**КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМ. АЛЬ-ФАРАБИ**

**Факультет медицины и здравоохранения**

**Высшая школа медицины**

**Кафедра фундаментальной медицины**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

по дисциплине «От молекулы до клетки»

**(7 кредитов)**

**Осенний семестр, 2023-2024 академический год**

**Практическое занятие 1.**

**Тема:** Введение в дисциплину

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *демонстрировать понимание сути предмета клеточной биологии*
2. *называть и описывать основные вехи в развитии данной науки*
3. *называть ученых и их вклад в развитие науки*
4. *описывать суть экспериментов проведенных известных ученых в области клеточной биологии*
5. *объяснять положения клеточной теории*
6. *дать объяснение понятию «клетка»*
7. *назвать основные особенности клеток*
8. *выделять классификации клеток*
9. *обосновывать причину разнообразия клеток*
10. *называть принципиальные отличия прокариотических и эукариотических клеток*
11. *демонстрировать знание основных этапов эволюции клеток*
12. *объяснить теорию симбиогенеза*
13. *демонстрировать понимание теории инвагинаций*
14. *различать ключевые особенности теорий происхождения эукариот*
15. *назвать основные* типы модельных организмов.
16. *объяснить суть программы «атлас клеток человека».*

**Практическое занятие 2.**

**Тема:** Атомы.

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *описывать структуру атомов с точки зрения протонов, нейтронов и электронов;*
2. *понять, что подразумевается под химическим элементом и как они расположены в таблице Менделеева;*
3. *понять концепцию валентности и то, как ее можно использовать для рационализации и прогнозирования формул соединений;*
4. *объяснить, что понимают под атомным номером и относительной атомной массой химического элемента;*
5. *оценить влияние квантовой механики на понимание того, как электроны расположены в атомах;*
6. *Дать определение терминам: изотопы, стабильность изотопов, радиоактивность, радиоактивное излучение для изложения общих принципов ядерной химии.*
7. *Используя период полураспада, оцените время, необходимое для возникновения различных масс радиоактивного распада.*
8. *Описать альфа-, бета-, позитронное и гамма-излучение и уметь уравнивать уравнение радиоактивного распада;*
9. *Опишите радиоизотопы, используемые в медицине.*
10. *Радиоактивные методы проверки состояния здоровья: рентген, магнитно-резонансная томография (МРТ).*

**Практическое занятие 3.**

**Тема:** Биомолекулы

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *подытожить структурные свойства биомолекул – простых углеводов, липидов, аминокислот, нуклеотидов – и их полимеров;*
2. *объяснить информационную функцию белков и нуклеиновых кислот;*
3. *описать структуру ДНК и РНК;*
4. *объяснить, что значит комплементарность пар оснований и перечислить правила Чаргаффа;*
5. *определить углеводы в зависимости от их структуры и функций;*
6. *привести примеры моносахаридов, дисахаридов, полисахаридов;*
7. *определить жиры и масла в зависимости от их структуры и функций; объяснить различия между ними;*
8. *определить различия между животными и растительными жирами;*
9. *привести примеры насыщенных, ненасыщенных и полиненасыщенных жирных кислот;*

*определить аминокислоты и их функции*

**Практическое занятие 4.**

**Тема:** Молекулы

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *понять, что подразумевается под химическими соединениями;*
2. *определить и пересчитать неорганические соединения: основание, кислоту, оксид, соль. Перечислите их отличительные особенности;*
3. *определить классификацию органических соединений;*
4. *различать молекулярные и немолекулярные вещества;*
5. *классифицировать межмолекулярные и внутримолекулярные силы;*
6. *понять общие темы, проходящие через ионные, ковалентные и металлические описания химической связи;*
7. *предсказать тип химической связи в химических соединениях;*
8. *понять, как концепция электроотрицательности и ее вариации в таблице Менделеева могут быть использованы для объяснения природы связи в веществах;*
9. *понять, как можно описать (и классифицировать) химические вещества с точки зрения структуры и типа связей4*
10. *объяснить гидрофильные и гидрофобные свойства.*

**Практическое занятие 5.**

**Тема:** Ферменты

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *продемонстрировать понимание природы и значимости ферментного катализа;*
2. *перечислить основные классы ферментов и соответствующие функции каждого класса.*
3. *дать определение спонтанным и спонтанным химическим реакциям*
4. *дать определение энергии Гиббса*
5. *использовать энергию Гиббса, чтобы определить тип реакции (спонтанная или не спонтанная)*
6. *объяснить что значит энергия активации и как ферменты изменяют ее*
7. *классифицировать ферменты в зависимости от их функций*
8. *привести примеры ферментного ингибирования*
9. *привести примеры того, как дисфункция фермента может влиять на здоровье*
10. *определить, что такое кинетика фермента, в частности Km и Vmax*
11. *назвать основные свойства ферментов*
12. *демонстрировать знание структуры ферментов*
13. *называть ферменты согласно тривиальной и систематической номенклатуре ферментов*
14. *привести примеры применения ферментов в медицине и диагностике*
15. *привести примеры заболеваний связанных с дисфункцией определенных ферментов*

**Практическое занятие 6.**

**Тема:** Стереохимия

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *классифицировать стереоизомеры*
2. *изображать цис-транс-изомеры,*
3. *определить хиральный углерод;*
4. *различать хиральные и ахиральные молекулы;*
5. *определять стереоцентры в молекуле и обозначать их конфигурацию как R или S, используя протокол Кана – Ингольда – Прелога;*
6. *перечислить требования к молекулам на предмет их оптической активности;*
7. *объяснить взаимосвязь между энантиомерами и их специфическими вращениями;*
8. *описать методы разделения энантиомеров;*
9. *описать значение хиральности в биологическом мире.*

**Практическое занятие 7.**

**Тема:** Методы исследования клеток

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *называть методы клеточной биологии.*
2. *различать принципы методов микроскопии*
3. *описать принципы методов световой микроскопии.*
4. *описывать методы световой микроскопии.*
5. *описать принципы методов электронной микроскопии*
6. *называть отличия методов трансмиссионной и сканирующей микроскопии.*
7. *обяснить суть методов контрастирования объектов, ультрамикроскопии, замораживания – скалывания.*
8. *описать суть сканирующей зондовой микроскопии.*
9. *объяснять суть и назначение витального изучения клеток.*
10. *демонстрировать знание роли метода культуры тканей, основных ее этапов.*
11. *называть сферу применения метода микрохирургии.*
12. *объяснить суть методов изучения фиксированных клеток и тканей.*
13. *описать суть и нзначение цитохимических методов.*
14. *демонстрировать знание метода цитофотометрии.*
15. *описать суть метода авторадиографии.*
16. *демонстрировать понимание принципов метода фракционирования клеток.*
17. *называть и описывать ключевые особенности методов клеточной инженерии.*

