

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ливанов Дмитрий Викторович
Должность: Ректор
Дата подписания: 12.09.2023 16:04:54
Уникальный программный ключ:
c6d909c49c1d2034fa3a0156ed48a1a72773a7a7

Annotation

Major: 03.04.01 Прикладные математика и физика
specialization: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Basics of Synchrotron Radiation and Its Applications/Основы синхротронного излучения и его применения

Purpose of the course:

The objective of the course is to form understanding of the basic physical principles of synchrotron radiation (SR) generation and use in the fields of biology, medicine, chemistry, geology, materials science, archeology, etc., including the unique opportunities, provided by the latest generations of SR sources. The final part of the course touches on the use of radiation from free electron lasers (FEL).

Tasks of the course:

- 1) Acquaintance of students with the basic physical principles of the generation and use of SR in the fields of biology, medicine, chemistry, geology, materials science, archeology
- 2) Acquaintance of students with the unique opportunities provided by the latest generation of SR sources
- 3) Acquaintance of students with FEL.

List of the planned results of the course (training module)

As a result of studying the course the student should

know:

1. Basic physical principles of SR generation and use in the fields of biology, medicine, chemistry, geology, materials science, archeology
2. Unique opportunities provided by the latest generation of SR sources
3. Basics of FEL

be able to:

- 1) Apply knowledge about the physical principles of the generation and use of SR for solving fundamental professional problems;
- 2) Creatively use in scientific activity the knowledge about the unique opportunities provided by the latest generation of SR sources;

- 3) Highlight and systematize the main ideas in scientific texts;
- 4) Critically evaluate any incoming information, regardless of the source;
- 5) Generate new ideas and methodological solutions;
- 6) Carry out the design of their scientific activities;
- 7) Present your scientific results in oral reports.

master:

- 1) Methods of theoretical and experimental research;
- 2) Skills of search (including using information systems and databases), processing, analysis and systematization of information;
- 3) Skills of critical analysis and assessment of modern scientific achievements.

Content of the course (training module), structured by topics (sections):

1. Introduction

Current progress in study of micro-, nano- and atomic structure of matter. Imaging, diffraction and spectroscopic approaches using electromagnetic radiation, electrons and neutrons as a probe. Resolution limits.

2. Properties of probe beams

Geometrical properties of probe beams: source size, divergence, cross-section, emittance. Flux, flux density and brightness. Spectral flux density. Wave properties of electromagnetic radiation beams, diffraction limit and coherence.

3. Interaction of electromagnetic radiation with matter – 1

Elastic (coherent) scattering of electromagnetic radiation by electron: Thomson and Rayleigh approximations, complex scattering factor, resonant (anomalous) scattering, scattering cross-section.

4. Interaction of electromagnetic radiation with matter – 2

Elastic scattering by atom, molecule, crystal and disordered matter. Refraction and reflection as elastic scattering phenomena, complex refractive index. Scattering from inhomogeneous media. Refraction and reflection in X-ray range.

5. Interaction of electromagnetic radiation with matter – 3

Absorption of X-rays and related processes (Auger, X-ray fluorescence), absorption cross-section. Inelastic scattering: Compton and Raman.

6. Basics of modern X-ray imaging and microscopy techniques

Principles of X-ray imaging optics. Optical resolution limits. Absorption and phase contrast. Photon statistics and resolution limits imposed by absorbed dose. K-edge subtraction imaging, soft X-ray imaging, tomography.

7. Basics of modern X-ray scattering and diffraction techniques

Principles of small-angle scattering and reflectometry. Wide-angle scattering from crystalline and disordered matter. Resonant techniques. Diffraction (lensless) microscopy and the problem of single-molecule imaging. Correlation techniques.

8. Basics of modern X-ray spectroscopy techniques

Principles of soft and hard X-ray spectroscopy. Inelastic scattering spectroscopy. Combination of spectroscopic and imaging/diffraction techniques.

9. Nature of synchrotron radiation

Limitations of laboratory X-ray sources. Use of relativistic particles for X-ray generation. Cyclotron and synchrotron radiation. Bending magnet spectrum. Technical aspects of particle accelerators, time structure of synchrotron radiation for storage ring.

10. Insertion devices

Shifters, wigglers and undulators. Spectral and geometrical properties of undulator radiation. Effect of electron beam emittance, „diffraction limited“ storage rings. Wiggler regime.

11. Beamlines

Beam conditioning: filters, slits, reflective, refractive and diffraction X-ray optical elements. Beam monitors. X-ray detectors.

12. X-ray free electron lasers

Synchrotron radiation from ensemble of electrons. Slicing and self-amplified spontaneous emission. Time structure of synchrotron radiation for XFEL. Applications: time resolved studies, ‘diffraction before destruction’ regime, use of coherence.

Annotation

Major: 03.04.01 Прикладные математика и физика

specialization: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Chinese/Китайский язык

Purpose of the course:

The formation and development of intercultural, professionally-oriented communicative competence of students at the elementary level to solve communicative problems in the professional, business, socio-cultural and academic spheres, as well as for the development of professional and personal qualities of bachelor graduates.

Tasks of the course:

Achieving the elementary level of intercultural professionally-oriented communicative competence in the course of studying the discipline "Chinese language" requires to solve a number of tasks which consist in the consistent mastering a set of sub-competencies. The main of the latter are:

- linguistic competence: the ability to understand other people's speech and express oneself in Chinese;
- sociocultural competence: the ability to take into account in communication speech and non-speech behavior adopted in China;
- social competence: ability to interact with communication partners using the relevant strategies;
- discursive competence: knowledge of the rules for building oral and written discourse messages, the ability to build such messages and understand their meaning in the speech of other people;
- strategic competence: the ability to use the most effective strategies in solving communicative problems;
- subject competence: knowledge of subject information when organizing one's own utterance or understanding of the utterance of other people;
- compensatory competence: the ability to overcome the communication barrier through the use of well-known speech and meta-language means;
- pragmatic competence: the ability to choose the most effective and expedient way of expressing thoughts, depending on the conditions of the communicative act and the task.

List of the planned results of the course (training module)

As a result of studying the course the student should

know:

- Basic facts, realities, names, sights, and traditions of China;
- historical, social, political and cultural events in China;
- phonetic, lexical and grammatical, stylistic features of the Chinese language and its difference from the native language;
- main features of written and oral forms of communication.

be able to:

- Generate adequate oral and written texts in the context of a specific communication situation;
- realize the communicative intention with the aim of influencing the communication partner;
- adequately understand and interpret the meaning and intention of the author in the perception of oral and written authentic texts;
- identify similarities and differences in the systems of native, first foreign (second foreign) and Chinese languages;
- show tolerance, empathy, openness and friendliness when communicating with representatives of another culture.

master:

- Intercultural professionally-oriented communicative competence in different types of speech activity at the elementary level;
- sociocultural competence for successful understanding in the conditions of communication with representatives of another culture;
- various communication strategies;
- learning strategies for organizing their learning activities;
- strategies of reflection and self-esteem to self-improve personal qualities and achievements;
- different methods of memorization and structuring of digestible material;
- Internet technologies to select an optimal mode of obtaining information;
- presentation technologies for providing information.

Content of the course (training module), structured by topics (sections):

1. Introductory-phonetic and introductory-hieroglyphic course. Meeting Chinese colleagues, fellow students, neighbours.

Introduction into the basics of Chinese pronunciation (putonghua) and the basic rules of calligraphy and hieroglyphics.

Communicative tasks: to perceive by ear and reproduce words, word combinations, phrases according to the pronunciation norm of the Chinese language. To read words, word combinations and phrases both written in pinyin and in hieroglyphs, according to the pronunciation norm of the Chinese language. To compose phrases, including everyday life phrases, according to the lexical and grammatical norms of the Chinese language. To use courtesy phrases. Participate in a dialogue-inquiry and dialogue-incident to action. To take part in the role-playing game “Meet the Chinese colleagues”.

Pronunciation: The sound-letter standard for recording Chinese words is pinyin, following the basic requirements for pronouncing Chinese sounds and distinguishing all Chinese sounds by ear. Following the rules of the tone system of the Chinese language, the main types of intonation of Chinese sentences.

Vocabulary: phrases of greeting and farewell, fixed expressions, courtesy phrases. Names of the countries, cities in China and the world. Common last names, social roles, educational supplies.

Grammar: the main communicative types of sentences - narrative (affirmative/negative), interrogative (general and special question), imperative, exclamatory and their structures (word order, topic and comment (subject and predicate, inverted object etc.). A sentence with a quality predicate, quality adjective in the commentary position. Negative sentence form with quality predicate, quality adjective in the commentary position. Sentences with a linking verb是shì, the position of the negation 不bù in a sentence with a linking verb是shì, interrogative sentences with particles吗ma, 吧ba, 呢ne. Attribute in the possessive meaning. Particle的de. Order of attributes in a Chinese sentence. Personal pronouns in Chinese, their functions and usage. Demonstrative and interrogative pronouns in Chinese. Interrogative sentences with interrogative pronouns. Word order in an interrogative sentence with an interrogative pronoun. A sentence with a verb predicate (action verb in the commentary position). Adverbs也yěand都dōu, their place in a sentence with regard to the predicate. The combination of the adverb都dōu with the negation不bù.

Writing: basic rules of calligraphy. The basics of hieroglyphics, mastering graphemes and hieroglyphs in accordance with the lexical and grammatical material studied. Writing short written statements according to the communicative task.

2. Getting to know the university campus, orientation in the city.

Buildings inside the campus, the insides of the building, different institutions and their location relative to each other, orientation in space and in cardinal directions. Using the acquired knowledge and skills in speech.

Communicative tasks: to perceive by ear and reproduce words, word combinations, phrases according to the pronunciation norm of the Chinese language. To understand the main content of various authentic pragmatic and journalistic audio and video texts on relevant topics. To extract the necessary/requested information from various audio and video texts on the relevant topics. To read words, word combinations, phrases and small texts, written both in pinyin and in hieroglyphs, according to the pronunciation norm of the Chinese language. To read authentic texts of various styles using various reading strategies/types in accordance with the communicative task. To compose phrases and short texts according to the lexical and grammatical norms of the Chinese language. To use courtesy phrases. To participate in a dialogue-inquiry and dialogue-incident

to action, to make a dialogue-exchange of views and a combined dialogue, including elements of different types of dialogues. To talk, to reason within the studied topics and problems, and give examples and arguments. To describe events, to state facts and what one has read/heard etc. To describe the university campus, ways to get to one's destination. To take part in the role-playing tour around the campus. To talk about locations and movement directions.

Pronunciation: meeting the basic requirements for pronouncing Chinese sounds and differentiating all of Chinese sounds by ear. Following the rules of the Chinese language tone system. The main types of intonation of Chinese sentences, the melody and rhythm of Chinese sentences of different types, phrasal accent.

Vocabulary: fixed expressions, courtesy phrases. Date, time, time of day, days of the week, postpositions (locatives) to specify spatial relationships.

Grammar: the main communicative types of sentences - narrative (affirmative/negative), interrogative (general and special question), imperative, exclamatory, and their structure schemes. Sentences of presence and possession with the verb 有 yǒu. Location indications with verbs 在 是 Postpositions (“adverbs of place”) specifying spatial relationships (前边 qiánbiān, 后边 hòubiān, 上边 shàngbiān etc.), in the function of a subject, an object and an attribute. Sentences of location (verb 在 zài, verb 有 yǒu, linker 是 shì).

Writing: mastering graphemes and hieroglyphs according to the lexical and grammatical material studied. Writing messages or written statements in according to the communicative task.

3. Everyday life at work and at home, telling the exact time, plans for the nearest future.

Discussing the daily timetable, class schedule, plans for the nearest future, appointing a meeting. Using the acquired knowledge and skills in speech.

Communicative tasks: to perceive by ear and reproduce words, word combinations, phrases according to the pronunciation norm of the Chinese language. To understand the main content of various authentic pragmatic and journalistic audio and video texts on relevant topics. To extract the necessary/requested information from various audio and video texts on the relevant topics. To read words, word combinations, phrases and small texts, written both in pinyin and in hieroglyphs, according to the pronunciation norm of the Chinese language. To read authentic texts of various styles using various reading strategies/types in accordance with the communicative task. To compose phrases and short texts according to the lexical and grammatical norms of the Chinese language. To use courtesy phrases. To participate in a dialogue-inquiry and dialogue-incident to action, to make a dialogue-exchange of views and a combined dialogue, including elements of different types of dialogues. To talk, to reason within the studied topics and problems, and give examples and arguments. To describe events, to state facts and what one has read/heard etc. To talk about the past experience in the everyday and professional life. To tell the exact time, the beginning and the ending of events, class schedule, plans for the nearest future.

Pronunciation: meeting the basic requirements for pronouncing Chinese sounds and differentiating all of Chinese sounds by ear. Following the rules of the Chinese language tone system. The main types of intonation of Chinese sentences, the melody and rhythm of Chinese sentences of different types, phrasal accent.

Vocabulary: fixed expressions, telling the exact time, days of the week, part of the day, adverbs of time today, tomorrow, yesterday, counting from 1 to 100, address, phone number.

Grammar: the main communicative types of sentences - narrative (affirmative/negative), interrogative (general and special question), imperative, exclamatory and their structure schemes. Adverbial modifier of time; ways to specify time and date. Ordering adverbial modifiers of time in a sentence. Special question to the adverbial modifier of time. The verb 有 and the negation 没有. Interrogative words 几 and 多少, phrasal particles 吧 and 呢.

Writing: basic rules of calligraphy. The basics of hieroglyphics, mastering graphemes and hieroglyphs in accordance with the lexical and grammatical material studied. Writing small written statements according to the communicative task.

4. Talking about address, phone number, travel route. Shopping. Family. The weather.

Talking to the shop assistant, discussing the planned purchase, its price and quantity. Talking about the family members and pets. Discussing seasons and the weather in Russia and China, the air temperature. Discussing preferences.

Communicative tasks: to perceive by ear and reproduce words, word combinations, phrases according to the pronunciation norm of the Chinese language. To understand the main content of various authentic pragmatic and journalistic audio and video texts on relevant topics. To extract the necessary/requested information from various audio and video texts on the relevant topics. To read words, word combinations, phrases and small texts, written both in pinyin and in hieroglyphs, according to the pronunciation norm of the Chinese language. To read authentic texts of various styles using various reading strategies/types in accordance with the communicative task. To compose phrases and short texts according to the lexical and grammatical norms of the Chinese language. To use courtesy phrases. To participate in a dialogue-inquiry and dialogue-incident to action, to make a dialogue-exchange of views and a combined dialogue, including elements of different types of dialogues. To talk and reason within the topic studied and give examples and arguments. To describe events, to state facts and what one has read/heard. To construct mini-dialogs with the shop assistant about the planned purchase, its price and quantity. To make dialogs about the family members. To discuss climate peculiarities of China and the speaker's country, the weather in different seasons, temperature conditions.

Pronunciation: meeting the basic requirements for pronouncing Chinese sounds and differentiating all of Chinese sounds by ear. Following the rules of the Chinese language tone system. The main types of intonation of Chinese sentences, the melody and rhythm of Chinese sentences of different types, phrasal accent.

Vocabulary: fixed expressions, courtesy phrases, purchase, goods, shops, money, counting words for different objects, money, family members. Family members and pets. Seasons of the year, the weather, natural phenomena.

Grammar: the main communicative types of sentences - narrative (affirmative/negative), interrogative (general and special question), imperative, exclamatory and their structure schemes. Interrogative words 几 and 多少. Numerals 二 and 两. Using counting words depending on the noun.

Quality predicate and special question to a quality predicate with the interrogative word 怎么样.

Writing: mastering graphemes and hieroglyphs according to the lexical and grammatical material studied. Writing messages or written statements in according to the communicative task.

5. Talking about present moment of action. Daily and weekly class schedule, plans for tomorrow.

Discussing free time, home tasks, present actions. Discussing plans for the nearest future, at first and then. Using the acquired knowledge and skills in speech.

Communicative tasks: to perceive by ear and reproduce words, word combinations, phrases according to the pronunciation norm of the Chinese language. To understand the main content of various authentic pragmatic and journalistic audio and video texts on relevant topics. To extract the necessary/requested information from various audio and video texts on the relevant topics. To read words, word combinations, phrases and small texts, written both in pinyin and in hieroglyphs, according to the pronunciation norm of the Chinese language. To read authentic texts of various styles using various reading strategies/types in accordance with the communicative task. To compose phrases and short texts according to the lexical and grammatical norms of the Chinese language. To use courtesy phrases. To participate in a dialogue-inquiry and dialogue-incident to action, to make a dialogue-exchange of views and a combined dialogue, including elements of different types of dialogues. To talk, to reason within the studied topics and problems, and give examples and arguments. To describe events, to state facts and what one has read/heard. To discuss present actions, to talk about the class schedule and about what happens every day, every week etc. To discuss planned actions for the nearest future and their sequence.

Pronunciation: meeting the basic requirements for pronouncing Chinese sounds and differentiating all of Chinese sounds by ear. Following the rules of the Chinese language tone system. The main types of intonation of Chinese sentences, the melody and rhythm of Chinese sentences of different types, phrasal accent.

Vocabulary: fixed expressions, courtesy phrases. Time expressions from ... till ..., present moment, every day, days of the week, at first, then, institutions and purposes to visit those.

Grammar: the main communicative types of sentences - narrative (affirmative/negative), interrogative (general and special question), imperative, exclamatory and their structure schemes.

Adverbs of present tense 现在 and 正在, expressions 每...都, time period expression 从...到, 先...然后... .

Modal verb 打算, talking about the purpose of a trip using a serial verb construction 去商店买东西. Adverb 一起. General question with an affirmative-negative predicate.

Writing: mastering graphemes and hieroglyphs according to the lexical and grammatical material studied. Writing messages or written statements in according to the communicative task.

6. Discussing the product before purchasing, friend's birthday, choosing a present, talking about preferences.

Talking about choosing the color of the clothes, about preferences. Discussing a purchase, its benefits and drawbacks. Choosing a birthday present for a friend, discussing different options and people's preferences. Using the acquired knowledge and skills in speech.

Communicative tasks: to perceive by ear and reproduce words, word combinations, phrases according to the pronunciation norm of the Chinese language. To understand the main content of various authentic pragmatic and journalistic audio and video texts on relevant topics. To extract the necessary/requested information from various audio and video texts on the relevant topics. To read words, word combinations, phrases and small texts, written both in pinyin and in hieroglyphs, according to the pronunciation norm of the Chinese language. To read authentic texts of various styles using various reading strategies/types in accordance with the communicative task. To compose phrases and short texts according to the lexical and grammatical norms of the Chinese language. To use courtesy phrases. To participate in a dialogue-inquiry and dialogue-incident to action, to make a dialogue-exchange of views and a combined dialogue, including elements of different types of dialogues. To talk, to reason within the studied topics and problems, and give examples and arguments. To describe events, to state facts and what one has read/heard. To discuss a product before purchase, its benefits and drawbacks. To discuss a present for a friend and help with the choice. To give advice and arguments.

