

**МІНІСТЕРСТВО ОХОРОНИ ЗДОРОВ'Я УКРАЇНИ**  
**ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МЕДИЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**КАФЕДРА КЛІНІЧНОЇ ІМУНОЛОГІЇ, ГЕНЕТИКИ**  
**ТА МЕДИЧНОЇ БІОЛОГІЇ**

# **Навчально-методичний посібник**

**до практичних занять з медичної біології  
(молекулярний і клітинний рівні організації  
життя, біологія індивідуального розвитку)  
для здобувачів вищої освіти другого  
(магістерського) рівня 1 курсу медичних  
факультетів.**

**ОДЕСА - 2023**

УДК 577.2(075.8)

Автори: Бажора Ю.І., Шевеленкова А.В., Чеснокова М.М.,  
Пашолок С.П., Комлевой О.М., Левицька Н.А., Осінцева В.І.

*Друкується за рішенням Вченої ради медичного факультету №1  
Одеського національного медичного університету  
протокол №9 від 15 червня 2023 р.*

**Навчально-методичний посібник до практичних занять з медичної біології (молекулярний і клітинний рівні організації життя, біологія індивідуального розвитку) для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня 1 курсу медичних факультетів./** Бажора Ю.І., Шевеленкова А.В., [та ін.]. — Одеса : Одес. нац. мед. ун-т, 2023. - 87с.

Навчально-методичний посібник до практичних занять з медичної біології (молекулярний і клітинний рівні організації життя, біологія індивідуального розвитку) для здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня 1 курсу медичних факультетів, містить орієнтовну карту для самопідготовки студентів, перелік основних питань тем, практичних робіт та завдань для контролю знань, що передбачені робочою програмою і відповідають змісту Державної атестації «Крок-1».

Одеський національний медичний університет, 2023

## ВСТУП

Навчально-методичний посібник до практичних занять з медичної біології (молекулярний і клітинний рівні організації життя, біологія індивідуального розвитку) призначений для здобувачів вищої освіти 1-го курсу медичних факультетів зі спеціальності 222 – Медицина. Розуміння будови і життєдіяльності клітини, закономірностей онтогенезу створює теоретичну базу для оволодіння іншими дисциплінами теоретичного блоку і необхідне для подальшого вивчення клінічних дисциплін.

Посібник містить перелік основних теоретичних питань, практичних навичок і вмінь з усіх тем розділу, що передбачені робочою навчальною програмою і календарно-тематичним планом освітньої компоненти «Медична біологія». З метою формування необхідних знань і практичних навичок запропоновані роботи з рекомендаціями до їх виконання. Для полегшення засвоєння навчального матеріалу практичні завдання супроводжуються поясненнями і таблицями. Надано контрольні завдання для самостійної підготовки, тестові завдання з еталонами відповідей, які відповідають змісту державної підсумкової атестації «Крок-1».

Кожна методична розробка до конкретної теми складається з двох розділів – позааудиторної самостійної роботи і аудиторної роботи на практичному занятті. Підсумки самостійної та аудиторної роботи мають бути висвітлені в робочій книзі-зошиті (альбомі) для практичних занять.

Перелік основної та додаткової рекомендованої літератури під час вивчення медичної біології подано окремо наприкінці навчально-методичного посібника.

## Тема 1: Рівні організації та фундаментальні властивості живого. Морфологія клітини еукаріот.

**Мета:** Усвідомити значення елементарних одиниць на кожному рівні організації живого для розуміння основ здоров'я людини та механізмів розвитку хвороб. Вивчити будову клітини як елементарної одиниці життя. З'ясувати взаємозв'язок будови та функції клітини еукаріотів як фундамент для вивчення морфологічних і медико-біологічних дисциплін. Інтерпретувати значення процесів, що відбуваються на клітинному рівні організації життя для розуміння патогенезу спадкових, соматичних, інфекційно-запальних та інших хвороб людини.

**Основні поняття:** неклітинні і клітинні форми життя, прокаріоти, еукаріоти, клітина, цитоплазма, цитоплазматичний матрикс, органели загального значення, органели спеціального значення, одномембранні, двомембранні, немембранні органели, включення.

**Обладнання:** мікроскопи, постійні мікропрепарати, таблиці будови еукаріотичної клітини, мультимедійний проектор, ноутбук, презентація, ситуаційні задачі.

**Навчальний час:** 2 години

### План

#### I. Мотивація здобувачів вищої освіти щодо вивчення теми:

Актуальність теми визначається тим, що клітина є структурною і функціональною одиницею живих організмів, в тому числі людини. Практично усі хвороби людини пов'язані зі змінами структури і функції клітин. Знання морфофізіологічних властивостей органел клітини необхідні для трактування порушень основних принципів їх функціонування у виникненні патологічних процесів у людини. Матеріал теми заняття має важливе значення для подальшого сприйняття медичної біології, інших фундаментальних (анатомії, гістології, ембріології, нормальної фізіології) та клінічних дисциплін.