**Практическое занятие 8.**

**Тема:** Типы химических реакций

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *дать определение химической реакции;*
2. *применять 3 принципа теории столкновений для интерпретации взаимодействий между молекулами;*
3. *уметь уравнивать химические уравнения согласно стехиометрическим расчетам;*
4. *определить скорость реакции и факторы, влияющие на скорость реакции*
5. *идентифицировать и определить химические реакции как реакции соединения, разложения, замещения или горения,*
6. *классифицировать механизмы органических реакций: присоединение, замещение, радикально-цепной механизм галогенирования, окисление-восстановление;*
7. *предсказать вероятные продукты химической реакции по типу реакции;*
8. *написать химические уравнения для каждого типа химической реакции.*

**Практическое занятие 9.**

**Тема:** Компоненты клетки и плазматическая мембрана

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *назвать общий план строения клетки*
2. *описать структуру плазматической мембраны – липидный и белковый составы;*
3. *транслировать знание строения клеточной мембраны в описательную модель, учитывающую наблюдаемые физические свойства мембран.*
4. *понимать основные отличия между активным и пассивным транспортом, привести наглядные примеры для обоих видов транспорта;*
5. *объяснить как работают трансмембранные транспортные белки;*
6. *описать и сравните основные модели организации мембраны*
7. *перечислить основные факторы, влияющие на текучесть мембран*
8. *объяснить, как разные типы молекул перемещаются через клеточную мембрану*
9. *описать функцию аквапоринов*
10. *назвать основные виды транспорта клеточной мембраны: активный и пассивный*
11. *назвать характерные свойства простой и облегченной диффузии*
12. *дать определение осмосу*
13. *объяснить роль мембранных насосов в активном транспорте*
14. *описать роль na/k насоса, na канала и k канала в мембранном потенциале*
15. *называть функции мембранных белков,углеводов и липидов*
16. *описать строение мембранных рецепторов*
17. *перечислить заболевания, связанные с патологиями мембран*
18. *описать роль гликокаликса*

**Практическое занятие 10.**

**Тема:** Электрохимические процессы

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *Уметь определять окислительно-восстановительные процессы;*
2. *Дать определение понятиям: окисление, восстановление, окислитель и восстановитель;*
3. *Описать процесс поляризации и электролиза;*
4. *Описать структуру электрохимической ячейки, подчеркнув ее важные особенности, такие как солевой мостик, катод и анод;*
5. *Рассчитать стандартный потенциал ячейки и стандартный электродный потенциал;*
6. *Определить связь между стандартной энергией реакции Гиббса и стандартным потенциалом ячейки;*
7. *Объяснить применение электролиза в медицине. Электрофорез, дефибрилляция, электроэнцефалограмма;*
8. *Определить принцип действия дезинфицирующих средств.*

**Практическое занятие 11.**

**Тема:** Цитоплазма и включения

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *дать объяснение понятию цитоплазма*
2. *охарактеризовать химический состав цитоплазмы*
3. *объяснить роль и функции цитоплазма*
4. *назвать и описать компоненты цитоплазмы*
5. *описать значение гиалоплазмы в обмене веществ и поддержании целостности цитоплазматических структур клетки.*
6. *дать определение понятию органеллы клетки*
7. *объяснить суть и природу цитоплазматических включений*
8. *назвать какие включения встречаются в клетке прокариот и эукариот*
9. *описать локализацию и функциональное значение включений.*
10. *демонстрировать знание классификации, морфологии и химического состава различных типов включений. значение включений в жизнедеятельности клеток и организма.*

**Практическое занятие 12.**

**Тема:** Термохимия

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

*1. Определить факторы, влияющие на скорость химических и биохимических реакций;*

*2. Определить скорость реакции в гомогенных и гетерогенных системах;*

*3. Анализировать кинетику химических реакций для прогнозирования оптимального лечения антибиотиками;*

*4. Описать константы скорости необратимых и обратимых реакций;*

*5. Описать факторы, влияющие на химическое равновесие;*

*6. Объяснить сдвиги химического равновесия в биологических процессах принципом Ле Шателье;*

*7. Описать кинетику прохождения лекарственного средства через организм в желудок-кровь-мочу.*

**Практическое занятие 13.**

**Тема:** Органоиды энергетического обмена -митохондрии.

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *описать* общую морфологию митохондрий
2. *объяснить ультраструктурные особенности митохондрий*
3. *демонстрировать знания особенностей строения митохондрий в клетках с различным уровнем биоэнергетики*
4. *называть функции митохондрий*
5. *объяснить понятие «дыхательная цепь»*
6. *указать роль атф синтазы в дыхательной цепи*
7. *объяснить суть и причину увеличения числа митохондрий*
8. *дать определение понятию «хондриом»*
9. *описывать суть механизмов слияния, разделения и фрагментации митохондрий*
10. *демонстрирует понимание причин образования гигантских хромосом* *в некоторых клетках у эукариот*
11. *объяснить что такое м*итохондриальный геном, митохондриальная днк
12. *охарактеризовать процесс синтеза митохондриальных белков*
13. *установить связь между развитием некоторых болезней человека с мутациями митохондриального генома*
14. *демонстрировать знания о происхождении митохондрий*

**Практическое занятие 14.**

**Тема:** Термодинамика

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *Описать законы термодинамики и их применение в биологической системе;*
2. *Объяснить зависимость свободной энергии от энтропии и энтальпии;*
3. *Охарактеризовать спонтанные, неспонтанные процессы термодинамическими параметрами;*
4. *Описать термодинамику открытой системы на примере человеческого тела.*
5. *Охарактеризовать энтропию как важный показатель для живых или неживых биологических систем.*
6. *Описать значение свободной энергии Гиббса для биологических систем и на расчетных примерах;*
7. *Объяснить роль тепла в биологических процессах. Охарактеризовать общий принцип процесса калориметрии.*
8. *Описать применение калориметрии в медицине.*

