

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
Государственное образовательное учреждение
Высшего профессионального образования
«Уральский государственный университет им. А.М. Горького»

Физический факультет
Кафедра общей и молекулярной физики

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС
Кафедры Общая биология для физиков

Зав. кафедрой, профессор

С.Ф.Борисов

« _____ » _____ 2007 г.

Программа дисциплины « Общая биология для физиков »
составлена в соответствии с требованиями федерального/национально-регионального (вузовского) компонента к обязательному минимуму содержания и уровню подготовки:

дипломированного специалиста по специальности медицинская физика 010707 (название, шифр),
бакалавра, магистра по направлению _____ (название, шифр)
по циклу « _____ » государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования.

Семестр 3

Общая трудоемкость дисциплины 36 , в том числе:

Лекций 36

Семинаров _____

Практических работ _____

Контрольные мероприятия:

Рефераты _____

Коллоквиумы _____

Контрольные работы _____

Другие _____

Автор (составитель, разработчик)

Шкляр Татьяна Фридриховна, кандидат биологических наук, доцент кафедры общей и молекулярной физики, Уральский государственный Университет им. А.М.Горького _____

(ФИО, ученая степень, ученое звание, кафедра, вуз)

Рекомендовано к печати протоколом заседания

Экспертно-конкурсной комиссии ИОНЦ « Физика в биологии и медицине »

от _____ № _____.

(дата)

Согласовано:

Зав.кафедрой общей и молекулярной физики _____

(название кафедры, реализующей данную дисциплину)

_____ / С.Ф.Борисов /

(подпись)

Ф.И.О.

« _____ » _____ 200__ г.

(дата)

© Уральский государственный университет

© Шкляр, 2007

I. ВВЕДЕНИЕ

Учебно-методический комплекс «Общая биология для физиков» предназначен для подготовки студентов физического факультета по специальности 010707 «Медицинская физика».

1. *Цель* курса – научить студентов физиков ориентироваться в медико-биологической проблематике, дать целостное представление о мире живого и тех физико-химических процессах, которые лежат в основе функционирования живых систем.

2. *Задача* дисциплины – ознакомить студентов с основными понятиями и закономерностями биологии, научить ориентироваться и пользоваться медико-биологической терминологией, научить студентов грамотному восприятию практических проблем, связанных с биологией вообще, и в том числе, со здоровьем человека. В конечном счете, сформировать у студентов биологическое мышление и целостное естественно научное мировоззрение.

3. Курс «Общая биология» базируется исключительно на школьных знаниях студентов. Учитывается материал по школьным программам по биологии и органической химии. В настоящей программе основное внимание уделяется тем темам курса, которые будут непосредственно востребованы для усвоения материала других дисциплин медико-биологического профиля: физиологии, биохимии, биомеханики, молекулярных механизмов биологической подвижности, радиационной физики, неионизирующего излучения, основ интроскопии.

4. Результатом обучения дисциплине «Общая биология», должно стать умение студента оперировать медико-биологической терминологией,

понимание физико-химической основы биологических процессов, приобретение способности к системному мышлению.

5. Курс «Общая биология» подготовлен по классической схеме преподавания естественнонаучных дисциплин. Особенность курса состоит в фундаментальном характере изложения предмета, Материал излагается от простого к сложному, от молекулярного уровня до организменного. Основное внимание уделяется освещению физической природы многих биологических явлений и процессов. Так, подробно рассматриваются типы внутримолекулярных и межмолекулярных взаимодействий, поскольку это имеет принципиальное значение для понимания функций органических молекул. Студенты знакомятся с рядом современных физических методов, применяемых в научных биологических и медицинских исследованиях.

В курс введены темы, освещающие самые современные биологические проблемы. Так в тему «Химия жизни» включен раздел о свойствах внутриклеточной воды, приводятся методы исследования и доказательства структурированности воды в клетках, биологическое значение этого феномена.

В теме «воспроизведение жизни» даются представления о принципах и технике клонирования.

Студенты знакомятся с процессами дифференцировки клеток, понятиями полипотентные, стволовые клетки, проблемами клеточной трансплантологии.

В тему «Мутагенез» введен обычно игнорируемый раздел о значении биологических факторов мутагенеза.