Pronunciation: meeting the basic requirements for pronouncing Chinese sounds and differentiating all of Chinese sounds by ear. Following the rules of the Chinese language tone system. The main types of intonation of Chinese sentences, the melody and rhythm of Chinese sentences of different types, phrasal accent.

Vocabulary: fixed expressions, courtesy phrases, colors and shades, properties of objects, expression "a little..." (有点儿...), vocabulary related to birthdays.

Grammar: the main communicative types of sentences - narrative (affirmative/negative), interrogative (general and special question), imperative, exclamatory and their structure schemes. Attributive construction with the 的, adverb 有点儿... and adverb 挺, alternative question with the conjunction 还是, attribute with the "prefix" 可 (可送的, 可看的, 可去的).

Writing: mastering graphemes and hieroglyphs according to the lexical and grammatical material studied. Writing messages or written statements in accordance with the communicative task.

Annotation

Major: 03.04.01 Прикладные математика и физика

specialization: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

**Digital Transformation: Social and Economic Challenges/Цифровая трансформация:
социальные и экономические вызовы**

Purpose of the course:

To familiarize students with contemporary processes of digital transformation, what consequences they might have and challenges they will lead to, to provide students theoretical tools for understanding these processes, and optimally reacting to challenges they arise.

Tasks of the course:

- To provide an overview of theoretical approaches to economic transformation;
- to work out framework for transition analysis;
- to introduce students into main social and economic challenges caused by digital transformation and what dramatic consequences they might lead to;
- to familiarize students with possible economic outcomes and to show what economic policy should be to overcome all problems, avoid disastrous scenarios and get use of all the bounties digital transformation can bring.

List of the planned results of the course (training module)

As a result of studying the course the student should

know:

- Core approaches to economic transformation;
- criteria used to determine stages of economic development;
- key problems of traditional economic methodology being applied to digital economy analysis.

be able to:

- Analyze social and economic phenomena caused by digital transformation;
- analyze transitional dynamics and predict possible economic outcomes for world economy, national economy, and the student himself/herself;
- determine main social and economic challenges digital transformation arises;

- provide policy options for a changing world.

master:

- Tools for economic transition analysis;

- tools of critical economic thinking.

Content of the course (training module), structured by topics (sections):

1. Economic Transformation: Literature Survey

Various criteria of stage determination and approaches to transformation. Critique of postindustrialism. Resource scarcity and economic transformation. Vital resources and stages of development. Transitional dynamics and transformational crises. Digital economy and economics dead-end.

2. Economic Methodology: Are Our Tools Good Enough?

Resource scarcity and science without subject. Methods that we use and why they do not work anymore. Economic transformation: basic methodology.

3. Digital Economy: Challenges We Face

Resource scarcity, heterogeneity and foodchain structure of world economy. Great capital vs. labor (knowledge) battle. Monopolization and inequality. Global capital model failure. World without jobs. Challenges for science: areas of research.

4. Economic Policy in New World

Economic Policy Analysis: Are Our Tools Good Enough? Three Possible Outcomes: Capitalist (Disastrous), Revolutionary (Utopian), Regulatory (Second Best). New Challenges – New Policy. Economic Policy Mechanism

Annotation

Major: 03.04.01 Прикладные математика и физика

specialization: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Electron Microscopy of Biological Objects/Электронная микроскопия биологических объектов

Purpose of the course:

the formation and improvement of the students' competencies in the field of modern ideas about the cryo-electron microscopy method - a modern and dynamically developing experimental method that is actively gaining popularity for research in the field of structural biology, which makes it possible to determine the structure of macromolecular complexes with a resolution close to atomic.

Tasks of the course:

- 1) Acquaintance of students with the methods used for the structural characterization and analysis of interactions between proteins and drugs, an overview of general principles of organization of proteins and nucleic acids.
- 2) Acquaintance of students with fundamental principles underlying cryo-electron microscopy, including theoretical training:
 - a. principles of operation of electron microscopes and an overview of the modern world instrument infrastructure;
 - b. introduction to Fourier transforms and principles of image formation;
 - c. stages and features of sample preparation;
 - d. data collection strategies and basic image processing workflows for all three main methods of modern cryo-electron microscopy: tomography, single-particle analysis, and two-dimensional electron crystallography.

List of the planned results of the course (training module)

As a result of studying the course the student should

know:

- 1) The principles of operation of cryo-electron microscopes, features and advantages of modern cryo-electron microscopes;
- 2) Features of the preparation and conduction of experiments on cryo-electron microscopy: heterogeneity of samples and problems associated with biological samples; transmembrane

proteins and features of their study; tomography and analysis of individual particles; the use of electronic tomography to study the structure of proteins; analysis of helical structures;

3) Basics of 3D reconstruction. Modern software and algorithms for image analysis and 3D reconstruction (cisTEM, RELION, SPHIRE, cryoSPARC, etc.);

4) Databases EM. Validation of data and reconstructions obtained on their basis.

be able to:

1) Apply knowledge based on modern ideas about the method of cryo-electron microscopy to solve fundamental professional problems;

2) Creatively use in scientific activity knowledge about the principles of operation of electron microscopes and modern world instrumental infrastructure;

3) Highlight and systematize the main ideas in scientific texts;

4) Critically evaluate any incoming information, regardless of the source;

5) Generate new ideas and methodological solutions;

6) Carry out the design of their scientific activities;

7) Present your scientific results in oral reports.

master:

1) Methods of theoretical and experimental research;

2) Skills of search (including using information systems and databases), processing, analysis and systematization of information;

3) Skills of critical analysis and assessment of modern scientific achievements.

Content of the course (training module), structured by topics (sections):

1. Structure of proteins

Levels (primary, secondary, tertiary), of protein organization, kinds of proteins (soluble vs membrane), domains.

2. Structure of nucleic acids

Double helix, RNA vs DNA, sugar puckering, forms of DNA.

3. Drug-protein interactions

Affinity, specificity, thermodynamics of binding.

4. Introduction into drug fragment design and virtual screening

Drug development pipeline, lead discovery and validation, Lipinski rules, ADMET.

5. Main biophysical methods for the study of proteins

Short introduction and comparison of X-ray crystallography, NMR, cryo-electron microscopy, etc.

6. Sample preparation in EM

Types of grids, grids preparation, assembly, major problems and troubleshooting.

7. Electron microscope

Basic anatomy, guns, lenses, columns, detectors.

8. Image formation

Amplitudes and phases, contrast transfer function.

9. Single particle analysis

Pipeline and practical aspects.

10. Tomography

Pipeline and practical aspects.

11. Hands-on Seminars

Preparation of grids, negative staining

Working with the electron microscope

Data analysis and processing. Part 1

Data analysis and processing. Part 2

Model building and refinement

Annotation

Major: 03.04.01 Прикладные математика и физика

specialization: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

English Language. Intercultural Communication/Английский язык. Межкультурная коммуникация

Purpose of the course:

Formation of cultural and linguistic competence as a basis for a respectful intercultural attitude towards spiritual, national, and other values of other countries and nations; development of graduate students' cultural sensitivity, the ability to correctly interpret specific manifestations of communicative behavior in different situations; intercultural contacts, practical skills and abilities in communicating with representatives of other cultures, the ability to correctly interpret specific manifestations of communicative behavior and tolerant attitude to them; mastering intercultural interaction up to the necessary and sufficient level to solve communicative and social problems in different cultural, everyday, academic and professional tasks, in communication with representatives of other cultures.

Tasks of the course:

To form the learner's ability to solve communicative tasks by language means in various situations of intercultural communication, to interact on the interpersonal and professional level in a foreign language, considering the peculiarities of the culture of the language being studied, as well as the ability to overcome intercultural differences in situations of everyday, social and professional communication; to develop the ability to reflect on one's own and other cultures, which initially prepares one to have a respectful attitude to cultural manifestations of the target language; to expand the knowledge on the corresponding culture for deep understanding of diachronic and synchronic relations between one's own and the culture of the target language; to acquire new insights into the conditions of socialization and enculturation in one's own and other cultures, social stratification, and sociocultural forms of interaction in shared cultures.

To achieve the goals and objectives of mastering the discipline, students must master a foreign language professional communicative competence, including:

Ethnographic competence: the ability to understand the country of the studied language, its history and culture, everyday life, prominent representatives, traditions and manners; the ability to compare the history, culture, customs of their own and other cultures, understanding of cultural specificity and the ability to explain the causes and origins of a particular cultural characteristic.

Linguistic competence: the ability to correctly construct grammatical forms and syntactic constructions in accordance with the norms of the studied language.

Sociolinguistic competence: the ability to use and transform language forms in accordance with the situation of foreign-language communication.

Sociocultural competence: the ability to consider verbal and non-verbal behavior of the studied language country in communication.

Social competence: the ability to interact with communication partners, possession of appropriate strategies.

Discursive competence: the ability to understand and achieve coherence of individual statements in meaningful communicative models.

Strategic competence: the ability to use the most effective strategies in solving communicative tasks.

Object competence: knowledge of meaningful information when organizing one's own statement or understanding other people's statements.

Subject-professional competence: the ability to operate with knowledge in real world communication with representatives of the studied culture, showing empathy as the ability to understand the norms, values and motives of behavior of representatives of another culture.

Communicative competence: the ability to establish and maintain contacts with representatives of different age, social and other groups of both their own and other cultures, the ability to be a mediator between their own and other cultures.

Pragmatic competence: the ability to choose the most effective and expedient way of expressing thoughts, depending on the conditions of the communicative act and the task set.

List of the planned results of the course (training module)

As a result of studying the course the student should

know:

- interrelation, mutual influence and interaction of language and culture;
- the role of language as an organic part of culture in human life, behavior and communication with speakers of other languages and other cultures, national individuality and identity of peoples;
- the concept of a cultural and anthropological view of a person, his/her way of life, ideas, attitudes, customs, system of values, perception of the world - his/her own and others';
- the influence of culture through language on human behavior, worldview and life in general;
- the history of emergence, development stages and teaching methods of intercultural communication;
- the meaning of the concept of "culture", its role in the communication process, as well as the relationship with such concepts as "socialization", "inculturation", "acculturation", "assimilation", "behavior", "language", "identity", "global citizenship";
- the impact of various social transformations on cultural identity changes;
- the specifics of how other cultures are perceived, the causes of prejudice and stereotypes in intercultural encounters;

- mechanisms of forming intercultural tolerance and dialogue of cultures;
- types, kinds, forms, models, structural components of intercultural communication;
- the norms and styles of intercultural communication;
- features of mentality and national customs of different cultures, cultural standards of ethnic, political and economic plans;
- linguistic worldview of native speakers of foreign languages, their distinctive features of outlook and understanding of the world;
- ethical and moral norms of behavior in a culturally different environment;
- language standards of oral communication culture, ethical and moral norms of behavior adopted in the country of the studied language; stereotypes and ways to overcome them; norms of etiquette in the country of the studied language;
- methods of systematic and critical analysis; methods of developing an action strategy for identifying and solving a conflict situation;
- stages of the project life cycle; stages of project development and implementation; methods of project development and management;
- team building techniques; methods of effective team management; basic leadership theories and leadership styles;
- rules and patterns of personal and business oral and written communication; modern communication technologies in Russian and foreign languages; existing professional communities for professional interaction;
- regularities and peculiarities of social and historical development of different cultures; peculiarities of intercultural society diversity; rules and methods of effective intercultural interaction;
- methods of self-assessment, self-control and self-development

be able to:

- apply the techniques of studying cultural systems and intercultural situations;
- perceive, analyze, interpret and compare cultural facts;
- determine the role of basic cultural concepts in intercultural communication;
- find adequate solutions in various intercultural communicative situations;
- analyze the peculiarities of intercultural communication in a team;
- reflect on the reference system of one's own culture;
- recognize and correctly interpret nonverbal signals in the process of intercultural communication;
- compose a communicative portrait of a representative of another linguistic culture;
- discover the meanings of concepts and actions in an intercultural situation;

- analyze coincidences and differences in communicative behavior from the perspective of the cultures in contact;
- adequately implement one' s communicative intentions when communicating with representatives of other linguistic cultures;
- switch when encountering another culture based not only on linguistic, but also on non-linguistic norms of behavior;
- identify the causes of communicative problems and apply ways to overcome them;
- take the position of a partner in intercultural communication and identify possible conflicts as conditioned by the values and norms of one' s culture;
- successfully overcome barriers and conflicts in communication and achieve mutual understanding;
- reveal the relationship and mutual influence of language and culture;
- be tolerant of other cultures and languages;
- analyze the main stages and regularities of the historical development of society to form their civic position;
- respect and preserve the historical heritage and cultural traditions;
- use models of social situations, typical scenarios of interaction of participants of intercultural communication;
- guide the principles of cultural relativism and ethical norms, which imply rejection of ethnocentrism and respect for the diversity of foreign language culture and value orientations of foreign-language societies;
- overcome the influence of stereotypes and carry out intercultural dialogue in general and professional lines of communication;
- model possible communicative situations between representatives of different cultures and societies;
- apply methods of systematic approach and critical analysis of problem situations; develop action strategies, make concrete decisions to implement them;
- develop a project taking into account the analysis of alternative options for its implementation, determine the target stages, the main directions of work; explain the goals and formulate tasks related to the preparation and implementation of the project; manage the project at all stages of its life cycle;
- develop a plan of collective and organizational communications in preparation and implementation of the project; formulate tasks for team members to achieve the set goal; develop a team strategy); apply effective styles of team leadership to achieve the set goal;
- apply communicative technologies, methods and ways of business communication in practice for academic and professional interaction;
- determine theoretical and practical significance of cultural and linguistic factors in the interaction of different philosophical and academic traditions;

- understand and tolerate intercultural diversity of society; analyze and take into account the diversity of cultures in the process of intercultural interaction;
- solve the problems of personal and professional development, determine and implement the priorities of improvement of own activity; apply the methods of self-assessment and self-control.

master:

- norms of etiquette and behavior when communicating with representatives of other cultures;
- principles of tolerance in resolving intercultural conflicts;
- methods of communicative research, the ability to apply the acquired knowledge in research activities, oral and written communication;
- communicative strategies and tactics characteristic of other cultures;
- skills for proper intercultural communication, independent analysis of intercultural conflicts in the process of communication with representatives of other cultures and ways to resolve them;
- the ability to correctly interpret specific manifestations of verbal and nonverbal communicative behavior across cultures;
- oral and written communication skills in Russian and foreign languages to solve interpersonal and intercultural communication issues;
- skills of operating with a focus on ethical and moral norms of behavior accepted in a foreign cultural society;
- the necessary interactive and contextual knowledge, allowing to overcome the influence of stereotypes and adapt to changing conditions in contact with representatives of different cultures
- methodology of systematic and critical analysis of problematic situations; methods of setting a goal, determining the ways to achieve it, developing action strategies
- methods of project development and management; methods of resource and project efficiency evaluation;
- the ability to analyze, design and organize interpersonal, collaborative and organizational communication in a team to achieve an objective; methods of organization and management of the team;
- methods of interpersonal business communication in Russian and foreign languages, with the use of professional language forms, tools, and modern communication technologies;
- methods and skills of effective intercultural interaction;
- technologies and skills for managing one's own cognitive activity and improving it on the basis of self-assessment, self-control and principles of lifelong learning.

Content of the course (training module), structured by topics (sections):

1. Topic 1. Culture and language

The fundamental principles of intercultural communication and dialogue of cultures. Cultural worldview: an understanding of the values, norms, and morals of one's own culture and those of others. Types of relations between cultures. Linguistic system. The communicative function of language. Various forms of language communication. Human speech as a means of transmitting and receiving the bulk of vital information. The correlation between human speech and the language system as a whole. The meaning of language in peoples' cultures. Language as a unique means of storing and passing information, as well as controlling human behavior. The relationship between language, culture and communication. Language culture, language personality communication, identity, stereotypes of consciousness, world pictures, etc.

Communicative tasks: to carry out communication in oral and written forms: explaining the values and ethical norms of one's own culture and those of other cultures; discussing the characteristics and types of relationships between cultures; discussing the importance of taking into account the differences in the means of communication and the communication styles of other cultures; expressing hypotheses and one's own perspective on the interaction between language and culture.

2. Topic 2. Typology of cultures

The fundamental principles of intercultural communication and dialogue of cultures. Cultural worldview: an understanding of the values, norms, and morals of one's own culture and those of others. Types of relations between cultures. Parametric model of culture by G. Hofstede. Theory of cultural standards by A. Thomas. Differentiation of cultures by R. Lewis and F. Trompenaars. Perceptual stereotypes, prejudices and their functions, importance for intercultural communication. Tolerance in intercultural communication.

Communicative tasks: to carry out communication in oral and written forms: explaining the differences in various types of cultures; discussing the specifics of cultural standards, models, concepts; describing the values, norms, and morals of one's own culture and those of other peoples; analyzing coincidences and differences in communicative behavior from the perspective of contacting cultures; taking the partner's position in intercultural communication and identifying possible conflicts as conditioned by values and norms of his/her culture; discussing possible problems in communication with the representative of another culture and ways to resolve them in case analysis.

3. Topic 3. The essence and types of intercultural communication

Existing cultural differences between different people. Overcoming intercultural differences as the main goal of interpersonal communication. Cognitive, social and communication styles of intercultural communication. Verbal and nonverbal communication. Forms and methods of verbal and nonverbal communication. Paraverbal communication. National and cultural characteristics of verbal and nonverbal communicative behavior in different cultures.

Communicative tasks: to carry out communication in oral and written forms: describing events, concepts (space, time, personality, life, etc.) in terms of one's own and other cultures; discussing means of verbal and nonverbal intercultural communication; finding similarities and differences in ways of intercultural communication, typical for foreign and one's own cultures; modeling features of communicative behavior of representatives of one's own and other cultures in a role play.

4. Topic 4. Intercultural scientific communication

Forms of academic and intercultural communication: oral, written, formal, informal. Academic communication: intercultural aspect. Intercultural academic communication and the problems of translation. Academic text as a subject-sign model in a monocultural and intercultural environment. Difficulties and contradictions that occur in the perception and understanding of foreign-language texts.