**Практическое занятие 15.**

**Тема:** Вакуолярная система клетки

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *описать строение эндоплазматического ретикулума*
2. *назвать и описать функции ЭР*
3. *описать виды ЭР*
4. *объяснить роль ЭР в синтезе гормонов*
5. *объяснить роль ЭР в накоплении и преобразовании углеводов*
6. *объяснить роль ЭР в нейтрализации ядов*
7. *объяснить роль ЭР как депо кальция*
8. *описать строение и функции саркоплазматического ретикулума*
9. *назвать и охарактеризовать функции гранулярного ЭР*
10. *демонстрировать знание роли ЭР в развитии болезни*
11. *различать особенности строения и функции гранулярного и агранулярного эндоплазматического ретикулума*
12. *описать .. особенности строения эндоплазматического ретикулума в связи с различным метаболизмом клеток.*
13. *объяснить процесс биосинтеза белка на рибосомах, прикрепленных к эндоплазматическому ретикулуму*

**Практическое занятие 16.**

**Тема:** Вода

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *Объяснить значение воды для живых организмов;*
2. *Описать молекулу воды различными моделями;*
3. *Объяснить, как влияет полярность молекул воды на живые организмы;*
4. *Объяснить значение водородных связей для биологических систем и образования внутримолекулярных водородных связей белков;*
5. *Сравнить химический состав природной и дистиллированной воды;*
6. *Определить особенность замораживания воды и применение криопротекторов в процессе криоконсервации.*

**Практическое занятие 17.**

**Тема:** Вакуолярная система клетки

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *охарактеризовать структуру ппарата Гольджи*
2. *назвать функции аг*
3. *различать цис- и трансповерхности аппарата Гольджи.*
4. *оъяснить процесс гликозилирования белков в АГ*
5. *оъяснить процессы метаболизма липидов и полисахаридов в аппарате Гольджи*
6. *оъяснить роль аг в модификации структуры углеводов*
7. *описать процесс сортировки белков*
8. *описать процесс экспорта белков из аппарата Гольджи*
9. *объяснить роль аг в секреции: модификация, конденсация и упаковка секрета*
10. *объяснить ззначение во взаимодействия мембранных структур*
11. *охарактеризовать* ***л****изосомы: строение, функции, химическая характеристика.*
12. *назвать и описать основные ферменты лизосом.*
13. *описать роль лизосом в процессах внутриклеточного переваривания.*
14. *различать типы лизосом: первичные лизосомы, вторичные лизосомы,остаточные тельца.*
15. *устанавливать связь лизосом с процессами внутриклеточного пищеварения, фагоцитозом и работой аппарата Гольджи.*
16. *описать строение, ферментный состав, функции пероксисомы.*
17. *объяснить роль и значение клеточных вакуолей*

**Практическое занятие 18.**

**Тема:** Растворы. Дисперсные системы

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

* + - 1. *Охарактеризовать общие свойства растворов;*
			2. *Объяснить распределение вещества между двумя несмешивающимися жидкостями;*
1. *Сравнить степень диссоциации слабых и сильных электролитов;*
2. *Охарактеризовать коллоидные растворы и процессы коагуляции;*
3. *Объясните поведение коллоидных растворов внутриклеточно и межклеточно;*
4. *Описать принцип действия метода диализа «искусственной почки» в медицине.*
5. *Классифицировать буферные растворы в биологических системах на примере организма человека;*
6. *Объяснить механизм действия бикарбонатной буферной системы в организме;*
7. *Охарактеризовать pH буферных систем плазмы.*

**Практическое занятие 19.**

**Тема:** Немембранные органоиды клетки.

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *назвать основные характеристики немембранных органелл*
2. *описать строение, соста , процесс образования и функции рибосом, полисом*
3. *охарактризовать строение и роль центросомы*
4. *объяснить различия между материнской и дочерней центриолями*
5. *описать центросомный цикл*
6. *охарактеризовать структурные и функциональные свойства цитоскелета и его компонентов;*
7. *объяснить важность цитоскелета в клеточном движении, межклеточном транспорте везикул, клеточном делении и т.д.;*
8. *объяснить роль кинезинов и динеинов в вышеупомянутых процессах.*
9. *дать определение цитоскелета*
10. *назвать три главных компонента цитоскелета*
11. *дать определение предела прочности*
12. *описать функциональные и структурные особенности промежуточных филаментов*
13. *описать функциональные и структурные особенности микротрубочек*
14. *привести примеры участия микротрубочек во внутриклеточном транспорте везикул и клеточном движении*
15. *объяснить, как собираются микротрубочки*
16. *описать функциональные и структурные особенности актиновых филаментов*
17. *описать структурные свойства и значение ресничек, микроворсинок и жгутиков*
18. *описать процессы движения ресничек и жгутиков*
19. *назвать три основных вида двигательных белков (кинезин, динеин, миозин) и описать их роли*
20. *объяснить роль динеинов в клеточном движении: реснички, жгутики*
21. *объяснить механизм передвижения кинезинов*
22. *охарактеризовать особенности процесса появления выростов клеточной поверхности: псевдоподии, филлоподии и ламеллоподии.*
23. *назвать типы выростов клеточной поверхности, формирующиеся в ответ на внешние стимулы.*

**Практическое занятие 20.**

**Тема:** Концентрация растворов

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *Определить компоненты раствора;*
2. *Различать термины: концентрация, разбавление;*
3. *Различать основные способы выражения концентрации: массовый %, % объёмный, массовая/объемная доля, молярная доля, молярность, моляльность, нормальность, части на миллион и части на миллиард, осмолярность;*
4. *Рассчитать процентную концентрацию (м/м, об/об, м/об);*
5. *Рассчитать концентрацию по объемной и массовой долям;*
6. *Рассчитать мольную концентрацию;*
7. *Описать раствор, концентрация которого выражена в ppm или ppb;*
8. *Переводить единицы концентрации: молярность, массовый процент, моляльность и мольную долю.*

