



ПРАВИТЕЛЬСТВО САНКТ-ПЕТЕРБУРГА  
КОМИТЕТ ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ СРЕДНЯЯ ОБЩЕОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ ШКОЛА №165  
ПРИМОРСКОГО РАЙОНА САНКТ-ПЕТЕРБУРГА

**ПРИНЯТА**

Педагогическим советом  
ГБОУ школы №165  
(протокол от 30.08. 2024 года № 1)

**УТВЕРЖДЕНА**

Приказом ГБОУ школы №165  
от 30.08. 2024 года № 182 –ДОП

**УЧТЕНО МНЕНИЕ**

Совета родителей  
(законных представителей) несовершеннолетних  
обучающихся  
(протокол от 30 августа 2024 г. № 1)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

**к дополнительной общеразвивающей программе**

**«ПЕРВЫЕ ШАГИ В МЕДИЦИНУ»**

**на 2024-2025 учебный год**

Год обучения: первый

Возраст обучающихся: 14-16 лет

Разработчик:  
Шуйский Леонид Сергеевич,  
педагог дополнительного образования

## Содержание программы

1. Вводное занятие, набор учащихся в группу. Инструктаж по ТБ. *Теория* Физиология, как комплексная наука. Понятия гомеостаза и метаболизма. *Практика* Тренинги на знакомство, диагностика уровня знаний учащихся. Правила оформления практических работ
2. Биомедицина и трансляционная медицина: от фундаментальной науки до клинической практики. *Теория* взаимосвязь биологии и медицины. *Практика* искусство мыслить, как учёный
3. Физиология клетки – симбиоз биохимии, цитологии и биофизики. *Теория* Биохимия – предмет и задачи, биофизика – предмет и задачи, цитология – предмет и задачи. Сигнальные каскады в клетке и способы их изучения. *Практика* инструментальные методы исследования функционирования клеток. Выбор темы проекта.
4. Методы современной биомедицины. *Теория* анализ используемых методов в биологии и медицине. *Практика* физические и химические принципы проведения биомедицинских исследований
5. Нобелевские и мировые открытия в области биомедицины. *Теория* анализ Нобелевских премий в области физиологии и медицины, химии и физике. *Практика* выбор темы индивидуального исследования
6. **Основы и принципы биохимии.** *Теория* Общие принципы биохимии. Последние достижения биохимии, клеточной биологии и генной инженерии. Значение в клинической практике. Введение в биоорганическую химию. Эффекты заместителей. Основные классы биоорганических соединений: белки, углеводы, липиды, нуклеиновые кислоты. Вода и ее свойства. Отношение веществ к воде. *Практика* Решение задач на химические взаимодействия различных классов органических соединений. Решение задач на формирование водородных связей. Изучение физических свойств воды и этилового спирта и объяснение их различий через силу формируемых водородных связей
7. Биомолекулы. Углеводы. *Теория* Анаэробный и аэробный пути распада углеводов. Гликолиз и гликогенолиз, их биологическое значение. Пентозофосфатный путь распада углеводов, особенности, биологическая роль. *Практика* Нарушение углеводного обмена, сахарный диабет.
8. Биомолекулы. Липиды. *Теория* Обмен и функции липидов. Классификация липидов. Всасывание жиров в кишечнике. Биосинтез и распад высших жирных кислот.  $\beta$ -окисление ВЖК, энергетический эффект. Функции некоторых высших жирных кислот. Омега-3 ненасыщенные жирные кислоты и полиненасыщенные жирные кислоты. Обмен холестерина, биологическая роль холестерина. Липопротеины, строение, классификация, биологическая роль. Нарушения в обмене липидов. Атеросклероз. Биохимическая диагностика нарушений обмена липопротеинов и холестерина. *Практика* метаболизм жиров, нарушения липидного обмена
9. Биомолекулы. Аминокислоты, пептиды и белки. *Теория* Аминокислоты. Заменяемые и незаменимые аминокислоты. Свойства радикалов АК: гидрофобные и гидрофильные, полярные и неполярные. Обмен отдельных аминокислот: глицин. Пептидная связь. Белки, их классификация. Первичная структура белка. Вторичная структура белка. Ее виды. Супервторичные структуры. Третичная структура. Структура миоглобина. Четвертичная структура белка. Особенности гемоглобина по сравнению с миоглобином. Физико-химические свойства белков: молекулярная масса, форма белковой молекулы, гидрофильность и гидрофобность, растворимость, амфотерность белков. Методы выделения белков и разделения белковых смесей. *Практика* Регуляция метаболизма белков и аминокислот. Ознакомление с устройством