К каждой лекции подготовлены компьютерные презентации (в виде слайдов). В программе курса (см. п. II) после названия темы лекции приводится номер и название соответствующей презентации.

Кроме стандартных экзаменационных билетов для контрольной проверки знаний студентов разработаны тесты.

II. Содержание курса

II. 1. ТЕМЫ КУРСА

1. Введение в общую биологию. (2 часа)

(презентация 1 Введение в общую биологию)

Предмет биологии и структура биологической науки. Классификация биологических наук в зависимости от объекта исследований и от уровня организации живых объектов. Частная биология. Объекты биологии. Многообразие живой природы. Задачи общей биологии.

Значение общей биологии в естественнонаучной картине мира (материалистическое мировоззрение, экологическое мышление, практическое значение, теоретическая основа медицины).

Основные признаки, отличающие живые системы от мира неживой природы. Единство химического состава, обмен веществ и энергии, раздражимость, способность к росту и развитию, самовоспроизведение, наследственность, адаптация.

Методы общей биологии: эмпирический (наблюдения, эксперимент, сравнительный метод, системный) и теоретический (факт - гипотеза - эмпирический уровень - закон - теория). Понятие биологической системы.

Основные понятия, принятые в современной биологии:

Закономерности – симметрия, полярность, метамерность, цикличность, изменчивость, наследственность, приспособленность, зональность, единство живого вещества;

Законы – биогенетический закон, законы зародышевого сходства, закон необратимости эволюции, эволюционного развития, наследования,

закон сохранения энергии, закон минимума, закон биогенной миграции атомов.

Теории – теория возникновения жизни на Земле, клеточная теория, теория эволюции, теория естественного отбора, хромосомная теория наследственности.

Основные концепции современной биологии: материальная сущность жизни, многоуровневая организация жизни, биологическая информация и самовоспроизводство, саморегуляция живых систем, самоорганизация и биологическая эволюция.

2. Многоуровневая организация жизни. (2 часа)

(презентация 1 Введение в общую биологию)

Системная организация жизни. Уровни организации живых систем (органические молекулы, макромолекулы и их ансамбли, клеточные органеллы, клетки, ткани, органы, организмы, популяции, виды, сообщества, экосистемы, биосфера).

Молекулярно-генетический уровень. Макромолекулы – полимеры. Четыре типа макромолекул, характерных для живых организмов: углеводы, белки, нуклеиновые кислоты, липиды. Их общая характеристика. Органоиды. Понятие и примеры.

Онтогенетический уровень. Понятие онтогенеза. Принципиальное сходство клетки и целого организма.

Популяционно-видовой уровень. Определение вида. Ареалы. Эндемические виды, виды космополиты. Определение популяции, ее значение для эволюции.

Биогеоэкологический уровень. Понятие сообщества, классификация сообществ по категориям. Биоценоз, Биотоп. Биогеоценоз. Биосфера.

Материальная сущность жизни. Историческое развитие взглядов на природу жизни. Материализм – механицизм, машинная теория, физикализм. Идеализм – витализм. Современный взгляд на сущность жизни.

3. Химия жизни. Элементы и вода. (4 часа)

(презентация 2 Химия жизни – элементы и вода)

Элементарный химический состав организмов. Сравнение живых и неживых объектов с точки зрения химии. Основные элементы и виды биологических макромолекул. Микроэлементы, их значение для организмов.

Углерод – основной элемент живых организмов. Свойства атомов углерода, определяющие их значение для жизни: размеры, валентность, способность к цепеобразованию.

Химические связи и взаимодействия между молекулами, характерные для живых объектов. Ковалентная связь, ионная связь. Взаимодействие ион-диполь, взаимодействие диполь-диполь, взаимодействия Ван-дер-Вальса, гидрофобные взаимодействия.

Растворы. Распределение ионов в клетке. Методы исследования неоднородности внутриклеточного содержания ионов (радиоактивные меченные ионы, электронная микроскопия, рентгеновский микроанализ). Экспериментальные доказательства неоднородного распределения ионов в клетке. Физиологическое значение градиентов концентраций ионов.

Вода и ее роль в живых организмах. Вода как компонент живых клеток и как среда обитания. Вода как аномальная жидкость. Свойства воды, обуславливающие ее жизненно важное значение: растворитель,

теплоемкость и теплопроводность, теплота испарения, поведение вблизи точки замерзания, поверхностное натяжение, когезия и адгезия.

