

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION OF THE RUSSIAN FEDERATION

**Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education  
«National Research Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod»**

Институт клинической медицины

---

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Working programme of the discipline**

General biochemistry

---

Higher education level

Specialist degree

---

Area of study / speciality

31.05.01 - General Medicine

---

Focus /specialization of the study programme

General Medicine

---

Mode of study

full-time

---

Nizhny Novgorod

Year of commencement of studies 2025

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.25 Общая биохимия относится к обязательной части образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-10: Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности	ОПК-10.1: составляет и планирует решение стандартных профессиональных задач ОПК-10.2: использует информационные, библиографические ресурсы, медико-биологическую терминологию, информационно-коммуникационные технологии ОПК-10.3: знает и учитывает основные требования информационной безопасности	ОПК-10.1: Knows information, bibliographic resources, medical and biological terminology, information and communication technologies  ОПК-10.2: Able to formulate and plan solutions to standard professional tasks using modern information technologies  ОПК-10.3: Possesses knowledge and takes into account the basic requirements of information security	Опрос Коллоквиум	Экзамен: Контрольные вопросы  Зачёт: Отчет по лабораторным работам
ОПК-5: Способен оценивать морфофункциональные, физиологические состояния и патологические процессы в организме человека для решения профессиональных задач	ОПК-5.1: Готов применить алгоритм клинико-лабораторной, инструментальной и функциональной диагностики при решении профессиональных задач ОПК-5.2: Оценивает морфофункциональные, физиологические состояния и патологические процессы в организме человека для интерпретации результатов клинико-лабораторной, инструментальной и функциональной	ОПК-5.1: Knows morphofunctional, physiological states and pathological processes in the human body to solve professional problems  ОПК-5.2: Be able to assess morphofunctional, physiological states and pathological processes in the human body to solve professional problems  ОПК-5.3: Possesses the skills to conduct biochemical analysis to assess	Коллоквиум Опрос	Экзамен: Контрольные вопросы  Зачёт: Отчет по лабораторным работам

	диагностики при решении профессиональных задач ОПК-5.3: Знает принципы функционирования систем органов.	physiological states and pathological processes in the human body, the ability to assess the functioning and physical development of the body, data from medical examinations of various contingents and periodic medical examinations to solve professional problems		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>6</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>216</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	<b>60</b>
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	<b>76</b>
- КСР	<b>3</b>
<b>самостоятельная работа</b>	<b>41</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>36</b> <b>Экзамен, Зачёт</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Topic 1. Introduction to biochemistry. Amino acids.	8	2	4	6	2
Topic 2. Proteins and peptides.	10	4	4	8	2
Topic 3. Metabolism of proteins and amino acids in the human body.	10	4	4	8	2
Topic 4. Amino acid catabolism.	7	2	3	5	2

Topic 5. Enzymes.	10	4	4	8	2
Topic 6. Nucleic acids. Nucleotides, their role, cAMP. Structure of nucleic acids.	7	2	3	5	2
Topic 7. Exchange of nucleic acids in the human body. Synthesis and breakdown of nucleotides.	8	2	4	6	2
Topic 7. Exchange of nucleic acids in the human body. Synthesis and breakdown of nucleotides.	9	4	3	7	2
Topic 9. Transcription: principles, conditions of the process, course of the process. Processing.	9	4	3	7	2
Topic 10. Translation: principles, conditions, process. Genetic code. Post-translation modifications. Folding. Regulation of protein biosynthesis.	7	2	3	5	2
Topic 11. Carbohydrates. Functions, classification, structure and properties. Isomerism of monosaccharides. Sugar phosphates and NDS. Macroergic compounds.	6	2	3	5	1
Topic 12. Carbohydrate metabolism in the human body. Splitting of carbohydrates in the gastrointestinal tract. Glycolysis. Gluconeogenesis as a process reverse to glycolysis.	8	2	4	6	2
Topic 13. Krebs cycle. Oxidative phosphorylation. Structure and work of CPE. Conjugation mechanisms. Free oxidation	7	2	3	5	2
Topic 14. Pentose phosphate pathway. Synthesis of sucrose and other disaccharides. The role of NDPS. Synthesis of polysaccharides (starch, glycogen). Glycogenolysis reactions.	7	2	3	5	2
Topic 15. Lipids. Structure, classification. Lipid metabolism in the human body. Splitting in the gastrointestinal tract. Lipid transport. Lipoprotein metabolism.	6	2	3	5	1
Topic 16. Catabolism of fatty acids and synthesis of fatty acids. Main stages of cholesterol metabolism, role of cholesterol in atherogenesis. Main aspects of metabolism of phospholipids and sphingolipids	7	2	3	5	2
Topic 17. Integration of metabolism. Interrelation of protein, carbohydrate, and lipid metabolism.	7	2	3	5	2
Topic 18. Basic mechanisms of metabolism regulation. Reception and transduction of signals	7	2	3	5	2
Topic 19. Vitamins	7	2	4	6	1
Topic 20. Blood biochemistry. Hemoglobins: types, main stages of heme synthesis and breakdown, hemoglobinopathies, porphyria.	14	6	5	11	3
Topic 21. Proteins and low-molecular organic metabolites of blood. Fundamentals of medical enzymology. Inorganic components of blood.	9	3	4	7	2
Topic 22. Biochemistry of the liver. Neutralization of toxic compounds in the liver.	7	3	3	6	1
Аттестация	36				
КСП	3			3	
Итого	216	60	76	139	41