- фотоколориметра. Определение концентрации белков в растворе. Проведение электрофореза в геле для разделения смеси белков.
10. Биомолекулы. Нуклеиновые кислоты. *Теория* Нуклеиновые кислоты, классификация, разновидности, строение. ДНК и РНК. Мономеры НК - нуклеотиды. Строение. Виды азотистых оснований. Пурины и пиримидины. Биосинтез и катаболизм пуриновых и пиримидиновых нуклеотидов. *Практика* Регуляция метаболизма пуринов и пиримидинов. Разделение нуклеиновых кислот в полиакриламидном геле. Полимеразная цепная реакция
  11. Ферменты и витамины. *Теория* Ферменты. Определение. Понятие о ферментативном катализе. Отличия от неорганического катализа. Строение активного центра фермента. Понятие о специфичности ферментов. Классификация. Шифр ферментов. Простые и сложные ферменты. Механизм действия ферментов, фермент-субстратный комплекс. Кинетика ферментативных реакций. Константа Михаэлиса-Ментен. Зависимость скорости ферментативных реакций от температуры, рН, концентрации субстрата и фермента. Роль коферментов и кофакторов в ферментативных реакциях. Витамины как коферменты. Классификация ферментативных реакций. Механизм переаминирования. Регуляция работы ферментов. Аллостерическая регуляция. Аллостерические центры. Другие виды регуляции. Изоферменты и изоформы ферментов. Иммуноферментный анализ как метод выявления и определения концентрации белков. *Практика* Определение активности фермента в растворе. Решение задач на расчет удельной активности фермента. Демонстрация различных оптимумов рН у различных ферментов.
  12. Реализация генетической информации. Центральная догма молекулярной биологии. *Теория* Генетический код, его характеристика. Свойства кодона. Матричные процессы. Центральная догма молекулярной биологии. *Практика* решение задач на соответствие кодон-аминокислота
  13. Репликация. *Теория* Репликация ДНК у прокариот и эукариот. Виды ДНК-полимераз. Повреждения, возникающие в ДНК. *Практика* Механизмы репарации ДНК.
  14. Транскрипция. *Теория* Транскрипция у прокариот. Механизмы инициации транскрипции. Структура промоторов. Виды РНК-полимераз. Теория оперона. *Практика* Процессинг различных видов РНК у прокариот и у эукариот. Процессинг пре-мРНК.
  15. Трансляция. *Теория* Рибосомы. Строение, роль рибосом в сборке полипептидной цепи. Трансляция у прокариот и эукариот. *Практика* Механизмы посттрансляционной модификации белков.
  16. Регуляция экспрессии генов. *Теория* Транскрипционные факторы. Энхасеры, сайленсеры. Метилирование генов. *Практика* Эпигенетика.
  17. Избранные вопросы биохимии. Клинические аспекты биохимии. *Теория* Детоксикационная функция печени. Пути детоксикации ксенобиотиков. Понятие о летальном синтезе. Биохимия некоторых ядов и мишени их действия. Метаболизм этанола. Токсическое влияние этанола на организм человека. Общее представление об алкогольной болезни. *Практика* Теоретический расчет дозы парацетамола, вызывающей массивное повреждение печени у взрослого человека.
  18. **Основы цитологии.** *Теория* Строение эукариотической клетки. *Практика* внутриклеточная компартментализация, роль цитоплазмы.
  19. Поверхностный аппарат клетки. *Теория* Цитоплазматическая и внутриклеточные мембраны, строение и свойства. *Практика* роль гликокаликса
  20. Строение, роль и функции органелл в клетке. *Теория* особенности строения мембран внутриклеточных органелл. *Практика* классификация, строение и функции внутриклеточных органелл