#### II. Контроль опорних знань (опитування студентів):

2.1. Вимоги до теоретичної готовності здобувачів до виконання практичних занять:

*Здобувач вищої освіти повинен знати:*

- суть життя, та його фундаментальні властивості;
- рівні організації життя;
- класифікацію живих організмів за будовою,
- відмінності прокаріотичних і еукаріотичних клітин,
- будову та структурно-функціональну організацію еукаріотичної клітини;
- структурні компоненти цитоплазми;
- будову та функцію органел.

*По завершенню вивчення теми здобувач повинен вміти:*

- диференціювати компоненти тваринної клітини на електронних мікрофотографіях і рисунках.

#### 2.2. Орієнтовна карта для позааудиторної самопідготовки студента

Вказівки до виконання завдання	Відповіді студента з доповненнями на занятті
1. Клітину відкрив _____ у _____ році	
2. Клітинну теорію сформулював _____ у _____ році	
3. Чому клітина є елементарною: 1) структурною; 2) функціональною одиницею життя	
4. Укажіть органоїди клітини: 1) загального призначення: А   Б   В	

Вказівки до виконання завдання		Відповіді студента з доповненнями на занятті	
Г	Д	Е	
2) спеціального призначення:			
А	Б	В	Г
5. Укажіть функції:			
1) лізосом	А		
Б	В		
Г	Д		
2) мітохондрій	А	Б	
3) гладенької ендоплазматичної сітки:	А		
Б	В		
4) шорсткої ендоплазматичної сітки:	А	Б	
5) рибосом:			
6) комплексу Гольджі:	А		
Б	В	Г	
7) центросом:			
6. Білки «домашнього використання» синтезуються на рибосомах, розташованих в			
7. Білки «на експорт» синтезуються на рибосомах, розташованих на			
8. Порушення функцій яких органодів клітини призводить до розвитку «хвороб накопичення»:			
9. Укажіть органоді, в яких відбувається:			
1) синтез органічних речовин	А	Б	В
2) розщеплення органічних речовин	А	Б	

### 2.3. Питання для перевірки базових знань за темою заняття:

1. Що таке життя? Рівні організації життя. Значення уявлень про рівні організації життя в медицині.
2. Сучасна класифікація форм життя. Клітинні та неклітинні форми.
3. Методи вивчення структури і функції клітин. Оптичні прибори і робота з ними.
4. Що таке прокаріоти і еукаріоти? Принципові відмінності клітин прокаріот і еукаріот.
5. Клітинна теорія, її сучасний стан і значення для медицини.
6. Основні структурні компоненти еукаріотичної клітини.
7. Структурні компоненти цитоплазми. Будова та функції цитоскелету. Класифікація органел клітини.
8. Одномембранні органели (ендоплазматична сітка, комплекс Гольджі, лізосоми, пероксисоми), їх будова та функції.
9. Двомембранні органели (мітохондрії), їх будова та функції.
10. Немембранні органели (рибосоми, клітинний центр, мікротрубочки, мікрофіламенти), їх будова та функції.
11. Що таке лізосомні, пероксисомні та мітохондріальні хвороби? Приклади лізосомних хвороб накопичення.
12. Клітинні включення, їх функції.

### III. Формування професійних вмінь, практичних навичок:

#### 3.1. зміст завдань:

Робота 1. Приготувати тимчасовий препарат шкірки луски цибулі, зафарбувати розчином йоду, вивчити при малому і великому збільшенні мікроскопу. Замалювати клітини. На рисунку позначити структурні компоненти клітини.

Робота 2. На постійних мікропрепаратах вивчіть під мікроскопом мазки крові людини та жаби. Зарисуйте еритроцити. Зверніть увагу на їх будову та позначте різницю

Робота 3. Вивчіть схему будови еукаріотичної клітини, позначте структурні компоненти клітини, органели.

Робота 4. Вивчіть будову органел клітини. Позначте структурні компоненти органел, вкажіть їх функції.

#### 3.2. рекомендації (інструкції) щодо виконання завдань, професійні алгоритми.

### ПРАВИЛА РОБОТИ З МІКРОСКОПОМ

1. Переносити мікроскоп потрібно обома руками – однією підтримувати основу, другою за тубусотримач. Мікроскоп встановити перед собою трохи зліва на 10 см від краю столу.

2. Підніміть конденсор до рівня предметного столика. Відкрийте діафрагму та встановіть під тубус об'єктив малого збільшення ( $8\times$ ); обертанням макрогвинта підведіть його приблизно на 1 см до предметного столика.