Communicative tasks: to carry out communication in oral and written forms: describing similarities and differences in foreign-language and native-language academic communication; using cultural standards in situations of oral and written intercultural academic communication; transforming academic texts (from oral to written, from formal to colloquial, etc.); translating academic texts with regard to cultural context and genre type affiliation.

5. Topic 5. International academic mobility

Academic mobility as a means of intercultural communication. The importance of intercultural communication for academic mobility. Features of social and academic adaptation in the context of academic mobility. Intercultural communication and communicative competence in the process of academic mobility.

Communicative tasks: to carry out communication in oral and written forms: discussing the benefits of international academic mobility; giving examples of academic mobility in foreign-language and native-language cultures; solving issues related to cultural adaptation in an international academic environment; participating in a role play on typical situations of international academic mobility.

6. Topic 6. Intercultural communication in business

Etiquette and business communication features in different countries. General principles of business etiquette. National principles of business negotiations. Comparing the etiquette of business negotiations. European and Asian communication styles. General features of business etiquette in Asian countries. The influence of different cultural factors on business development of companies planning to enter foreign markets. Communication strategies for achieving mutual understanding in international business. Working with Chinese partners. Knowledge of cultural characteristics as a competitive advantage. Participating in international projects and programs. Working in an international team.

Communicative tasks: to carry out communication in oral and written forms: describing corporate cultures, norms of business etiquette and behavior accepted in the native and foreign countries; solving common problem situations in intercultural business communications; using effective interpersonal communication strategies in intercultural business communications; writing a business e-mail to a foreign partner taking into account his/her cultural affiliation; negotiating with representatives of another linguistic culture.

Annotation

Major: 03.04.01 Прикладные математика и физика

specialization: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

English Language. Leadership and Communication in Science, Industry and Academia/Английский язык. Лидерство и коммуникация в науке, индустрии и образо

Purpose of the course:

Formation and development of social, business, cultural and professionally-oriented communicative competencies in accordance with the Common European Framework of Reference for solving communicative tasks in the socio-cultural, academic and professional-business spheres of activity, as well as for the development of professional and personal qualities of master's graduates.

Tasks of the course:

To form the learner's ability to solve communicative tasks by language means in various situations of intercultural communication, to interact on the interpersonal and professional level in a foreign language, considering the peculiarities of the culture of the language being studied, as well as the ability to overcome intercultural differences in situations of social and professional communication. To achieve the goals and objectives of studying the course, students are to master a foreign language general professional communicative competence, including:

Linguistic competence: the ability to correctly construct grammatical forms and syntactic constructions in accordance with the norms of the studied language.

Sociolinguistic competence: the ability to use and transform language forms in accordance with the situation of foreign-language communication.

Sociocultural competence: the ability to consider verbal and non-verbal behavior of the studied language country in communication.

Social competence: the ability to interact with communication partners, possession of appropriate strategies.

Discursive competence: the ability to understand and achieve coherence of individual statements in meaningful communicative models.

Strategic competence: the ability to use the most effective strategies in solving communicative tasks.

Object competence: knowledge of meaningful information when organizing one's own statement or understanding other people's statements.

Pragmatic competence: the ability to choose the most effective and expedient way of expressing thoughts, depending on the conditions of the communicative act and the task set.

List of the planned results of the course (training module)

As a result of studying the course the student should

know:

- methods of system and critical analysis;
- methods of developing an action strategy to identify and solve a problem situation;
- stages of the project life cycle;
- stages of project development and implementation; methods of project development and management;
- methods of forming teams;
- methods of effective team management, characteristics of communicative behavior in the process of intercultural communication;
- basic leadership theories and leadership styles;
- rules and patterns of personal and business foreign language oral and written communication;
- modern communication technologies in Russian and foreign languages, culturally determined features of communication in the process of intercultural communication;
- existing professional communities for professional interaction;
- patterns and features of socio-historical development of various cultures;
- features of the intercultural diversity of society;
- rules and technologies of effective intercultural interaction; methods of self-assessment, self-control and self-development.

be able to:

apply methods of a system approach and critical analysis of problem situations;

- to search for solutions to the problem situation and develop a strategy of actions to achieve the goal, to make certain decisions for its implementation, using the skills of foreign language oral and written speech;
- to assess the impact of the decisions taken on the external environment of the planned activity and the relationships of the participants in this activity;
- to develop a project considering the analysis of alternative options for its implementation, to determine the target stages, the main directions of work;
- formulate goals and objectives, relevance, significance related to the preparation and implementation of the project, expected outcomes and possible areas of their application, using the skills of foreign language oral and written speech;
- manage the project at all stages of its life cycle;

- organize and coordinate work with due account for the diversity of the project participants' cultures;
- develop a plan of group and organizational communications during the preparation and implementation of the project;
- formulate tasks for team members to achieve the goal; develop a team strategy using the skills of foreign language oral and written speech;
- apply effective team leadership styles to achieve the set goal;
- exchange business information in oral and written forms in the language being studied;
- to present the results of academic, scientific and professional activities at various events, including international;
- to put into practice communication technologies, methods and patterns of business communication for academic and professional interaction;
- to identify the specifics of the philosophical and scientific traditions of the main world cultures, to understand and tolerate the intercultural diversity of the society;
- analyze and consider the diversity of cultures in the process of intercultural interaction;
- to solve the tasks of personal and professional development, to determine and implement priorities for improving the own activities;
- apply methods of self-assessment and self-control; apply methodologies of improving and preserv health in the process of life.

master:

- methodology of system and critical analysis of problem situations;
- methods of setting goals, determining ways to achieve it, developing strategies for actions using foreign language oral and written speech skills;
- methods of project development and management, forecasting the results of activities using the skills of foreign language oral and written speech;
- methods of assessing the need for resources and the effectiveness of the project using the skills of foreign language oral and written speech;
- ability to analyze, design and organize interpersonal, group and organizational communications in a team to achieve a goal;
- methods of organizing and managing a team, applying the skills of intercultural interaction in the language being studied;
- methodology of interpersonal business communication in the language being studied, using professional language forms, means and modern communication technologies for academic, scientific and professional interaction;
- methods and skills of effective intercultural interaction;

- skills necessary for writing translation and editing various academic texts (abstracts, essays, reviews, articles, etc.);
- ability to determine theoretical and practical significance of the cultural and linguistic factor in the interaction of various philosophical and scientific traditions;
- technologies and skills to manage the own cognitive activity and improve it based on self-assessment, self-control and principles of self-education throughout life.

Content of the course (training module), structured by topics (sections):

1. Topic 1. The new reality of the leadership concept

Leadership in modern society, science, industry, education. Modern concepts of leadership. Types of leadership and personal characteristics of a leader. Leadership technologies. A team as a social group. Principles of team building, roles and tasks within the team. The role of a leader in a team, leadership communication. Effective and dysfunctional models of leadership communication. Organization of interpersonal, group and organizational communications in a team. Team and motivation, feedback.

Communicative tasks: to carry out communication in oral and written forms:

to discuss basic principles of teamwork; to discuss effective team interaction; to give arguments for the definition of "team spirit"; to collaborate, cooperate, express the own point of view, constructively overcome differences, use the potential of the group and achieve collective results; to use methods of communicative interaction and significantly increase the effectiveness of a multinational team; to establish the most effective rules of communication when interacting with the team; ask clarifying questions, leading the interlocutor to his opinion; conduct interviews, building a system of effective interaction when discussing a given topic; mediate when disagreements arise and successfully resolve them; create an atmosphere of friendliness and openness; convincingly express judgment and influence the opinion of the interlocutor; recognize the needs and interests of the interlocutor and build on them in the process of dialogue.

2. Topic 2. The phenomenon of scientific leadership in the modern world

Scientific leadership and its historical transformations. Scientific potential and leadership in science. Communicative nature of leadership in science as a specific model. World leaders in science and technology. The Strategic Academic Leadership program "Priority 2030" is leadership in the creation of new scientific knowledge. Goals of the program. Objectives of the program. Priorities of the program.

Communicative tasks: to carry out communication in oral and written forms:

to describe and discuss effective models of leadership communication; to discuss conditions conducive to competitiveness and scientific leadership; to reason the choice of effective methods in scientific communication; to discuss their features; to discuss the main characteristics of the chosen method; to evaluate models of leadership communication and effective methods in scientific communication; to describe and discuss the goals, objectives and priorities of the academic leadership program; to describe stages of the research project.

3. Topic 3. Leadership in academia, science and industry

Successful career at the university. The program "Leaders of Russia". The program "School of Rectors". Development of strategic plans for the development of the university. The connection of science, technology and education in universities. Personnel reserve. Research leadership. Creation of scientific schools. Scientific projects in education. The MIPT project "Talents in the Regions". Institute of mentoring in science, education, entrepreneurship. Practices of scientific, educational and corporate volunteering.

Communicative tasks: to carry out communication in oral and written forms:

discuss the principles of modern scientific leadership, functions and competencies of a leader in education, science, industry; discuss responsibility for the results and consequences of their scientific activities; give arguments for the definition of "scientific ethics"; coordinate the efforts of all project participants (team, working group), delegate authority; predict the possible development of the technological system in terms of influence the impact of technology on society; to reveal the relationship between the leadership style and the effectiveness of innovation; analyze the results of the implementation of large-scale projects in the field of science and education and their impact on the scientific and technological development of the country; determine the conditions for the disclosure of leadership potential; use effective strategies of the communicative behavior of a leader in science, education and industry.

4. Topic 4. Scientific, educational and scientific-technical projects

Features of the team of a scientific, educational, scientific and technical project. Professional communication in the project team. Goals, objectives, content, basic requirements for the implementation of the project, expected results; scientific, scientific-technical and practical value. Opportunities and solutions, necessary resources for the implementation of the project.

Communicative tasks: to carry out communication in oral and written forms:

discuss the implementation stages of a scientific, technological and business project; discuss the principles of the distribution of roles in the project team; form a team united by a common professional trajectory based on the principles of team building; create a group project taking into account the genre features of the research plan, business plan, technological solution, etc.; make arguments in favor of choosing one or another shared workspace, identify adequate interpersonal communication strategies in the team and use them while preparing a group project; to have a convincing influence on team members; to give rational arguments in defense of their position; to conduct a discussion based on the principles of eco-friendly communication: adequately express agreement and disagreement, use effective strategies for interacting with an unfriendly audience, create a productive working atmosphere, avoiding conflicts and disagreements; to choose the appropriate way of presenting a project; to defend the project by providing verbal and non-verbal influence on experts and representatives of a wide audience; substantiate the relevance, theoretical, practical, social significance of the project, its investment attractiveness and competitive advantages.

Annotation

Major: 03.04.01 Прикладные математика и физика

specialization: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Genetics and Metabolic Engineering, Genome Editing/Генетическая и метаболическая инженерия, редактирование генома

Purpose of the course:

formation and improvement of students' competencies in the field of genetic engineering or methods of construction and analysis of recombinant DNA molecules

Tasks of the course:

- 1) Acquaintance of students with the general principles and methods of constructing recombinant DNA
- 2) Acquaintance of students with modern approaches to genome editing based on recombination and CRISPR / Cas methodology

List of the planned results of the course (training module)

As a result of studying the course the student should

know:

- 1) Basic principles and methods of constructing recombinant DNA
- 2) Modern approaches to genome editing based on recombination and CRISPR / Cas methodology

be able to:

- 1) Apply methods of constructing recombinant DNA to solve fundamental professional problems;
- 2) Creatively use in scientific activity knowledge about genome editing based on recombination and CRISPR / Cas methodology;
- 3) Highlight and systematize the main ideas in scientific texts;
- 4) Critically evaluate any incoming information, regardless of the source;
- 5) Generate new ideas and methodological solutions;
- 6) Carry out the design of their scientific activities;
- 7) Present your scientific results in oral reports.

master:

- 1) Methods of theoretical and experimental research;
- 2) Skills of search (including using information systems and databases), processing, analysis and systematization of information;
- 3) Skills of critical analysis and assessment of modern scientific achievements.

Content of the course (training module), structured by topics (sections):

1. Introduction

Enzymes used in genetic engineering. Autonomous units of replication are the basis of genetic material in the design of new systems.

2. Cloning basics

Construction of hybrid plasmids. Transformation/transfection of cells. Analysis of clones. Expression of cloned genes.

3. Mutagenesis. Genome editing in prokaryotes

The rate of spontaneous mutagenesis. Induced mutagenesis in *E. coli* cells. Site-specific mutagenesis of genes located on a plasmid. Protein engineering. Transposon mutagenesis. Site-specific mutagenesis of the bacterial chromosome on the example of *E. coli* and other microorganisms.

4. Genomic editing in eukaryotic cells

DNA mutagenesis in eukaryotic cells. TALENs and ZFN-nucleases for genetic engineering in eukaryotes. CRISPR-Cas9 system.

5. Vectors for cloning genes in *E. coli* and other bacteria

Vectors of the pBR and pACYC series. pUC series vectors. pGEM series vectors. T-vectors and TOPO cloning. Phage vectors. Cosmids. Vectors for cloning large DNA fragments (such as Bac). Broad host range vectors and vectors for gram-positive bacteria. Expression vectors and reporter-vectors. Vectors for the construction of biosensors.

6. Eukaryotic expression vectors

Eukaryotic expression systems based on fungi (yeast, *Aspergillus*). Yeast vectors of the Yac series. Eukaryotic expression systems based on CHO and insect cells (baculoviruses).

7. Metabolic engineering (ME)

Metabolic engineering as a tool for obtaining microbes with desired properties.

8. ME development stages. Precision directed ME

Three stages of ME development (brief description and distinctive features, examples of achievements at individual stages).

9. Systems ME

Systems ME (brief characteristics of the components, fundamental difference from precision-directed ME, cyclicality of research).

10. Genomics, transcriptomics and proteomics for metabolomics

X-omics technologies: Genomics, Transcriptomics, Proteomics, Metabolomics - the essence of "post-genomic" methods, the results obtained, successful examples of use for solving ME problems.

11. Fluxomics

Why Fluxomics is often called the quintessence of all other X-omics technologies. FBA and ¹³C-MFA - the commonality of the mathematical apparatus of the quasi-stationary solution of stoichiometric equations and the difference in the use of models, approximations and experimental data, and therefore the results.

12. Application of ¹³C-MFA for medical devices

¹³C-MFA principles and results obtained for developing an experimental strategy and analyzing the results of ME.

13. Induction and dynamic control

Regulated cultivation - similarities and differences between inducible expression and "Dynamic metabolic control".

14. ME successes

By the 30th anniversary of ME in 2021 - examples of outstanding success (creation of producers of aa, 1,3-propanediol, 7-ADCA, 1,4-butanediol, artemisinin, isobutanol).

Annotation

Major: 03.04.01 Прикладные математика и физика

specialization: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

German for Scientific Purposes/Немецкий язык для научных целей

Purpose of the course:

Formation and development of social, business, intercultural and professionally-oriented communicative competencies for solving communicative tasks in the socio-cultural, academic and professional-business spheres of activity, as well as for the development of professional and personal qualities of a graduate.

Tasks of the course:

To form the learner's ability to solve communicative tasks by language means in various situations in the academic and professional sphere, to acquire knowledge in a wide range of fields of science, to make an in-depth analysis of information and to form his opinion both orally and in writing.

To achieve the goals and objectives of mastering the discipline, students must master a foreign language professional communicative competence, including:

Linguistic competence: the ability to correctly construct grammatical forms and syntactic constructions in accordance with the norms of the studied language.

Sociolinguistic competence: the ability to use and transform language forms in accordance with the situation of foreign-language communication.

Sociocultural competence: the ability to consider verbal and non-verbal behavior of the studied language country in communication.

Social competence: the ability to interact with communication partners, possession of appropriate strategies.

Discursive competence: the ability to understand and achieve coherence of individual statements in meaningful communicative models.

Strategic competence: the ability to use the most effective strategies in solving communicative tasks.

Object competence: knowledge of meaningful information when organizing one's own statement or understanding other people's statements.

Domain expertise: the ability to operate with knowledge in conditions of real communication with the studied culture representatives, manifestation of empathy as the ability to understand the norms, values and motives of behavior of another culture representatives.

Communicative competence: the ability to establish and forge contacts with representatives of various age, social and other groups of native and other linguistic cultures, the ability to be a mediator between the own and foreign-language cultures.

Pragmatic competence: the ability to choose the most effective and expedient way of expressing thoughts, depending on the conditions of the communicative act and the task set.

List of the planned results of the course (training module)

As a result of studying the course the student should

know:

- features of speech activities in German;
- the main phonetic, lexical and grammatical phenomena and structures used in oral and written speech when communicating in German, their difference from the native language for the reasoned and logical construction of statements that allow the application of the studied language in everyday, academic, scientific, business and professional communication;
- features of foreign-language academic communication, techniques for extracting and delivering foreign-language information for academic purposes;
- fundamentals of organizing written communication, types of written communicative tasks and functions of written communication tools;
- specifics of using verbal and non-verbal means in situations of foreign-language communication;
- types and features of written texts and oral presentations, general content of complex texts on abstract and specific topics, features of foreign-language texts, universal patterns of structural organization of the text, including highly specialized texts;
- rules of using various technical means for the purpose of searching and extracting foreign-language information, basic rules of determining the relevance and reliability of foreign-language sources, analysis and synthesis of information;
- world achievements, discoveries, events from the field of history, culture, politics, social life;
- general forms of teamwork organization; special aspects of behavior and interests of other participants; fundamentals of strategic planning of the team to achieve the goal;
- standard types of communicative tasks, goals and objectives of business negotiations, socio-cultural features of business negotiations, their communicative-pragmatic and genre features;
- vocabulary and terminology for academic, scientific and professional communication.

be able to:

- understand and use language tools in all types of speech activities in German;
- conduct discussions in German in various spheres of communication: everyday life, socio-cultural, socio-political, professional;

- verbally implement a communicative intention in order to influence a communication partner to start, conduct/maintain and finish a dialogue-asking about what he saw, read, dialogue-exchanging opinions and observing the norms of speech etiquette, if necessary using strategies to restore a failure in the communication process (re-questioning, paraphrasing, etc.);
- extract general and detailed information when reading authentic scientific and scientific-journalistic German-language texts;
- provide information based on the read text in the form of a prepared monologue (presentation on the proposed topic);
- understand monologue and dialogue statements in direct communication and in audio/video recordings;
- understand communicative intentions of the received written and oral messages;
- expand the proposed argument in the form of illustrations, details, explanations;
- use modern information technologies for professional activity, business communication and self-development;
- convey in Russian the content of German-language scientific and scientific-journalistic texts in the field of professional activity;
- select literature on the topic, compile a bilingual glossary, translate and review special literature, prepare scientific reports and presentations based on the read special literature, explain the own point of view and tell about plans;
- carry out oral and written foreign language communication in accordance with the student's field of professional activity;
- use the techniques and principles of building public speech for the report;
- recognize and differentiate linguistic and speech phenomena, distinguish basic and secondary information when reading texts and listening to speech, use standard means of oral and written communication in interpersonal communication; apply adequate communicative means in standard interaction situations on professionally oriented topics;
- use graphic editors, create easily perceived visual materials;
- describe graphical information (circular histogram, table, column and line graphs); write a short article on a given topic;
- write a summary, a review, a short article-advice on the proposed topic;
- abstract and annotate foreign-language professional texts;
- present research results in a written and oral form;
- apply information and communication technologies in communication and speech activity in a foreign language;
- identify and formulate problems that arise in the process of learning a foreign language; evaluate the student's capabilities, the realism and adequacy of the planned ways and ways to achieve the planned goals.

master:

- intercultural professionally oriented communicative competence in different types of speech activity;
- various communication strategies: educational strategies for organizing educational activities; strategies of reflection and self-assessment in order to improve personal qualities and achievements; strategies for perception, analysis, creation of oral and written texts of various types; Internet technologies for choosing the optimal mode of obtaining information; different methods of memorizing and structuring the acquired material;
- presentation technologies for information communication;
- method of searching and analyzing information from various sources in the professional field;
- skills of annotating and abstracting original scientific and scientific-journalistic articles;
- methods of assessing and self-assessing the results of foreign language learning activities;
- methods of identifying and realizing individual language capabilities, personal and professionally significant qualities in order to improve them;
- the ability to understand the speech of native speakers at a fast rate and respond adequately considering cultural norms of international communication;
- the ability to create clear, logical monologue and dialogue statements in various situations of everyday and professional communication, using the necessary set of communication tools;
- techniques of public speech and business and professional discourse in German.

