рэфф М., Робертс К., Уотсон Дж. Т. — М.: Мир, 1994
4. Биофизика / М. В. Волькенштейн . – СПб. : Лань, 2008. - 594 с.
5. Рубин А.Б. Биофизика. В 2-х т. Изд-во Московского университета; 1999.
6. Кантор Ч., Шиммел П. Биофизическая химия: В 3 т. М.: Мир, 1984.
7. Кольман Я., Рём К.-Г. Наглядная биохимия. М.: 2000. - 469 с.
8. Романовский Ю.М., Степанова Н.В., Чернавский Д.С. Математическая биофизика. М., 1984.
9. Седова В.М., Боголюбов Д.С. «Физико-химические основы цитологии», 2009. Учебное пособие, Библиотека СПбГПУ.
10. Седова В.М., Боголюбов Д.С., Спивак И.М. «Регуляторные механизмы экспрессии генома», 2011, Учебное пособие, библиотека СПбГПУ.
11. Остроумова О.С.,.Ефимова С.С, Малев В.В., Шагина Л.В. Ионные каналы в модельных липидных мембранах .СПб.:Изд-во Политехнического университета, 2013.
12. Власова О.Л. Экспериментальные методы исследований. Физико-химические основы многопараметрического оптического анализа биодисперсий. СПб.:Изд-во Политехнического университета, 2013.
13. Паутов В.Д. Прикладная физика. Гидродинамические и оптические методы исследования лекарственных веществ. Учебное пособие. СПб.: Издательство Политехнического университета. 2006. 99 с.
14. Паутов В.Д. Прикладная физика. Спектроскопические методы исследования лекарственных веществ. Учебное пособие. СПб.: Издательство Политехнического университета. 2006. 127 с.
15. Панарин Е.Ф. «Полимеры в медицине и фармации». Учебное пособие. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2008. 192 с.
16. Писарев О.А., Полякова И.В. «Фракционирование биологически активных веществ. Часть 1: Аналитические методы». Учебное пособие. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2009. 95 с.
17. Е.Ф. Панарин «Химия высокомолекулярных соединений». Учебное пособие. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2010. 203 с.
18. Ганин П.Г, Писарев О.А. «Физико-химические основы культивирования микроорганизмов и выделения целевых продуктов биосинтеза». Издательство Политехнического университета.2010.140c.
19. Писарев О.А, Полякова И.В. «Фракционирование биологически активных веществ. Часть 2: Препаративные методы». Учебное пособие. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2011. 180с.
20. Соловский. М.В. Физиологически активные полимеры. Учебное пособие. СПб.: Издательство Политехнического университета, 2011. 110с.

# **Научная специальность 1.5.4. Биохимия**

1. Классификация белков. Первичная структура полипептидной цепи и методы её изучения.
2. Bторичные посредники действия гормонов. Аденилатциклазная система.
3. Вторичная, третичная и четвертичная структуры белков.
4. Эндокринная система организма. Строение и механизмы действия гормонов.
5. Физико-химические свойства белков и белковых растворов.
6. Водорастворимые витамины – предшественники коферментов. Аскорбиновая кислота и её биологические функции.
7. Роль ферментативных реакций в биологических системах. Классификация и номенклатура ферментов. Механизм действия и единицы активности ферментов.
8. Строение и биологические функции ДНК и РНК. Механизмы мутаций. Рекомбинантные ДНК, их получение и использование.
9. Схема ферментативной реакции по Михаэлису и Ментен. Кm и Vmax, расчёт кинетических констант по Лайнуиверу и Берку.
10. Жирорастворимые витамины. Регуляция транскрипции метаболитами жирорастворимых витаминов.
11. Влияние температуры, рН и концентрации субстрата на скорость ферментативных реакций.
12. Строение и биологические функции углеводов.
13. Активный и аллостерический центры ферментов.
14. Дихотомический и апотомический пути обмена глюкозы.
15. Множественные молекулярные формы ферментов. Изоферменты, методы определения, тканевая специфичность, биологическая роль.
16. Гликолиз. Аэробное окисление моносахаридов и его энергетическое значение.
17. Механизмы регуляции активности ферментов.
18. Гормональная регуляция обмена углеводов и уровня сахара в крови.
19. Активаторы и ингибиторы ферментов. Классификация ингибиторов.
20. Классификация и физико-химические свойства липидов. Фосфолипиды как важнейшие структурно-функциональные компоненты биологических мембран.
21. Митохондриальное окисление. Цепь переноса электронов. Окислительное фосфорилирование.
22. Роль белков в питании человека и животных. Азотистый баланс. Переваривание белков в желудочно-кишечном тракте.
23. Микросомальное окисление. Цитохром Р-450. Активные формы кислорода и антиоксиданты.
24. Жиры: строение, свойства, энергетическое значение.
25. Строение саркомера. Характеристика сократительных белков.
26. Обмен азотистых оснований. Синтез мочевой кислоты.
27. Схема мышечного сокращения, взаимодействие миозина, актина и АТФ. Роль ионов Ca2+ в регуляции мышечного сокращения.
28. Основные пути обмена аминокислот: трансаминирование, дезаминирование, декарбоксилирование. Обезвреживание и выведение аммиака. Цикл синтеза мочевины.
29. Основные этапы синтеза белка.
30. ß-окисление и синтез высших жирных кислот.