**Практическое занятие 21.**

**Тема:** Межклеточные взаимодействия. Гликокаликс. Клеточная адгезия, клеточные контакты. Внеклеточный матрикс

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *определить и дать описание основным посредникам межклеточных контактов на физическом уровне.*
2. *сравнить соединительную и эпителиальную ткани в зависимости от их клеточного и ВКМ компонентов*
3. *описать роль гликокаликса в формировании межклеточных воздействий*
4. *описать общую схему клеточных контактов*
5. *назвать основные типы клеточных контактов*
6. *дать определение адгезивным контактам*
7. *описать роль кадгеринов в адгезивных контактах и десмосомах*
8. *объяснить принцип велкро ("липучек") в контактах, опросредованных кадгеринами*
9. *объяснить роль кадгеринов в распределении клеток*
10. *рассказать, с какими компонентами цитоскелета ассоциированы кадгерины*
11. *дать определение плотным контактам*
12. *описать функциональные и структурные свойства плотных контактов*
13. *объяснить, что такое соединительный комплекс*
14. *дать определение щелевому контакту*
15. *описать функциональные и структурные свойства щелевых контактов*
16. *объяснить, что такое коннексон*
17. *описать структурные и функциональные свойства внеклеточного матрикса;*
18. *объяснить молекулярную основу организации клеток в ткани;*
19. *объяснить связь между взаимодействием клетка-клетка/клетка-внеклеточный матрикс и клеточным циклом.*
20. *объяснить роль межклеточных контактов клетка-клетка и клетка-ВКМ в устойчивости к механическому стрессу*
21. *дать определение ВКМ*
22. *рассказать, какие типы клеток секретируют ВКМ; перечислить основные компоненты ВКМ*
23. *описать химические свойства гликозаминогликанов; привести примеры ГАГ*
24. *объяснить химическое строение протеогликанов; привести примеры протеогликанов*
25. *объяснить, что такое коллаген; дать обзор классификации коллагена*
26. *дать определение гликопротеину*
27. *описать структурные и функциональные свойства базальной ламины*
28. *перечислить основные компоненты базальной ламины и их строение; ламинины*

**Практическое занятие 22.**

**Тема:** рН растворов.

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

*1. Охарактеризовать электролитическую диссоциацию воды и выразить формулу константы диссоциации воды Kw;*

*2. Выразить формулу водородного показателя (рН) для кислых и щелочных растворов;*

*3. Сравнить цвет индикаторов в кислых, нейтральных и щелочных растворах;*

*4. Оценить pH человеческого тела;*

*5. Уметь решать расчетные задачи по вычислению водородного показателя различных сред.*

**Практическое занятие 23.**

**Тема:** Наследственный аппарат эукариотической клетки. Ядро. Ядрышко **Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *описать структуру ядра – ядерная мембрана, ядерные поры – их функциональные характеристики;*
2. *различать между функциональными состояниями хроматина – гетерохроматином и эухроматином;*
3. *объяснить иерархическую природу организации хроматина – от ДНК к хромосомам.*
4. *объяснить функции кариолеммы*
5. *описать ядерные поры и их значение для ядерного транспорта*
6. *описать строение ядерных пор и их роль в ядерном трафике*
7. *рассчитать длину человеческой днк*
8. *объяснить упаковку днк и роль гистонов в данном процессе*
9. *дать определение нуклеосомам и описать их функции*
10. *рассчитать долю объема ядра, занимаемую днк*
11. *объяснить принципы и механизмы экстракции днк*
12. *объяснять строение и ультраструктуру ядрышка.*
13. *описать процессы преобразования ядрышка в митозе и его связь с митотическими хромосомами.*
14. *охарактеризовать роль ядрышек в синтезе ррнк и формировании рибосом.*
15. *объяснить понятие «функциональная лабильность ядрышек».*

**Практическое занятие 24.**

**Тема:** Биологическая роль щелочных и щелочно-земельных металлов в живых организмах **Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *Дать определение важным терминам координационной химии. Рассчитать координационное число;*
2. *Определить биологическую роль элементов;*
3. *Дайте общую характеристику ионам: Na+, K+, Mg2+, Ca2+ и их биологическую роль в живых организмах;*
4. *Оценить влияние гипотонических, гипертонических и изотонических растворов на эритроциты. Гемолиз.*
5. *Определить регуляторную роль ионов Na+ и K+. Натрий-калий АТФ-аза.*
6. *Охарактеризовать препараты лития. Метаболизм кальция (всасывание, выведение, гормональный контроль). Сигнал кальция. Кальцийсвязывающие белки Mg2+.*

**Практическое занятие 25.**

**Тема:** Биологическая роль амфотерных металлов, тяжелых металлов и неметаллов

 **Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

* + - 1. *Описать обменные процессы железа (всасывание, транспорт, депонирование, гемосидероз, гемохроматоз);*
1. *Оценить функцию железа в гемоглобине. Гемовые белки. Негемовые железосодержащие белки. Железо-серные кластеры. Железо-серные кластеры. Cu, Zn. Структуры и концентрации гемоглобина, миоглобина и сахара;*
2. *Оценить биологическую функцию ионов других переходных металлов: Mn, Ni, Au, Mo, Co, Cr;*
3. *Определять токсичное влияние тяжелых металлов Pb, Hg, Cd на живые организмы;*
4. *Дать определение термина «тяжелый металл»;*
5. *Дайте определение хелатной терапии и ее применения;*
6. *Определить общую биологическую характеристику элементов: O, Se, Si, F, Cl, Br, I; Кислородный обмен, кинетические свойства диоксида кислорода. Активные формы кислорода;*
7. *Определить некоторые роли комплексов переходных металлов в биологических системах;*
8. *Определить некоторые роли неметаллов в биологических системах;*

**Практическое занятие 26.**

**Тема:** Структурная организация наследственного материала.

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *подытожить ключевые морфологические особенности хромосом;*
2. *продемонстрировать понимание плоидности;*
3. *перечислить наименования основных методов анализа хромосом.*
4. *описать упаковку ДНК, начиная с уровня "бусин на нитке" до уровня митотических хромосом*
5. *описать строение хромосом*
6. *сравнить и дать объяснение функциям и структуре двух функциональных состояний хроматина: эухроматина и гетерохроматина*
7. *объяснить образование телец Барра и важность инактивации Х-хромосомы*
8. *объяснить принципы построения кариотипа*
9. *определить гомологичные и гетерологичные хромосомы*
10. *сравнить Денверскую и Парижскую классификацию хромосом*
11. *объяснить паттерны сегментации окрашенных хромосом в соответствии с Парижской номенклатурой*
12. *перечислить, сравнить и установить различие между методами окраски хромосом (рутинный, дифференциальный, FISH)*
13. *дать определение термину "плоидность". Объяснить разницу между анеуплоидией и эуплоидией.*
14. *объяснить причины хромосомной нестабильности в случае дицентрических хромосом*

**Практическое занятие 27.**

**Тема:** Жизненный цикл эукариотической клетки. Митоз. Политения. Амитоз . Мейоз. Конъюгация хромосом, кроссинговер, редукция числа хромосом

