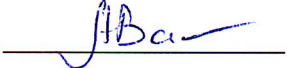


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»

**Институт биомедицинских систем и биотехнологии**

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИБСиБ

 Васин А.В.  
« 9 » октября 2023 г.

## **ПРОГРАММА**

**вступительного испытания для поступающих в магистратуру  
по направлению подготовки / образовательной программе**

**12.04.04 «Биотехнические системы и технологии»**

**12.04.04\_01 Молекулярные и клеточные биомедицинские технологии  
(международная образовательная программа)»**

---

*Код и наименование направления подготовки / образовательной программы*

Санкт-Петербург

2023

## АННОТАЦИЯ

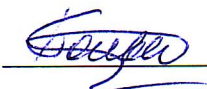
Программа содержит перечень дисциплин профессионального цикла учебного плана подготовки бакалавров, включенных в программу междисциплинарного экзамена, а также тем (вопросов) для направления **12.04.04 «Биотехнические системы и технологии»**, в частности программы **12.04.04\_01 Молекулярные и клеточные биомедицинские технологии (на иностранном языке)**.

Также программа содержит примеры вопросов на вступительном испытании (экзаменационный лист) в случае проведения, как в очном, так и в дистанционном формате.

Вступительное испытание, оценивается по **100-балльной** шкале и состоит из междисциплинарного экзамена в объеме требований, предъявляемых государственными образовательными стандартами высшего образования к уровню подготовки бакалавра по направлению, соответствующему направлению магистратуры. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение междисциплинарного экзамена – **50 баллов (50%)**.


Вступительное испытание проводится очно в письменной форме и (или) с использованием дистанционных технологий (при условии идентификации поступающих при сдаче ими вступительных испытаний).

Руководитель ОП

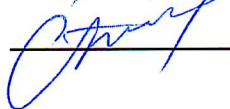
 /Большакова А.В./

Составители:

Директор ВШБСиТ

 / Власова О.Л./

Руководитель ОП **12.04.04\_01**

 / Большакова А.В./

Программа рассмотрена и рекомендована к издан ученым советом **ИБСиБ** (протокол № 1 от «29» сентября 2023 г.).

# 1. ДИСЦИПЛИНЫ, ВКЛЮЧЁННЫЕ В ПРОГРАММУ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ В МАГИСТРАТУРУ

## 1.1. Физика

## 1.2. Экспериментальные методы исследований

## 1.3. Молекулярная биология и генетика

## 2. СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН

### 2.1. «Физика»

Темы (вопросы)

#### *1. Физические основы механики*

Скорость и ускорение материальной точки. Закон сохранения энергии импульса в механике. Закон сохранения момента импульса. Движение в центральном поле.

#### *2. Молекулярная физика, термодинамика*

Переменные термодинамики. Уравнения состояния идеального и реального газов. Энтропия. Начала термодинамики. Термодинамические потенциалы. Свободная энергия. Химический потенциал, константы равновесия. Барьер активации, уравнение Эйринга-Аррениуса. Уравнение диффузии.

#### *3. Колебания и волны*

Волновые процессы. Основные законы. Уравнение упругой волны. Волновые уравнения. Одномерное и многомерное волновое уравнение. Скорость распространения упругой волны. Эффект Доплера. Распространение колебаний с затуханием. Поток энергии волн. Понятие интенсивности. Гармонические (механические) и затухающие колебания. Вынужденные (механические) колебания, резонанс. Поляризация при отражении и преломлении света. Спонтанное и вынужденное излучение. Формула Планка (плотность излучения при условии термодинамического равновесия).

#### *4. Электричество и магнетизм*

Электрическое и магнитное поля. Электрическое и магнитное поле системы зарядов. Движение заряда в электромагнитном поле. Энергия электромагнитного поля. Стационарный электрический ток, законы Ома и Джоуля-Ленца. Электромагнитные волны в вакууме и веществе, закон дисперсии. Поляризация электромагнитной волны, поляризация при отражении и преломлении света.