### Contents of sections and topics of the discipline

1. Introduction. The role of biochemistry in solving problems of medicine, industry, ecology. Elemental composition and general principles of cell biochemistry. Amino acids. Functions, structure. Proteinogenic (protein) and non-protein, replaceable and essential amino acids. Amino acid isomerism. Physicochemical properties (dissociation) of amino acids. Principles of amino acid classification.
2. General characteristics, biological role and structure of proteins. Physicochemical properties of proteins. Charge. Optical properties. Denaturation. Renaturation. Levels of organization of the protein molecule. Primary structure of the protein molecule. Peptide bond and its features. Methods of decoding the primary structure and

the main results obtained. Secondary structure and the bonds that form it. Supersecondary structure, domains. Tertiary structure and the bonds that form it. Fibrillar and globular proteins, examples. Quaternary structure of proteins. The role of the quaternary structure in regulating the biological activity of proteins using hemoglobin as an example. Free peptides. Their functions, structure, representatives, biological role. Peptide synthesis. Classification of proteins. Simple proteins: classification, characteristics of groups, representatives. Complex proteins: phosphoproteins, metalloproteins, lipoproteins, glycoproteins, chromoproteins. Structure and properties of hemoglobin. Myoglobin. Other chromoproteins (cytochromes).

3. Metabolism of proteins and amino acids in the human body. Breakdown of proteins in the gastrointestinal tract, absorption of amino acids. Synthesis of amino acids, families of amino acids by the mechanism of synthesis.

4. Catabolism of amino acids. The main pathways of deamination. Decarboxylation of amino acids, biogenic amines. Transamination (transamination) reactions. End products of nitrogen metabolism (amino acid metabolism): ammonia and keto acids. Mechanisms of ammonia detoxification. Biosynthesis of urea (ornithine cycle) in humans. 5. Enzymes. Similarities and differences with non-biological catalysts. General principles of structure. Functions of the protein and non-protein parts of the enzymatic molecule. Nomenclature and classification of enzymes, representatives. Enzyme activity, units of enzymatic activity. Mechanism of enzymatic catalysis. Kinetics of enzymatic reactions. Effect of pH and temperature. Dependence of reaction rate on substrate concentration (Michaelis-Menten, Lineweaver-Burk equations). Michaelis constant. Regulation of enzyme activity. Activators and inhibitors. Types of inhibition. Allosteric enzymes. Multiple molecular forms of enzymes and isoenzymes. Zymogens.

6. Nucleotides as monomers of DNA and RNA. Structure and biological functions. Nitrogenous bases of nucleic acids. Free nucleotides: ATP, GTP, cyclic nucleotides, structure and biological role. DNA. Nucleotide composition. Primary structure and its features in eukaryotes. Secondary structure of DNA (Watson and Crick model). Tertiary structure of DNA. Organization of chromatin in eukaryotes. RNA: structure and functions of mRNA, tRNA, rRNA.

7. The main stages of purine and pyrimidine nucleotide synthesis. End products of nucleotide catabolism. Examples of nucleotide metabolism disorders: hyperuricemia and gout, orotic aciduria.

8. General principles of DNA replication. Replication in prokaryotes. Features of replication in eukaryotes. The role of telomerases.

9. RNA biosynthesis - transcription. General principles. Transcription in prokaryotes. Features of transcription in eukaryotes: processing, splicing (ribozymes in splicing), alternative splicing.

10. Protein biosynthesis (translation) in prokaryotes and eukaryotes. Activation of amino acids in protein biosynthesis. The main stages of protein biosynthesis on the ribosome. The genetic code and its properties. The concept of protein folding. Regulation of gene expression. Regulation of protein biosynthesis at the transcription stage in prokaryotes (Jacob and Monod scheme). The concept of induction and repression. Regulation of gene expression in eukaryotes at various stages of genetic information implementation.

11. Monosaccharides: structure, classification, representatives, distribution, biological role. Isomerism and chemical properties of monosaccharides. Oligosaccharides. Structure and functions of individual disaccharides. Reducing and non-reducing carbohydrates. Starch and glycogen. Structure, distribution, biological role. Other polysaccharides.

12. Splitting of carbohydrates during digestion. Glucose homeostasis, mechanisms for maintaining normoglycemia. The role of hormones. Causes and consequences of hypoglycemia and hyperglycemia. Glycolysis reactions. Macroergic compounds. Substrate phosphorylation. Energy yield of glycolysis. Gluconeogenesis. Main reactions, regulation, localization in the cell. Cori cycle.

13. Tricarboxylic acid cycle (Krebs cycle): chemistry, energetics, role in metabolism. Total energy balance of glucose breakdown in glycolysis reactions and the TCA cycle. Oxidative phosphorylation. Respiratory chain (RC): structure and functioning. Conjugation sites in the respiratory chain. Chemiosmotic theory of coupling oxidation with phosphorylation.