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *резюмировать основные фазы клеточного цикла;*
2. *дать обзор чекпоинт-механизма регуляции клеточного цикла;*
3. *объяснить роль циклинов и циклин-зависимых киназ в осуществлении клеточного цикла.*
4. *определить сходства и отличия главных фаз клеточного цикла*
5. *объяснить суть процессов, связанных к каждой фазой клеточного цикла*
6. *объяснить механизм регуляции клеточного цикла*
7. *объяснить процессы, происходящие в каждой контрольной точке*
8. *описать роль циклинов и циклин-зависимых киназ в регуляции клеточного цикла*
9. *обсудить последствия нерегулируемого клеточного цикла*
10. *определить сходства и отличия в длительности фаз клеточного цикла в разных типах клеток*
11. *описать роль pRb и p53 в регуляции клеточного цикла*
12. *объяснить связь между контрольными точками клеточного цикла и раком*
13. *отличить механизмы индукции клеточной пролиферации при раке и алкоголизме*
14. *объяснить, как воспроизводятся соматические и половые клетки;*
15. *перечислить стадии деления клетки, объяснить ключевые отличительные особенности каждой стадии;*
16. *указать на различия между митозом и мейозом, а также соответствующие ключевые молекулярные взаимодействия и их генетические последствия;*
17. *описать чекпоинт-механизм регуляции клеточного цикла.*
18. *дать определения термину клеточный цикл*
19. *сравнить процессы, происходящие в интерфазе и М-фазе*
20. *назвать и описать фазы G0, G1, S, G2 интерфазы*
21. *объяснить электрические взаимодействия микротрубочек с хромосомами*
22. *обсудить как ингибиторы митоза могут быть использованы в лечении рака*
23. *описать организацию клеточных органелл в ходе клеточного деления*
24. *предложить возможные причины аномального расхождения хромосом в ходе митоза и его последствия*
25. *объяснить причины возникновения синдрома Дауна и его эффект на развитие и здоровье*
26. *описать механизм, обеспечивающий правильное число хромосом в дочерних клетках в результате деления*
27. *описать процессы, протекающие в фазах мейоза*
28. *объяснить принцип независимого распределения хромосом и его важность*

**Практическое занятие 28.**

**Тема:** Клеточные механизмы наследования

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *объяснить классификацию моногенных болезней;*
2. *описать отличительные признаки моногенных болезней;*
3. *рассказать диагностические критерии наиболее распространенных нозологических форм;*
4. *дать характеристику моногенных заболевании.*
5. *уметь рассчитывать вероятность проявления признаков в потомстве при полном сцеплении генов;*
6. *рассчитывать вероятность проявления признаков в потомстве при неполном сцеплении генов;*
7. *рассчитывать вероятность проявления признаков в потомстве при сцепленном с полом наследовании.*
8. *объяснить основные закономерности наследования менделирующих и не менделирующих признаков человека;*
9. *дать определение на основные типы взаимодействия аллельных генов;*

*определить типы взаимодействия неаллельных генов и объяснить их роль в формировании фенотипа*

**Практическое занятие 29.**

**Тема:** Старение клеток

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *определить, что такое клеточное старение и перечислить признаки, которыми оно обладает;*
2. *объяснить что вызывает клеточное старение.*
3. *объяснить роль митохондрий в процессе старения*
4. *объяснить, что такое свободные радикалы, и их роль в старении*
5. *объяснить концепцию митохондриального порочного цикла*
6. *объяснить роль антиоксидантных ферментов в старении*
7. *определить репликативное старение*
8. *дать схематическое объяснение причин укорочения теломер с каждым клеточным делением*
9. *объяснить функцию теломеразы в удлинение концов хромосом*
10. *сравнить клетки с разным уровнем активности теломеразы*
11. *объяснить, что такое лимит Хейфлика*
12. *описать, эксперимент, который привел к открытию лимита Хейфлика*
13. *дать определение теломерам*
14. *объяснить связь между укорочением теломер и лимитом Хейфлика*

**Практическое занятие 30.**

**Тема: Ги**бель клеток

**Максимальный балл: 3**

**Результаты обучения:**

1. *сравнить, насколько похожи и различны апоптоз и некроз;*
2. *определить отличительные особенности, причины и стадии клеточной гибели;*
3. *объяснить как и почему клетки “выбирают” свою судьбу.*
4. *привести список внеклеточных сигналов, которые регулируют поведение клеток*
5. *перечислить обстоятельства, при которых клетки подвергаются апоптозу*
6. *перечислить характеристики апоптоза*
7. *описать морфологические особенности апоптоза*
8. *описать процесс апоптоза в эпителиальной ткани кишечника*
9. *сравнить апоптоз и некроз*
10. *вспомнить по крайней мере 6 типов клеток, которые подвергаются запрограммированной клеточной гибели, и объяснить значимость такой смерти*
11. *привести пример, как клетки с дефектами, возникшими во время развития, подвергаются апоптозу*
12. *привести примеры избыточных клеток, которые подвергаются апоптозу*
13. *объяснить, как инфицированные вирусом клетки устраняются с помощью апоптоза*
14. *объяснить, как запрограммированная гибель клеток может быть использована при химиотерапии рака*
15. *назвать два сигнальных пути активации апоптоза*

**Шкала качества ответов (письменный/устный ответ)**

| **Оценка** | **Критерии** | **Шкала, баллы** |
| --- | --- | --- |
| Отлично | 1. все ключевые аспекты включены и представлены логически;2. высокая точность (актуальность, без избыточности) и постоянное внимание к вопросу;3. отличная интеграция теоретических вопросов;4. предоставление соответствующих примеров;5. углубленный анализ и теоретическое обоснование данной проблемы (если применимо), все ключевые аспекты определены и интерпретированы;6. свободное владение профессиональной терминологией | 90 - 100 |
| Хорошо | 1. все ключевые аспекты включены и представлены логически;2. постоянное сосредоточение на вопросе с удовлетворительной точностью, актуальностью и / или некоторой избыточностью;3. удовлетворительная интеграция теоретических вопросов;4. отсутствие примеров;5. удовлетворительный анализ и теоретическое обоснование данной проблемы (если применимо), большинство ключевых аспектов определены и интерпретированы;6. правильное использование профессиональной терминологии | 70 - 89 |
| Удовлетворительно | 1. большинство ключевых аспектов включены;2. удовлетворительная концентрация внимания на вопросе - некоторые ошибки и / или заметная избыточность;3. теоретические проблемы, представленные без заметной интеграции;4. Предоставление неудачных примеров или без примеров;5. некоторый анализ и теоретическое обоснование данной проблемы (если применимо), большинство ключевых аспектов определены и интерпретированы;6. правильное использование профессиональной терминологии | 50 - 69 |
| Неудовлетворительно (FX) | 1. пропущено большинство ключевых аспектов;2. недостаток внимания к вопросу - неактуальность и значительная избыточность;3. некоторые теоретические проблемы, представленные без интеграции и понимания;4. отсутствие или неактуальные примеры;5. некоторый анализ и теоретическое обоснование данной проблемы (если применимо), пропущено большинство ключевых аспектов;6. проблемы в использовании профессиональной терминологии | 25 - 49 |
| Неудовлетворительно (F) | 1. пропущены большинство или все ключевые аспекты;2. нет концентрации на вопросе, много не относящейся к вопросу информации;3. значительные пробелы в теоретических вопросах, или их поверхностное рассмотрение;4. отсутствие примеров или неактуальные примеры;5. нет анализа и нет теоретического обоснования заданной проблемы (если применимо), пропущено большинство ключевых аспектов;6. проблемы в использовании профессиональной терминологии | 0-24 |

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО КОМАНДНОЙ РАБОТЕ**

Медицинская профессия предполагает работу в мультидисциплинарных командах, поэтому эти навыки считаются ключевыми в компетенции врача и других медицинских работников во всех странах.