Структурированная вода. Экспериментальные подходы к изучению структурированности воды: ядерно-магнитный резонанс (ЯМР), ультра-высоко-частотная дисперсия (УВЧД), квазиэластическое нейтронное рассеивание (КЭНР). Особенности состояния воды в живых клетках, предположения и доказательства. Основные жизненно важные биологические функции воды.

4. Основные типы биологически важных соединений. Углеводы.

(2 часа)

(презентация 3 Химия жизни – углеводы)

Введение. Четыре типа биологических макромолекул. Понятия – мономеры, олигомеры, полимеры. Элементарные единицы основных макромолекул живых организмов.

Общая классификация углеводов. Моносахариды, олигосахариды, полисахариды.

Моносахариды. Химическое строение, формы существования (линейные и циклические). Пиранозные и фуранозные кольца. Изомерия: структурная, пространственная геометрическая и пространственно оптическая. D(+) и L(-) формы моносахаров. Основные функции моносахаров.

Дисахариды. Гликозидная связь. Примеры важнейших дисахаридов и их значение.

Понятие олигосахариды.

Полисахариды. Строение, свойства и значение: крахмал, гликоген, целлюлоза, хитин.

Гетерополисахариды: гликолипиды, гликопротеиды. Принцип их построения и биологические функции.

Заболевания, связанные с нарушением углеводного обмена.

5. Основные типы биологически важных соединений. Липиды.

(2 часа)

(презентация 4 Химия жизни – липиды)

Общая классификация липидов. Простые липиды, жирные кислоты насыщенные и ненасыщенные жирные кислоты. Свойства и примеры.

Сложные липиды. неполярные (нейтральные) липиды. Жиры и масла.

Полярные липиды. Понятие амфипатическая молекула. Фосфолипиды, гликолипиды, липопротеиды. Их сходство и различия строения и свойств.

Свойства липидов, определяющие их биологическую значимость. Поведение амфипатических молекул в водной среде: два типа агрегации – образование мицелл, образование бимолекулярных пленок. Самосборка и самовосстановление. Основные функции липидов в живых организмах.

Искусственные липидные системы. Липосомы. Их строение, свойства, назначение, использование.

Заболевания, связанные с нарушением липидного обмена.

6. Основные типы биологически важных соединений. Нуклеиновые кислоты. (2 часа)

(презентация 5 Химия жизни – нуклеиновые кислоты)

Азотистые основания, пурины и пиримидины. Нуклеозиды и нуклеотиды. Строение нуклеотидов и их функции в организме. Реакции полимеризации нуклеотидов. Полинуклеотиды. Полярность полинуклеотидной цепи. Реакции денатурации и ренатурации цепи.

Рибонуклеиновая кислота. Общее строение, типы РНК: транспортная, рибосомальная, матричная, малые ядерные РНК. Их функции и значение.

Принципы спаривание азотистых оснований. Структура дезоксирибонуклеиновой кислоты.

Главные научные достижения в области изучения структуры ДНК. Лайнус Полинг, Морис Уилкинс и Розалинд Франклин. Джеймсон Уотсон и Фрэнсис Крик. Современные представления о структуре ДНК.

Аденозинтрифосфорная кислота. Природа, построение и функции в организме. Понятие макроэргическая связь.

7. Основные типы биологически важных соединений. Белки. (Зчаса)

(презентация 6 Химия жизни – белки)

Белки как структурно-функциональная основа жизни. Аминокислоты, общий тип их строение и свойства. Классификация аминокислот: неполярные, полярные незаряженные, заряженные аминокислоты. Амфотерность аминокислот, понятие цвиттер-ион. Стереизомерия аминокислот.

Пептидная связь. Полипептиды, виды связей между аминокислотами (ковалентная, ионная, дисульфидная).

Белки. Структура белков. Особенности и свойства структур.

Первичная структура, роль последовательности аминокислот
Серповидная анемия как пример замены одной аминокислоты.

Вторичная структура белка: альфа- спираль, Бетта-складчатая форма, беспорядочный клубок. Связи, обуславливающие вторичную структуру белка.

Третичная структура белка. Связи, стабилизирующие третичную структуру (электростатические, водородные, гидрофобные взаимодействия, дисульфидные).