## *5. Гидродинамика*

Вязкость. Движение вязкой жидкости, поле скоростей. Ньютоновские жидкости. Стационарное движение вязкой жидкости между 2-мя параллельными плоскостями: движущимися относительно друг друга с постоянной скоростью, при наличии продольного градиента давления. Стационарное движение вязкой жидкости в трубе при наличии продольного градиента давления постоянного диаметра с кольцевым постоянным сечением. Стационарное движение вязкой жидкости: между 2-мя коаксиальными цилиндрами с постоянными радиусами (внутренний цилиндр движется с постоянной скоростью вдоль образующей); с постоянной толщиной свободной поверхности над наклонной плоскостью, образующей с горизонтальной поверхностью постоянный угол в поле силы тяжести.

## *6. Квантовая механика и молекулярная спектроскопия.*

Квантовомеханическое описание систем. Волновая функция. Оператор Гамильтона. Уравнение Шредингера. Соотношение неопределенностей Гейзенберга. Квантовые свойства электромагнитного излучения, фотоны. Спонтанное и вынужденное излучение. Равновесное излучение, формула Планка. Поглощение. Закон Бугера-Ламберта-Бера. Усиление света в среде, инверсные среды, лазеры. Модель гармонического и ангармонического осциллятора при колебании молекул. Спектр многоатомной молекулы (электронный, колебательный, вращательный). Диапазоны электромагнитного излучения.

### *Литература для подготовки:*

- 1) Д.В. Сивухин. Курс общей физики (в пяти томах). М.: Физматлит, 2012.
- 2) М.А. Ельяшевич. Атомная и молекулярная спектроскопия. М.: Эдиториал УРСС, 2001. 896 с.
- 3) Л.Д. Ландау, Е.М. Лифшиц. Теоретическая физика, т.6, Гидродинамика, 2001. 732 с.

## **2.2 «Экспериментальные методы биофизических исследований»**

### Темы (вопросы)

#### *1. Растворы*

Растворы, их количественные характеристики: концентрация, ионная сила, рН, коллигативные свойства. Гидрофобность и гидрофильность. Кислотно-основное равновесие,  $pK_a$ , буферные растворы. Осмос.

#### *2. Электрофоретические методы*

Явление электрофореза. Электрофорез в геле. Методы электрофоретического разделения белков и нуклеиновых кислот. Изофокусирование белков.

#### *3. Хроматография*

Хроматография: принцип разделения веществ. Типы хроматографии. Хроматограф. Важнейшие хроматографические методы анализа и выделения биомолекул.

#### *4. Седиментация*

Уравнение Сведберга, коэффициент седиментации. Ультрацентрифуга. Дифференциальное, зонально-скоростное и равновесное центрифугирование клеточных компонентов.

#### *5. Выделение клеточных компонентов*

Стратегия выделения клеточных компонентов, цели и задачи. Классы биомолекул, их физико-химические свойства. Детергенты. Методы осаждения белков. Очистка белков и нуклеиновых кислот

#### *6. Спектральные методы анализа*

Общая схема спектрального эксперимента. Спектральные полосы и спектральные линии. Диапазоны электромагнитного излучения. Связь спектральных свойств различных диапазонов с характеристиками биообъектов.

#### *7. Оптическая спектроскопия растворов*

Спектр поглощения, оптическая плотность, закон Бера. Хромофоры. Спектрофотометр. Спектрофотометрическое определение концентрации биомолекул. Оптическая активность.

#### *8. Флуоресценция*

Явление фотолюминесценции. Количественные характеристики и их измерение. Квантовая модель флуоресценции. Флуоресценция биомолекул. Флуоресцентные метки и зонды. FRET. Флуоресцентная микроскопия.

#### *9. Методы исследования ферментативной активности*

Катализ. Ферменты. Уравнение Михаэлиса-Ментен. Экспериментальное определение параметров. Ингибирование ферментативных реакций.

#### *10. Иммунологические методы*

Антитела и антигены, строение молекул IgG, специфичность антител. Получение и использование антител в практической молекулярной биологии. Иммуноблоттинг.