Поэтому групповая работа включена в качестве обязательного компонента в практические занятия нашего курса. Кроме того, он призван обеспечить безопасную среду, в которой вы можете опробовать новые идеи и практики и приобрести соответствующие групповые навыки. Это могут быть задания для выполнения в парах, тройках или малых группах по 4-6 человек (работа с кейсами, задания СРС и др.).

Когда вы работаете над проектом или задачей в команде, вы можете использовать различные сильные стороны членов команды, чтобы создать более широкий и лучший проект или задачу, чем если бы вы работали в одиночку.

Обучение в группах означает, что вам нужно делиться своими знаниями и идеями с другими учениками. В этом есть два преимущества: вам нужно тщательно обдумать свои собственные идеи, чтобы объяснить их другим, и вы расширяете свое собственное понимание, принимая во внимание знания и идеи других.

**Межличностная коммуникация и обсуждение**

Найдите время, чтобы поболтать и познакомиться с каждым из ваших товарищей по группе. Чем лучше вы познакомитесь друг с другом и чем комфортнее вам друг с другом, тем эффективнее вы сможете работать вместе.

Создайте культуру взаимного уважения в вашей группе. У вас, вероятно, не было выбора, когда вы сформировали учебные группы и небольшие группы в классе. Поэтому вам придется научиться преодолевать различия, возникающие между людьми. Кроме того, вы не сможете выбирать сотрудников на рабочем месте, а на работе вы будете испытывать значительно большее давление, чтобы быть продуктивным членом команды.

Для эффективного общения и обсуждения в коллективе: нужно не стесняться высказывать свое мнение и важно чувствовать, что это мнение будет услышано; важно чувствовать, что все члены группы вносят свой вклад в решение задач, придерживаются согласованных правил и планов, выполняют работу качественно и в срок; важно знать, что чувства каждого считаются членами коллектива, но цели и задачи группы не ставятся под угрозу в угоду капризам или желаниям отдельных членов;

Старайтесь высказывать свое мнение и слушать других. Нет ничего плохого в том, чтобы не соглашаться со своими одноклассниками, как бы они ни были уверены в том, что говорят. Когда вы не согласны, будьте конструктивны и сосредоточьтесь на проблеме, а не на человеке. Точно так же, когда кто-то не согласен с вами, уважайте то, что он говорит, и риск, на который он пошел, выражая свое мнение. Постарайтесь найти способ, с которым согласятся все, и это не обязательно будет мнение самого громкого или самого умного члена команды.

Вот несколько примеров конструктивного и деструктивного группового поведения.

**Конструктивное групповое поведение** - человек который:

***Объединяет*** – заинтересованность во взглядах и мнениях других и готовность адаптироваться в интересах

***Проясняет*** – четко определяет проблемы для группы путем слушания, суммирования, фокусирования дискуссии

***Вдохновляет*** – подбадривает группу, стимулирует участие и прогресс

***Гармонизирует*** – стимулирует групповое единство и командную работу. Например использует юмор как разрядку после трудных ситуаций.

***Берет на себя риск*** – готовность рисковать в ущерб себе для успеха группы или проекта

***Управляет процессом*** – организует группу по вопросам процесса: например план, график, сроки, тема, методы решения, использование информации

**Деструктивное групповое поведение**:

***Доминирование*** – занимает много времени выражая свое мнение и и взгляды. Пытается взять контроль путем захвата энергии, времени и тд

***Суетливость*** – торопит группу двигаться быстро до того так задание завершено. Нетерпелив в выслушивании других мнений и совместной работе.

***Отстранение*** – выводит себя из дискуссии или принятия решения. Отказ от участия

***Игнорирование*** – не уважает или принижает идеи и предложения команды или отдельных людей. Крайнее проявление игнорирования – оскорбление в виде насмешек.

***Отвлечение*** – излишняя болтливость, рассказывает истории и уводит группы в сторону от цели

***Блокирование*** – мешает групповому прогрессу путем отрицания всех идей и предложений. «Это не будет работать, потому что…»

Эффективная групповая работа не возникает сама собой. Необходимо сознательное и запланированное усилие, и поскольку в ней участвует много людей, нельзя полагаться на память; нужно делать записи. Выполнение **следующих шагов** поможет вам и вашей группе эффективно работать вместе.

***1. Определите четкие задачи***. На каждом этапе вы должны попытаться согласовать задачи. Они включают график выполнения проекта, а также более конкретные задания (типа, “согласовать подход к выполнению задания до пятницы”). Каждое собрание или обсуждение также должны начинаться с определенной цели (например, составить список задач, которые необходимо выполнить). Задачи должны быть разбиты на более мелкие части и запланированы. Иногда одна часть не может быть запущена, пока другая часть не будет закончена, поэтому может потребоваться нарисовать простую временную карту.

· обсудите ресурсы, которые у вас есть, и те, которые вам нужно будет найти.

· сформулируйте требуемый результат.

· продумайте, как вы узнаете, когда вы сделали это достаточно хорошо?

· разделите задачи между командой и

· установите крайние сроки для подзадач и время для будущих встреч.

***2. Установить основные правила***. Дискуссии могут стать беспорядочными и могут помешать более скромным членам группы участвовать, если у вас нет правил для стимулирования дискуссии, устранения разногласий и принятия решения без повторения. Установите правила с самого начала и изменяйте их по мере необходимости. Например: интересное правило, которое разработала одна группа - любой, кто пропустил встречу, купит остальной группе кофе в кофейне. Никто никогда не пропускал встречи после этого.