14. Biosynthesis of oligo- and polysaccharides: the role of NDFS. Glycogen synthesis reactions. Glycogenolysis: reactions, enzymes, biological role. Pentose monophosphate pathway. Chemistry, tissue and

cellular localization, biological role.

15. Lipids: general characteristics, classification, biological role. Fats and phospholipids. Structure, properties, biological role. Sphingolipids, main classes and representatives, structure, biological role. Waxes, sterols and steroids, terpenes: structure, functions, representatives.

16. Breakdown of fats, phospholipids, cholesterol esters in the digestive tract. The role of enzymes and bile acids. Absorption of lipid breakdown products. Scheme of lipid resynthesis reactions in intestinal cells. Steatorrhea, causes. Lipid transport in the human body. Metabolism and the role of CM, VLDL, LDL and HDL. Lipid anabolism: reactions of fatty acid synthesis using palmitic acid as an example. Enzymes of unsaturated fatty acid synthesis. Fat catabolism in tissues.  $\beta$ -oxidation of fatty acids. Energy balance. Examples of  $\alpha$ - and  $\omega$ -oxidation of fatty acids. The main stages of fat and phospholipid synthesis. Breakdown of lipids and phospholipids in tissues, intracellular lipases and phospholipases. Ketogenesis reactions. The main ways of using and excreting ketone bodies. Ketonemia, ketonuria, ketoacidosis.

17-18. Basic principles of metabolism regulation. Key enzymes in metabolic processes, the main mechanisms of changing their activity. External signaling molecules. Autocrine, paracrine and endocrine regulatory mechanisms. Hormones in the regulation of metabolism. The main types of receptors and pathways of hormonal signal transduction. Cascade mechanism of enzyme activation. Integration of metabolism. The relationship between the metabolism of lipids, carbohydrates, proteins, nucleic acids. Examples.

19. Vitamins, their biological role. Classification and nomenclature. Fat-soluble vitamins: A, D, E, K. Biochemical mechanisms of participation in metabolism, deficiency and excess patterns, daily norms and main sources. Water-soluble vitamins: B1, B2, B3 (PP) B5, B6, Bc, B12, C, P, H, Inositol. Biochemical mechanisms of participation in metabolism, deficiency and excess patterns, daily norms and main sources.

20-21. Hemoprotein metabolism (using hemoglobin as an example). Heme metabolism: stages of synthesis and catabolism, decay products - free and conjugated bilirubin. Blood biochemistry: proteins and main protein fractions of blood plasma; enzymes of blood plasma in norm and in pathologies of tissues and organs; non-protein organic components of blood plasma, inorganic substances of blood plasma.

22. The main stages of biotransformation of xenobiotics in the liver. The main stages of ethanol detoxification in the liver.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Independent work on mastering the material is carried out for each practical lesson using lecture notes, knowledge gained in practical classes, basic and additional literature on all course topics. Independent work of students includes preparation for surveys, tests, colloquiums, situational tasks and test questions for the exam. Independent work includes writing a report on each of the laboratory works completed. Polovinkina, E. GENERAL BIOCHEMISTRY. PRACTICE GUIDE FOR STUDENTS DENTISTS: study guide/ E.O. Polovinkina, S.V. Trofimova, M.N. Ageyeva. – Nizhny Novgorod: UNN Publishing, 2022. – 25 p.

#### **5. Assessment tools for ongoing monitoring of learning progress and interim certification in the discipline (module)**

**5.1 Model assignments required for assessment of learning outcomes during the ongoing monitoring of learning progress with the criteria for their assessment:**