**Научная специальность 1.5.6. Биотехнология**

1. История развития биотехнологии. Основные области применения современной биотехнологии и перспективы развития.
2. Строение и химический состав клетки. Роль в наследственности.
3. ДНК и РНК. Структура, синтез, мутации. Функции в клеточном метаболизме.
4. Питание микроорганизмов. Источники и значение для биосинтеза. Влияние внешних факторов на рост и биосинтез.
5. Способы культивирования микроорганизмов.
6. Типы брожения. Аэробное и анаэробное дыхание. Субстраты.
7. Образование микроорганизмами биологически активных веществ: ферментов, антибиотиков, витаминов, токсинов. Первичные и вторичные метаболиты.
8. Генотип и фенотип. Наследственность, изменчивость, отбор микроорганизмов. Рекомбинация. Генетика популяций и популяционная изменчивость. Методы селекции микроорганизмов.
9. Понятие гена и его эволюция. Природа генетического материала. Особенности строения генетического материала про- и эукариот.
10. Репликация и механизмы репарации. Рекомбинация, ее типы и модели. Взаимосвязь процессов репликации, рекомбинации и репарации.
11. Классификация мутаций. Мутационный процесс. Спонтанный и индуцированный мутагенез. Классификация мутагенов. Молекулярный механизм мутагенеза.
12. Выделение и клонирование генов. Векторы для молекулярного клонирования.
13. Белки. Структуры белков. Методы определения последовательности аминокислот, секвенаторы. Роль водородных, ионных, дисульфидных связей, гидрофобных взаимодействий. Денатурация (обратимая, необратимая) белков.
14. Методы определения нуклеотидной последовательности в нуклеиновых кислотах. Биосинтез нуклеиновых кислот. Ферменты биосинтеза.
15. Углеводы. Классификация. Строение и стереохимия. Функции. Углеводсодержащие смешанные биополимеры.
16. Липиды. Классификация липидов. Структурные компоненты липидов. Роль в организме человека.
17. Низкомолекулярные биорегуляторы - коферменты и витамины: НАД, НАДФ, ФМН, ФАД, тиаминпирофосфат, липоевая кислота, АТФ, биотин, аскорбиновая кислота, фолиевая кислота, пантотенат кальция, кобаламины. Основные функции.
18. Антибиотики. Классификация. Механизмы действия и взаимодействия. Антибиотикорезистентность. Применение.
19. Ферменты, и их биохимическая роль. Классификация и номенклатура. Механизмы действия. Регуляция работы ферментов. Обратимая и необратимая денатурация ферментов. Применение ферментов. Способы иммобилизация ферментов на различных носителях.
20. Механизмы клеточной проницаемости: физическая диффузия, «облегченная» диффузия, первичный и вторичный активный транспорт. Организация транспортных систем. Способы сопряжения транспорта с энергией метаболизма. Регуляция транспортных процессов.
21. Основные биообъекты биотехнологии: промышленные микроорганизмы, клетки и ткани растений, животных и человека, биокатализаторы, в том числе реконструированные продуценты биологически активных веществ.
22. Сырье для биосинтеза и оценка его биологической ценности. Питательные среды, в том числе включающих биостимуляторы и другие элементы управления и оптимизации процессов биосинтеза. Методы оптимизации питательных сред.