***3*. *Общайтесь эффективно***. Убедитесь, что вы регулярно общаетесь с членами группы. Постарайтесь быть ясным и позитивным в том, что вы говорите, не повторяясь.

***4. Находите консенсус***. Люди работают вместе наиболее эффективно, когда они работают над достижением цели, с которой они согласились. Убедитесь, что у каждого есть свое мнение, даже если вам нужно время, чтобы заставить больше участников сказать что-нибудь. Убедитесь, что вы слушаете идеи каждого, а затем пытаетесь прийти к соглашению, которое все разделяют и все внесли свой вклад.

***5. Определите роли***. Разделите работу, которую нужно выполнить, на отдельные задачи, для выполнения которых можно задействовать сильные стороны отдельных членов команды. Определите роли как для выполнения ваших задач, так и для совещаний / обсуждений (например, Арани отвечает за подведение итогов обсуждений, Джозеф - за то, чтобы все высказывали свое мнение и принимали решения и т. д.).

Примеры распределения ролей и функций:

*Фасилитатор или лидер* (в зависимости от контекста) - для уточнения целей встречи и для подведения итогов обсуждений и решений; обеспечивает, чтобы встреча состоялась, продолжалась и основные правила соблюдались.

*Секретарь* - вести учет обсуждаемых идей и принятых решений и кто что делает.

*Тайм-менеджер* - чтобы убедиться, что вы обсуждаете все, что вам нужно в отведенное для встречи время.

*Контролер* – следить за тем, чтобы работа выполнялась к согласованному времени, и решать проблемы, если они не выполняются.

*Наблюдатель процесса* - кто-то, кто следит за процессом, а не за содержанием и может довести проблемы до сведения команды. В этой роли важно быть позитивным, а не осуждающим.

*Редактор* – сводить все материалы воедино, выявлять пробелы или совпадения и обеспечивать согласованность в окончательном представлении.

***6. Проясните****.* Когда решение принято, это должно быть разъяснено таким образом, чтобы всем было абсолютно ясно о том, что было решено, включая сроки.

***7. Ведите хорошие записи***. Всегда подводите итоги обсуждений и документируйте решения и публикуйте их (например в ватсап-чате), чтобы вы всегда могли вернуться к ним. Это включает в себя списки тех, кто согласился что делать.

***8. Придерживаться плана***. Если вы согласились сделать что-то как часть плана, сделайте это. Ваша группа полагается на то, что вы сделаете то что договорились сделать и таким способом, как вы договорились делать, а не так как, как вам хотелось бы. Если вы считаете, что план следует пересмотреть, обсудите это.

***9. Следите за прогрессом и придерживайтесь сроков***. Обсуждайте прогресс вместе в отношении вашего графика и сроков. Убедитесь, что вы лично соблюдаете сроки, чтобы не подвести вашу группу.

**Совместное написание документа/отчета**

Совместное письмо - одна из самых сложных частей групповой работы. Есть много способов сделать это, и ваша группа должна решить, как разделить работу по написанию, сопоставлению, редактированию и окончательному оформлению вашей работы. Написание группой (шесть человек толпятся вокруг клавиатуры) - это рецепт конфликта и отсутствия прогресса. Другая крайность - когда один человек берет на себя всю ответственность и в конечном итоге выполняет большую часть работы - также непродуктивна и способствует конфликтам.

Возможны три подхода при работе над общим документом:

1 - один человек пишет большую часть - это означает, что используется узкий круг идей, а остальная часть команды не учится (и не научится) писать отчеты и документы.

2 – каждый человек пишет один раздел - тогда трудно сделать единый последовательный отчет, и вы не узнаете об остальном, кроме своего собственного раздела.

3- совместное написание. Это наиболее продуктивный способ решения групповых задач и обеспечивает наибольшую выгоду от совместной работы. Например: в каждом разделе есть писатель и, по крайней мере, один рецензент, причем каждый член команды является автором какого-либо раздела и рецензентом другого раздела.

Окончательный продукт должен быть рассмотрен всеми членами команды до окончательной доработки ***редактором***. В качестве альтернативы вы можете иметь одного автора с другими, корректирующими, добавляемыми и проверяющими, и кто-то приводит в порядок готовый отчет.

Постарайтесь разделить написание исходных документов на задачи и решать их по отдельности или в парах. После того, как будут написаны первые драфты разделов, разошлите все компоненты и прочитайте их. Вероятно, вам нужно будет собраться вместе, чтобы обсудить, как их объединить, чтобы они соответствовали друг другу. Любые участники, которые не были вовлечены в подготовку черновиков, могут сделать часть этой работы. Затем редактируйте, улучшайте и полируйте черновик. Совместную работу над документами удобно проводить в Google документах.

При подготовке отчета/конечного документа регулярно проверяйте следующее:

- является ли цель проекта понятной из отчета?

- понятны ли Выводы или рекомендации?

- следуют ли выводы из основной части отчета?

- хорошо ли сочетаются разделы?

- достигает ли отчет целей (и критериев оценки)?

- достаточно ли охвачены необходимые компоненты?

Какой бы метод вы ни использовали, все члены группы должны согласовать процесс и то, как они собираются максимизировать совместный подход к написанию конечного документа.

**Мониторинг эффективности группы и преодоление проблем**

Ниже прилагается чек лист, включающий список общих проблем, возникающих в групповой работе. Используйте его регулярно, чтобы идентифицировать проблемы прежде, чем они выйдут из-под контроля. Если возникают серьезные проблемы и напряженность, используйте его, чтобы определить, где что-то может пойти не так. Сначала ответьте на каждый вопрос о себе, затем ответьте на **него** о группе в целом. Затем соберите группу и обсудите, где, по вашему мнению, могут возникнуть проблемы, и подумайте, как вы можете преодолеть эти проблемы.

Каждый участник должен заполнить этот чеклист. Вы должны регулярно выполнять это упражнение, чтобы отслеживать и улучшать эффективность работы вашей команды.

1. Ответьте на каждый вопрос, касающийся вашей работы в команде.

2. Ответьте на каждый вопрос, касающийся остальных членов команды.

3. Соберитесь всей вашей командой и обсудите, где, по вашему мнению, возникают какие-либо проблемы.

4. Обсудите, что вы собираетесь сделать, чтобы преодолеть эти проблемы.