#### *11. Методы исследования на основе ионизирующего излучения.*

Рентгеноструктурный анализ. Метод меченных атомов. Радиоиммунный анализ.

#### *12. Методы радиоспектроскопии.*

Электронный парамагнитный резонанс. Ядерный магнитный резонанс. Практическое применение в медицинской диагностике и экспериментальных исследованиях

#### *13. Биомедицинские методы анализа.*

Эхо-импульсные методы визуализации. А, М, В – ультразвуковые сканеры. Лабораторная диагностика с использованием ультразвука (молекулярная акустика).

Томографические методы исследования. МРТ, КТ, ОФЭКТ, ПЭТ КТ.

Биофизические методы исследований. ЭКГ, ЭМГ, ЭЭГ.

14. *Исследование ионных каналов, patch clamp*

15. *Измерения и статистический анализ*

Неопределенность в измерении физико-химических величин. Случайные величины, свойства. Параметры. Важнейшие распределения (нормальное, хи-квадрат, Пуассона). Выборки. Точечное и интервальное оценивание параметров. Статистические тесты.

### *Литература для подготовки:*

- 1) Физическая химия / А.Г. Стромберг, Д.П. Семченко — Москва: Высшая школа, 2003.
- 2) Медицинская биофизика: учебник для вузов/ В.О. Самойлов. – 3-е изд. испр. и доп. – СПб.: СпецЛит. 2013 – 591с.
- 3) Медицинская и биологическая физика: учеб. для вузов/ А.Н. Ремизов, А.Г. Максина, А.Я. Потапенко. – М.: Дрофа. 2008. – 558 с.
- 4) Биофизика / Волькенштейн М.В. — М. ; Краснодар : Лань, 2008
- 5) Биофизическая химия: в 3-х т. : пер. с англ./ Ч. Кантор, П. Шиммел. Т. 1 – М: Мир, 1984
- 6) Методы исследования белков и нуклеиновых кислот: Электрофорез и ультрацентрифугирование (практическое пособие). / Остерман Л. А. М.: Наука, 1981
- 7) Теория вероятностей и ее инженерные приложения. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А.

## **2.3 «Молекулярная биология и генетика»**

Темы (вопросы)

### *1. Молекулярные основы наследственности*

Теория наследственности. Законы наследования их молекулярная основа. Основные структурные элементы ДНК и РНК. Первичная структура нуклеиновых кислот. Модель Уотсона-Крика, формы ДНК, топоизомеры ДНК. Суперспирализация и ее значение.

### *2. Организация генов и геномов*

Понятия гена и генома. Гены в популяциях. Экспрессия гена. Особенности строения и экспрессии генов прокариот и эукариот. Модельные объекты молекулярной генетики.

### 3. *Горизонтальный перенос генетической информации*

Плазмиды и бактериофаги. Пол и конъюгация у бактерий. Стадии процесса конъюгации. Трансформация. Молекулярные механизмы трансдукции. Трансдуцирующие фаги. Картирование хромосом бактерий с использованием конъюгации, трансдукции и трансформации. Генетическая карта *E. coli*. Мобильные генетические элементы. ГПГ у эукариот.

### 4. *Транскрипция*

Обобщенная структура прокариотического гена. Стадии транскрипции, РНК-полимераза, ее строение и функции. Инициация транскрипции, промотор, механизмы узнавания промотора РНК-полимеразой. Терминация и антитерминация транскрипции. Процессинг мРНК эукариот.

### 5. *Трансляция, генетический код*

Рибосомы, состав и функции. Инициация трансляции у прокариот. тРНК и рРНК, кодирующие их гены. Генетический код. Иницирующие и терминирующие кодоны, рамки считывания, открытые и закрытые рамки. Аминоацилирование тРНК, точность и затраты энергии при синтезе белка.

### 6. *Репликация*

Механизм репликации ДНК, матричный синтез. Понятие репликона, репликационная вилка. Механизмы репликации хромосом прокариот, плазмид. Ферменты, участвующие в репликации. Точность репликации. Проблема недорепликации линейных ДНК.