### 5.1.1 Model assignments (assessment tool - Interview) to assess the development of the competency ОПК-10:

1. The role of biochemistry in solving problems of medicine, industry, ecology.\*
2. Elemental composition and general principles of cell biochemistry. Amino acids. Functions, structure.\*
3. Proteinogenic (protein) and non-protein, replaceable and essential amino acids. Amino acid isomerism. Physicochemical properties (dissociation) of amino acids. Principles of amino acid classification.\*
4. General characteristics, biological role and structure of proteins. Physicochemical properties of proteins. Charge. Optical properties. Denaturation. Renaturation. Levels of organization of the protein molecule.\*
5. Primary structure of the protein molecule. Peptide bond and its features. Methods of decoding the primary structure and the main results obtained.\*
6. Secondary structure and the bonds that form it. Supersecondary structure, domains. Tertiary structure and the bonds that form it. Fibrillar and globular proteins, examples.\*
7. Quaternary structure of proteins. The role of the quaternary structure in regulating the biological activity of proteins using hemoglobin as an example.\*
8. Free peptides. Their functions, structure, representatives, biological role. Peptide synthesis. Classification of proteins. Simple proteins: classification, characteristics of groups, representatives. Complex proteins: phosphoproteins, metalloproteins, lipoproteins, glycoproteins, chromoproteins. Structure and properties of hemoglobin. Myoglobin. Other chromoproteins (cytochromes).\*\*\*
9. Metabolism of proteins and amino acids in the human body.\*
10. Breakdown of proteins in the gastrointestinal tract, absorption of amino acids. Synthesis of amino acids, families of amino acids by the mechanism of synthesis.\*\*
11. Catabolism of amino acids. The main pathways of deamination.\*
12. Decarboxylation of amino acids, biogenic amines. Transamination (transamination) reactions.\*
13. End products of nitrogen metabolism (amino acid metabolism): ammonia and keto acids.\*
14. Mechanisms of ammonia detoxification. Biosynthesis of urea (ornithine cycle) in humans.\*
15. Enzymes. Similarities and differences with non-biological catalysts. General principles of structure.\*
16. Functions of the protein and non-protein parts of the enzymatic molecule. Nomenclature and classification of enzymes, representatives.
17. Enzyme activity, units of enzymatic activity. Mechanism of enzymatic catalysis. Kinetics of enzymatic reactions.\*
18. Effect of pH and temperature. Dependence of reaction rate on substrate concentration (Michaelis-Menten, Lineweaver-Burk equations).
19. Michaelis constant. Regulation of enzyme activity. Activators and inhibitors.\*
20. Types of inhibition. Allosteric enzymes. Multiple molecular forms of enzymes and isoenzymes. Zymogens.\*

### 5.1.2 Model assignments (assessment tool - Interview) to assess the development of the competency ОПК-5:

#### Autumn semester.

1. Structure and classification of amino acids.\*
2. Properties of amino acids.\*
3. Peptides. Biological role of free peptides. Primary structure of protein.\*
4. Secondary structure of proteins.\*

5. Types of the secondary structure of the peptide chain. Supersecondary structures (domains).\*
6. Tertiary structure of protein. \*
7. Quaternary structure of proteins.\*
8. Biological functions of proteins. \*

#### **Spring semester.**

1. Lipid digestion. \*
2. Lipoproteins \*
3. Oxidation of fatty acids.\*
4. Ketone bodies.\*
5. Synthesis of fatty acids.\*
6. Synthesis of TAG and glycerophospholipids.\*
7. Synthesis of sphingolipids.\*
8. Synthesis of steroids.\*
9. Energy balance of lipid metabolism.\*

#### **Assessment criteria (assessment tool — Interview)**

Grade	Assessment criteria
outstanding	Знает и понимает строение и функции основных классов соединений живого организма, базовые принципы и молекулярные механизмы в организации и регуляции жизнедеятельности биологических объектов. Полный развернутый ответ, демонстрирующий системные знания, умение применить теоретические знания, свободное владение информацией источников основной литературы. Полно иллюстрирует ответ химическими формулами, схемами реакций и метаболических путей, приводит собственные примеры.
excellent	Знание и умение с минимальными ошибками при ответе
very good	Знание в целом успешное, но требующее направляющих вопросов и помощи оппонента и/или преподавателя.
good	Не более 1 грубой и 1 - небольшой ошибки при ответе.
satisfactory	Фрагментарные знания, умения, не более 2 грубых и нескольких небольших ошибок при ответе. Ошибки исправлены после направляющих вопросов и помощи преподавателя.
unsatisfactory	Фрагментарные знания, умения, две и более грубых и нескольких небольших ошибок при ответе.
poor	Отказывается отвечать, выполнять задания.



Grade	Assessment criteria

### 5.1.3 Model assignments (assessment tool - Colloquium) to assess the development of the competency OIHK-10:

Nucleotides as monomers of DNA and RNA. Structure and biological functions. Nitrogenous bases of nucleic acids. Free nucleotides: ATP, GTP, cyclic nucleotides, structure and biological role. DNA. Nucleotide composition. Primary structure and its features in eukaryotes. Secondary structure of DNA (Watson and Crick model). Tertiary structure of DNA. Organization of chromatin in eukaryotes. RNA: structure and functions of mRNA, tRNA, rRNA.\*\*\*

The main stages of purine and pyrimidine nucleotide synthesis. End products of nucleotide catabolism. \*\*

Examples of nucleotide metabolism disorders: hyperuricemia and gout, orotic aciduria.\*\*

General principles of DNA replication. Replication in prokaryotes. Features of replication in eukaryotes. The role of telomerases.\*\*

RNA biosynthesis - transcription. General principles. Transcription in prokaryotes. \*

Features of transcription in eukaryotes: processing, splicing (ribozymes in splicing), alternative splicing.\*

Protein biosynthesis (translation) in prokaryotes and eukaryotes. Activation of amino acids in protein biosynthesis.\*

The main stages of protein biosynthesis on the ribosome. The genetic code and its properties. The concept of protein folding.\*

Regulation of gene expression. Regulation of protein biosynthesis at the transcription stage in prokaryotes (Jacob and Monod scheme). \*

The concept of induction and repression. Regulation of gene expression in eukaryotes at various stages of genetic information implementation.\*

Monosaccharides: structure, classification, representatives, distribution, biological role. Isomerism and chemical properties of monosaccharides. \*