**Чеклист для само-оценки эффективности команды.**

| **Вы** | Я лично | Группа в целом | Комментарии |
| --- | --- | --- | --- |
| Эффективно проясняйте ваши задачи и задания на каждом этапе? |   |   |   |
| Оцениваем ход работы? |   |   |   |
| Проясняем и документируем все что решила группа? |   |   |   |
| Проясняем кто, что и как будет делать? |   |   |   |
| Проясняем к какому сроку каждое задание должно быть сделано? |   |   |   |
| Устанавливаем правила по управлению встречами? |   |   |   |
| Придерживаемся согласованных правил? |   |   |   |
| Слушаем друг друга? |   |   |   |
| Позволяем некоторым членам команды доминировать? |   |   |   |
| Позволяем некоторым членам команды отказываться/делать самоотвод? |   |   |   |
| Жертвуем личными желаниями ради успеха команды? |   |   |   |
| Признаем чувства других членов команды? |   |   |   |
| Вносим равный вклад в прогресс команды? |   |   |   |
| Придерживаемся согласованных правил по написанию и наименованию файлов? |   |   |   |

**Баллы и оценка команды**

Групповые задачи и задания означают, что оценки выставляются всей группе на основании результатов работы всей группы. Все должны быть заинтересованы в том, чтобы обеспечить эффективный вклад всех членов группы и обеспечить высокое качество выполненного задания. Иногда для оценки относительного вклада каждого в групповой процесс будет использоваться форма взаимо-оценки или оценки коллег и форма оценки командной работы. Это может быть использовано для смягчения оценок за задание, или просто как способ дать отзыв о вашей работе в группе. Ниже приводятся примеры критериев оценки студента при командном обучении.

| **№** | **Критерии оценки студента в команде на практических занятиях** |
| --- | --- |
| 1 | *Подготовка к занятиям:*Изучает информацию, сфокусированную на случае и проблемных вопросах, использует различные источники, подкрепляет утверждения соответствующими ссылками |
| 2 | *Групповые навыки и профессиональное отношение*:Демонстрирует превосходную посещаемость, надежность, ответственностьБерет на себя инициативу, активно участвует в обсуждении, помогает согрупникам, охотно берет задания |
| 3 | *Коммуникативные навыки:*Активно слушает, проявляет эмоции соответственно ситуации, восприимчив к невербальным и эмоциональным сигналам, проявляет уважение и корректность в отношении других, помогает разрешать недоразумения и конфликты |
| 4 | *Навыки предоставления обратной связи:*Демонстрирует высокий уровень самоанализа, критично оценивает себя и коллег, предоставляет конструктивную и объективную обратную связь в доброжелательной манере, принимает обратную связь без оппозиции |
| 5 | *Навыки критического мышления и эффективного обучения:*Эффективно участвует в генерировании гипотез и формулировании проблемных вопросов, приводит уместные примеры из жизни, умело применяет знания к рассматриваемой проблеме/кейсу, критически оценивает информацию, делает заключения, объясняет и обосновывает утверждения, рисует схемы и рисунки, демонстрирует постоянный интерес к изучаемому материалу |
| 6 | *Теоретические знания и навыки по теме занятия:*Все ключевые аспекты представлены логически; точность, релевантность ответов на поставленные вопросы без избыточности; интеграция теоретических вопросов; использование релевантных примеров; правильное использование профессиональной терминологии |

**Основная литература:**

1. Молекулярная биология клетки [текст] 3-х томах: учебник / Б.Албертс, А.Джонсон, Д.Льюис и др., М.-Ижевск: «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2013. – 1028 стр.

2. Биримжанов, Батырбек Ахметович Общая химия [Текст]: учебник / Б. A. Биримжанов; Министерство образования и науки Республики Казахстан. - 4-е издание, отредактировано, завершено. - Алматы: ТОО РПБК «Дауир», 2011. - 751 с. [1] с. - (Ассоциация высших учебных заведений Республики Казахстан). - ISBN 978-601-217-197-6: 5000,00 тг.

**Дополнительная литература:**

3. Глинка, Николай Леонидович. Задачи и упражнения по общей химии [Текст]: учебник / [Казахский язык. ауд .: К. B. Бекишев, Р. G. Рыскалиева]; имя аль-Фараби. КазНУ. - Алматы: Казахский университет, 2016. - 301 с. [1] с. - ISBN 978-601-04-1471-6.

4. Мушкамбаров, Н. Н. Молекулярная биология [Текст] : учеб. пособие / Н. Н. Мушкамбаров. - изд. 2-е, испр. - М. : Мед. информ. агентство, 2007. - 535, [1] с. - ISBN 5-89481-618-1.

5. Органическая химия [Текст] : учебник ; в 2-кн. / под ред. Н. А. Тюкавкиной. - М. : Дрофа, 2008.

Кн.1 : Основной курс / под ред. Н. А. Тюкавкиной. - 638, [1] с. - (Высшее образование. Современный учебник). - Указ.: с. 606-633. - ISBN 978-5-358-04987-1.

5. Хомченко, Гавриил Платонович. Пособие по химии для поступающих в вузы [Текст] : учебное пособие / Г. П. Хомченко. - 4-е изд., испр. и доп. - М. : Новая волна. Изд. Умеренков, 2012. - 478, [2] с. - ISBN 978-5-7864-0142-5.

6. Основы медицинской и биологической физики [Текст]: учебник / Б. К. Койчубеков, А. A. Айткенова, С. Букеев и соавт. б. - Алматы: ССК, 2017. - 291 с. : Таблица. - Библиогр .: 291 с. - ISBN 978-601-240-191-3.

7. Ремизов, А. Н. Медицинская и биологическая физика [Текст] : [учеб. для мед. спец. вузов] / А. Н. Ремизов. - М. : Дрофа, 2010. - 558,[2] с. -). - ISBN 978-5-358-08029-4

**Онлайн-ресурсы:**

8. OMIM® Online Mendelian Inheritance in Man® An Online Catalog of Human Genes and Genetic Disorders https://www.omim.org/

9. Cell Biology courses https://ru.khanacademy.org/

10. Biology Articles org/ www.biologyonline.com

11. Molecular Biology Courses https://www.edx.org/learn/molecular-biology

12. BMC Molecular Biology https://bmcmolbiol.biomedcentral.com/

13. Journal of Molecular Biology https://www.journals.elsevier.com/journal-of-molecular-biology

14. Cell Biology: Introduction – Genetics | Lect. https://www.youtube.com/watch?v=bYpPMzzyZZ4

15. Electron transport chain https://www.youtube.com/watch?v=LQmTKxI4Wn4

16. Introduction to Apoptosis - Caspase Enzymes Part 1 https://www.youtube.com/watch?v=MMec\_q806kc

17. Introduction to Apoptosis - Caspase Enzymes Part 2 https://www.youtube.com/watch?v=5cXjDFm0Wf8