Четвертичная структура. Понятия протомеры, простетическая группа. Связи между протомерами (ионные, водородные, гидрофобные).

Принципы свертывания белков. Энергетика процесса свертывания. Денатурация белков.

Типы классификаций белков (по составу, по структуре, по функциям). Примеры некоторых распространенных белков с описанием всех четырех порядков их структур.

Сложные протеиды (гликопротеиды, протеогликаны, липопротеиды, фосфопротеиды).

Методы выделения и анализа белков: высаливание, диализ, гель-фильтрация, электрофорез. Физические принципы технологий.

Заболевания, связанные и нарушениями белкового обмена.

8. Обмен веществ и энергии в живой системе. (2 часа)

(презентация 7 обмен веществ и энергии)

Общие аспекты регуляции энергетического и трофического обменов. Катаболизм, три основные части катаболизма: расщепление в пищеварительном тракте, специфические пути катаболизма, дыхательная цепь. Анаболизм. Взаимосвязь катаболизма и анаболизма.

Два закона термодинамики, работающие в живых системах.

Питание как процесс приобретения энергии и вещества живыми организмами. Фототрофные и хемотрофные организмы. Автотрофные и

гетеротрофные организмы. Значимость и соотношение этих форм организмов в живой природе.

Первичный и вторичный источники энергии для живых организмов. Трансформация и использование энергии.

Макроэнергетические соединения АТФ, структура и свойства. Реакции энергетического обмена. Фотосинтез: световые и темновые реакции. Сопряжение энергетического и пластического обменов.

9. Биология клетки. Ч.1 (2 часа)

(презентация 8 Биология клетки Ч1)

Введение.

Этапы развития цитологии – учения о клетке. Клеточная теория Шванна. Ее основные положения.

Методы изучения клеток.

Световая микроскопия. Принцип устройства светового микроскопа, его возможности.

Электронная микроскопия. Принцип устройства электронного микроскопа. Разновидности электронной микроскопии: трансмиссионный электронный микроскоп, электронный микроскоп высокого напряжения, сканирующий электронный микроскоп. Применение флуоресцентных красителей и лазеров.

Достоинства и ограничения каждого из методов.

Единство и разнообразие клеточных типов.

Основные типы клеток: прокариотная клетка – бактериальная и эукариотная клетка – растительная и животная. Сходство и различие двух типов клеток. Основные структурно-функциональные подсистемы клеток обоих типов.

Симбиотическая теория происхождения эукариотов.

10. Биология клетки. Ч.2 (2часа)

(презентация 9 Биология клетки Ч2)

Вирусы.

Вирусы как особая форма организации материи. Размеры и строение вирусов. Два типа симметрии (спиральная и кубическая).

Поведение вирусов – виды инфекций (литическая инфекция, персистентная инфекция, латентная инфекция). Жизненные циклы.

Вирусы как возбудители заболеваний растений, животных и человека.

Бактерии.

Бактерии. Строение бактерий. Грамм-положительные и грамм-отрицательные бактерии. Особенности ДНК бактерий.

Рост и размножение, жизненные циклы. Генетическая рекомбинация (трансформация, конъюгация, трансдукция).

Питание: сапрофиты, симбиоты, паразиты.

Значение бактерий в природе и для человека. Использование в хозяйстве (техническая микробиология). Патогенные бактерии как возбудители заболеваний у животных и человека.

11. Биология клетки. Ч.3 (2часа)

(презентация 10 Биология клетки Ч3)

Эукариотическая клетка.

Принципы структурной организации клеток. Общая схема строения животной и растительной клетки. Сходство и различия клеток животных и растений. Основные структурные единицы любой клетки.

Мембраны.

История изучения свойств и строения мембран. В. Пфедфер (1877), Э. Овертон (1900), Гортер и Грендел (1925), Коул и Кертис (1935), Даниелли и Давсон (1935), Сингер и Николсон (1972).

Функции биологических мембран.

Состав биологических мембран. Общая схема строения мембран. Химический состав мембран. Липиды мембран. Белки мембран. Липидный бислой. Жидкостно-мозаичная модель мембран. Модельные мембраны: липосомы и бислойные липидные мембраны.

Проницаемость мембран. Транспорт веществ через мембраны. Диффузия, осмос, активный транспорт, экзоцитоз и эндоцитоз.