Oligosaccharides. Structure and functions of individual disaccharides. Reducing and non-reducing carbohydrates. Starch and glycogen. Structure, distribution, biological role. Other polysaccharides.\*\*\*

Splitting of carbohydrates during digestion. Glucose homeostasis, mechanisms for maintaining normoglycemia. \*

The role of hormones. Causes and consequences of hypoglycemia and hyperglycemia. Glycolysis reactions. \*

Macroergic compounds. Substrate phosphorylation. Energy yield of glycolysis. Gluconeogenesis.\*

Main reactions, regulation, localization in the cell. Cori cycle.\*

Tricarboxylic acid cycle (Krebs cycle): chemistry, energetics, role in metabolism. \*

Total energy balance of glucose breakdown in glycolysis reactions and the TCA cycle. Oxidative phosphorylation.\*

Respiratory chain (RC): structure and functioning. Conjugation sites in the respiratory chain. Chemiosmotic theory of coupling oxidation with phosphorylation.\*\*

#### **5.1.4 Model assignments (assessment tool - Colloquium) to assess the development of the competency OIK-5:**

##### Questions for preparation for Colloquium

No. 1 "Amino acids. Peptides, Proteins, structure and classification. Enzymes".

Protein (proteinogenic) amino acids. Structure, classification, dissociation. Representatives of non-protein amino acids. General characteristics, biological role and classification of proteins. Representatives of various groups, free peptides. The primary structure of proteins. Characteristics of the peptide bond.

Secondary and super-secondary structures of proteins. Domains. Tertiary and quaternary structures of proteins. Fibrillar and globular proteins. Basic principles of protein isolation and fractionation. Protein denaturation and the factors that cause it. The nitrogen cycle in the biosphere. Nitrogen fixation and primary assimilation. The nitrogenase complex. Ways of formation of nitrates and nitrites. Nitrates in human food (potential sources, toxic effects on the body). Proteolysis. The role of lysosomes and proteasomes in proteolysis. Ubiquitin and ubiquitylation. The breakdown of proteins in the

digestive tract. Ways of amino acid biosynthesis. Transamination, decarboxylation, and deamination of amino acids. End products of nitrogen metabolism, ornithine cycle. Enzymes. Signs of similarities and differences with non-biological catalysts. General principles of structure, nomenclature and classification of enzymes, representatives. The functions of the protein and non-protein parts of the enzymatic molecule. The active center of enzymes. Examples of coenzymes. Enzyme activity and its relation to the rate of enzymatic reaction. Units of enzymatic activity. Kinetics of enzymatic reactions (dependence of the rate of the enzymatic reaction on the concentration of

the substrate, temperature and pH). The Michaelis constant. Enzyme activators and inhibitors, types of inhibition; activators and inhibitors of salivary amylase. Allosteric enzymes, their role in the regulation of metabolism. Multiple molecular forms of enzymes, isoenzymes: concept, role in metabolism. The use of enzymes in medicine. Spring semester. Questions for Colloquium

No. 5 "Integration and Regulation of metabolism" 1. Integration of metabolism. The relationship between the metabolism of proteins, carbohydrates, lipids, and nucleic acids (2-3 examples of reactions illustrating the relationship between

the metabolism of proteins and nucleic acids, lipids and carbohydrates, carbohydrates and proteins, lipids and proteins)

2. The main groups of primary signaling molecules (messengers), the idea of autocrine, paracrine and endocrine effects of primary messengers.

3. Signal transmission from hydrophobic and hydrophilic molecules with the participation of intracellular and membrane receptors: a) signal transduction (transmission mechanisms) of steroid and thyroid hormones through intracellular receptors; b) signal transmission through membrane receptors coupled with G proteins, with the participation of adenylate cyclase (adrenaline cascade) and inositol-phosphate system of secondary messengers; c) signal transmission through membrane receptors with an intracellular catalytic domain (receptor guanylate cyclases and tyrosine kinases).

## Assessment criteria (assessment tool — Colloquium)

Grade	Assessment criteria
outstanding	He knows and understands the structure and functions of the main classes of compounds of a living organism, the basic principles and molecular mechanisms in the organization and regulation of vital activity of biological objects. A complete detailed answer demonstrating system knowledge, the ability to apply theoretical knowledge, and fluency in information from the main literature sources. He fully illustrates the answer with chemical formulas, reaction patterns and metabolic pathways, and provides his own examples. Knowledge and skill are complete and stable, systematic, successful, independent.
excellent	Knowledge and skill are complete and stable, systematic, successful, independent. There are minor errors in the answers.
very good	Knowledge and skill with small gaps, few mistakes when answering. These gaps and errors are completely eliminated after being pointed out by the teacher.
good	Incomplete knowledge, 1 gross or several small mistakes, generally successful, but not a systematic skill that requires guiding questions and the help of a teacher.
satisfactory	Fragmentary knowledge, skills, and a lot of blunders when answering.
unsatisfactory	A single minimum knowledge, insufficient for a positive assessment.
poor	He knows nothing

## 5.2. Description of scales for assessing learning outcomes in the discipline during interim certification

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.