21. Механизмы передачи сигнала в клетке. *Теория* основные молекулярные каскады и способы передачи сигналов внутрь клетки. *Практика* механизмы генерации клеточного ответа
22. Везикулярный транспорт в клетке. *Теория* Молекулярные основы везикулярного транспорта: экзоцитоз, эндоцитоз, трансцитоз, пиноцитоз. *Практика* способы визуализации внутриклеточных везикул
23. Регуляция клеточного цикла. Клинические аспекты цитологии. *Теория* митоз, фазы клеточного цикла. *Практика* дифференцированные и стволовые клетки, раковые клетки.
24. **Метаболизм клетки. Регуляция обмена веществ.** *Теория* Регуляция обмена веществ. Уровни регуляции обмена веществ в организме. Гормоны, классификация, механизм действия. Паракринная и аутокринная регуляция, паракринные БАВ, их отличие от гормонов. *Практика* Болезни, связанные с нарушением гормональной регуляции и способы их лечения
25. Катаболизм. *Теория* Общие пути катаболизма. Взаимосвязь обмена белков (аминокислот), липидов (ВЖК и глицерин), углеводов (моносахариды) и нуклеотидов. Ключевые метаболиты обмена веществ: пировиноградная кислота, ацетил-КоА, глицерин, метаболиты цикла трикарбоновых кислот. Биохимия иммунитета. Суперсемейство иммуноглобулинов. Особенности метаболизма фагоцитирующих клеток. *Практика* измерение уровня глюкозы в растворе с помощью персонального портативного глюкометра, разбор принципа метода. Расчет реальной энергетической ценности углеводов богатых альфа-гликозидными и бета-гликозидными связями. Расчет оптимального рациона питания с учетом индивидуальных особенностей каждого человека, предделение оптимальной диеты.
26. Анаболизм. *Теория* синтез биополимеров в организме. *Практика* спортивное питание и анаболические препараты: за и против. Допинг.
27. Макроэргические молекулы. *Теория* способы запасаения энергии клеткой, АТФ-синтетазы, АТФ-азы. *Практика* способы синтезировать АТФ у разных живых существ.
28. Митохондрия. Биоэнергетика клетки. *Теория* Окисление глюкозы и жирных кислот, цитратный цикл. *Практика* Электрон-транспортная цепь митохондрий и хлоропластов.
29. Клинические аспекты биоэнергететики. *Теория* мутации в митохондриальной ДНК. *Практика* симптоматика и фундаментальные основы развития наследственных митохондриальных заболеваний
30. **Основы биофизики клетки.** *Теория* Основные физические законы в биологии. *Практика* биомеханика на разных уровнях организации биологических процессов
31. Транспорт ионов через мембрану. *Теория* диффузия и активный транспорт веществ через плазматическую мембрану. *Практика* трансмембранный потенциал, как причина жизни клетки
32. Ионные каналы и переносчики. *Теория* молекулярное устройство ионных каналов и переносчиков, их отличительные особенности. *Практика* Биофизические методы изучения активности ионных каналов.
33. Каналопатии. *Теория* Наследственные заболевания, связанные с мутациями в генах ионных каналов. *Практика* специфические модуляторы ионных каналов, их воздействие на организм.
34. Клинические аспекты биофизики. *Теория* принципы работы ЭКГ и ЭЭГ. *Практика* правила прочтения результатов ЭКГ и ЭЭГ
35. Защита индивидуальных проектов. *Практика* оценивание презентаций докладов
36. Итоговое занятие. *Практика* Итоговая игра в формате «Что? Где? Когда?»
37. **Основы физиологии.** *Теория* Регуляция взаимодействия клеток внутри организма: ткань, орган, система органов. *Практика* Классификация тканей, межклеточные