Content of the course (training module), structured by topics (sections):**1. Topic 1. Flexible skills**

Social and emotional intelligence. Personal and social skills. A relationship with the self. Skills and abilities to recognize emotions, understand the intentions, motivation and desires of other people and their own, managing emotions in order to solve practical problems. Inner harmony. Self-understanding. Self-regulation. Motivation. Empathy. Creativity. Sociability. Corporationism. Criticism. Key characteristics of a successful person. Success of the individual. Overcoming difficulties.

Communicative tasks: to carry out communication in oral and written forms: to build logical statements about personal and social skills, to describe various situations using illustrations; to use aphorisms in communication and be able to interpret them; to discourse upon ways of achieving success, possibilities of developing internal potential, life prospects, life meaningfulness, formation of responsibility assumed voluntarily; to talk about ways of self-improvement.

2. Topic 2. Communication in the modern world

Communication in society. Culture of communication based on common values: honesty, respect, mutual trust. Types and forms of communication. Means of communication. Social network.

Communicative tasks: to carry out communication in oral and written forms: to search, receive, transmit and exchange information, to apply in practice various types of information messages: statements, texts, images, sound messages, signals, signs, forum messages, conducting discussions, expressing one's own opinion, reviewing texts, description of illustrations; reasoned essay.

3. Topic 3. Ecology, nature, society

Modern environmental problems. Interaction of nature and society. Environmental protection. Biosphere and humans. Ecological consciousness.

Communicative tasks: to carry out communication in oral and written forms: to exchange opinions on the role of ecology and modern humans' attitude to nature; to discourse upon the dependence of public health on environmental factors; to discuss the impact of environmental factors on the generation of the future; to make descriptive essays on the subject; to draw conclusions, formulate an opinion on the role of society in the preservation of natural habitats on the planet.

4. Topic 4. Social and ethical issues in science, industry, and consumption

Globalization of consumption and social consequences. Science for sustainable development. Production and consumption. Conscious consumption. Principles and strategies of minimalism. Consumer culture. Consumption as a new form of control in society.

Communicative tasks: to carry out communication in oral and written forms: to discuss the problems of consumption globalization to meet the needs of the individual, society, the state; to express a reasoned opinion about the role of science and the impact of economic development on consumer attitudes to the world; to discuss socio-ethical issues and social consequences of consumerism.

5. Topic 5. The New Digital World

Global technological processes related to digitalization. Digital technologies – the Internet of Things. The digital world of science and business. Immersion in the digital world. Safe gadgets. Young hackers. The influence of the digital world on the perception of modern life.

Communicative tasks: to carry out communication in oral and written forms: to be able to search for the necessary information on the topic; to prepare reports on the topic; to express their own judgments about the advantages, limitations and prospects of using digital technologies, and their capabilities; to participate in a group discussion; to exchange opinions on technological innovations for solving various problems using technical means of the digital world; to compose essay-reasoning on the proposed topic.

6. Topic 6. Industry 4.0: on the way to "digital" production

Integration and cooperation with the use of digital technologies and increased flexibility in the organization of work. Transformation of economic sectors and types of activities and its impact on employment. Creating new markets and new forms of work through digital platforms. Problems

related to big information data. Relation between the use of human and machine labor (devaluation of experience, individual support). Possibility of flexible working conditions in terms of time and location. Profound changes in the structures of organizations.

Communicative tasks: to carry out communication in oral and written forms: to discuss flexibility in the organization of work in the context of the Work 4.0 concept; to talk about transformation of economic sectors and its impact on employment and activities in the world of labor; to recognize needs and interests of the interlocutor and base on them in the process of dialogue; to make messages about the creation of new markets and new forms of work through digital platforms; to express the own point of view, to speak constructively about the relationship between the use of human and machine labor; to make messages about the choice of a strategy for flexible working conditions; to be able to justify the chosen strategy; to prepare a report on the proposed topic.

Annotation

Major: 03.04.01 Прикладные математика и физика

specialization: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Intrinsically Disordered Proteins/Внутренне неупорядоченные белки

Purpose of the course:

formation and improvement of students' competencies in the field of intrinsically disordered proteins, their structural peculiarities, multifunctionality, binding promiscuity, means for the cellular control of their functionality, and relation to liquid-liquid phase transitions that represent a foundation of the biogenesis of membrane-less organelles.

Tasks of the course:

- 1) Acquaintance of students with intrinsically disordered proteins
- 2) Acquaintance of students with means of cell control
- 3) Acquaintance of students with liquid-liquid phase transitions, which are the basis of biogenesis of membrane-less organelles

List of the planned results of the course (training module)

As a result of studying the course the student should

know:

- 1) Determination of intrinsically disordered proteins
- 2) Modern means of cellular control
- 3) Phase transitions liquid-liquid, which are the basis of biogenesis of membrane-less organelles

be able to:

Apply the methods of biophysics to solve fundamental professional problems;

- 2) Creatively use in scientific activity knowledge about the possibilities of applying modern methods of biophysics;
- 3) Highlight and systematize the main ideas in scientific texts;
- 4) Critically evaluate any incoming information, regardless of the source;
- 5) Generate new ideas and methodological solutions;

- 6) Carry out the design of their scientific activities;
- 7) Present your scientific results in oral reports.

master:

- 1) Methods of theoretical and experimental research;
- 2) Skills of search (including using information systems and databases), processing, analysis and systematization of information;
- 3) Skills of critical analysis and assessment of modern scientific achievements.

Content of the course (training module), structured by topics (sections):

1. Protein primary and secondary structure, posttranslational modifications

Describe the general properties of 20 amino acids.

Understand the molecular interactions stabilizing protein structures.

Discuss peptide bond and Ramachandran Plot.

Identify major features of α -helix and β -sheet structures.

Discuss posttranslational modifications.

2. Protein tertiary structure

Protein tertiary and quaternary structure

Protein structure classification and its use in databases

Protein structure and function: Classic viewpoint

3. Factors defining protein folding in vitro and in vivo

Protein folding: globular proteins

Models of protein folding

Protein folding: membrane proteins

4. Protein folding in vivo; protein assembly

Protein folding in vivo

Chaperone

Assembly of oligomeric proteins

5. Protein misfolding and disease

Abundance of conformational diseases

Molecular mechanisms of amyloidogenesis

6. Sequence features of intrinsically disordered proteins (IDP); disorder predictors

Types of IDPs

Properties of IDPs

Predicting IDPs and IDRs

Different types of disorder predictors

7. Disorder prediction: Applications and observations

Implications for structural genomics

Abundance of IDPs

Disorder-based interactions

Disorder and PTMs

8. Strange biophysics of IDPs: Structural peculiarities and conformational behavior of IDPs

Complexity from simplicity

Structural heterogeneity

Potential relation to chaos

Wavy evolution

9. Experimental unfoldomics: Means for the IDP analysis

Five blind men and elephant

Unusual conformational behavior

“Turned out” response of IDPs to changes in their environment

Enrichment of cell extracts in IDPs

10. Multifunctionality and binding promiscuity of IDP

Getting more from less

Where you did not find disorder

A few illustrative examples of multifunctionality

11. Means for the cellular control of the IDP functionality

Intrinsic disorder inside the cell: Controlled chaos

Alternative splicing

Post-translational modifications

12. IDP relations to liquid-liquid phase transitions and biogenesis of membrane-less organelles

What is to liquid-liquid phase transition

Membrane-less organelles

Abundance of IDPs in MLOs

Mechanism of phase separation: Role of water

13. Concept of protein structure-function continuum

Proteoforms

Structural heterogeneity: not only foldons

14. Pathological unfoldomics: Connection between misbehavior of IDP and human diseases

Uncontrolled chaos: D2 concept

Some illustrative examples of IDPs in diseases

15. Pathological unfoldomics: Intrinsically disordered proteins in diseases

More illustrative examples of IDPs in diseases

Bioinformatics analyses

IDPs as drug targets

Annotation

Major: 03.04.01 Прикладные математика и физика

specialization: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Mathematical and Computational Approaches to Neural Function/Математические и вычислительные подходы к функционированию нервной системы

Purpose of the course:

formation and improvement of students' competencies in the field of mathematical and computational approaches to the study of biophysics of neural dynamics and neural networks.

Tasks of the course:

- 1) Acquaintance of students with mathematical and computational approaches to the study of biophysics of neural dynamics
- 2) Acquaintance students with computational models of how the dynamics of neural circuits produces calculations in the brain and cognitive functions

List of the planned results of the course (training module)

As a result of studying the course the student should

know:

- 1) Basic mathematical and computational approaches to the study of biophysics of neural dynamics
- 2) Modern computational models of how the dynamics of neural circuits produces calculations in the brain and cognitive functions

be able to:

- 1) Apply mathematical and computational approaches to the study of biophysics of neural dynamics to solve fundamental professional problems;
- 2) Creatively use in scientific activity knowledge about the possibilities of applying modern methods of biophysics;
- 3) Highlight and systematize the main ideas in scientific texts;
- 4) Critically evaluate any incoming information, regardless of the source;
- 5) Generate new ideas and methodological solutions;
- 6) Carry out the design of their scientific activities;

7) Present your scientific results in oral reports.

master:

- 1) Methods of theoretical and experimental research;
- 2) Skills of search (including using information systems and databases), processing, analysis and systematization of information;
- 3) Skills of critical analysis and assessment of modern scientific achievements.

Content of the course (training module), structured by topics (sections):

1. Modelling Behavior I

Reinforcement models of behavior

2. Modelling Behavior II

Models of behavioral pathologies

3. Neural Decoding

Mathematical models of decoding sensory stimuli

4. Neural Decision Making

Mathematical models of neural mechanisms of decision making

5. Neural Encoding

Mathematical models of encoding sensory stimuli and receptive fields

6. Networks and Learning

Computational models of neural network behavior and plasticity

7. Biophysics of Neurons I

Models of neuronal excitability and spike generation

8. Biophysics of Neurons II

Mathematics of Neural Excitability

9. Neural Bursters

Multi-time scale dynamics of complex neural behaviors

10. Neural Oscillations I

Mathematical modelling of the emergence of single neuron oscillations and networks of neural oscillators

11. Neural Oscillations II

Mathematical approaches to analysis of emergence network oscillations

12. Approaches to Neural Stochastic Models

Mathematical analysis of noise induced neural dynamics

Annotation

Major: 03.04.01 Прикладные математика и физика

specialization: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Molecular Physiology Of The Nervous System/Молекулярная физиология нервной системы

Purpose of the course:

The goal of the course is to introduce students to modern ideas about the evolution, molecular organization and function of the nervous system and the brain, about the key unsolved problems of the functioning of the human brain, to provide information about the molecular mechanisms of some pathologies of the nervous system and approaches to their treatment.

Tasks of the course:

- 1) Acquaintance of students with contemporary information about the formation of the nervous system
- 2) Acquaintance of students with modular and hierarchical organization of the brain, about the types of intercellular interactions, architecture and physiological properties of the main protein modules that ensure the functioning of the nervous system
- 3) Acquaintance of students with fundamentals of electrophysiological and imaging research methods

List of the planned results of the course (training module)

As a result of studying the course the student should

know:

- 1) contemporary information about the formation of the nervous system
- 2) modular and hierarchical organization of the brain, about the types of intercellular interactions, architecture and physiological properties of the main protein modules that ensure the functioning of the nervous system
- 3) fundamentals of electrophysiological and imaging research methods

be able to:

- 1) Apply the methods of biophysics to solve fundamental professional problems;
- 2) Creatively use in scientific activity knowledge about the possibilities of applying modern methods of biophysics;

- 3) Highlight and systematize the main ideas in scientific texts;
- 4) Critically evaluate any incoming information, regardless of the source;
- 5) Generate new ideas and methodological solutions;
- 6) Carry out the design of their scientific activities;
- 7) Present your scientific results in oral reports.

master:

- 1) Methods of theoretical and experimental research;
- 2) Skills of search (including using information systems and databases), processing, analysis and systematization of information;
- 3) Skills of critical analysis and assessment of modern scientific achievements.

Content of the course (training module), structured by topics (sections):

1. Introduction to nervous system. Key components of the nervous system

Main features, structure and function of the nervous system. Molecular and modular organization of the nervous system. Types of intercellular interactions: electrical, humoral and synaptic communications. The synapse is a key multimolecular complex of the nervous system. Chemical and electrical types of synapses. Neurotransmitters in nervous system.

Neural circuits. Central nervous system and peripheral nervous system. Somatic and autonomic nervous systems. Hierarchical organization of the nervous system.

2. Evolution of nervous system, modular and hierarchical organization of the brain

Stages of evolution of nerve cells, nervous systems. The pattern of sequential brain development - cephalization. Evolution of vertebrate brain. The enlargement of the cerebral cortex in the process of primate evolution. Facts and myths about the brain. Nervous system of vertebrates and invertebrates.

3. Part 1. Key modules and components of the nervous system: neurons. Part 2. Key modules and components of the nervous system: glial cells

The main components of the nervous system: neurons and glial cells. Camillo Golgi and Santiago Ramon y Cajal - the founders of neuroscience. Neuronal doctrine. Structure and function of cellular elements. Typical neuron morphology, electrical properties and functions. Classification of neurons. Neurons - elementary analogue-digital modules.

Main types of glial cells: astrocytes, oligodendrocytes, microglia, ependymal cells, satellite and Schwann cells.

Main functions of glial cells.

4. Architecture and physiological properties of the main modules of nervous system. Synapses and ion channels

Synapses are a key module of the nervous system. A brief history. Types of synapses: chemical excitatory and inhibitory, electrical synapses.

Ionic channels fundamental instruments of excitation and inhibition: types of channels and general principles of organization.

5. Ion channels of the nervous system. Crystal structure and molecular principles of functioning

Families of ion channels of the nervous system.

Ionotropic and metabotropic receptors.

General architecture and crystal structure of voltage-gated and receptor-operated channels.

How do ion channels operate? Single-channel properties. Molecular principles of ionic selectivity.

How activation of channels integrates in synaptic potentials.

6. Formation of synapses and synaptic plasticity

Multi-storey architecture of synapses. Principles of the molecular organization of excitatory and inhibitory synapses.

Plasticity of synaptic transmission. Dendritic spines - morphological modules of brain plasticity. Spine mobility. The role of the actin cytoskeleton and calcium in the synaptic plasticity.

7. Molecular organization and function of presynaptic terminals

Basic organization of presynaptic terminals.

Key steps of neurotransmitter release.

Termination of the neurotransmitter action.

Presynaptic vesicles organization and function.

Delivery of neurotransmitter to presynaptic terminals. Anterograde and retrograde axonal transport. Motor proteins: dyneins and kinesins.

Molecular organization of the main proteins that ensure the fusion of vesicles with the presynaptic membrane: SNARE complex and Synaptotagmin. Neuropathology associated with impaired axonal transport.

8. Key modules of electrical information transfer. Part 1. Molecular basis and principles of the voltage-gated ion channels functioning. Part 2. Molecular architecture of voltage-gated ion channels

Basic properties of neurons. The main types of voltage-gated channels. Action potential: main components. Sodium channels: molecular organization. Variety of sodium channels Sodium channel blockers.

Calcium channels organization and function.

Potassium channels: molecular organization. Molecular basis of ionic selectivity. Families of voltage-gated ion channels. Crystal structure of potassium and sodium channels. Specific blockers of potassium and sodium channels.

Some diseases resulted from dysfunction of voltage-gated channels.

9. Part 1. Synaptic transition. Molecular organization of neurotransmitters and receptors. Part 2. Synaptic transition. Architecture and molecular basis of excitatory receptors and synapses functioning

Diversity and classification of neurons. Anatomy of neurons. Signal transmission by excitatory and inhibitory synapses. Types of synaptic contacts. Fast and slow synaptic transmission: ionotropic and metabotropic receptors

Classes of neurotransmitters. Receptor families of rapid synaptic transmission. Ionotropic glutamate receptors: classification and pharmacology. Crystal structure of NMDA and AMPA glutamate receptors. Unique complexity of organization and management of NMDA receptors: block by Mg ions; high permeability to calcium ions and co-activation with glycine or serine.

10. Part 3. Synaptic transition. Inhibitory ionotropic receptors of nervous system: GABA- and glycine Cys-Loop receptors

Families of synaptic receptor-operated channels.

Cys-loop receptor channels. GABA - the main inhibitory neurotransmitter in the central nervous system. Structural organization of GABA receptors. Ionotropic GABAA and GABAC receptors.

How activation of GABA receptors causes inhibition. Pharmacology of GABA receptors.

Glycine is the main inhibitory neurotransmitter in the spinal cord. Some functions of glycine receptors. Classification of glycine receptor subunits. Distribution of glycine receptors in nervous system. Pathologies of the glycinergic system.