<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторыми недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

### Scale of assessment for interim certification

Grade		Assessment criteria
pass	<b>outstanding</b>	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "outstanding", the knowledge and skills for the relevant competencies have been demonstrated at a level higher than the one set out in the programme.
	<b>excellent</b>	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "excellent",
	<b>very good</b>	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "very good",
	<b>good</b>	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "good",
	<b>satisfactory</b>	All the competencies (parts of competencies) to be developed within the discipline have been developed at a level no lower than "satisfactory", with at least one competency developed at the "satisfactory" level.
fail	<b>unsatisfactory</b>	At least one competency has been developed at the "unsatisfactory" level.
	<b>poor</b>	At least one competency has been developed at the "poor" level.

### **5.3 Model control assignments or other materials required to assess learning outcomes during the interim certification with the criteria for their assessment:**

#### **5.3.1 Model assignments (assessment tool - Control questions) to assess the development of the competency ОПК-10**

1. Web resources for protein research. Protein databases \*
2. The human genome \*
4. Methodologies for sequencing the human genome. Genomic browsers for analyzing nucleotide sequences.\*
3. Databases of scientific data in oncology (The Cancer Genome Atlas, etc.). 4. Databases on the structure of RNA (GenBank, RNACentral).\*
5. Molecular biological networks.\*

#### **5.3.2 Model assignments (assessment tool - Control questions) to assess the development of the competency ОПК-5**

1. Введение. Биохимия, ее основные разделы и задачи. Общая биохимическая характеристика живых организмов. Общие принципы организации метаболизма. Элементный состав живого. Роль воды и минеральных веществ.
2. Аминокислоты. Функции, строение. Протеиногенные (белковые) и небелковые, заменимые и незаменимые аминокислоты. Изомерия аминокислот. Физико-химические свойства (диссоциация) аминокислот. Принципы классификации аминокислот.
3. Основные пути биосинтеза аминокислот. Семейства аминокислот по общности происхождения. Примеры реакций синтеза заменимых аминокислот.
4. Катаболизм аминокислот. Основные пути дезаминирования. Декарбоксилирование аминокислот, биогенные амины. Реакции трансаминирования (переаминирования).
5. Конечные продукты азотного обмена (обмена аминокислот): аммиак и кетокислоты. Механизмы детоксикации аммиака. Биосинтез мочевины (орнитиновый цикл) у человека.
6. Общая характеристика, биологическая роль и строение белков. Физико-химические свойства белков. Заряд. Оптические свойства. Денатурация. Ренатурация.
7. Уровни организации белковой молекулы. Первичная структура молекулы белка. Пептидная связь и ее особенности. Методы расшифровки первичной структуры и основные полученные результаты.
8. Вторичная структура и формирующие ее связи. Сверхвторичная структура, домены.
9. Третичная структура и формирующие ее связи. Фибриллярные и глобулярные белки, примеры.
10. Четвертичная структуры белков. Роль четвертичной структуры в регуляции биологической активности белков на примере гемоглобина.
11. Свободные пептиды. Их функции, строение, представители, биологическая роль.
12. Классификация белков. Простые белки: классификация, характеристика групп, представители. Сложные белки: фосфопротеины, металлопротеины, липопротеины, гликопротеины.
13. Сложные белки: хромопротеины. Строение и свойства гемоглобина. Миоглобин. Другие хромопротеины (цитохромы).
14. Ферменты. Сходство и различия с небиологическими катализаторами. Общие принципы строения. Функции белковой и небелковой частей ферментативной молекулы. Номенклатура и классификация ферментов, представители.
15. Активность ферментов, единицы ферментативной активности. Механизм ферментативного катализа. Кинетика ферментативных реакций. Действие pH и температуры. Зависимость