- контакты, межклеточное вещество. Гистологические препараты – способы приготовления, окраски и визуализации.
38. Механизмы действия лекарственных средств. *Теория* IC50, фармакокинетика и фармакодинамика. *Практика* Способы доставки лекарственных средств к мишени. Метаболиты лекарственных средств. Эффект первого прохождения через печень
  39. Механизмы действия ядов и токсинов животного и растительного происхождения. *Теория* Ионные каналы – молекулярные мишени природных ядов и токсинов. *Практика* Летальная и сублетальная дозы, алгоритм действий при контакте с различными ядами
  40. Искусственный интеллект в науке и медицине. *Теория* методы обработки данных. *Практика* BigData в медицине
  41. **Опорно-двигательная система.** *Теория* Принципы строения и функционирования. Нарушения функционирования опорно-двигательного аппарата: симптомы и причины развития. *Практика* Инструментальные подходы диагностики нарушений опорно-двигательной системы. Биопротезирование.
  42. **Дыхательная система.** *Теория* Принципы строения и функционирования. Нарушения функционирования дыхательной системы: симптомы и причины развития. *Практика* Объём лёгких, насыщаемость крови кислородом и способы их измерения. Инструментальные подходы диагностики нарушений дыхательной системы. Эффекты COVID-19. Конкурентное преимущество некоторых бегунов: молекулярные основы победы на Олимпийских играх.
  43. **Сердечно-сосудистая система.** *Теория* Принципы строения и функционирования. Нарушения функционирования сердечно-сосудистой системы: симптомы и причины развития. *Практика* Инструментальные подходы диагностики нарушений сердечно-сосудистой системы. Искусственная кровь и искусственное сердце.
  44. **Пищеварительная система.** *Теория* Принципы строения и функционирования. Нарушения функционирования сердечно-сосудистой системы: симптомы и причины развития. *Практика* Инструментальные подходы диагностики нарушений пищеварительной системы.
  45. **Мочевыделительная система.** *Теория* Принципы строения и функционирования. Нарушения функционирования мочевыделительной системы: симптомы и причины развития. *Практика* Инструментальные подходы диагностики нарушений мочевыделительной системы.
  46. **Эндокринная система.** *Теория* Принципы строения и функционирования. Нарушения функционирования эндокринной системы: симптомы и причины развития. *Практика* Инструментальные подходы диагностики нарушений эндокринной системы.
  47. **Иммунная система.** *Теория* Принципы строения и функционирования. Нарушения функционирования иммунной системы: симптомы и причины развития. *Практика* Инструментальные подходы диагностики нарушений иммунной системы. Антибиотики и пробиотики.
  48. **Нервная система.** *Теория* Принципы строения и функционирования. Нарушения функционирования нервной системы: симптомы и причины развития. *Практика* Инструментальные подходы диагностики нарушений нервной системы. Синапс.
  49. Органы чувств и сенсорные системы. *Теория* Физиологический стимул, физические и химические основы функционирования органов чувств. *Практика* пороговое значение стимула, общая схема передачи сигнала
  50. Зрительный анализатор. *Теория* Основы строения и функционирования органа зрения. Ультраструктура глаза. *Практика* Цветное и сумеречное зрение. Обман зрения. Приборы для улучшения зрения.
  51. Звуковой анализатор и вестибулярный аппарат. *Теория* Основы строения и функционирования органа слуха и органа равновесия. Ультраструктура улитки. *Практика* Приборы для улучшения слуха. Ощущение собственного тела.

52. Вкусовой анализатор и обоняние. *Теория* Основы строения и функционирования рецепторов в носу и языке. *Практика* Карта вкусов и запахов.
53. Осязание и мышечный анализатор. *Теория* Основы строения и функционирования рецепторов кожи. *Практика* Карта чувствительности кожи.
54. Защита индивидуальных проектов. *Практика* оценивание презентаций докладов
55. Итоговое занятие. *Практика* Итоговая игра «Что? Где? Когда?»