11. Part 1. Metabotropic receptors. General principles of G-proteins functioning

What are metabotropic receptors? What are G protein receptors? Types of G-protein subunits. Basic principles of action. Some pathologies resulted from dysfunction of metabotropic receptors.

12. Part 2. Metabotropic receptors. Metabotropic glutamate. Glutamate, GABA and AX receptors

Functional modules and types of metabotropic receptors. Distribution of metabotropic glutamate receptors. Mechanisms of glutamate receptors physiological functioning. Modulation of endocannabinoid-dependent neurotransmitter release. Some other physiological functions

Short history of metabotropic GABA receptor. Structure organization, distribution, pharmacology and main functions.

Muscarinic acetylcholine receptors. Molecular architecture, main families, distribution, pharmacology and physiological functions.

13. Channelopathies - diseases caused by dysfunction of ion channels

Main classes of channelopathies.

Inherited channelopathies: neurological and cardiac channelopathies.

Autoimmune channelopathies: Myasthenia gravis; Lambert-Eaton myasthenic syndrome; Paraneoplastic cerebellar degeneration (PMD); Limbic encephalitis.

14. General principles and techniques of electrophysiological recordings

Short history of electrophysiology. Main approaches for cellular electrical signals recording: intracellular microelectrode recording; voltage-clamp and current clamp; patch-clamp technique; extracellular recording; heterologous expression of ionic channels in cell lines and *Xenopus* oocytes. What information can be obtained from recording of electrical signals.

15. Methods for visualizing of specific receptors and channels. Methods for monitoring and modulation activity of cells in neuronal system

How to visualize specific molecules in living cells? Fluorescence and luminescent process. Visualizing of functional proteins using genetically encoded biosensors. Confocal and multiphoton microscopy.

Optosensoric and photopharmacology and optogenetic.

Annotation

Major: 03.04.01 Прикладные математика и физика

specialization: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Populism, Fakes, and Post-Truth: Algorithm-Driven Media Consumption and New Social Phenome/Популизм, фейки и постправда: алгоритмизированное медиапотр

Purpose of the course:

To familiarize students with new media and communication environment and its impact on society, especially in field of public sphere (including political public sphere), provide them tools to analyze media and communication field and its role within the society.

Tasks of the course:

- To introduce students into core concepts of media and their connections with social realm;
- to give an overview of the contemporary social media driven media consumption;
- to make students able to use social theories in field of media in order to analyze society and role of new technologies within it;
- to provide both social-deterministic and techno-deterministic vision of the role of media and make students able to apply them;
- to introduce students into the core elements of theory of media effects and make them able to take into consideration the 'effect-driven' approach.

List of the planned results of the course (training module)

As a result of studying the course the student should

know:

- Core theories and approaches to the role of media and communication within the society;
- core theories of media effects;
- approaches to new social phenomena;
- criteria for analysis of media complexity;
- role of media in politics.

be able to:

- Distinguish between socially-oriented and techno-deterministic theories;

- criticize contemporary communicative capitalism driven by technological algorithms;
- separate well news sources from bad ones, be able to find a bias in media messages;
- write essays on social topic in English language.

master:

- Tools for news analysis;
- tools for analysis of political speech and declarations;
- tools of critical information thinking.

Content of the course (training module), structured by topics (sections):

1. Media, communication and social institutions

Notion of communication and social communication. Differences in communication between animals and humans. 3 types of interactions in societies and their interconnection. Evolution of interactions and evolution of societies. Role of major media innovations in previous communicative revolutions. Role of printing press and printed book. Media and economic institutions. Media and political institutions. Media and cultural institutions. Soft power and hard power.

2. Media and technological determinism in approaching changes in society and its critic

Media and technological determinist vision vs society-centric vision of changes. Linear and non-linear technological development. Everett Rogers and simplistic vision of innovations. Works about technological impact of media: Lerner and MIT school. Latour and Flichy: toward socio-technical complexity. Overview of techno-determinist theories:

- McLuhan and technical thinking on media
- Information society theories
- Castells and network society theory
- Web 2.0 and prosumerist culture
- Works on new media activism

Critic of technological determinism.

3. Contemporary algorithmic media reality: social media, prosumerism, sharing economy.

Core technological changes in recent decades driving media development: raise of media channels, digitalization, device individualization. Rising speed and storage capacity for content. Video as a core content. Social media as new media reality. Alone together philosophy.

Convergence culture and prosumer (playbour) vision. Sharing economy ideology. Political economy of sharing and prosumerism (as critique):

- General models of accumulation of capital

- Idea of digital exploitation
- Network and convergence-based society as still capitalist

4. Some basic concepts about news and truth.

The concept of truth in the society and its ambivalence. Truth and opinion dialectical relationship. News and views separation in journalism. Ideology of news in journalism. Principles of news. Dependent journalism as political activism and propaganda but one of the core function of journalism – core normative visions of journalism. Normativistic and non-normativistic view.

5. Fake news as a parallel communicative flow

Historical origins of the term “fake news”. How multi-channel media undermines the principles of news. News and views separation in digital reality of prosumerist media. Lowering bargains for creating content.. Fake news, disinformation and misinformation. Fake news as propaganda. Types of fake news. Fake news and strategic disinformation. Regulation of fake news: fake news laws, strategic disinformation dispositive, algorithmic solutions, media literacy as magic pill.

6. Media bias in new communicative environment: why fake news works?

Notion of media bias. 5 filters of Herman and Chomsky. Core approaches to media effects. Cognitive dissonance effect. Confirmation bias and selective exposure. Agenda setting in new media. Two steps flow model and how it combines personal trust with mass information in new media world. Media and viral content distribution in new environment.

7. Political public sphere and new media reality: populism and radicalization

Approaches to media and politics. Different visions of power. Public sphere as core concept about communication and politics. Crisis of rational debate in contemporary media. Rise of alternative media. Core concepts of alternative media. Rise of informational and public in politics. Populism as informational phenomenon. Radicalization of political media outlets. Echo-chambers and echo-bubbles and fragmentation of the debate.

8. Activism and new media

Political activism as a concept. Political participation and how new media are challenging it. Ideology of participatory media. Arab spring and “Twitter revolutions”: concept of participatory digital media for changing political regimes. Role of digital media in Trump elections. Critique of digital revolutions. Concept of connective and collective actions and their differences.

Annotation

Major: 03.04.01 Прикладные математика и физика

specialization: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Review Of Methods Of Mathematical Physics In Biophysics/Методы математической физики в биофизике

Purpose of the course:

formation and improvement of students' competencies in the field of methods of statistical physics and field theory to complex physical systems, and applications of these methods to biophysics.

Tasks of the course:

- 1) Acquaintance of students with mathematical models of (biological) membranes and their physical predictions.
- 2) Acquaintance of students with the methods of mathematical and physical description of polymers
- 3) Acquaintance of students with modern mathematical applications to the study of biopolymers

List of the planned results of the course (training module)

As a result of studying the course the student should

know:

- 1) Basic mathematical models of (biological) membranes and their physical predictions.
- 2) Basic methods of mathematical and physical description of polymers
- 3) Modern mathematical applications to the study of biopolymers

be able to:

- 1) Apply mathematical models of (biological) membranes and their physical predictions to solve fundamental professional problems;
- 2) Creatively use in scientific activity knowledge about the possibilities of applying modern mathematical applications to the study of biopolymers;
- 3) Highlight and systematize the main ideas in scientific texts;
- 4) Critically evaluate any incoming information, regardless of the source;
- 5) Generate new ideas and methodological solutions;

- 6) Carry out the design of their scientific activities;
- 7) Present your scientific results in oral reports.

master:

- 1) Methods of theoretical and experimental research;
- 2) Skills of search (including using information systems and databases), processing, analysis and systematization of information;
- 3) Skills of critical analysis and assessment of modern scientific achievements.

Content of the course (training module), structured by topics (sections):

1. Biological membranes

A review of the biological membranes and their characteristic properties to be modeled by mathematical methods

2. Mathematical background

An introduction to the mathematical methods necessary for description of membranes. Elements of differential geometry

3. Elastic model

The basic model of membranes and its predictions. Determination of the parameters of the model

4. Elements of field theory

A review of the methods of quantum field theory and renormalization group used in studies of the phases of membranes

5. Thermal fluctuations

Application of the field theory methods to the description of the phase diagram and universal properties of membranes

6. Membrane interactions

A review of different forces between membranes and their description using renormalization group methods

7. Flat membranes. Diffusion and Brownian motion

Discussion of generalizations of the membrane models that include effects of finite thickness. A brief review of the theory of diffusion and Brownian motion

8. Polymers

A basic review of polymer molecules and their physical properties

9. Ideal polymer chain

A discussion of the flexibility of polymers and its measures

10. Elasticity of polymers

A review of the basic theory of the entropic elasticity of polymers and polymer networks

11. Polymer fluids

A discussion of the viscosity (viscoelasticity) of the polymer fluids, its microscopic origin and applications

12. Polymer networks and genome folding

A review of applications of stochastic modular networks to the study of the spatial organization of the chromatin in cell nuclei

13. Protein structure

An introduction to the structure and function of polypeptide molecules. A review of protein folding problem

14. Field theory model of folded proteins

A review of an effective field theory description of the secondary structure of proteins

15. Knotting of polymers

A discussion of knotted structures in polymers and biomolecules

Annotation

Major: 03.04.01 Прикладные математика и физика

specialization: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Russian as a Foreign Language/Русский язык как иностранный

Purpose of the course:

The Russian as a foreign language (A2) course is aimed at the formation of intercultural professionally oriented communicative competence from the zero level to the elementary level (according to the European scale of foreign language proficiency levels) for solving social and communicative tasks in various areas of everyday, cultural, professional and scientific activities in the Russian language, as well as for further self-education.

Tasks of the course:

The tasks of the formation of intercultural, professionally oriented communicative competence consist of the gradual mastery by students of a set of competences, the main of which are:

- linguistic competence, i.e. the ability to adequately perceive and correctly use language units based on knowledge of phonological, grammatical, lexical, stylistic features of the studied language;
- sociolinguistic competence, i.e. the ability to adequately use realities, background knowledge, situationally conditioned forms of communication;
- sociocultural competence, i.e. the ability to consider during the communication speech and behavioral models adopted in the relevant culture;
- social competence, i.e. the ability to interact with communication partners, to make contact and maintain it, owning the necessary strategies;
- strategic competence, i.e. the ability to apply different strategies to maintain successful interaction in oral/written communication;
- discursive competence, i.e. the ability to understand and generate foreign language discourse considering cultural differences;
- general competence, including, along with knowledge about the country and the world, about the features of the language system, also the ability to expand and improve their own picture of the world, to be guided by the media sources of information;
- intercultural competence, i.e. the ability to achieve mutual understanding in intercultural contacts, using the entire set of skills to realize the communicative intention;
- compensatory competence, i.e. the ability to avoid misunderstandings, to overcome the communication barrier through the use of well-known speech and metalanguage means.

List of the planned results of the course (training module)

As a result of studying the course the student should

know:

- The main facts, realities, names, attractions, traditions of Russia;
- some achievements, discoveries, events in the field of Russian science, culture, politics, social life;
- basic phonetic, lexical-grammatical, stylistic features of the Russian language and its difference from the native language;
- the main differences in writing and speaking.

be able to:

- Generate adequate oral and written texts in a specific communication situation;
- to realize the communicative intention with the purpose of influencing the communication partner;
- adequately understand and interpret the meaning and intention of the author in the perception of oral and written authentic texts;
- identify similarities and differences in the systems of native and foreign languages;
- show tolerance, empathy, openness and friendliness when communicating with representatives of another culture.

master:

- Intercultural professionally oriented communicative competence in different types of speech activity at the level of A2;
- social and cultural competences for successful mutual understanding in terms of communication with representatives of another culture;
- various communication strategies;
- learning strategies for organizing the learning activities;
- strategies of reflection and self-evaluation for self-improvement of personal qualities and achievements;
- different methods of memorization and structuring digestible material;
- Internet technologies to select the optimal mode of obtaining information.

Content of the course (training module), structured by topics (sections):

1. My World

Communicative tasks. To talk about your everyday activity. To tell the time. To make an appointment. To talk about your family. To fill the registration form.

Vocabulary. Verbs describing everyday activity. Time. Parts of the day. Numbers 10-100. Events. Family. Registration form.

Grammar. 1st conjugation of verbs. 1 час, 2-4 часа, 5-20 часов. Consolidate conjugation of verbs. Possessive adjectives: МОЙ/МОЯ, ТВОЙ/ТВОЯ.

Phonetics. Pronunciation of sounds: т, ть. Pronunciation of [ц], unstressed «я», «е». Pronunciation of [ж], [ш]. Devocalization of sound «ж» at the end of words.

2. Our Lesson

Communicative tasks. To understand your teacher's instructions in Russian. To ask people if they have something. To indicate something. To set a meeting. To talk about your plans for a week.

Vocabulary. Verbs describing activities at the lesson. Personal things. Numbers 100-1000. Days of week. Events.

Grammar. Imperative form of verbs - читайте, слушайте etc. Construction "у меня есть". Gender of nouns. Construction "У меня + событие". Nouns in plural. Days of week.

Phonetics. Pronunciation of "о" in unstressed position. [ж], [ш]. Devocalization of sound «ж» at the end of words. Pronunciation of у, г.

3. In the City

Communicative tasks. To talk about your city. To ask where to go. To understand signs of a city. To buy a ticket for metro. To order in a restaurant. To refuse an offer. To say where you were yesterday.

Vocabulary. Places in town (parks, restaurants, museums etc.). Words for ordering in a café or buying a ticket for metro. Russian way to say "last/next week".

Grammar. Endings of adjectives. Possessive pronouns. The prepositional case for locations. The past tense of the verb "to be".

Phonetics. Devocalization "д" at the end of words and in front of voiced consonants. Practicing the phrase "к сожалению". Words where "ч" is pronounced as [ш].

4. My Home

Communicative tasks. To describe your house. To call for a master to fix broken things at home. To explain location of things in the house. To talk about your free time and ways to rest at home.

Vocabulary. Furniture. Rooms. Verbs (to sleep, to want, to see, to watch, to hate). Parts of a house (wall, floor etc.). Outside the house (garden, forest). Verbs describing activities at home.

Grammar. Neuter gender nouns in plural. Masculine gender nouns in plural. Exceptions. The prepositional case, exceptions. The past tense. The accusative case for objects.

Phonetics. Pronunciation of the names of the rooms. Pronunciation of words with a change of stress in the prepositional case (в лесу, на полу, etc.). Pronunciation of [х]. Being surprised by the word "ух ты!"

5. Tasty Food

Communicative tasks. To explain what you need to buy. To talk about food preferences. To order and pay in a restaurant. To talk about recipes. To invite friends for dinner. To express admiration or criticism.

Vocabulary. Phrases for shopping. Phrases for restaurants. Phrases for inviting and accepting invitations.

Grammar. Personal pronouns with “нужно”, “надо”, “нравится”. The instrumental case after the preposition “с”. The future tense.

Phonetics. Pronunciation [ы], [и]. Devocalization of the voiced consonants at the end of words (б, д, в, з, ж, г). Intonation of admiration: “Как хорошо!”

6. Health

Communicative tasks. To talk to a doctor. To talk about health. To give recommendations. To talk about mood (I am sad, happy etc.). To agree/disagree.

Vocabulary. Parts of body. Health. Можно/нельзя. Emotions. Mood.

Grammar. Construction “у меня был”. Personal pronouns of with age, “можно”, “нельзя”. Short forms of adjectives.

Phonetics. Intonation of the interjection "ай!" when expressing pain. Pronunciation of ь, ъ.

7. People

Communicative tasks. To talk about people’s character. To describe appearance. To compare things. To buy clothes. To agree to do something.

Vocabulary. Adjectives. Describing a person. Adjectives. Appearance. Clothes. Colors. Size.

Grammar. Endings of adjectives. The comparative and superlative degree. The genitive case in possessive constructions. Endings of adjectives.

Phonetics. Pronunciation of [ш], [щ]. Combination «дж». Intonation of admiration urprise using the word “так”. Pronunciation of “э” after the hushing sounds.

8. Transport

Communicative tasks. To talk with a taxi driver (price, address, etc.). To order a taxi. To cancel, reschedule or confirm a meeting. To talk about your trip. To describe cities.

Vocabulary. Transport. Dates. Verbs: перенести, отменить, подтвердить, прийти/приехать, уйти/уехать. The compass. Words for travelling.

Grammar. The prepositional case for transport. Ordinal numbers. The accusative case for directions with prepositions “в”, “на”.

Phonetics. Practicing the difference of pronunciation between "е" and "ё" in the conjugation of the verbs "идти", "ехать". Words where the letter "г" is pronounced as "в" (его, сегодня). Devocalization "з" in the preposition "из".

9. My Family

Communicative tasks. To talk about family. To accept the invitation. To talk about hobbies. To refuse the invitation. To ask and tell about biography.

Vocabulary. Family. Relatives. Activities during the holidays. Verb "уметь". Verbs: пожениться, родиться, случиться, познакомиться.

Grammar. The genitive case. Possession. Reflexive verbs (the present tense). Заниматься + the instrumental case. Reflexive verbs (the past tense).

Phonetics. Devocalization of sound "ж" at the end of words. Pronunciation of тс, тьс = [ц]. Pronunciation of и = [ы] after ш, ж, ц.

10. Holidays

Communicative tasks. To congratulate with holidays. To tell about traditions. To sign postcards. To say wishes. To suggest the idea of gifts. To express surprise.

Vocabulary. Name of the holidays. Verbs: праздновать, поздравлять, прощаться, гулять. Wishes (happiness, love, luck, etc.). Gifts.

Grammar. Поздравлять + the instrumental case. The genitive case with the verb желать. The genitive case after prepositions.

Phonetics. Words with an unpronounceable "д". Words where г = [в]. Intonation of the phrase "Да ладно?!"

11. Shopping

Communicative tasks. To understand the information on the labels of cosmetic products. To buy groceries. To communicate in the store. To buy clothes.

Vocabulary. Body parts. Cosmetic. Stores. Numbers and time. Fruits and vegetables. Clothes, shoes, accessories. In the store.

Grammar. The genitive case. Plural. The genitive case with numbers. The genitive case.

Phonetics. Devocalization of "в" at the end of words. Devocalization of paired voiced consonants before voiceless consonants. The difference in pronunciation between "большой" and "больше".

12. Countries and Nationalities

Communicative tasks. To ask a person where he is from. To talk about countries. To talk about the weather. To talk about the season. To talk about traditions and nationalities.