23. Технологические приемы и особенности культивирования микроорганизмов, клеток и тканей растений, животных и человека. Непрерывные, полунепрерывные и периодические процессы культивирования. Удельные скорости роста биомассы, биосинтеза продукта и потребления субстратов. Модели кинетики биосинтеза продуктов метаболизма в зависимости от удельной скорости роста, возраста культуры, концентрации субстратов и метаболитов в среде
24. Получение иммобилизованных биообъектов и их применение в биотехнологии. Ограничения при использовании иммобилизованных ферментов и клеток.
25. Технологические приемы и стадии выделения и очистки продуктов биосинтеза.
26. Современные подходы к созданию ресурсо- и энергосберегающих биотехнологий.
27. Конструирование и применение генно- инженерно- модифицированных растений. Создание растений, устойчивых к болезням и вредителям. Повышение продуктивности растений. Создание растений с улучшенными питательными свойствами. Проблемы и перспективы.
28. Применение генной инженерии в животноводстве. Повышение продуктивности, сопротивляемости болезням, увеличение скорости роста, улучшение качества продукции, создание животных, которые являются «биореакторами», продуцентами ценных биологически активных веществ.
29. Микробиологическое производство кормового белка и аминокислот. Промышленные штаммы-продуценты. Сырьевая база. Использование технологии утилизации различных производственных отходов.
30. Микробиологическое производство концентратов витаминов, вакцин и антибиотиков.
31. Биотехнологии бактериальных и грибных средств защиты растений от вредных насекомых. Производство стимуляторов роста растений гормональной природы.
32. Микробиологическое производство ферментных препаратов. Использование ферментов микробного происхождения для пищевой промышленности.
33. Диагностические средства in vitro для клинических исследований. Производство пробиотиков. Производство иммуномодуляторов, иммуностимуляторов и иммунодепрессантов
34. Виды биотоплива. Микробиологическое производство биотоплива. Преимущества и недостатки. Перспективы использования и развития.
35. Биологические методы для решения задач охраны окружающей среды. Основные биохимические пути микробиологической трансформации загрязняющих веществ.
36. Сущность экспериментальных методов, основанных на секвенировании. Проблемы анализа и интерпретации результатов.
37. Анаболические и катаболические процессы. Их взаимосвязи. Регуляция обмена веществ.
38. Микробиом и микробиота человека. Микробиота кишечника и ее особенности в зависимости от пола, возраста, расовой принадлежности, пищевых привычек и других факторов. Коррекция микробиоты.
39. Биологически активные вещества. Нутрицевтики, парафармацевтики. Источники, классификация, химические и биологические свойства. Практическое использование БАВ.
40. Применение нанобиотехнологии в пищевой и медицинской промышленностях. Перспективы и риски внедрения.