3. Дивлячись одним оком в окуляр, бачимо біле коло світла – це поле зору. Користуючись дзеркалом направити світло, щоб максимально і рівномірно висвітлити поле зору. Покласти мікропрепарат на предметний столик так, щоб об'єкт, що вивчається, знаходився під об'єктивом.

4. Не можна дивитися в окуляр і опускати об'єктив. Дивлячись збоку, опускати об'єктив за допомогою макрогвинта доти, доки відстань між нижньою лінзою об'єктива малого збільшення і мікропрепаратом не стане 4-5 мм.

5. Дивлячись в окуляр, обертанням макрогвинта в зворотну сторону (на себе) повільно піднімайте тубус, поки в полі зору чітко не побачите зображення препарату. Перемістіть об'єкт дослідження точно в центр поля зору.

6. Для вивчення об'єкта при великому збільшенні, необхідно підняти об'єктив макрогвинтом і поміняти об'єктив на  $40\times$ , повертаючи револьвер.

7. Дивлячись збоку, опускати об'єктив за допомогою макрогвинта якомога нижче, майже до препарату, але не до повного торкання з ним.

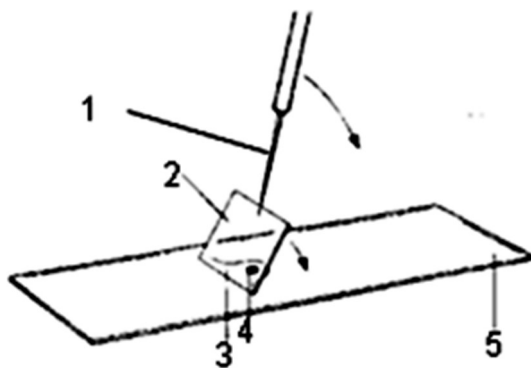
8. Дивитися одним оком в окуляр і обертати макрогвинт на себе, повільно піднімаючи об'єктив до положення, при якому видно зображення об'єкта.

9. За допомогою мікрогвинта досягти гарного зображення об'єкта.

10. Після закінчення роботи з великим збільшенням, встановити мале збільшення, підняти об'єктив, зняти з робочого столика препарат.

### Приготування тимчасового препарату вати.

1. Помістити предметне скло (5) на пласку поверхню.



2. На предметне скло капнути краплю води (3), у воду помістити шматочок вати (4).

3. Краєм покривного скла (2) торкнутися краплі води під кутом  $45^{\circ}$ . Покривне скло опускається за допомогою препарувальної голки (1) повільно для того, щоб під ним не було бульбашок повітря.

4. Якщо є бульбашки повітря, трохи натиснути на покривне скло, щоб вони вийшли. Якщо є сухі місця під склом, додати трохи води біля краю покривного скла. Зайву воду завжди можна забрати за допомогою шматочка

фільтрувального паперу.

5. Розмістити готовий препарат на центр предметного столика. Вивчити об'єкт під малим та великим збільшенням.

6. Розібрати тимчасовий препарат, протерти предметне та покривне скло.

### Робота 1.

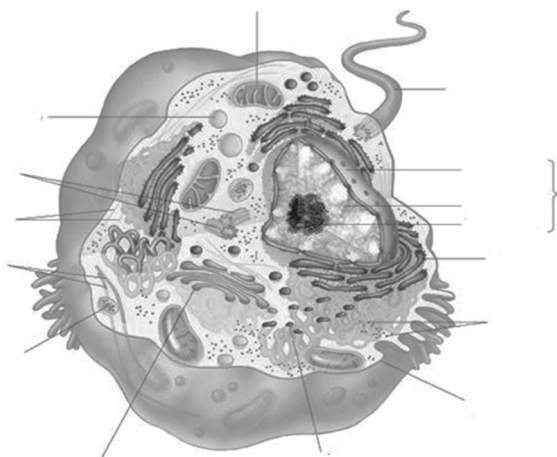
Приготувати тимчасовий препарат шкірки луски цибулі (див. Методику приготування тимчасового препарату вати). На предметне скельце нанесіть піпеткою краплину води. Скальпелем зніміть з вигнутої поверхні луски цибулі шкірку (вона тонка і майже прозора), покладіть на предметне скельце у краплину води та обережно розправте препарувальними голками. Додайте краплю йоду, накрийте препарат покривним склом. Вивчити препарат при малому і великому збільшенні мікроскопу. В клітині можна побачити товсту клітинну стінку, цитоплазму, ядро, ядерця.