Vocabulary. Countries. Months. Weather. Season. Verbs (to love, to call, to speak). Traditions and nationalities.

Grammar. Months in the prepositional case (when?). 2nd conjugation of verbs. Nationalities.

Phonetics. Pronunciation of р, рь, ю. Pronunciation of the names of nationalities.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика

Направленность: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Биология опухолевой клетки

Цель дисциплины:

Цель курса состоит в ознакомлении студентов с современными знаниями и последними научными достижениями в биологии и медицине, связанными с причинами возникновения, механизмами развития и клиническими проявлениями опухолей (новообразований), а также с разработкой методов их диагностики, лечения и профилактики.

Задачи дисциплины:

Студенты, завершившие освоение курса, должны обладать прочными знаниями в области молекулярных основ образования опухолевых клеток и развития канцерогенеза.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- теоретические и методологические основы биохимии;
- химическое строение живой материи: структуру и функции белков и нуклеиновых кислот, принципы и механизмы воспроизведения и сохранения дезоксирибонуклеиновой кислоты (ДНК) в ряду поколений (репликация и репарация), декодирование генетической информации молекулами рибонуклеиновой кислоты (РНК), механизмы процессинга первичных транскриптов, этапы и механизмы биосинтеза белков (трансляция), посттрансляционная модификация белков;
- основные закономерности развития и жизнедеятельности организма на основе структурной организации клеток, функционирование клеточного цикла;
- общие вопросы развития структуры и функции опухолевых клеток;
- факторы, формирующие здоровье человека. Этиологию и патогенез опухоли;
- основные закономерности развития патологических процессов и состояний. Опухолевый рост;
- физико-химические механизмы патологии: роль повреждения различных структур клетки в ее патологии; фосфолипазное повреждение мембран; перекисное окисление липидов; осмотическое нарушение структуры и функции клеток;
- биохимию патологических процессов: метаболизм опухолевого роста, ферментативную систему, биохимию иммунитета при опухолевом росте.

уметь:

- формулировать и планировать задачи исследований в биохимии, молекулярной биологии и иммунологии;
- с помощью персонального компьютера находить библиографическую информацию по заданной тематике;
- воспроизводить современные методы исследования и разрабатывать новые методические подходы для решения задач медико-биологических исследований;
- использовать теоретические и методические подходы для изучения природы и механизмов развития патологических процессов;
- определять и оценивать возможности моделирования патологических процессов;
- использовать программные системы для обработки экспериментальных и клинических данных, изучения биохимических процессов в организме.

владеть:

- методиками планирования и разработки схемы медико-биологических экспериментов;
- основными методами лабораторно-биохимической и инструментальной диагностики;
- методами выделения и разделения макромолекул; навыками работы с автоматическими дозаторами, основными приемам хроматографии;
- спектрофотометрическим анализом различных биологических систем;
- методами флуоресцентного, хемилюминесцентного анализа.

Темы и разделы курса:

1. Введение

Понятия “опухоль”, “доброкачественные и злокачественные новообразования” “опухолевая прогрессия (инвазия и метастазирование)”. Классификация новообразований, заболеваемость населения мира и животных различными формами опухолей.

2. Базовые механизмы возникновения опухолей

Базовые механизмы возникновения опухолей. Избыточное размножение клеток вследствие нарушений позитивной и негативной регуляция клеточного цикла.

3. «Онкоген» и «опухолевый» супрессор

Понятия «онкоген» и «опухолевый» супрессор. Нарушения функции онкогенов и опухолевых супрессоров, регулирующих клеточный цикл, в клетках различных новообразований человека.

4. Механизмы репликативного старения

Механизмы репликативного старения клеток и их нарушения при канцерогенезе. Роль теломеразы в иммортализации неопластических клеток.

5. Механизмы программируемой гибели клеток

Способы и механизмы программируемой гибели клеток (апоптоз, аутофагия и др.). Нарушения регуляции апоптоза и аутофагии в опухолевых клетках.

6. Генетическая нестабильность

Генетическая нестабильность неопластических клеток: пути возникновения и роль в опухолевой прогрессии.

7. Нарушение адгезии и цитоскелета

Нарушение адгезии и цитоскелета опухолевых клеток и связанное с ними приобретение «локомоторного» фенотипа. Эпителиально-мезенхимальная транзиция в инвазивном росте раковых опухолей.

8. Воздействие опухолевых клеток на микроокружение

Воздействие опухолевых клеток на микроокружение: разрушение внеклеточного матрикса, стимуляция ангиогенеза, модификация стромы.

9. Роль модификаций микроокружения в инвазивном росте опухолей

Роль модификаций микроокружения в инвазивном росте опухолей. Механизмы метастазирования раковых опухолей. Особенности прогрессии лейкозов.

10. Нарушения функции онкобелков Ras и опухолевого супрессора p53

Нарушения функции онкобелков Ras и опухолевого супрессора p53 – наиболее универсальные молекулярные изменения в клетках различных новообразований человека и животных. Механизмы онкогенного действия мутаций Ras и p53.

11. Роль химических канцерогенов

Роль химических канцерогенов, радиации и инфекционных агентов в развитии опухолей.

12. Онкогенные вирусы человека

Онкогенные вирусы человека: механизмы онкогенного действия и типы возникающих опухолей.

13. Способы профилактики, диагностики и лечения злокачественных опухолей

Новые способы профилактики, диагностики и лечения злокачественных опухолей, основанные на выяснении молекулярных механизмов канцерогенеза.

14. Мишени действия противораковых препаратов

Основные мишени действия противораковых препаратов. Анализ геномных и биомедицинских баз данных по тематике.

15. Вирусогенетическая концепция рака

Вирусогенетическая концепция рака Л.А. Зильбера. Понятие онкогенного вируса. Основные группы онкогенных вирусов человека и животных (аденовирусы, герпесвирусы, паповирусы, ретровирусы и др.).

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика

Направленность: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Биофизика мембранных и митохондриальных процессов

Цель дисциплины:

- формирование базовых знаний по биофизике мембранных и митохондриальных процессов – науке о структуре и функциях биохимических систем, использующих энергию света и окислительно-восстановительных реакций для энергообеспечения подавляющего большинства живых систем.

Задачи дисциплины:

- формирование у обучающихся общей биохимической и биофизической культуры.
- выработка умения ориентироваться в мировой литературе, связанной с механизмами трансформации и использования энергии в живых системах.
- формирование общего понимания основных принципов функционирования биологических систем.
- формирование умения ставить задачи, связанные с проблемами настоящего раздела науки.
- формирование навыков применения полученных знаний для решения поставленных задач, связанных с проблемами переноса и использования энергии в биологических системах.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основной ферментный состав мембранных энергетических систем;
- основные свойства биологических мембран;
- особенности белково-липидных взаимодействий в биологических мембранах;
- принципы работы протонных помп, осуществляющих генерацию электрохимического мембранного потенциала в биологических системах;
- принципы работы ионных каналов;
- современные представления о механизмах электронного и ионного транспорта в биологических системах;

- современные представления о работе биологических фотосистем.

уметь:

- применять приобретёнными знания для анализа информации в новейших литературных источниках;
- использовать результаты анализа литературы в своей практической деятельности.

владеть:

- умением систематизировать знания, полученные в процессе работы;
- умением навыками правильной постановки задач для решения сложных вопросов, связанных с изучением структуры и функционирования полиферментных мембранных систем.

Темы и разделы курса:

1. Введение в биоэнергетику. Хемиосмотический принцип энергетического сопряжения. Химический протонный цикл.

- Введение в биоэнергетику.

Общие понятия. Определение понятия биоэнергетика. История вопроса. Биоэнергетика в системе биологических наук. Законы биоэнергетики. Биоэнергетика теплокровных, митохондрии. Системы фотосинтеза бактерий, хлоропластов. Бактериородопсин как реликтовая система фотосинтеза. Фотосинтез высших растений, хлорофилл.

- Хемиосмотический принцип энергетического сопряжения.

Определение понятия энергетического сопряжения. Хемиосмотическая гипотеза Митчелла. Роль мембраны в системе запасания энергии окислительных реакций. Мембранный потенциал. Обоснование хемиосмотической теории. Механизм локального сопряжения Вильямса. 2 структурных состояния и 2 режима работы системы окислительного фосфорилирования. Переход фосфорилирующей системы в состояние суперкомплекса.

- Химический протонный цикл.

Два ключевых процесса в системе синтеза АТФ в митохондриях. Протонные помпы – генераторы электрохимического потенциала. АТФ-синтазная система – система трансформации энергии электрохимического потенциала в энергию пирофосфатной связи молекулы АТФ. Градиент рН и электрическое поле на митохондриальной мембране как источники энергии реакции синтеза АТФ. Механизм работы протонных помп (современные данные).

2. Принципы работы биологических ионселективных каналов. Типы и механизмы электронного транспорта в биологических системах. Принципы функционирования фоточувствительных систем бактерий и растений.

- Принципы работы биологических ионселективных каналов.

Элементы координационной химии биологически важных катионов металлов (Na^+ , K^+ , Ca^{2+}) и хлорид-аниона, ионный радиус и плотность заряда. Селективное комплексообразование у ионов калия и натрия, структуры комплексов натрия и калия с краун-эфирами. Рассмотрение ряда некоторых природных антибиотиков как аналогов краун-эфиров. Энергии кристаллических решеток и свободная энергия сольватации для различных солей натрия и калия. Структура калиевого канала и фазы его функционирования. Селективность работы каналов и десольватация ионов. Лимитирующая стадия. Методы понижения энергии переходного состояния, используемые природой в ионных каналах.

- Типы и механизмы электронного транспорта в биологических системах

Органические проводники и полупроводники. Причины проводимости допированного полианилина, полиацетилена, различных аллотропных модификаций углерода; возникновение делокализованных состояний электронов в органических системах, стеклинг и π - π -сопряжение. Вопрос о принципиальной способности биологических систем синтезировать аналоги органических проводников и полупроводников. Гемы и железосерные кластеры как хорошие модели для внешнесферного переноса электрона по Маркусу. Белки как аморфные полупроводники с переменной прыжковой проводимостью, модель Мотта и концепция локализованных состояний. Опыты Лавли 2011-2015 с электронпроводящими филаментами бактерий, результаты и их критика. Опыты Чанса 1960-1967 по переносу электрона с цитохрома c на фотосистему пурпурных бактерий — открытие эффекта безбарьерного переноса (туннелирования) электронов в биологических системах. Теория электрон-колебательных взаимодействий: фактор Франка-Кондона, энергия реорганизации среды, предельные температурные случаи.

- Принципы функционирования фоточувствительных систем бактерий и растений.

Связь структуры хромофора со спектральной областью поглощения для органических соединений: размер сопряженной системы, наличие донора и акцептора электронной плотности в структуре, примеры красителей разного спектрального диапазона, эффект протонирования функциональных групп и его влияние на спектр хромофора. Связь структуры хромофора со спектральной областью поглощения для металлоорганических соединений и комплексов: элементы теории кристаллического поля, высокоспиновые и низкоспиновые комплексы ионов железа, марганца, цинка и меди, влияние слабого и сильного октаэдрического поля лигандов для случая указанных физиологически важных переходных металлов. Причины высочайшего квантового выхода природных фотосинтетических антенн: пространственный и кинетический аспекты работы мультигемовых антенн, разбор результатов экспериментов с использованием фемтосекундных лазеров и данных рентгеноструктурного анализа. Рассмотрение фотосинтеза как одного из процессов химии высоких энергий, искусственный каталитический фотолиз воды. Механизмы молекулярной релаксации в пространственно неоднородных диэлектрических средах.

3. Система электронного транспорта. Фотосинтетические генераторы протонного потенциала. Система синтеза АТФ.

- Система электронного транспорта.

Ферментный состав системы транспорта электронов. Комплексы I – IV. Основные структурные параметры комплекса I. Особенности структурных параметров комплексов II и III. Комплекс IV как протонная помпа и как ферментная система, осуществляющая восстановление кислорода. Два типа протонных каналов. Особенности строения комплекса IV как терминального участка электрон-транспортной системы. Атомарное строение комплексов I – IV по данным рентгеноструктурного анализа.

- Фотосинтетические генераторы протонного потенциала.

Фотосинтез как основной источник энергии живых систем на планете. Световые реакции в пурпурных бактериях. Генерация $\Delta\mu\text{H}^+$ в пурпурных бактериях. Путь переноса электронов в хлоропластах. Протонный цикл в хлоропластах. Бактериородопсин и пурпурные мембраны галобактерий.

- Система синтеза АТФ

АТФаза как биологическая машина. Определение понятия машины. Машины и стохастические движения. Структура АТФ-синтазы. Функционирование F_0 . Механизм синтеза АТФ. Транспорт адениновых нуклеотидов и P_i в митохондриях.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика

Направленность: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Введение в медицинскую биофизику

Цель дисциплины:

сформировать у обучающихся целостное представление о теоретических основах и основных методах молекулярной биофизики, о биофизике мембранных процессов, структуре и функционировании биологических мембран, основных методах исследования мембранных процессов, о теоретических основах и основных методах изучения фотобиологических процессов, о теоретических основах и основных методах радиационной биофизики, об основных биофизических методах регистрации показателей функциональной деятельности, применение полученных знаний и навыков в решении профессиональных задач.

Задачи дисциплины:

обучить студентов теоретическим и практическим основам методов современной флуоресцентной микроскопии.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Теоретические основы методов медицинской биофизики, согласно тематическому плану.

уметь:

- формулировать и планировать задачи исследований в области современной медицинской биофизики;
- с помощью персонального компьютера находить библиографическую информацию по заданной тематике;
- воспроизводить современные методы исследования и разрабатывать новые методические подходы для решения задач;
- использовать теоретические и методические подходы, обсуждаемые в курсе;
- использовать знания биофизических механизмов внутри- и межклеточных взаимодействий для прогнозирования возможности развития патологических процессов в организме.

Владеть:

- методиками планирования и разработки схемы медико-биологических экспериментов;
- основными методами лабораторно-биохимической и инструментальной диагностики;
- спектрофотометрическим анализом различных биологических систем;
- теоретическими и методическими подходами для изучения природы и механизмов развития патологических процессов.

Темы и разделы курса:

1. Введение

Введение. Цели и задачи курса. Повторение основ биохимии и молекулярной биологии.

2. Электрическая проводимость органов и тканей

Электрическая проводимость органов и тканей. Методы измерения.

3. Общие закономерности работы органов чувств

Общие закономерности работы органов чувств. Биофизические основы зрения.

4. Механические свойства тканей. Биомеханические процессы

Механические свойства тканей. Биомеханические процессы в природе. Биомеханические процессы в биохимии. Биомеханические модели тканей. Модель коллагено-эластинового волокна. Механические свойства мышц.

5. Роль потенциал-зависимых и лиганд-оперируемых ионных каналов

Роль потенциал-зависимых и лиганд-оперируемых ионных каналов в формировании возбуждения клетки, генерации потенциалов действия в норме и при патологии. Анализ ионных токов, активности каналов и состояния мембраны при проведении возбудимой клеткой серии импульсов. Роль следовых потенциалов. Активация ритмоводителей в нейронах при термо-, хемо- и механостимуляции.

6. Мембранный насос — транспортная АТФаза

Классификация мембранных АТФаз (АТФазы Р-типа, V(F)-типа, ABC-типа), их локализация и функции.

7. Свободно-радикальные процессы при патологии

Свободно-радикальные процессы при патологии. Роль активных форм кислорода. Цепные реакции. Антиокислительный статус: ферменты и основные антиоксиданты.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика

Направленность: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Геномика микроорганизмов

Цель дисциплины:

Сформировать у студентов представление об области исследования геномики микроорганизмов

Задачи дисциплины:

Сформировать представление об основных вопросах метагеномики и геномики:

Организация геномов разных микроорганизмов. • Какие организмы присутствуют в сообществе? • Как эти организмы взаимосвязаны и как функционирует сообщество в целом? • Какую пользу может получить от этих организмов человек? Области применения метагеномики: • Получение информации о всех формах жизни на планете • Обнаружение новых (практически полезных) ферментов и метаболитов • Исследование влияния загрязнений на экосистемы и выявление сообществ, способных к очистке загрязненных экосистем • Исследование влияния микробиома человека на его здоровье • Палеогеномика.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Теоретические основы методов геномики и метагеномики

уметь:

- Формулировать и планировать задачи исследований в области современной геномики;
- с помощью персонального компьютера находить библиографическую информацию по заданной тематике;
- воспроизводить современные методы исследования и разрабатывать новые методические подходы для решения задач;
- использовать теоретические и методические подходы, обсуждаемые в курсе.

владеть:

- Методиками планирования и анализа данных геномных экспериментов;

- основными методами лабораторно-биохимической и инструментальной диагностики.

Темы и разделы курса:

1. Введение и история геномики

Эволюция подходов к расшифровке геномных последовательностей

2. Как устроены геномы и как они работают

Как устроены геномы и как они работают.

Построение основных концепций молекулярной биологии.

3. Основные методы секвенирования ДНК

Методы секвенирования ДНК - традиционные и новых поколений

Секвенирование ДНК по методу Сэнгера: возможности и ограничения. Принцип действия, достоинства и недостатки геномных секвенаторов второго и третьего поколений

4. Молекулярные базы данных и аннотация геномных последовательностей

Молекулярные базы данных.

Аннотация геномных последовательностей: основные задачи и подходы к их решению.

5. Эволюция геномов

Ранние этапы эволюции геномов. Мир РНК. Уровни изменений генома. Относительный вклад мутационных и рекомбинационных процессов в эволюцию генома. Мобильные генетические элементы как горячие точки рекомбинации. Классификация, строение и основные свойства мобильных генетических элементов эукариот. Классификация, строение и основные свойства мобильных генетических элементов прокариот. Вклад горизонтального переноса генов в эволюцию геномов про- и эукариот. Острова патогенности.

6. Организация геномов различных групп организмов

Обсуждение характерных особенностей геномов бактерий, архей, грибов, растений, животных, человека.

7. Функциональная геномика

Подходы к идентификации генов в геномных последовательностях и определению их функций. Концепция минимального генома. Природные минимальные геномы бактерий, архей, эукариот – их размер, число генов, особенности организации

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика

Направленность: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Краткое введение в биоинформатику

Цель дисциплины:

Ознакомить слушателей с основными источниками данных, используемых в геномной и структурной биоинформатике, а также с базовыми алгоритмами и программными пакетами для анализа получаемых данных.