Ядро

Строение ядра. Ядерная оболочка и ядерные поры. Хроматин и хромосомы. Ядрышко. Функции ядра.

12. Биология клетки. Ч.4 (2часа)

(презентация 11 Биология клетки Ч4)

Протоплазма, цитоплазма, цитозоль.

Основные органеллы клетки. Фракционирование клеток.

Эндоплазматический ретикулум. Типы ЭР. Функции ЭР. Связи ЭР с другими внутриклеточными органеллами.

Рибосомы. Строение рибосом. Полисомы. Функции рибосом.

Аппарат Гольджи. Строение и функции аппарата Гольджи в эукариотических клетках.

Митохондрии. Строение митохондрий. Содержание в клетках разных типов. Происхождение (симбиотическая теория). Функции митохондрий.

Лизосомы. Ферменты большинства лизосом. Происхождение лизосом. Первичные и вторичные лизосомы. Основные функции лизосом. Автофагия и автолиз.

Пероксисомы. Строение и локализация в клетке. Функции пероксисом. Заболевания, связанные с нарушением функций пероксисом.

13. Биология клетки. Ч.5 (2 часа)

(презентация 12 Биология клетки Ч5)

Цитоскелет клетки. Система структур, ответственная за подвижную архитектуру клетки.

Микрофиламенты. Актин. Полимеризация и деполимеризация актина. Актинсвязывающие белки. Функция системы микрофиламентов.

Микротрубочки. Отличие системы микротрубочек от системы микрофиламентов. Тубулин. Стабильность системы. Моторные молекулы - динеины и кинезины. Функция системы микротрубочек.

Промежуточные микрофиламенты. Состав системы промежуточных филаментов. Наиболее вероятная гипотеза об их функции.

Клеточный цикл. Главные стадии клеточного цикла: интерфаза, кариокинез, цитокинез.

Митоз. Принципиальная схема митоза. Теломеры и их роль для деления клеток. Значение митоза: генетическая стабильность, рост, регенерация, замещение клеток, бесполое размножение.

Мейоз. Принципиальная схема мейоза. Значение мейоза для организмов: половое размножение, генетическая изменчивость.

Ткани. Типы тканей: эпителиальная, соединительная, жировая, скелетная, гемопоэтическая, мышечная, нервная. Морфогенез.

Дифференцирование клеток. Стволовые клетки. Проблемы клеточной трансплантологии.

14. Самовоспроизведение жизни. (2 часа)

(презентация 13 Самовоспроизведение жизни)

Историческое развитие взглядов на природу размножения и развития. Преформизм. Эпигенез.

Индивидуальное развитие организмов. Общая схема оттогенеза.

Стратегии размножения. Формы размножения: бесполое и половое.

Бесполое размножение. Типы бесполого размножения. Деление: бинарное и множественное (шизогония). Споруляция. Почкование. Фрагментация: естественная и случайная. Вегетативное размножение. Значение бесполого размножения, его достоинства и недостатки.

Клонирование как один из видов бесполого воспроизведения жизни. История клонирования. Принципиальные схемы и подходы. Современные взгляды на проблему клонирования.

Половое размножение. Гаплоидные и диплоидные клетки. Гаметы. Раздельнополые и двуполые особи. Типы полового размножения: истинно половое, гермафродитизм, партеногенез. Историческое происхождение полового размножения. Достоинство и недостатки такого типа размножения.

15. Генотип и фенотип. (3 часа)

(презентация 14 Генотип и фенотип)

Ученые, родоначальники генетики как науки о наследственности и изменчивости.

Основные понятия генетики.

Определение понятий генотип и фенотип. Взаимоотношение генотипа и фенотипа, их роль в онтогенезе.

Изменчивость. Формы изменчивости.

Модификационная (фенотипическая) изменчивость. Свойства модификаций: ненаследуемость, групповой характер изменений, роль факторов внешней среды, норма реакции.

Наследственная (генотипическая) изменчивость. Типы наследственной изменчивости. *Комбинативная изменчивость.* Причины возникновения новых комбинаций генов.

Мутационная изменчивость. Классификация мутаций: по характеру, по месту и по уровню их возникновения. Доминантные и рецессивные мутации. Летальные и полублетальные мутации. Соматические и генеративные мутации. Хромосомные и генные (точечные) мутации. Свойства мутаций: скачкообразность, наследственность, ненаправленность, повторность.