### 7. *Мутагенез и репарация*

Мутации, классификация мутаций. Спонтанный и индуцированный мутагенез. Механизмы действия мутагенов (УФ, радиация, аналоги оснований, алкилирующие агенты). Система репарации, ее ветви (прямая, эксцизионная, пострепликативная; коррекция неспаренных оснований). SOS-ответ.

### 8. *Регуляция экспрессии генов*

Уровни экспрессии гена. Классическая схема оперона по Жакобу и Моно. Индукция и репрессия синтеза ферментов (лактозный оперон). Репрессоры и активаторы. Катаболитная репрессия.

### 9. *Рекомбинация*

Явление генетической рекомбинации, ее типы. Молекулярный механизм рекомбинации. Общая (гомологичная) рекомбинация. Гетеродуплексы. Структуры Холлидея. Генная конверсия. Сайт-специфическая рекомбинация. Роль рекомбинации в эволюции.

### 10. *Метод рекомбинантных ДНК*

Генетические векторы. Ферменты генетической инженерии. Молекулярное клонирование. Полимеразная цепная реакция, ПЦР в режиме реального времени. Секвенирование ДНК. Векторы для клонирования. Получение рекомбинантных белков.

## *11. Организация и функционирование ядра*

Хромосомы. Деление клеток. Клеточный цикл. Периоды клеточного цикла. Закономерности репликации. Митоз. Мейоз как основа полового процесса.

### *Литература для подготовки:*

- 1) Альбертс Б. и др. Молекулярная биология клетки. Втор. изд. Т.Т. 1-3. М.:Мир, 1994.
- 2) Клетки. Под ред. Б.Льюина и др. М.: Изд-во Бином, 2011.
- 3) Коряков Д.Е., Жимулёв И.Ф. Хромосомы. Структура и функции. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009.
- 4) Фаллер Дж.М., Шилдс Д. Молекулярная биология клетки. М.:Изд-во Бином, 2003.
- 5) Ченцов Ю.С. Общая клеточная биология. М.: ИКЦ «Академкнига», 2004
- 6) Айала Ф., Кайгер Дж. Современная генетика. Том 3. М.: Мир. 1988.



## **English version**

The program contains a list of topics (questions) based on the professional discipline cycle for training bachelors in the fields of biomedical systems and molecular biology.

The entrance exam is interdisciplinary test, performed in distant online format. The test is assessed on a **100-point scale** and consists of 18 short questions for choosing right answer and one “essay question” for writing down a detailed answer. The minimum number of points confirming the successful completion of the interdisciplinary exam is **50 points (50%)**.

## **1. DISCIPLINES INCLUDED IN THE PROGRAM FOR ENTRY TESTS FOR THE MASTER'S DEGREE**

### **1.1. Physics**

### **1.2. Research experimental methods**

### **1.3. Molecular biology and genetics**

## **2. DISCIPLINES and TOPICS**

### ***2.1. "Physics"***

#### ***1. Physical foundations of mechanics***

Speed and acceleration of a material object. The law of conservation of momentum energy in mechanics. The law of conservation of angular momentum. Driving in the center field.

#### ***2. Molecular physics, thermodynamics***

Variables of thermodynamics. Equations of state of ideal and real gases. Entropy. The beginnings of thermodynamics. Thermodynamic potentials. Free energy. Chemical potential, equilibrium constants. Activation barrier, Eyring-Arrhenius equation. Diffusion equation.

#### ***3. Oscillations and waves***

Wave processes. Basic laws. Elastic wave equation. Wave equations. One-dimensional and multidimensional wave equation. The speed of propagation of an elastic wave. Doppler effect. Propagation of damped vibrations. Wave energy flow. Intensity concept. Harmonic (mechanical) and damped oscillations. Forced (mechanical) vibrations, resonance. Polarization by reflection and refraction of light. Spontaneous and stimulated emission. Planck's formula (radiation density under the condition of thermodynamic equilibrium).

#### ***4. Electricity and magnetism***

Electric and magnetic fields. Electric and magnetic field of the system of charges. The movement of a charge in an electromagnetic field. The energy of the electromagnetic field. Stationary electric current, Ohm's and Joule-Lenz's laws. Electromagnetic waves in vacuum and matter, dispersion law. Polarization of an electromagnetic wave, polarization during reflection and refraction of light.