Задачи дисциплины:

сформировать актуальные знания по

- 1) Источникам данных, используемых в биоинформатике
- 2) Способам хранения геномных данных
- 3) Способам анализа геномных данных, в частности выравнивания нуклеотидных последовательностей и построения филогенетических деревьев
- 4) Способам хранения данных о молекулярных структурах
- 5) Подходам к анализу структурных данных
- 6) Подходам к визуализации структурных данных
- 7) Моделированию методом молекулярной динамики
- 8) Подходам к виртуальному скринингу лигандов и разработки лекарств на основе структурных данных

сформировать навыки использования общественно доступных баз данных с целью получения геномных и структурных данных; анализа последовательности генов, в частности выравнивание последовательностей и восстановление филогенетического дерева; визуализации структуры биологических молекул; анализа структуры биологических молекул, в частности выполнение структурное выравнивание, производить сравнение двух и более структур, производить расчеты геометрических характеристик.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- 1) Источники данных, используемых в биоинформатике

- 2) Способы хранения геномных данных
- 3) Способы анализа геномных данных, в частности выравнивания нуклеотидных последовательностей и построения филогенетических деревьев
- 4) Способы хранения данных о молекулярных структурах
- 5) Подходы к анализу структурных данных
- 6) Подходы к визуализации структурных данных
- 7) Моделирование методом молекулярной динамики
- 8) Подходы к виртуальному скринингу лигандов и разработки лекарств на основе структурных данных

уметь:

- 1) Пользоваться общественно доступными базами данных с целью получения геномных и структурных данных
- 2) Анализировать последовательности генов, в частности делать выравнивание последовательностей и восстановление филогенетического дерева
- 3) Визуализировать структуры биологических молекул
- 4) Анализировать структуры биологических молекул, в частности выполнять структурное выравнивание, производить сравнение двух и более структур, производить расчеты геометрических характеристик

владеть:

- 1) Навыками выбора методов и средств решения задач исследования
- 2) Методами теоретического и экспериментального исследования
- 3) Навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных), обработки, анализа и систематизации информации
- 4) Навыками критического анализа и оценки современных научных достижений

Темы и разделы курса:

1. Введение в геномную и структурную биоинформатику

Устройство биологической клетки. Экспериментальные методы изучения клеток и их составляющих. Биологические данные – геномные и структурные. Способы хранения биологических данных. Широко используемые базы данных. Цели и задачи биоинформатики. Основные подходы, используемые в биоинформатике.

2. Методы анализа геномных данных

Выравнивание нуклеотидных и аминокислотных последовательностей. Построение филогенетического дерева. Поиск гомологичных последовательностей. Сохраняющиеся и вариативные участки последовательностей.

3. Методы визуализации структурных данных

Потребность в визуализации структурных данных. Основные виды представления структурных данных. Программные пакеты, используемые при визуализации. Автоматизация визуализации структурных данных. Подготовка иллюстраций для публикации.

4. Методы количественного анализа структурных данных

Задачи, возникающие при анализе структурных данных. Основные геометрические характеристики биологических молекул и образующих их химических групп. Программные пакеты, используемые при анализе структурных данных.

5. Методы моделирования биологических макромолекул

Роль функции энергии при моделировании биологических макромолекул. Виды силовых полей. Моделирование методом молекулярной динамики. Использование баростатов, термостатов. Моделирование белковых структур по гомологии. Предсказание белковых структур.

6. Подходы к рациональному дизайну лекарств

Поиск потенциальных лиганд-связывающих карманов на основе структурных данных. Построение библиотеки тестируемых лигандов. Проведение виртуального скрининга лигандов. Методы оценки энергии связывания лигандов. Фармакофорный анализ. Методы оптимизации лигандов.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика

Направленность: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Основы молекулярной геронтологии

Цель дисциплины:

освоение студентами фундаментальных знаний в области биологии, биохимии, биофизики старения человека, изучение способов и методов их исследования, а также практического применения для влияния на процесс старения и сохранения здоровья.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний в области биофизики старения как дисциплины, интегрирующей биологическую, биохимическую и общетеоретическую подготовку биофизиков и обеспечивающей технологические основы современных инновационных сфер деятельности;
- обучение студентов принципам функционирования систем организма человека, выявление их возрастных изменений, приводящих к возрастной деградации и летальному исходу;
- формирование подходов к выполнению исследований студентами в области биофизики в рамках выпускных работ на степень магистра.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные теории старения;
- основные молекулярные сенсоры внутреннего и внешнего состояния клетки;
- основные стрессы, повреждающие клетку;
- основные системы контроля качества, защиты и репарации;
- основные изменения во взаимодействии клеток и систем организма с возрастом;
- основные физические, биофизические и биохимические методы исследования в геронтологии;
- методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях;
- современные способы использования информационно-коммуникационных технологий.

уметь:

- построить взаимосвязи между разными повреждениями в клетке;
- оценивать эффективность вмешательств в определённый механизм старения для влияния на состояние системы в целом;
- использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;
- работать с научно-технической информацией;
- выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах;
- критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника;
- при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи.

владеть:

- навыками выбора методов и средств решения задач исследования;
- методами теоретического и экспериментального исследования;
- навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных), обработки, анализа и систематизации информации;
- навыками критического анализа и оценки современных научных достижений.

Темы и разделы курса:**1. Обзор признаков старения**

молекулярные признаки старения клетки, возрастные системные изменения в организме, основные теории о механизмах старения, вмешательства против старения с оценкой побочных эффектов.

2. Нарушение стабильности генома

химическая структура ДНК, пространственное устройство ДНК в метафазном и интерфазном ядре, митохондриях. Источники повреждений ДНК (окислительный, восстановительный стрессы). Сенсорные и исполнительные белки, реагирующие на повреждения ДНК. Принцип работы белка PARP1 при репарации разрывов ДНК, экспериментальные подходы оценки активности PARP1. Теории накопления мутаций, активации ретротранспозонов как механизм старения, гены, определяющие продолжительность жизни, влияние микроРНК.

3. Теломерная теория старения

Процесс укорочение концов хромосом (эффект концевой недорепликации, укорочение, ускоренное стрессом), репликативный стресс, репликативное старение, теломерная теория старения, T- петля, влияние укорочения теломер на экспрессию генов, близких пространственно. Вмешательства для сохранения стабильности генома. механизм работы

теломеразы и альтернативного удлинения теломер (рекомбинация ДНК), Цитофлуориметрический и ПЦР методы для оценки длины теломер клеток, подходы оценки активности теломеразы.

4. Возрастные эпигенетические изменения

возрастные эпигенетические изменения, их наследуемость, метаболизм NADH в приложении к поддержанию окислительно-восстановительного баланса, стресс-ответу. Эпигенетическое репрограммирование при развитии нового организма. Коктейль Яманаки для восстановления «молодого» эпигенетического профиля ДНК. Эпигенетические часы как маркер старения. Принцип работы SIRT1 как NAD-зависимого эпигенетического модулятора. Геропротекторный механизм ресвератрола, добавок никотинамидадениндинуклеотида NAD, влияние микроРНК.

5. Потеря протеостаза

Протеинопатии, фазовый переход жидкость-жидкость, стресс-гранулы, система контроля качества белков, пути индукции перехода на катаболизм. ЭПР-стресс, восстанавливающая среда в ЭПР как причина появления неверно свёрнутых белков. Активные карбонильные соединения и карбонилирование белков. Повреждение биологических мембран и изоляция важных белков в агрегатах. Подходы оценки уровни эффективности процесса аутофагии по двуцветному флуоресцентному зонду и уровню экспрессии набора белков (ATG5, ATG12, LC3, LAMP1, p62). Геропротекторный механизм ограничения калорий, рапамицина и рапологов, метформана и миметиков ограничения калорий.

6. Потеря функциональности митохондрий

нарушения окислительного фосфорилирования; механизм flip-flop переброса жирных кислот между внутренней и внешней поверхностью мембраны; митохондриальный выброс свободных радикалов, в том числе в ответ на окислительный стресс, митогормезис, механизмы настройки протонного градиента, митохондриально-лизосомальная ось, митофагия, липофусцин, митохондриальная функция теломеразы.

7. Возрастная дисрегуляция работы молекулярных сенсоров питания и энергии

mTORC1, AMPK, SIRT1, перестройка метаболизма от анаболизма к катаболизму при ограничении калорий. Избыточная химическая активность метаболитов как фактор старения.

8. Сенесцентные клетки

метод детекции сенесцентного состояния по повышенной активности фермента бета-галактозидазы, гиперэкспрессии p16INK, принцип антагонистической плеiotропии, обход сенесцентности, кризис, клеточная смерть, индуцированная аутофагией, цитозольная теломерная ДНК, механизм работы cGAS-STING системы внутриклеточного иммунного ответа, цитостатики, сенолитики, физические ограничения для жизнедеятельности опухолевых клеток.

9. Истощение запасов стволовых клеток

асимметричность деления, квинесцентность, молекулярные сенсоры состояния клетки, механизмы бессмертия стволовых (в том числе половых), опухолевых клеток, опухолевые стволовые клетки.

10. Изменение межклеточных взаимодействий

коннексины, межклеточный матрикс, экзосомы, иммуносенесцентность. Инфламэйджинг, основные игроки процессов воспаления (сенесцентные клетки, гипоталамус, интерлейкин (IL)-1, факторы некроза опухоли (TNF), механизм работы NF- κ B), Инсулинорезистентность, гормональная терапия, возрастные изменения циркадных ритмов, мелатонин против старения и рака. Микробиота и её влияние на иммунитет, подверженность к заболеваниям;

11. Долгоживущие животные на примере голого землекопа

модель короткоживущего организма killifish, механизмы, продлевающие срок жизни голого землекопа.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика

Направленность: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Происхождение жизни, клетки и эукариот

Цель дисциплины:

Целью дисциплины «Происхождение жизни, клетки и эукариот» является ознакомление с современными научными данными об астрономических, геологических, термодинамических, химических и биологических аспектах проблемы происхождения жизни, и интеграция на эволюционной основе сведений из курсов молекулярной биологии, биохимии и клеточной биологии для формирования у студентов максимально связной научной картины мира.

Задачи дисциплины:

- 1) сформировать актуальные знания по проблеме происхождения жизни;
- 2) сформировать понимание фундаментальных физических, астрономических, химических и геологических ограничений на возможное разнообразие биологических систем;
- 3) сформировать системное понимание клеточной, молекулярной биологии и биохимии, знание не только того, «как есть», но и «как еще в принципе возможно» и «почему есть именно так, а не по-другому», познакомить с биотехнологическими перспективами альтернативных биологических систем;
- 4) сформировать эволюционное мышление: понимание роли эволюционных процессов (естественный отбор, гонка вооружений, дрейф генов, эволюция сложных систем путем смены функций) в структуре биологических систем.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- основные физические, астрономические и химические ограничения на структуру и распространение живых систем;
- условия происхождения и обитания древнейшей жизни на Земле;
- пути абиогенного синтеза основных биомолекул;
- возможности и ограничения рибозимного катализа различных реакций;
- физические и химические процессы нарушения хиральной симметрии;

- происхождение систем трансляции, репликации, мембран, мембранных энергетических систем;
- происхождение эукариотических клеток.

уметь:

- работать с научной литературой биологической тематики, в том числе научными статьями и обзорами.

владеть:

- навыками выбора методов и средств решения задач исследования;
- методами теоретического и экспериментального исследования;
- навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных), обработки, анализа и систематизации информации;
- навыками критического анализа и оценки современных научных достижений.

Темы и разделы курса:

1. Астрономические предпосылки формирования пригодных для жизни планет.

Строение Солнечной системы и ее происхождение. Протопланетные диски, аккреция планет земной группы и планет-гигантов. Миграции планет и модель Ниццы. Известные экзопланетные системы и оценки распространенности землеподобных планет в Галактике

Строение планет земного типа. Гравитационная дифференциация, ядро, мантия и планетарная кора. Тектоника литосферных плит. Импактное происхождение Луны.

Атмосферы планет земного типа. Состав вулканических газов и механизмы потери атмосферы. Фотохимические процессы в атмосфере. Парниковый эффект. Пост-импактный океан магмы и его влияние на формирование земной коры, атмосферы и океанов.

2. Формирование первых живых систем.

История представлений о происхождении жизни. Опыты Пастера. Коацерваты Опарина, «первичный бульон» Холдейна. Опыты Миллера-Юри.

Геномные РНК и рибозимы. Теория РНК-мира. Биоэнергетические и экологические аспекты РНК-мира.

Термодинамика образования биополимеров в водной среде. Роль периодического высыхания и минеральных субстратов в абиогенном образовании биополимеров, «первичная пицца».

Среда обитания первых форм жизни. Калий, фосфор, переходные металлы. Черные курильщики, щелочные гидротермы, гейзеры, фумаролы и грязевые котлы. Особенности фотохимии азотистых оснований.

Образование метана и другой органики в процессе серпентинизации. Фотохимические превращения метана в атмосфере.

Геотермальные механизмы восстановления углекислого газа. Железо-серный мир. Цинковый мир и абиогенный фотосинтез на сульфиде цинка.

Синтез биомолекул из продуктов атмосферной фотохимии. Реакция Бутлерова. Образование азотистых оснований из цианида и формамида.

Сложности синтеза нуклеотидов из рибозы и азотистых оснований. Обходные пути получения нуклеотидов. Синтез Сазерленда. Синтез простых сахаров из цианида. Цианосульфидный протометаболизм.

Механизмы появления хиральной чистоты. Хиральная асимметрия метеоритной органики и ее причины. Астрономические источники поляризованного УФ-излучения. Асимметрия слабого ядерного взаимодействия. Хиральные эффекты бета-частиц и вторичных электронов.

Физико-химические механизмы усиления хиральной асимметрии. Связь хиральности аминокислот и сахаров.

Абиогенный синтез РНК-подобных полимеров. Роль минеральных субстратов и растворителей. Лигирование и полимеризация.

Рибозимы-полимеразы и рибозимы-лигазы. Ограничения их эффективности. Порог Эйгена. Кросс-хиральные рибозимы.

Роль коферментов и металлов в активности ферментов и рибозимов. Мир РНК-коферментов. Фотоактивные рибозимы.

Происхождение обмена веществ. Катаболизм, анаболизм и центральный метаболизм. Пентозофосфатный цикл, цикл Кребса — обычный и восстановительный. Восстановительный ацетил-КоА путь фиксации CO₂ и его связь с биосинтезом пуриновых оснований.

Эволюция центрального метаболизма. Формальдегид, муравьиная кислота и СО как субстраты для древнего метаболизма. Возникновение гликолиза и цикла Кребса.

Альтернативы РНК-миру. Ксенонуклеиновые кислоты, пептидил-нуклеиновые кислоты. Протометаболические модели. Роль дискретного генетического кода в эволюции.

3. Происхождение клеточной жизни.

Рибосомы, тРНК и белковый синтез. Происхождение тРНК, гипотеза геномной метки, гипотеза коферментных рукояток.

Строение и эволюция рибосомы. Пептидил-трансферазный и декодирующий центры. Проторибосома без декодирующего центра. Возможные функции некодируемых пептидов.

Внутренние неструктурированные домены рибосомных белков как реликты древнейших кодируемых белков, особенности их аминокислотного состава.

Таблица генетического кода и ее закономерности. Гипотезы происхождения генетического кода: стереохимическое соответствие и коэволюция с путями синтеза. Два семейства

аминоацил-тРНК-синтетаза. Операционный код акцепторного стебля и его связь с обычным генетическим кодом.

Порядок появления аминокислот в арсенале белкового синтеза. Обойденные и вымершие аминокислоты. Эволюция вторичных и третичных структур белков.

LUCA – последний всеобщий предок клеточных организмов. Набор генов LUCA. Происхождение вирусов.

Эволюция нуклеиновых кислот. Преимущества ДНК перед РНК. Особенности синтеза дезоксирибонуклеотидов. Промежуточные варианты нуклеиновых кислот. Роль вирусов в появлении ДНК.

Механизмы репликации генома LUCA. Разнообразие современных механизмов репликации ДНК. Эволюционные связи полимераз различных типов.

Мембраны бактерий и архей, их различия. Филогения ферментов синтеза липидов. Возможная структура липидов LUCA. Проницаемость мембран для разных молекул и ионов.

Натриевая и протонная мембранная энергетика, их эволюционные связи. Происхождение и функции роторной мембранной АТФазы. Принципы работы электрон-транспортных цепей. Q-цикл. Происхождение мембранной энергетики из систем ионного гомеостаза.

Фотосинтез. Функции хлорофиллов и каротиноидов. Различные варианты аноксигенного фотосинтеза. Геохимические следы фотосинтеза. Происхождение кислородного фотосинтеза.

Происхождение эукариот. Химерная природа эукариотической клетки. Компоненты архейного и бактериального происхождения. Эндосимбиотическое происхождение митохондрий и пластид. Бактериальные компоненты, не связанные с предками митохондрий. Синтрофные теории происхождения эукариот. Роль кислорода в происхождении эукариот. Локиархеи — ближайшие архейные родственники эукариот.

Особенности трансляции и процессинга мРНК эукариот. Кэпирование и полиаденилирование. Филогения ферментов кэпирования эукариот и вирусов. Структура и филогения эукариотических ДНК-полимераз. Вирусная теория происхождения ядра. Происхождение митоза и мейоза из жизненного цикла лизогенного вируса.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика

Направленность: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Рентгеновская кристаллография мембранных белков

Цель дисциплины:

- ознакомление студентов с принципами и методами физики рассеяния нейтронов и рентгеновских лучей и их практического использования в области структурной биологии, формирование специальных компетенций в области использования кристаллографии для научной работы в области структурно-функциональной характеристики биологических систем.

Задачи дисциплины:

1. Сформировать знания по теории и физическим принципам рассеяния рентгеновских лучей и нейтронов.
2. Дать представления о геометрической кристаллографии, основах кристаллохимии и кристаллофизики.
3. Формирование базовых знаний по кристаллизации водорастворимых и мембранных белков.
4. Изучение принципов организации белковых кристаллов и проведение экспериментов по кристаллизации белков.
5. Формирование знаний о методе рентгеноструктурного анализа белковых молекул.
6. Формирование практических навыков по обращению с белковыми кристаллами и сбору дифракционных данных с них.
7. Формирование знаний в области расчета стратегии сбора кристаллографических данных, а также определении структуры белков, уточнении модели и валидации полученных результатов.
8. Формирование знаний о методе изучения белков в растворе методами рассеяния нейтронов и рентгеновских лучей.
9. Формирование навыков применения полученных знаний в самостоятельной, в том числе научно-исследовательской, работе, решении задач, а также анализе полученных результатов.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- теорию дифракции рентгеновских лучей на кристаллических структурах и поликристаллических образцах;
- химическое строение белков, их элементы вторичной структуры;
- принципы работы различных методов кристаллизации водорастворимых белков, фазовую диаграмму кристаллизации;
- устройство биологической мембраны, что собой представляют мембранные белки;
- сложности работы с мембранными белками;
- методы кристаллизации мембранных белков в растворе детергента, типы кристаллов;
- принципы подхода к кристаллизации мембранных белков с использованием липидных фаз, фазовую диаграмму моноолеин/вода;
- принципы оптимизации кристаллизационных условий;
- этапы решения трехмерных структур белков методом рентгеноструктурного анализа;
- принципы сбора кристаллографических данных;
- инструменты для работы с кристаллографическими данными и определения пространственной структуры белка;
- методы решения фазовой проблемы;
- принципы изучения пространственной организации белковых молекул методом малоуглового рассеяния рентгеновских лучей.

