

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Химический институт им. А.М. Бутлерова



подписано электронно-цифровой подписью

**Программа дисциплины**  
**Биофизическая химия Б2.ДВ.1**

Направление подготовки: 020100.62 - Химия

Профиль подготовки: Химия высокомолекулярных и элементоорганических соединений

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Сироткин В.А.

**Рецензент(ы):**

Манапова Л.З.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Соломонов Б. Н.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Химического института им. А.М. Бутлерова:

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No 728915

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Сироткин В.А. Кафедра физической химии Химический институт им. А.М. Бутлерова, Vladimir.Sirotkin@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

- а) получение студентами важнейших представлений о химической структуре, пространственном строении и силах, поддерживающих нативную конформацию, биологических молекул;
- б) получение студентами представлений о современных теоретических и экспериментальных подходах, используемых при изучении свойств биологических молекул;
- в) развитие умений по применению физико-химического аппарата для анализа процессов с участием биологических молекул.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б2.ДВ.1 Общепрофессиональный" основной образовательной программы 020100.62 Химия и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе, 5 семестр.

Дисциплина "Биофизическая химия" предназначена для студентов третьего курса Казанского (Приволжского) федерального университета. Дисциплина относится к общепрофессиональному циклу Б2. Студенты, приступающие к освоению дисциплины "Биофизическая химия", должны овладеть знаниями по следующим дисциплинам: Неорганическая химия, Аналитическая химия, Высшая математика, Общая физика.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

| Шифр компетенции                     | Расшифровка приобретаемой компетенции   |
|--------------------------------------|---|
| ОК-6<br>(общекультурные компетенции) | использует основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применяет методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования |

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

важнейшие представления о химической структуре, пространственном строении и силах, поддерживающих нативную конформацию, биологических молекул.

2. должен уметь:

навыками применения физико-химического аппарата для анализа процессов с участием биологических молекул.

3. должен владеть:

представлениями о современных экспериментальных и теоретических подходах, используемых при изучении свойств биологических молекул.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

важнейшие представления о химической структуре, пространственном строении и силах, поддерживающих нативную конформацию, биологических молекул.

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных(ые) единиц(ы) 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 5 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

| N  | Раздел<br>Дисциплины/<br>Модуля  | Семестр | Неделя<br>семестра | Виды и часы<br>аудиторной работы,<br>их трудоемкость<br>(в часах) |                         |                        | Текущие формы<br>контроля |
|----|--|---------|--------------------|---|-------------------------|------------------------|---------------------------|
|    |  |         |                    | Лекции  | Практические<br>занятия | Лабораторные<br>работы |                           |
| 1. | Тема 1. Введение.<br>Историческая справка.<br>Положение<br>биофизической химии<br>в ряду других наук.                    | 5       | 1                  | 2   | 0                       | 0                      |                           |
| 2. | Тема 2. Структура и<br>физико-химические<br>свойства основных<br>классов биологических<br>молекул.                       | 5       | 2-9                | 16  | 0                       | 0                      | контрольная<br>работа     |
| 3. | Тема 3. Основные<br>понятия первого и<br>второго закона<br>термодинамики в<br>приложении к<br>биологическим<br>системам. | 5       | 10-13              | 8   | 0                       | 0                      |                           |
| 4. | Тема 4. Денатурация<br>биомолекул  | 5       | 14,15              | 4   | 0                       | 0                      |                           |
| 5. | Тема 5. Гидратация<br>биомолекул. Структура<br>и физико-химические<br>свойства воды.                                     | 5       | 16-18              | 6   | 0                       | 0                      | контрольная<br>работа     |
|    | Тема . Итоговая<br>форма контроля  | 5       |                    | 0   | 0                       | 0                      | зачет                     |
|    | Итого  |         |                    | 36  | 0                       | 0                      |                           |

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Введение. Историческая справка. Положение биофизической химии в ряду других наук.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Место биофизической химии в ряду других наук. Отличия биофизической химии от биохимии и биофизики. Отличие биофизической химии от физической химии. Экспериментальные методы и подходы, используемые в биофизической химии. Важнейшие достижения биофизической химии.