- скорости реакции от концентрации субстрата (уравнения Михаэлиса-Ментен, Лайнуивера-Берка). Константа Михаэлиса.
16. Регуляция активности ферментов. Активаторы и ингибиторы. Типы ингибирования. Аллостерические ферменты. Множественные молекулярные формы ферментов и изoenzymy. Зимогены.
  17. Витамины, их биологическая роль. Классификация и номенклатура. Жирорастворимые витамины: А, Д, Е, К. Биохимические механизмы участия в обмене веществ, картины недостаточности и избыточности, суточные нормы и основные источники.
  18. Водорастворимые витамины: В<sub>1</sub>, В<sub>2</sub>, В<sub>3</sub> (РР) В<sub>5</sub>, В<sub>6</sub>, В<sub>с</sub>, В<sub>12</sub>, С, Р, Н, Инозит. Биохимические механизмы участия в обмене веществ, картины недостаточности и избыточности, суточные нормы и основные источники.
  19. Нуклеотиды как мономеры ДНК и РНК. Строение и биологические функции. Азотистые основания нуклеиновых кислот. Свободные нуклеотиды: АТФ, ГТФ, циклические нуклеотиды, строение и биологическая роль.
  20. ДНК. Нуклеотидный состав. Первичная структура и ее особенности у эукариот. Вторичная структура ДНК (модель Уотсона и Крика).
  21. Третичная структура ДНК. Организация хроматина у эукариот.
  22. РНК: строение и функции мРНК, тРНК, рРНК.
  23. Общие принципы репликации ДНК. Репликация у прокариот. Особенности репликации у эукариот. Роль теломераз.
  24. Биосинтез РНК - транскрипция. Общие принципы. Транскрипция у прокариот. Особенности транскрипции у эукариот: процессинг, сплайсинг (рибозимы в сплайсинге), альтернативный сплайсинг.
  25. Биосинтез белка (трансляция) у прокариот и эукариот. Активация аминокислот при биосинтезе белков. Основные этапы биосинтеза белка на рибосоме. Генетический код и его свойства. Понятие фолдинга белков.
  26. Регуляция экспрессии генов. Регуляция биосинтеза белка на стадии транскрипции у прокариот (схема Жакоба и Моно). Понятие индукции и репрессии.
  27. Регуляция экспрессии генов у эукариот на различных этапах реализации генетической информации.
  28. Основные этапы синтеза нуклеотидов. Конечные продукты катаболизма нуклеотидов.
  29. Белки в питании, их расщепление в пищеварительном тракте.
  30. Моносахариды: строение, классификация, представители, распространение, биологическая роль. Изомерия и химические свойства моносахаридов.
  31. Олигосахариды. Строение и функции отдельных дисахаридов. Восстанавливающие и невосстанавливающие углеводы.
  32. Крахмал и гликоген. Строение, распространение, биологическая роль. Другие полисахариды.
  33. Биосинтез олиго- и полисахаридов: роль НДФС. Реакции синтеза гликогена.
  34. Гликогенолиз: реакции, ферменты, биологическая роль.
  35. Реакции гликолиза. Макроэргические соединения. Субстратное фосфорилирование. Энергетический выход. Связь гликолиза с брожениями.
  36. Цикл трикарбоновых кислот (цикл Кребса): химизм, энергетика, роль в метаболизме. Суммарный энергетический баланс расщепления глюкозы в реакциях гликолиза и ЦТК.
  37. Окислительное фосфорилирование. Дыхательная цепь (ЦПЭ): строение и функционирование. Участки сопряжения в дыхательной цепи. Хемосмотическая теория сопряжения окисления с фосфорилированием.
  38. Пентозомонофосфатный путь. Химизм, тканевая и клеточная локализация, биологическая роль.
  39. Глюконеогенез. Основные реакции, регуляция, локализация в клетке. Цикл Кори.
  40. Расщепление углеводов в процессе пищеварения. Глюкозный гомеостаз и механизмы его поддержания. Роль гормонов. Причины и последствия гипогликемии и гипергликемии.

41. Липиды: общая характеристика, классификация, биологическая роль.
42. Жиры и фосфолипиды. Строение, свойства, биологическая роль.
43. Сфинголипиды, основные классы и представители, строение, биологическая роль. Воска, стерины и стероиды, терпены: строение, функции, представители.
44. Анаболизм липидов: реакции синтеза жирных кислот на примере пальмитиновой кислоты. Ферменты синтеза ненасыщенных жирных кислот.
45. Катаболизм жиров в тканях.  $\beta$  - окисление жирных кислот. Энергетический баланс. Примеры  $\alpha$ - и  $\omega$ - окисления жирных кислот.
46. Расщепление жиров, фосфолипидов, эфиров холестерина в пищеварительном тракте. Роль ферментов и желчных кислот. Всасывание продуктов расщепления липидов. Схема реакций ресинтеза липидов в клетках кишечника.
47. Транспорт липидов в организме человека. Метаболизм и роль ХМ, ЛПОНП, ЛПНП и ЛПВП.
48. Основные этапы синтеза жиров и фосфолипидов. Внутриклеточные липазы и фосфолипазы.
49. Реакции кетогенеза. Основные пути использования и выведения кетонных тел. Кетонемия, кетонурия, кетоацидоз.
50. Основные принципы регуляции метаболизма. Ключевые ферменты в метаболических процессах, основные механизмы изменения их активности. Внешние сигнальные молекулы: аутокринные, паракринные и эндокринные механизмы регуляции. Эйкозаноиды как примеры паракринных регуляторов. Этапы синтеза (ферменты), биологическая роль.
51. Гормоны в регуляции метаболизма. Основные типы рецепторов и путей трансдукции гормонального сигнала. Каскадный механизм активации ферментов.
52. Гормоны гипоталамуса, гипофиза, щитовидной железы, паращитовидных желез, поджелудочной железы, надпочечников, половых желез: основные биохимические эффекты.
53. Интеграция метаболизма. Взаимосвязь обмена липидов, углеводов, белков, нуклеиновых кислот. Примеры.
54. Обмен гемопroteинов (на примере гемоглобина). Метаболизм гема: этапы синтеза и катаболизма, продукты распада - свободный и конъюгированный билирубин.
55. Биохимия крови: метаболизм эритроцитов, транспорт газов эритроцитами. Основные белковые фракции плазмы крови.
56. Биохимия крови: ферменты плазмы крови в норме и при патологиях тканей и органов.
57. Биохимия крови: небелковые органические компоненты плазмы крови, неорганические вещества плазмы крови.
58. Биохимия соединительной ткани: основные компоненты межклеточного матрикса соединительной ткани: белки, гликозаминогликаны, протеоглики. Адгезивные белки межклеточного матрикса.
59. Основные этапы биотрансформации ксенобиотиков в печени.
60. Основные этапы детоксикации этанола в печени.
61. Канцерогенез: роль протоонкогенов и антионкогенов в возникновении и развитии злокачественных опухолей.
62. Канцерогенез: биохимические атипизмы злокачественных опухолей.
63. Канцерогенез: молекулярная диагностика злокачественных опухолей.