# **Научная специальность 1.5.7. Генетика**

1. Материальные основы наследственности. Локализация генов в хромосомах. Роль цитоплазматических факторов в передаче наследственной информации.
2. Кариотип. Парность хромосом в соматических клетках. Гомологичные хромосомы.
3. Специфичность морфологии и числа хромосом.
4. Функции нуклеиновых кислот в реализации генетической информации: репликация, транскрипция и трансляция.
5. Свойства генетического кода.
6. Молекулярная организация хромосом прокариот и эукариот. Уровни упаковки хроматина, нуклеосомы.
7. Методы генетического анализа: гибридологический, мутационный, цитогенетический, генеалогический, популяционный, близнецовый, биохимический.
8. Моногибридные и полигибридные скрещивания.
9. Сцепленное наследование и кроссинговер.
10. Методы, применяемые в генетическом анализе у бактерий и бактериофагов: клональный анализ, метод селективных сред, метод отпечатков и др.
11. Методы изучения внеядерного наследования: реципрокные, возвратные и поглощающие скрещивания, метод трансплантации, биохимические методы.
12. Плазмидное наследование. Свойства плазмид. Использование плазмид в генетических исследованиях.
13. Классификация генных мутаций. Общая характеристика молекулярной природы возникновения генных мутаций.
14. Химический мутагенез. Факторы, модифицирующие мутационный процесс. Антимутагены.
15. Структурная организация генома эукариот. Интроны и экзоны, сплайсинг.
16. Повторяющиеся элементы генома. Семейства генов. Псевдогены. Регуляторные элементы генома.
17. Полуконсервативный способ репликации ДНК. Полигенный контроль процесса репликации. Вилка репликации. Репликон. Рестрикционные эндонуклеазы.
18. Генетический контроль мутационного процесса. Механизмы спонтанного мутагенеза.
19. Посттранскрипционный уровень регуляции синтеза белков. Роль мигрирующих генетических элементов в регуляции генов.
20. Задачи и методология генетической инженерии.
21. Методы выделения и синтеза генов. Векторы на основе плазмид и ДНК фагов.
22. Способы получения рекомбинантных молекул ДНК, методы клонирования генов.
23. Экспрессии гетерологических генов. Получение с помощью генетической инженерии трансгенных организмов.
24. Векторы эукариот. Дрожжи как объекты генетической инженерии.
25. Генетическая инженерия растений и животных.
26. Трансформация клеток высших организмов, введение генов в зародышевые и соматические клетки животных.
27. Значение генетической инженерии для решения задач биотехнологии, сельского хозяйства.
28. Генетическая селекция.
29. Генетика человека. Генетические исследования в медицине. Проблемы генотерапии.
30. Социальные аспекты генетической инженерии.

**Научная специальность 1.5.15. Экология**

1. Законы экологии: закон толерантности и закон лимитирующего фактора. Сформулировать и пояснить на примерах.
2. Пояснить понятие «продуктивность» экосистемы.
3. Ресурсный цикл. Схематическое изображение потов вещества в ресурсных циклах.
4. Внутривидовые и межвидовые взаимоотношения в популяциях.
5. Температура как фактор среды. Законы Вант-Гоффа, Бергмана, Аллена, Гессед, Глогера.
6. Понятие о биосфере. Биологический круговорот веществ.
7. Техногенез и устойчивость биосферы. Концепция коэволюции человека и биосферы.
8. Способы регуляции водного баланса у животных и растений.
9. Биологические ритмы. Механизмы регуляции биоритмов.
10. Живое вещество как системообразующий фактор биосферы
11. Пищевые цепи и пищевые сети.
12. Этологическая структура популяции.
13. Искусственные экосистемы. Актуальность для будущего (на примерах).
14. Среда. Факторы среды. Понятие оптимума, пессимума, экологической валентности видов.
15. Концепция экосистемы. Поток энергии и круговорот химических веществ (по Риклефсу, 1979).
16. Внутренняя организация биотического сообщества.
17. Классификация экологических факторов Мончадского А.С.
18. Гетеротипические реакции.
19. Способы регуляции температуры тела у животных: пойкилотермия и гомойотермия.
20. Жизненные формы растений (К. Раункера, И.Г.Серебрякова).
21. Экологическая роль факторов питания.
22. Уровни действия абиотических факторов.
23. Пищевые режимы и пищевая специализация животных.
24. Биогеохимические круговороты, включая круговорот загрязняющих веществ.
25. Биологическая продуктивность. Первичная, вторичная, валовая и чистая, охарактеризовать типы биологической продуктивности.
26. Строение биосферы.
27. Видовая структура биотического сообщества.
28. Первичная и вторичная сукцессии. Климаксное сообщество.
29. Принцип конкурентного исключения. Экологическая диверсификация.
30. Дать определение понятия «экологический фактор», указать критерии экологического фактора, продемонстрировать связь жизнедеятельности особей и экологического фактора (на примерах).