### ***5. Hydrodynamics***

Viscosity. Viscous fluid motion, velocity field. Newtonian fluids. Stationary motion of a viscous fluid between 2 parallel planes: moving relative to each other at a constant speed, in the presence of a longitudinal pressure gradient. Stationary motion of a viscous fluid in a pipe in the presence of a longitudinal pressure gradient of constant diameter with an annular constant cross-section. Stationary movement of a viscous fluid: between 2 coaxial cylinders with constant radii (the inner cylinder moves at a constant speed along the generatrix); with a constant thickness of the free surface above an inclined plane, forming a constant angle with the horizontal surface in the gravity field.

### ***6. Quantum mechanics and molecular spectroscopy***

Quantum-mechanical description of systems. Wave function. Hamilton operator. Schrödinger equation. The Heisenberg uncertainty relation. Quantum properties of electromagnetic radiation, photons. Spontaneous and stimulated emission. Equilibrium radiation, Planck's formula. Absorption. Bouguer-Lambert-Beer law. Amplification of light in a medium, inverse media, lasers. Harmonic and anharmonic oscillator model for molecular vibrations. The spectrum of a polyatomic molecule (electronic, vibrational, rotational). Ranges of electromagnetic radiation.

## ***2.2 "Research experimental methods (biophysical)"***

### ***1. Solutions***

Solutions, their quantitative characteristics: concentration, ionic strength, pH, colligative properties. Hydrophobic and hydrophilic. Acid-base equilibrium, pKa, buffer solutions. Osmosis.

### ***2. Electrophoretic methods***

The phenomenon of electrophoresis. Gel electrophoresis. Methods for the electrophoretic separation of proteins and nucleic acids. Isofocusing proteins.

### ***3. Chromatography***

Chromatography: the principle of separation of substances. Types of chromatography. Chromatograph. The most important chromatographic methods of analysis and isolation of biomolecules.

### ***4. Sedimentation***

Svedberg equation, sedimentation coefficient. Ultracentrifuge. Differential, zonal-speed and equilibrium centrifugation of cellular components.

### ***5. Isolation of cellular components***

Strategy for isolation of cellular components, goals and objectives. Classes of biomolecules, their physical and chemical properties. Detergents. Protein precipitation methods. Purification of proteins and nucleic acids

### ***6. Spectral analysis methods***

General scheme of the spectral experiment. Spectral bands and spectral lines. Ranges of electromagnetic radiation. Relationship of spectral properties of various ranges with the characteristics of biological objects.

### ***7. Optical spectroscopy of solutions***

Absorption spectrum, optical density, Beer's law. Chromophores. Spectrophotometer. Spectrophotometric determination of the concentration of biomolecules. Optical activity.

### ***8. Fluorescence***

The phenomenon of photoluminescence. Quantitative characteristics and their measurement. Quantum model of fluorescence. Fluorescence of biomolecules. Fluorescent labels and probes. FRET. Fluorescence microscopy.

### ***9. Methods for studying enzymatic activity***

Catalysis. Enzymes. Michaelis-Menten equation. Experimental determination of parameters. Inhibition of enzymatic reactions.

### ***10. Immunological methods***

Antibodies and antigens, structure of IgG molecules, specificity of antibodies. Obtaining and using antibodies in practical molecular biology. Immunoblotting.

### ***11. Measurements and statistical analysis***

Uncertainty in the measurement of physical and chemical quantities. Random variables, properties. Parameters. The most important distributions (normal, chi-square, Poisson). Samples. Point and interval estimation of parameters. Statistical tests. 7. Optical spectroscopy of solutions

## ***2.3 "Molecular biology and genetics"***

### ***1. Molecular basis of heredity***

The theory of heredity. The laws of inheritance are their molecular basis. The main structural elements of DNA and RNA. Primary structure of nucleic acids. Watson-Crick model, DNA forms, DNA topoisomers. Supercoiling and its meaning.