Хромосомные мутации. Анеуплодия, полиплодия, хромосомные перестройки. Управляемые хромосомные мутации и их значение для хозяйственной деятельности человека. Некоторые заболевания, связанные с хромосомными мутациями.

Генные мутации. Классификация генных мутаций по месту возникновения. Типы генных мутаций: дупликация, делеция, инверсия и др.

Частота мутаций и причины их возникновения. Факторы мутагенеза – три группы факторов.

Химические факторы. Основные категории химического мутагенеза.

Физические факторы. Виды излучений, действующих на наследственный материал. Радиация и мутации у человека.

Биологические факторы. Старение, иммунные конфликты, нейроэндокринные конфликты, инфекционные процессы.

Значение мутаций для деятельности человека и эволюции.

16. Происхождение жизни (2 часа).

(презентация 15 Происхождение жизни)

Исторический взгляд на теории возникновения органического мира. Креационизм, теория стационарного состояния, спонтанное зарождение жизни, панспермия, биохимическая эволюция.

Самозарождение жизни: Демокрит, Эпикур, Аристотель. Значение трудов Франческо Реди и Луи Пастера.

Теория панспермии: Анаксагор, Герман ван Гельмгольц, Свант Аррениус.

Взгляды А.И. Опарина, Дж. Холдейна, Гарольда Юри.

Современные взгляды на происхождение жизни. Химическая эволюция. Опыты У.Харисона, М. Кальвина, С. Миллера, С. Фокса.

Коацерватная гипотеза. Этапы биохимической эволюции: образование простых органических молекул, образование макромолекул, появление механизма репликации.

Современное биоразнообразие. Причины, механизмы и закономерности эволюции живых систем. Целесообразное устройство организмов.

Эволюционизм до Ч. Дарвина. Теории Э. Бауэра, С. Берга. Современное понимание механизмов эволюции органического мира.

II.2. Распределение часов курса по темам и видам работ

№ п/п	Тема, раздел	Учебный план, часов			
		Аудиторные занятия		Самост оятель ная работа	Итого по темам
		лекции	практи ческие		
1	Введение в общую биологию	2			
2	Многоуровневая организация жизни	2			
3	Химия жизни. Элементы и вода	4		2	4
4	Основные типы биологически важных соединений. Углеводы	2		2	4
5	Основные типы биологически важных соединений. Липиды	2		2	4
6	Основные типы биологически важных соединений. Нуклеиновые кислоты	2		2	4
7	Основные типы биологически важных соединений. Белки	3		2	4
8	Обмен веществ и энергии в живой системе	2		2	4
9	Биология клетки. Ч.1	2			
10	Биология клетки. Ч.2	2			
11	Биология клетки. Ч.3	2			
12	Биология клетки. Ч.4	2			
13	Биология клетки. Ч.5	2			
14	Самовоспроизведение жизни.	2		2	4
15	Генотип и фенотип.	3		2	4
16	Происхождение жизни	2		2	4
	Всего	36		18	54

III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КУРСА

Рекомендуемая литература

Основная

1. Тейлор Д., Грин Н., Стаут У. Биология в 3-х томах. – М.: Мир, 2004.
2. Кемп П., Армс К. Введение в биологию. - М.: Мир, 1998
3. Албертс Б., Брей Д., Льюис Дж. И др. Молекулярная биология клетки. (в 3-х томах). - М.: Мир, 1994.

Дополнительная

1. Высотская Л.В., Глаголев С.М., Дымшиц Г.М., Медников Б.М. и др. Общая биология – М., 2001.
2. Финкельштейн А., Птицын О. Физика белка. - М.: Книжный дом «Университет», 2002.
3. Современное естествознание. Энциклопедия. Т.2. Общая биология. – 2002
4. Современное естествознание. Энциклопедия. Т.8. Молекулярные основы биологических процессов. – 2002.
5. Медников Б.М. Формы и уровни жизни – М., 1994
6. Дж. Поллак. Клетки, гели и двигатели жизни. CD, 2006

IV. РЕСУРСНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Поскольку каждая лекция сопровождается иллюстрациями в виде компьютерной презентации, необходим персональный компьютер с мультимедийным проектором.