**Тема 2. Структура и физико-химические свойства основных классов биологических молекул.****лекционное занятие (16 часа(ов)):**

Современные представления о пространственной структуре биологических молекул и силах, ее определяющих. Химическая и пространственная структура 20  $\alpha$ -аминокислот - строительных элементов белков. Оптическая изомерия. Структура D- и L-изомеров. Классификация аминокислот по природе боковой группы. Электрический заряд аминокислот и связь с рН. Понятие о цвиттер-ионе. Уравнение Гендерсона-Хассельбаха. Образование пептидных связей. Пространственная структура, физико-химические свойства и функции белков. Внутри и межмолекулярные взаимодействия, поддерживающие нативную структуру белков. Первичная, вторичная, третичная и четвертичная структура белков. Внутримолекулярные водородные связи. Понятие об основных элементах вторичной структуры белков:  $\alpha$ -спирали и  $\beta$ -листы. Ионные взаимодействия. Дисульфидные связи. Основные функции белков: катализ, транспорт, хранение, строительные элементы. Пространственная структура, физико-химические свойства и функции липидов. Классификация липидов. Химическая структура и свойства основных представителей липидов: насыщенных и ненасыщенных кислот, триглицеридов, фосфолипидов, холестерина. Основные представления о пространственной структуре, физико-химических свойствах и функциях сахаров. Оптическая изомерия сахаров. Структура D- и L-изомеров. моносахаридов. Основные представители триоз, пентоз, гексоз. Пиранозная и фуранозная форма моносахаридов. Структура и физико-химические свойства основных представителей дисахаридов: сахарозы, лактозы и галактозы. Структура и физико-химические свойства полисахаридов: крахмала и целлюлозы. Пространственная структура, физико-химические свойства и функции нуклеиновых кислот. Азотистые основания, сахара и фосфатные группы - строительные элементы нуклеиновых кислот. Сходство и различие в химической структуре ДНК и РНК. Химическая структура азотистых оснований. Структура двойной спирали нуклеиновых кислот. Основные взаимодействия, поддерживающие нативную структуру нуклеиновых кислот.

**Тема 3. Основные понятия первого и второго закона термодинамики в приложении к биологическим системам.****лекционное занятие (8 часа(ов)):**

Термохимия биологических систем. Законы Гесса и Кирхгофа. Основные понятия: энтальпия, внутренняя энергия, теплоемкость, термодинамическая система, типы термодинамических систем, экстенсивные и интенсивные свойства. Основные понятия второго закона термодинамики: энтропия, свободная энергия Гиббса, константа равновесия, самопроизвольные и несамопроизвольные процессы, равновесные и неравновесные процессы, обратимые и необратимые процессы. Способы определения свободной энергии Гиббса в различных биологических процессах. Связывание низкомолекулярных соединений и ионов биологическими макромолекулами в водных растворах. Важность изучения взаимодействия биологических макромолекул с низкомолекулярными соединениями. Определение параметров связывания и анализ экспериментальных данных в случае: а) одноместного связывания; б) нескольких независимых идентичных участков связывания; в) кооперативного связывания: модель Хилла.

**Тема 4. Денатурация биомолекул****лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Основные понятия: теплоемкость, зависимость теплоемкости вещества от температуры. Способы денатурации белков. Термическая денатурация и экспериментальные методы ее изучения. Подход Вант-Гоффа. Метод дифференциальной сканирующей калориметрии. Холодовая денатурация белков и ее термодинамическая интерпретация. Влияние влажности белка на его термостабильность. Денатурация нуклеиновых кислот. Факторы, вызывающие денатурацию ДНК и РНК.

**Тема 5. Гидратация биомолекул. Структура и физико-химические свойства воды.****лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Биологическая роль воды. Основные понятия из области адсорбционных явлений: адсорбент, адсорбат. Виды адсорбции. Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция. Полимолекулярная адсорбция и ее описание методом Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ), его вывод. Положения, лежащие в основе уравнения БЭТ. Графическое определение параметров уравнения БЭТ. Основные закономерности адсорбции паров воды на твердых белковых препаратах. Понятие о сорбционном гистерезисе. Определение термодинамических параметров адсорбции воды на биологических макромолекулах: свободной энергии, энтальпии и энтропии. Структурные изменения в ходе гидратации биомолекул. Гидрофобные взаимодействия. Молекулярные причины возникновения гидрофобных эффектов. Особенности структуры воды по сравнению с другими химическими веществами. Особенности взаимодействия воды с неполярными молекулами. Характеристики гидрофобности.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

| N  | Раздел Дисциплины  | Семестр | Неделя семестра | Виды самостоятельной работы студентов  | Трудоемкость (в часах) | Формы контроля самостоятельной работы |
|----|--|---------|-----------------|--|------------------------|---------------------------------------|
| 2. | Тема 2. Структура и физико-химические свойства основных классов биологических молекул. | 5       | 2-9             | подготовка к контрольной работе изучение теоретического лекционного материала; - проработка теорет | 18                     | контрольная работа                    |
| 5. | Тема 5. Гидратация биомолекул. Структура и физико-химические свойства воды.            | 5       | 16-18           | подготовка к контрольной работе изучение теоретического лекционного материала; - проработка теорет | 18                     | контрольная работа                    |
|    | Итого  |         |                 |  | 36                     |                                       |

**5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения**

- компьютерные презентации лекций,
- интерактивный опрос по разным разделам курса,
- решение смоделированных практических задач и проблем.