### ***2. Organization of genes and genomes***

Gene and genome concepts. Genes in populations. Gene expression. Features of the structure and expression of genes of prokaryotes and eukaryotes. Model objects of molecular genetics.

### ***3. Horizontal transfer of genetic information***

Plasmids and bacteriophages. Sex and conjugation in bacteria. The stages of the conjugation process. Transformation. Molecular mechanisms of transduction. Transducing phages. Mapping of bacterial chromosomes using conjugation, transduction and transformation. Genetic map of *E. coli*. Mobile genetic elements. Horizontal gene transfer in eukaryotes.

### ***4. Transcription***

Generalized structure of the prokaryotic gene. Transcription stages, RNA polymerase, its structure and functions. Initiation of transcription, promoter, mechanisms of recognition of the promoter by RNA polymerase. Termination and antitermination of transcription. Eukaryotic mRNA processing.

### ***5. Translation, genetic code***

Ribosomes, composition and function. Initiation of translation in prokaryotes. tRNA and rRNA encoding their genes. Genetic code. Start and stop codons, reading frames, open and closed frames. Aminoacylation of tRNA, accuracy and energy consumption in protein synthesis.

### ***6. Replication***

DNA replication mechanism, matrix synthesis. Replicon concept, replication fork. Replication mechanisms of prokaryotic chromosomes, plasmids. Enzymes involved in replication. Replication accuracy. The problem of underreplication of linear DNA.

### ***7. Mutagenesis and repair***

Mutations, classification of mutations. Spontaneous and induced mutagenesis. Mechanisms of action of mutagens (UV, radiation, base analogs, alkylating agents). The repair system, its branches (direct, excisional, post-replicative; correction of unpaired bases). SOS answer.

### ***8. Regulation of gene expression***

Gene expression levels. The classical scheme of the operon according to Jacob and Monod. Induction and repression of enzyme synthesis (lactose operon). Repressors and activators. Catabolic repression.

### ***9. Recombination***

The phenomenon of genetic recombination, its types. Molecular mechanism of recombination. General (homologous) recombination. Heteroduplexes. Holliday junction. Gene conversion. Site-specific recombination. The role of recombination in evolution.

### ***10. Recombinant DNA method***

Genetic vectors. Genetic engineering enzymes. Molecular cloning. Polymerase chain reaction, real-time PCR. DNA sequencing. Vectors for cloning. Production of recombinant proteins.

### ***11. Organization and functioning of the core***


Chromosomes. Cell division. Cell cycle. Periods of the cell cycle. Replication patterns. Mitosis. Meiosis as the basis of the sexual process.

### 3. ПРИМЕР ТЕСТОВОГО ЗАДАНИЯ

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого  
Институт биомедицинских систем и биотехнологии

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОП 12.04.04\_01

 А.В. Большакова  
« 2 » октябрь 2023 г.

### ВСТУПИТЕЛЬНОЕ ИСПЫТАНИЕ (проводимое в виде тестирования)

по направлению подготовки/ образовательной программе:

12.04.04 «Биотехнические системы и технологии»

12.04.04\_01 Молекулярные и клеточные биомедицинские технологии  
(международная образовательная программа)

---

*Код и наименование направления подготовки / образовательной программы*

Question examples

#### 1 Physics

A moving particle is elastically scattered by a stationary particle of the same mass. Which statement is true in the most general case?

- a) **the velocity vectors of the particles after scattering are perpendicular to each other**
- b) the velocity of the first particle after collision is equal to zero
- c) the velocities of the particles after collision are directed in opposite directions
- d) particle velocities after collision are equal in modulus

#### 2 Molecular biology and genetics

What is maximum size of polypeptide encoded by mRNA consist of 1232 nucleotides?

- a) 3696 amino acids
- b) 410 amino acids**
- c) 411 amino acids
- d) 400 amino acids

#### 3 Experimental methods

Which wave length is usually used to measure photometrical the concentration of proteins by their own absorption?

- a) 280 nm**
- b) 350 nm
- c) 595 nm
- d) 254 nm