**Календарно-тематический план  
1-ого года обучения**

№	Дата		Общее кол-во часов	Тема, содержание
	план	факт		
1.	14.09.24		4	Введение. Физиология, как комплексная наука. Гомеостаз и метаболизм. Инструктаж по ТБ.
2.	21.09.24		4	Биомедицина и трансляционная медицина: от фундаментальной науки до клинической практики.
3.	28.09.24		4	Физиология клетки – симбиоз биохимии, цитологии и биофизики.
4.	05.10.24		4	Методы современной биомедицины
5.	12.10.24		4	Нобелевские и мировые открытия в области биомедицины. Выбор темы индивидуального проекта
6.	19.10.24		4	Основы и принципы биохимии.
7.	26.10.24		4	Биомолекулы. Углеводы
8.	02.11.24		4	Биомолекулы. Липиды
9.	09.11.24		4	Биомолекулы. Аминокислоты, пептиды и белки.
10.	16.11.24		4	Биомолекулы. Нуклеиновые кислоты.
11.	23.11.24		4	Ферменты и витамины
12.	30.11.24		4	Реализация генетической информации. Центральная догма молекулярной биологии
13.	7.12.24		4	Репликация ДНК
14.	14.12.24		4	Транскрипция – биосинтез РНК на матрице ДНК
15.	21.12.24		4	Трансляция – биосинтез белка на матрице РНК
16.	28.12.24		4	Регуляция экспрессии генов
17.	18.01.25		4	Избранные вопросы биохимии. Клинические аспекты биохимии
18.	25.01.25		4	Основы цитологии. Строение эукариотической клетки
19.	01.02.25		4	Поверхностный аппарат клетки
20.	08.02.25		4	Строение, роль и функции органелл в клетке
21.	15.02.25		4	Механизмы передачи сигнала в клетке
22.	22.02.25		4	Везикулярный транспорт в клетке
23.	01.03.25		4	Регуляция клеточного цикла. Клинические аспекты цитологии
24.	08.03.25		4	Метаболизм клетки. Регуляция обмена веществ
25.	15.03.25		4	Катаболизм
26.	22.03.25		4	Анаболизм
27.	29.03.25		4	Макроэргические молекулы
28.	05.04.25		4	Митохондрия. Биоэнергетика клетки

29.	12.04.25		4	Клинические аспекты биоэнергетики
30.	19.04.25		4	Основы биофизики клетки. Основные физические законы в биологии
31.	26.04.25		4	Транспорт ионов через мембрану
32.	03.05.25		4	Ионные каналы и переносчики
33.	10.05.25		4	Каналопатии.
34.	17.05.25		4	Клинические аспекты биофизики
35.	24.05.25		4	Защита индивидуальных проектов
36.	31.05.25		4	Итоговое занятие курса
Всего часов:			144	

## МЕТОДИЧЕСКИЕ И ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

### Методические материалы

В процессе обучения по дополнительной общеразвивающей программе «Первые шаги в медицину» используются

**педагогические технологии:**

- ✓ методы обучения новым знаниям;
- ✓ методы самостоятельной работы учащихся;

**Методы обучения новым знаниям:**

*Метод устного* изложения изучаемого материала (беседа, рассказ). Педагог использует этот метод, когда объясняет учащимся принципы действия оборудования или теоретические знания, необходимые для понимания протекания процессов

*Демонстрационно-иллюстративный метод.* Педагог использует этот метод, когда, рассказывает о процессах и демонстрирует их на конкретных примерах. Такие занятия способствуют развитию образного восприятия различных явлений

**Методы самостоятельной работы учащихся:**

*Доменная самостоятельная работа:* учащийся получает задание по анализу опубликованной научной работы/статьи/учебника и составляет вопросы, на которые необходимо ответить, чтобы разобраться в этой работе/статье. Учащийся выполняет поиск и анализ теоретических материалов для создания собственной исследовательской работы.

*Аудиторная самостоятельная работа.* Учащийся или группа учащихся получают задание от педагога и начинают выполнять его.

**Учебно-методический комплекс** программы «Первые шаги в медицине» состоит из трех компонентов:

1. учебные и методические пособия для педагога и учащихся;
2. система средств обучения;
3. система средств контроля результативности обучения.

**Первый компонент** включает в себя составленные автором списки литературы и интернет-источников, необходимых для работы педагога и учащихся, а также сами учебные пособия.

### Список литературы для педагогов

1. Альбертс Б., Джонсон А., Льюис Д. и др. Молекулярная биология клетки: в 3-х томах. – М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2013.
2. Левитина Т. П., Левитин М. Г. Общая биология. Словарь понятий и терминов. С-Пб, «Паритет», 2002.
3. Тейлор, Д. Биология : учебник : в 3 томах : [16+] / Д. Тейлор, Н. Грин, У. Стаут ; под ред. Р. Сопер ; пер. Ю. Л. Амченков, М. Г. Дунина, Н. Ю. Замаева [и др.]. – 12-е изд., электрон. – Москва : Лаборатория знаний, 2020.
4. Зильбернагель С. Наглядная физиология /пер. с англ.— 2-е изд., перераб. и доп., электрон. — (Наглядная медицина). / С. Зильбернагель, А. Деспопулос. - Москва : Лаборатория знаний, 2020.
5. Кольман, Я. Наглядная биохимия : перевод с английского / Я. Кольман, К. -Г. Рём. - 8-е изд. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, [2022]
6. Эллиот В., Эллиот Д. "Биохимия и молекулярная биология". М.: Наука/Интерпериодика, 2002.
7. Шмидт Р., Тевс Г. Физиология человека. В 3-х томах. — 3-е издание. — М.: Мир, 2005.
8. Гайтон А., Холл Дж. Медицинская физиология. М.: Логосфера, 2008. — 1296 с.: ил.: 21,1 см. — ISBN 978-5-98657-013-6.