**6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

**Тема 1. Введение. Историческая справка. Положение биофизической химии в ряду других наук.**

**Тема 2. Структура и физико-химические свойства основных классов биологических молекул.**



контрольная работа , примерные вопросы:

**ПРИМЕРЫ БИЛЕТОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.** Билет ♦1 Химический состав и пространственное строение основных представителей биологических молекул: белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов, липидов. Билет ♦2 Силы, определяющие конформацию биомолекул. Понятие о гидрофобности. Характеристики гидрофобности. Внутримолекулярные водородные связи. Понятие об основных элементах вторичной структуры: альфа-спирали и бетта-листы. Билет ♦3 Основные понятия первого и второго законов термодинамики в приложении к биологическим системам. Понятие об основных термодинамических функциях: свободной энергии, энтальпии, энтропии. Понятие о химическом потенциале. Билет ♦4 Основные понятия первого и второго законов термодинамики в приложении к биологическим системам. Критерии самопроизвольного протекания биологических процессов. Температурная зависимость констант равновесия и скоростей биологических процессов. Билет ♦5 Связывание низкомолекулярных соединений и ионов биологическими макромолекулами. Определение параметров связывания и анализ экспериментальных данных в случае одноместного связывания. Графическое представление данных: прямые координаты, обратные, логарифмические, координаты Скетчарда.

**Тема 3. Основные понятия первого и второго закона термодинамики в приложении к биологическим системам.**

**Тема 4. Денатурация биомолекул**

**Тема 5. Гидратация биомолекул. Структура и физико-химические свойства воды.**

контрольная работа , примерные вопросы:

**ПРИМЕРЫ БИЛЕТОВ ДЛЯ КОНТРОЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ.** Билет ♦1 Связывание низкомолекулярных соединений и ионов биологическими макромолекулами. Определение параметров связывания и анализ экспериментальных данных в случае кооперативного связывания: модель Хилла. Графическое представление данных. Билет ♦2 Основные закономерности адсорбции паров воды на биомолекулах. Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция. Полимолекулярная адсорбция и ее описание методом Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ), его вывод. Положения, лежащие в основе уравнения БЭТ. Графическое определение параметров уравнения БЭТ. Билет ♦3 Термостабильность биологических макромолекул. Основные понятия: теплоемкость, зависимость теплоемкости от температуры. Термическая денатурация, экспериментальные методы ее изучения, термодинамическая интерпретация. Билет ♦4 Применение физико-химических методов к изучению термодинамических, структурных и динамических свойств биологических объектов.

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

Самостоятельная работа студентов (СРС) включает следующие виды:

- изучение теоретического лекционного материала;
- проработка теоретического материала (конспекты лекций, основная и дополнительная литература).

**ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ.**

1. Химический состав и пространственное строение основных представителей биологических молекул: белков, нуклеиновых кислот, полисахаридов, липидов.

Силы, определяющие конформацию биомолекул. Понятие о гидрофобности. Характеристики гидрофобности. Внутримолекулярные водородные связи. 2. Понятие об основных элементах вторичной структуры: альфа-спирали и бетта-листы.

3. Основные понятия первого и второго законов термодинамики в приложении к биологическим системам. Понятие об основных термодинамических функциях: свободной энергии, энтальпии, энтропии. Понятие о химическом потенциале.

4. Основные понятия первого и второго законов термодинамики в приложении к биологическим системам. Критерии самопроизвольного протекания биологических процессов. Температурная зависимость констант равновесия и скоростей биологических процессов.

5. Связывание низкомолекулярных соединений и ионов биологическими макромолекулами. Определение параметров связывания и анализ экспериментальных данных в случае одноместного связывания. Графическое представление данных: прямые координаты, обратные, логарифмические, координаты Скетчарда.
6. Связывание низкомолекулярных соединений и ионов биологическими макромолекулами. Определение параметров связывания и анализ экспериментальных данных в случае кооперативного связывания: модель Хилла. Графическое представление данных.
7. Основные закономерности адсорбции паров воды на биомacroмолекулах. Мономолекулярная и полимолекулярная адсорбция. Полимолекулярная адсорбция и ее описание методом Брунауэра-Эммета-Теллера (БЭТ), его вывод. Положения, лежащие в основе уравнения БЭТ. Графическое определение параметров уравнения БЭТ.
8. Термостабильность биологических макромолекул. Основные понятия: теплоемкость, зависимость теплоемкости от температуры. Термическая денатурация, экспериментальные методы ее изучения, термодинамическая интерпретация.
9. Применение физико-химических методов к изучению термодинамических, структурных и динамических свойств биологических объектов.