### Assessment criteria (assessment tool — Control questions)

Grade	Assessment criteria
outstanding	He knows and understands the structure and functions of the main classes of compounds of a living organism, the basic principles and molecular mechanisms in the organization and regulation of vital activity of biological objects. A complete detailed answer demonstrating

Grade	Assessment criteria
	system knowledge, the ability to apply theoretical knowledge, and fluency in information from the main literature sources. He fully illustrates the answer with chemical formulas, reaction patterns and metabolic pathways, and provides his own examples. Knowledge and skill are complete and stable, systematic, successful, independent.
excellent	Knowledge and skill are complete and stable, systematic, successful, independent. There are minor errors in the answers.
very good	Knowledge and skill with small gaps, few mistakes when answering. These gaps and errors are completely eliminated after being pointed out by the teacher.
good	Incomplete knowledge, 1 gross or several small mistakes, generally successful, but not a systematic skill that requires guiding questions and the help of a teacher.
satisfactory	Fragmentary knowledge, skills, and a lot of blunders when answering.
unsatisfactory	A single minimum knowledge, insufficient for a positive assessment.
poor	He knows nothing

### 5.3.3 Model assignments (assessment tool - Report on laboratory works) to assess the development of the competency OPIK-10

Spring semester.

Qualitative reactions to carbohydrates.\*

Determination of total protein and albumin content using diagnostic kits.\*

Qualitative reactions to vitamins.\*

Determination of cholesterol and triglycerides using diagnostic kits.\*

Quantitative determination of glucose.\*

### 5.3.4 Model assignments (assessment tool - Report on laboratory works) to assess the development of the competency OPIK-5

The fall semester.

Safety regulations and rules of work in the biochemical laboratory.\*

Qualitative reactions to proteins and amino acids. \*

To carry out qualitative reactions to amino acids and proteins (biuretic reaction, xanthoprotein reaction, ninhydrin reaction, Folin reaction, protein precipitation reactions), to determine the presence of proteins, peptides, free amino acids in the "task" solution, and also to establish some features of the structure of side radicals or the location of the amino group in the amino acids present.\*\*

Quantitative determination of protein by the Lowry method (using a FEK or a spectrophotometer). \*

To carry out quantitative determination of protein by the Lowry method, to establish the protein content in solutions – "tasks".\*

Analyze the results obtained

Determination of salivary amylase activity, the effect of pH and inhibitor activators on it

Qualitative reactions to nucleotides. \*

Spring semester.

Qualitative reactions to carbohydrates.\*



Determination of total protein and albumin content using diagnostic kits.\*

Qualitative reactions to vitamins.\*

Determination of cholesterol and triglycerides using diagnostic kits.\*

Quantitative determination of glucose.\*

#### **Assessment criteria (assessment tool — Report on laboratory works)**

Grade	Assessment criteria
pass	The reports are prepared according to the requirements and submitted for review no later than on the day of the last lesson (seminar or laboratory) in the semester. All corrections have been made according to the teacher's comments (possibly in the last lesson)
fail	The reports were not designed according to the requirements or were not prepared and submitted on the day of the last lesson (seminar or laboratory) in the semester. Mistakes have not been corrected, and the teacher's comments have not been worked out. Reports for missed and not completed laboratory work by the student are not allowed to be checked.

### **6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

Основная литература:

1. Essential Biochemistry for Medical Students with Problem-Solving Exercises : учебник. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. - . - ISBN 978-5-9704-5650-7., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=735638&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Nelson David L. Lehninger Principles of Biochemistry = Principles of Biochemistry. - New York : Macmillan Learning, 2021. - XXXIII, 1096, 36, 21, 48, 3 p. : ill. - ISBN 978-1-319-38149-3 : 10175.40., 5 экз.
2. Glukhov A.I. Biochemistry with exercises and tasks : монография / Glukhov A.I.; Garin V.V. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2020. - 296 с. - ISBN 978-5-9704-5317-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=735411&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

не требуется

### **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, специализированным оборудованием: лабораторная мебель, водяная баня-термостат, стерилизатор сухожаровой, центрифуга, лабораторные весы, фотоэлектрический фотометр.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную

информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки/специальности 31.05.01 - General Medicine.

Авторы: Трофимова Светлана Владимировна, кандидат биологических наук.

Заведующий кафедрой: Брилкина Анна Александровна, кандидат биологических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28 ноября 2024, протокол № №9.