уметь:

- применять экспериментальные методы рентгеноструктурного анализа и методов рассеяния;
- приготовить препарат белка для кристаллизации;
- провести эксперимент по кристаллизации белка;
- анализировать и оптимизировать кристаллизационный протокол;
- проводить дифракционный эксперимент;
- работать с кристаллографическими программными пакетами.

владеть:

- методами применения главных закономерностей дифракции, основных методов анализа дифракционной картины;
- методиками кристаллизации водорастворимых белков;
- методиками кристаллизации мембранных белков в растворе детергента и в липидных мезофазах;
- навыками работы на автоматизированной кристаллизационной системе;

- навыками работы на автоматизированной системе для наблюдения за кристаллизационными пробами;
- методикой подготовки выращенных кристаллов для проведения дифракционного эксперимента;
- методикой сбора дифракционных данных с кристалла белка;
- практическими навыками в расчете стратегии сбора данных, интегрировании и шкалировании данных;
- практическими навыками определения пространственной структуры белка;
- методикой проведения эксперимента по малоугловому рассеянию рентгеновских лучей.

Темы и разделы курса:

1. Геометрическая кристаллография

Понятие о кристалле. Проекция кристалла. Элементарная ячейка, категории и сингонии. Индексы плоскостей и направлений. Элементы симметрии и их взаимодействие. Классы симметрии (точечные группы). Общее и частное положения. Симметрия дисконтинуума. Система трансляций Браве. Базис. Пространственные группы. Правильные системы точек.

2. Основы кристаллохимии и кристаллофизики

Атомный (ионный) радиус. Плотные упаковки, их поры. Представление структуры через плотные упаковки, координационные полиэдры и сетки. Понятие структурного типа. Стандартная информация о структурном типе. Основные структурные типы элементов и соединений.

Элементы кристаллофизики. Принцип Кюри-Неймана. Предельные группы симметрии. Принцип тензорного описания физических свойств кристалла.

3. Дифракция на кристаллах

Рассеяние кристаллами малого размера. Интерференционная функция. Уравнение Лауэ. Уравнение Вульфа-Брегга. Индексы интерференции. Обратная решетка как периодическое распределение интерференционных максимумов.

Радиус-вектор обратной решетки и его свойства. Связь обратной решетки с структурой, размером и формой кристалла.

Геометрическая интерпретация уравнения Лауэ (построение Эвальда). Принципы основных методов рентгеноструктурного анализа.

4. Физика рентгеновских лучей. Основные методы рентгеноструктурного анализа

Получение и свойства рентгеновских лучей. Рентгеновские спектры. Взаимодействие рентгеновских лучей с веществом. Способы регистрации рентгеновского излучения. Методы исследования монокристаллов (метод Лауэ, метод вращения). Понятие дифракционного класса симметрии. Метод поликристалла. Получение и расчет рентгенограмм. Индексирование рентгенограмм. Рентгеновская дифрактометрия. Монохроматизация рентгеновского излучения.

5. Основы физики рассеяния нейтронов

Рассеяние рентгеновских лучей электроном и атомом. Атомная функция рассеяния. Рассеяние непримитивной ячейкой. Структурная амплитуда. Интегральные, зональные и сериальные погасания. Влияние поглощения и тепловых колебаний на интенсивность интерференционных максимумов. Формулы для расчета интегральной интенсивности в кинематической теории.

6. Теория интенсивности дифракционного рассеяния кристаллами

Вывод интегральной интенсивности (мощности) рассеяния моно- и поликристаллом. Основные положения динамической теории рассеяния рентгеновских лучей. Экстинкция. Особенности рассеяния быстрых электронов и тепловых нейтронов кристаллами. Получение дифракционных спектров рассеяния электронов и нейтронов. Применение нейтронограмм для анализа кристаллической структуры вещества.

7. Кристаллизация белков

Физико-химические основы кристаллизации макромолекул. Технические способы кристаллизации водорастворимых белков. Биологические мембраны, мембранные белки. Особенности обращения с мембранными белками. Кристаллизация мембранных белков в растворе детергента, тип I и тип II кристаллов мембранных белков. Кристаллизация мембранных белков с использованием липидных мезофаз. Фазовая диаграмма моноолеин/вода. Механизм кристаллизации мембранных белков в липидной кубической фазе. Автоматизированные кристаллизационные системы. Оценка результатов кристаллизационного эксперимента, оптимизация кристаллизационных условий.

8. Снятие дифракционных данных

Подготовка кристаллов для снятия дифракционных данных. Криопротекция. Техника эксперимента по снятию дифракционных данных. Позиционирование кристалла на рентгеновской установке. Стратегия и основные параметры сбора данных. Обработка экспериментальных данных. Определение параметров элементарной решетки, индексация кристалла. Определение количества молекул в элементарной ячейке. Уточнение Лауе и пространственной группы кристалла. Полнота набора для уточненной пространственной группы. Расчет стратегии сбора дифракционных данных. Интегрирование дифракционных данных на примере кристаллографических данных лизоцима и бактериородопсина. Шкалирование данных.

9. Определение пространственной структуры белка

Фазовая проблема. Метод молекулярного замещения. Выбор стартовой модели по базам данных трехмерных макромолекулярных структур. Критические параметры при использовании функции вращения и трансляции. Метод аномального рассеяния. Решение фазовой проблемы методом молекулярного замещения на примере кристаллографических данных лизоцима и бактериородопсина. Интерпретация карт электронной плотности и построение модели макромолекулы. Уточнение модели структуры с использованием стереохимических и энергетических ограничений, параметры уточнения. Анализ корректности геометрии и стереохимии уточненной модели структуры макромолекул. Автоматизированное построение структур белков. Уточнение структур лизоцима и бактериородопсина. Изучение карт электронных плотностей. Валидация полученных структур.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика

Направленность: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Решение биологических задач на языке Python

Цель дисциплины:

Приобретение студентами базовых навыков решения биологических и биоинформатических задач, а также способов презентации полученных данных, с помощью программ на языке программирования Python

Задачи дисциплины:

обеспечить повторение студентами основ языка Python, изучение работы с текстовыми файлами, освоение методов статистического анализа и машинного обучения применительно к биологическим данным (экспрессия генов и иные наборы экспериментальных данных и т.п.), приобретения навыков визуализации результатов анализа и подготовки качественных научных иллюстраций.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Простые (int, float, str, bool, char) и составные типы данных (список, кортеж, словарь, множество) и их

комбинации; функции для конвертации типов; подключение модулей и использование их функций; создание и использование переменных, определение и вызов функций; логические операторы; логическое выражение (if.. elif..else); базовые понятия объектно-ориентированного подхода в программировании; основы работы с файлами: создание, чтение, сохранение, запись в файл; применение методов библиотек numpy и pandas для чтения и записи в текстовые файлы; операторы цикла: while, for; построение графиков с использованием модулей matplotlib и seaborn; методы кластеризации (иерархической, k-средних); метод главных компонент для уменьшения размерности данных; базовые методы решения задач классификации и регрессии.

уметь:

Работать с текстовыми файлами, извлекать из них необходимую информацию, систематизировать, обобщать,

визуально представлять полученные результаты анализа научных данных (графически с использованием библиотек `matplotlib` и `seaborn`) стандартными методами статистики и машинного обучения с применением библиотек `sklearn`, `numpy`, `scipy`.

владеть:

Методами и основными подходами для автоматизации выполнения научных задач и презентации их результатов.

Темы и разделы курса:

1. Введение в язык программирования Python

Вводное занятие. Знакомство с основными элементами языка программирования Python и возможностями его интерпретатора на примере работы с короткими последовательностями ДНК. Основные типы данных, циклы, ветвление.

2. Работа с файлами

Работа с файлами. Чтение, запись и редактирование файлов на примере работы с файлами нуклеотидных последовательностей.

3. Введение в объектно-ориентированное программирование

Объектно-ориентированный подход в программировании. Создание элементарных классов для работы с трехмерными молекулярными структурами.

4. Модуль Numpy и методы линейной алгебры

Модуль Numpy. Работа с многомерными массивами numpy. Применение встроенных методов линейной алгебры для решения биологических задач (линейная регрессия). Представление численных данных в форме, удобной для дальнейшего использования.

5. Модуль matplotlib и основы визуализации научных данных

Модуль Matplotlib. Использование массивов Numpy для построения диаграмм. Построение статических и анимированных графиков и диаграмм различных типов. Построение трехмерных диаграмм. Оформление изображений для научных публикаций.

6. Модуль biopython и работа с биологическими последовательностями

Использование модуля biopython. Работа с нуклеотидными и белковыми последовательностями. Поиск последовательностей в базах данных (BLAST). Создание множественных выравниваний и работа с ними.

7. Анализ данных генной экспрессии и методы машинного обучения

Анализ данных генной экспрессии. Статистические модели и методы кластеризации (k-means, иерархическая кластеризация). Методы машинного обучения для работы с биологическими данными. Алгоритмы классификации, регрессии и уменьшения размерности.

8. Модуль scipy для решения задач оптимизации, аппроксимации и численного решения систем диф. уравнений

Задачи на оптимизацию. Аппроксимация наборов данных кривыми различного вида. Использование модуля `scipy` для численного решения систем дифференциальных уравнений на примере задач биохимической кинетики. Методы подбора коэффициентов по набору имеющихся экспериментальных данных.

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика

Направленность: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Структура и динамика мембранных белков методом ЯМР

Цель дисциплины:

Ознакомить слушателей с инструментарием современной ЯМР-спектроскопии высокого разрешения. Слушатели изучат лучшие практики и узнают о важнейших достижениях метода в применении к наукам о жизни.

Задачи дисциплины:

- формирование базовых знаний о принципиальном устройстве современного ЯМР-спектрометра и ключевых достижениях с момента появления метода до современности;
- обучение студентов интерпретировать одномерный протонный и углеродный ЯМР-спектр для молекул массой 50-300 Да; устанавливать химическую структуру молекулы по данным ЯМР-спектроскопии и масс-спектрометрии; выполнять последовательное отнесение сигналов для изотопно-меченых белков.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- Возможности современной ЯМР спектроскопии, преимущества и ограничения метода;
- Основные типы ЯМР-экспериментов, уметь их использовать в работе;
- Стратегию работы с низкомолекулярными соединениями методом ЯМР;
- Стратегию работы с водорастворимыми и мембранными белками методом ЯМР.

уметь:

- Использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности;
- работать с научно-технической информацией;
- выделять и систематизировать основные идеи в научных текстах;
- критически оценивать любую поступающую информацию, вне зависимости от источника;

- при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи.

владеть:

- Навыками выбора методов и средств решения задач исследования;
- методами теоретического и экспериментального исследования;
- навыками поиска (в том числе с использованием информационных систем и баз данных), обработки, анализа и систематизации информации;
- навыками критического анализа и оценки современных научных достижений.

Темы и разделы курса:

1. Введение в ЯМР спектроскопию

Создание метода в середине XX века. Ключевые этапы эволюции ЯМР: сверхпроводящие высокопольные магниты, Фурье-ЯМР, двумерная и многомерная ЯМР-спектроскопия, изотопное мечение, криогенно-охлажденные датчики.

2. ЯМР низкомолекулярных соединений

Анализ протонного ЯМР-спектра: химический сдвиг, интеграл, мультиплетность. Ограничения протонного ЯМР. Двумерный ЯМР на естественном содержании изотопов: спектры COSY, TOCSY, HSQC, HMBC. Выделение спиновых систем, алгоритм анализа спектров. Совместное использование ЯМР-спектроскопии и масс-спектрометрии высокого разрешения для установления химической структуры низкомолекулярных соединений.

3. ЯМР белков и структура биополимеров

Стратегии работы с нативными и изотопно мечеными белками. Последовательное отнесение сигналов, характерные спиновые системы 20 аминокислот. Близкие, средние и дальние NOE-контакты, особенности альфа-спиральных и бета-структурных белков в спектрах ЯМР. Расчет структуры белка по данным ЯМР.

4. Обработка ЯМР спектров (signal processing)

Ограничение классического Фурье преобразования при регистрации спектров большой размерности. Стратегии неполного сэмплирования (NUS, Non-Uniform Sampling), их оптимизация. Методы реконструкции сигнала ЯМР по неполным данным.

5. Динамические процессы в ЯМР

Релаксация ядерных спинов. Связь релаксации с размером молекулы и внутримолекулярной динамикой. Химический/конформационный обмен.

6. Молекулярные механизмы биологической функции белков методом ЯМР

ЯМР Гетероядерная ЯМР-спектроскопия как метод интегративной структурной биологии и биофизики. Структурно-динамические свойства белков и их биологическая функция. Конформационные перестройки и структурно-функциональные детерминанты белков. Межмолекулярные взаимодействия белков в мембране и их роль в межклеточной

сигнализации. Примеры молекулярных механизмов функции белков в норме и при заболеваниях организма (нейродегенеративных и онкогенных).

Аннотации к рабочим программам дисциплин.

Направление: 03.04.01 Прикладные математика и физика

Направленность: General and Applied Physics/Общая и прикладная физика

Флуоресцентная микроскопия сверхвысокого разрешения живых клеток

Цель дисциплины:

Сформировать у студентов представление о широком спектре методов современной микроскопии сверхвысокого разрешения и одиночных молекул

Задачи дисциплины:

изложить теоретические и практические основы методов современной флуоресцентной микроскопии.

Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

Теоретические основы методов современной микроскопии сверхвысокого разрешения, согласно тематическому плану

уметь:

- формулировать и планировать задачи исследований в области современной микроскопии;
- с помощью персонального компьютера находить библиографическую информацию по заданной тематике;
- воспроизводить современные методы исследования и разрабатывать новые методические подходы для решения задач;
- использовать теоретические и методические подходы, обсуждаемые в курсе

владеть:

- методиками планирования и разработки схемы медико-биологических экспериментов;
- основными методами лабораторно-биохимической и инструментальной диагностики;
- спектрофотометрическим анализом различных биологических систем;
- методами флуоресцентного, хемилюминесцентного анализа

Темы и разделы курса:

1. Физические основы флуоресценции

Физические основы флуоресценции. Диаграмма Яблонского. Стоксовский сдвиг. Фосфоресценция. Фотодеградация.

2. Схема флуоресцентного микроскопа

Схема флуоресцентного микроскопа. Конфокальный микроскоп. Spinning disc микроскоп.

3. Основные типы флуорофоров

Основные типы флуорофоров, их свойства, преимущества и недостатки. Связь между размером сопряженной системы и спектром флуоресценции органических флуорофоров. Основные достоинства и недостатки флуоресцентной микроскопии по сравнению с другими методами имаджинга живых систем.

4. Методы флуоресцентного мечения белков

Методы флуоресцентного мечения белков *in vitro* и *in vivo*. Флуоресцентные белки.

5. Методы флуоресцентной покраски органелл

Методы флуоресцентной покраски органелл в эукариотической клетке.

Время жизни флуоресценции. Метод FLIM: схема эксперимента, применения.

Чувствительные к окружению флуоресцентные сенсоры. Какие параметры флуоресценции могут зависеть от окружения флуорофора? Примеры измеряемых физических величин.

6. Фёрстеровский перенос энергии

Фёрстеровский перенос энергии флуоресценции - FRET. Условие на донор и акцептор, зависимость эффективности переноса от расстояния. Измерение FRET – возможные схемы эксперимента. FRET-сенсоры. Single-molecule FRET: изучение конформационной динамики биомолекул.

7. Дифракционный предел разрешения

Дифракционный предел разрешения. Понятие point spread function (PSF). Деконволюция изображений: теоретическая основа метода и ограничения.

8. Метод полного внутреннего отражения TIRF

Метод полного внутреннего отражения TIRF. Физические основы, применения и недостатки. Метод двухфотонного возбуждения флуоресценции 2PE. Достоинства и область применения.

9. Метод 4Pi увеличения разрешения в микроскопии

Метод 4Pi увеличения разрешения в микроскопии. Схема установки. Метод микроскопии светового листа (light sheet microscopy). Схема установки, основные достоинства и применения.

10. Методы микроскопии сверхвысокого разрешения STED

Методы микроскопии сверхвысокого разрешения STED (Stimulated emission depletion), GSD (Ground state depletion), RESOLFT (Reversible Saturable Optical Fluorescence Transitions). Физические основы, постановка эксперимента, достоинства и ограничения.

11. Методы микроскопии сверхвысокого разрешения SIM

Методы микроскопии сверхвысокого разрешения SIM (Structured Illumination Microscopy), SSIM (Saturated Structured Illumination Microscopy). Принцип получения выигрыша в разрешении.

12. Методы микроскопии сверхвысокого разрешения PALM

Методы микроскопии сверхвысокого разрешения PALM (Photoactivated Localization Microscopy), STORM (Stochastic Optical Reconstruction Microscopy). Основной принцип. Подготовка образцов и проведение эксперимента. Ограничения.

13. Методы определения z-координаты в микроскопии с локализацией одиночных молекул

Методы определения z-координаты в микроскопии с локализацией одиночных молекул (3D-Single Molecule Localization Microscopy; 3D-SMLM). Задача кластерного анализа и определения колокализации в SMLM.

14. Трекинг одиночных молекул

Трекинг одиночных молекул. Вид кривой $r_2(t)$ для разных режимов движения молекул. Преимущества измерений на уровне одиночных молекул.

15. Метод FCS

Метод FCS (Fluorescence Correlation Spectroscopy). Определение корреляционной функции, зависимость кривой корреляции от параметров образца. Основные применения. Метод FCCS: fluorescence cross-correlation spectroscopy. Методы исследования взаимодействий между биомолекулами: анализ колокализации, FRET, VN-VC система (Bimolecular fluorescence complementation), proximity ligation assay, трекинг одиночных молекул, FCCS.