### 7.1. Основная литература:

1. Избранные главы к лекционному курсу "Биофизическая химия" [Электронный ресурс] / Автор - составитель: В.А. Сироткин. - Казань: Казанский университет, 2011. - 51 с. Режим доступа: [http://kpfu.ru/staff\\_files/F299136585/Biofizicheskaya.himiya\\_Sirotkin.VA.pdf](http://kpfu.ru/staff_files/F299136585/Biofizicheskaya.himiya_Sirotkin.VA.pdf)
2. Избранные главы к лекционному курсу "Биофизическая химия" / Автор - составитель: В.А. Сироткин. - Казань: Казанский университет, 2011. - 51 с.
3. Кольман, Я. Наглядная биохимия / Я. Кольман, К.-Г. Рем; пер. с нем. проф. д.б.н. Л. В. Козлова [и др.]; под ред. к.х.н. П. Д. Решетова, Т. И. Соркиной. 4-е изд. Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 469 с.
4. Уилсон К., Уолкер Дж. Принципы и методы биохимии и молекулярной биологии. [Электронный ресурс] - 2-е изд. (эл.). - М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2013. - 848 с. Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=8811](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=8811)

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Биохимия : Учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению 655500 "Биотехнология" / В.П. Комов, В.Н. Шведова. ? М. : Дрофа, 2004. - 639с.
2. Биологическая химия / [Ю. Б. Филиппович и др.] ; под ред. Н. И. Ковалевской. ? Москва : Академия, 2005. ? 254
3. УСПЕХИ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ХИМИИ  
[http://elibrary.ru/title\\_about.asp?id=9200](http://elibrary.ru/title_about.asp?id=9200)

### 7.3. Интернет-ресурсы:

- Methods in Protein Structure and Stability Analysis [Электронная книга] / V.N. Uversky, E.A. Permyakov (Editors) - Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge, NY. - 2007. - [https://www.novapublishers.com/catalog/product\\_info.php?products\\_id=5695](https://www.novapublishers.com/catalog/product_info.php?products_id=5695)
- Березов Т.Т., Коровкин Б.Ф. Биологическая химия: Учебник. ? 3-е изд., перераб. И доп. М.: Медицина, 1998. ? 704 с: ил. ? (Учеб. Лит. Для студентов мед. вузов). ISBN 5-225- - <http://www.booksmed.com/biologiya/2131-biologicheskaya-ximiya-berezov-uchebnik.html>
- Биохимия. Краткий курс с упражнениями и задачами. / Под ред. Е.С. Северина, А.Я. Николаева ? М: ГЭОТАР-МЕД, 2001. - 448 с. ? (Серия ?XXI век?). ISBN 5-9231-0053-3. - <http://www.booksmed.com/biologiya/2147-bioximiya-kratkij-kurs-s-uprazhneniyami-i-zadachami-severin.htm>



Биохимия: Учебник / Под ред. Е.С. Северина. ? 2-е изд., испр. ? М.: ГЭОТАР-МЕД. 2004. - 784 с.: ил. ? (Серия ?XXI век?). ISBN 5-9231-0390-7. -

<http://www.booksmed.com/biologiya/693-bioximiya-severin-uchebnik.html>

Общая химия. Биофизическая химия. Химия биогенных элементов: Учеб. Для вузов / Ю.А. Ершов, В.А. Попков, А.С. Берлянд и др.; Под ред. Ю.А. Ершова. 4-е изд., стер.- М.: Высш. Шк., 2003. ? 560 с.: ил. ISBN 5-06003626-X. -

<http://www.booksmed.com/biologiya/2114-obshhaya-ximiya-biofizicheskaya-ximiya-ximiya-biogennyx-yelen>

Щербак И.Г. Биологическая химия: Учебник. ? СПб.: Издательство СПбГМУ, 2005. ? 480 с. ISBN 5-88999-052-7. -

<http://www.booksmed.com/biologiya/2124-biologicheskaya-ximiya-shherbak-uchebnik.html>

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

Освоение дисциплины "Биофизическая химия" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

мультимедийный проектор

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 020100.62 "Химия" и профилю подготовки Химия высокомолекулярных и элементоорганических соединений .

Автор(ы):

Сироткин В.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Манапова Л.З. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.