9. Физиология: Учебник для студентов лечебного и педиатрического факультетов / Под ред. В. М. Смирнова, Д. С. Свешникова, А. Е. Умрюхина. – 6-е изд., испр. и доп. — Москва: ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2019. — 520 с.
10. Ноздрачев А.Д. Начала физиологии. Учебник для вузов. — 2-е изд., испр. — СПб.: «Лань», 2002. — 1088 с.: ил. — ISBN 5-8114-0340-2.
11. Клетки по Льюину / Л. Кассимерис [и др.] ; пер. 2-го англ. изд. —4-е изд., испр. — М. : Лаборатория знаний, 2021.

#### **Список литературы для учащихся и родителей**

1. Альбертс Б., Джонсон А., Льюис Д. и др. Молекулярная биология клетки: в 3-х томах. – М.–Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2013.
2. Левитина Т. П., Левитин М. Г. Общая биология. Словарь понятий и терминов. С-Пб, «Паритет», 2002.
3. Тейлор, Д. Биология : учебник : в 3 томах : [16+] / Д. Тейлор, Н. Грин, У. Стаут ; под ред. Р. Сопер ; пер. Ю. Л. Амченков, М. Г. Дунина, Н. Ю. Замаева [и др.]. – 12-е изд., электрон. – Москва : Лаборатория знаний, 2020.
4. Зильбернагель С. Наглядная физиология /пер. с англ.— 2-е изд., перераб. и доп., электрон. — (Наглядная медицина). / С. Зильбернагель, А. Деспопулос. - Москва : Лаборатория знаний, 2020.
5. Кольман, Я. Наглядная биохимия : перевод с английского / Я. Кольман, К. -Г. Рём. - 8-е изд. - Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, [2022]
6. Эллиот В., Эллиот Д. "Биохимия и молекулярная биология". М.: Наука/Интерпериодика, 2002.
7. Шмидт Р., Тевс Г. Физиология человека. В 3-х томах. — 3-е издание. — М.: Мир, 2005.
8. Гайтон А., Холл Дж. Медицинская физиология. М.: Логосфера, 2008. — 1296 с.: ил.: 21,1 см. — ISBN 978-5-98657-013-6.
9. Физиология: Учебник для студентов лечебного и педиатрического факультетов / Под ред. В. М. Смирнова, Д. С. Свешникова, А. Е. Умрюхина. – 6-е изд., испр. и доп. — Москва: ООО «Издательство «Медицинское информационное агентство», 2019. — 520 с.
10. Ноздрачев А.Д. Начала физиологии. Учебник для вузов. — 2-е изд., испр. — СПб.: «Лань», 2002. — 1088 с.: ил. — ISBN 5-8114-0340-2.
11. Клетки по Льюину / Л. Кассимерис [и др.] ; пер. 2-го англ. изд. —4-е изд., испр. — М. : Лаборатория знаний, 2021

#### **Интернет-источники**

1. Библиотека Химического факультета МГУ. <http://www.chem.msu.ru/rus/library/welcome.html>
2. Биохимия для студентов. <http://biokhimija.ru/>
3. Биохимия. <http://www.drau.ru/>
4. Биомолекула. <https://biomolecula.ru/>
5. Элементы большой науки. <https://elementy.ru/>
6. Степик. <http://stepic.org>
7. Химик. <http://www.xumuk.ru/>
8. Биология и медицина. <http://medbiol.ru/>
9. База знаний по биологии человека. <http://humbio.ru/>
10. е-Физиология Электронный учебник по курсу ФИЗИОЛОГИЯ ЧЕЛОВЕКА И ЖИВОТНЫХ [http://www.bio.bsu.by/phha/01/01\\_text.html](http://www.bio.bsu.by/phha/01/01_text.html)