### Робота 2.

Еритроцити – це клітини тварин, тому в них відсутня клітинна стінка. В еритроцитах жаби є ядра, в еритроцитах людини ядра відсутні. Незважаючи на відсутність ядер ми не можемо віднести еритроцити до прокаріотів, тому що вони утворюються в червоному кістковому мозку з клітин, що мають ядра. Ядро втрачається у процесі диференціювання клітини.

### Робота 3.

На схемі еукаріотичної клітини позначте ядро, цитоплазму, оболонку клітини. В цитоплазмі позначте: гранулярний, агранулярний ендоплазматичний ретикулум, апарат Гольджі, лізосоми, мітохондрії, рибосоми, клітинний центр.

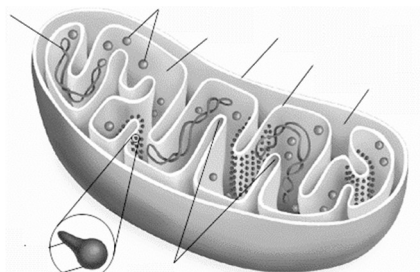


## Робота 4.

Позначте будову органел клітини, вкажіть функції. Для виконання роботи використовуйте короткий зміст теми

### А. Двомембранні органели

#### Мітохондрії

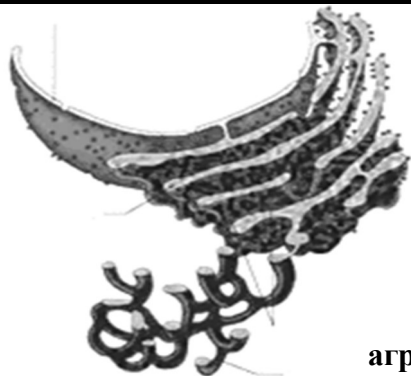


#### Функції

- 1.
- 2.

### В. Одномембранні органели

#### Ендоплазматичний ретикулум



гранулярний

#### Функції

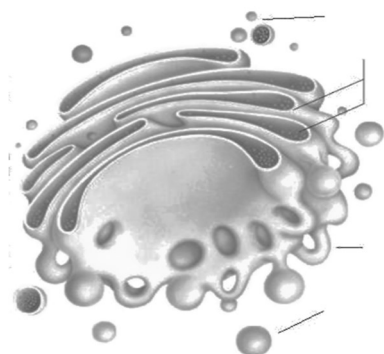
- 1.
- 2.

#### Функції

- 1.
- 2.
- 3.

агранулярний  
(гладенький)

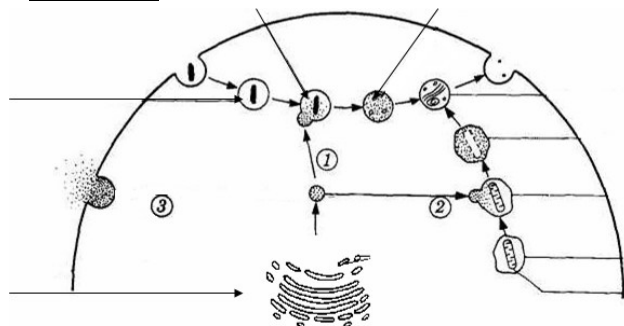
#### Комплекс Гольджі



#### Функції:

- 1
- 2
- 3
- 4

#### Лізосоми

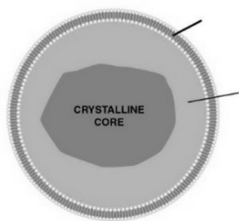


#### Функції:

- 1
- 2
- 3
- 4



### Пероксисоми

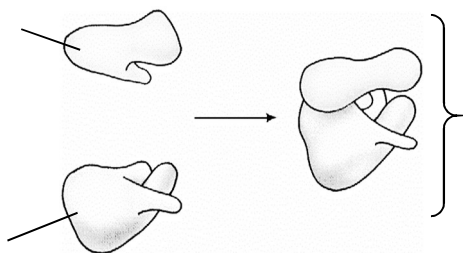


### Функції:

- 1.
- 2.

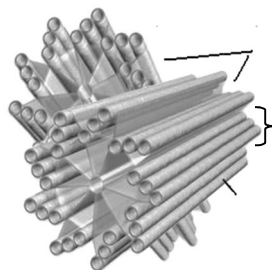
## С. Немембранні органели

### Рибосома



### Функція:

### Клітинний центр



### Функція:

### 3.3. вимоги до результатів роботи, в т.ч. до оформлення;

Роботу виконати в зошиті-альбомі для практичних занять. Після виконання практичної роботи отримайте підпис викладача.

### 3.4. матеріали контролю для заключного етапу заняття:

#### *Тести для контролю з еталонами відповідей:*

1. В органелі методом авторадіографії встановлена наявність власної білоксинтезуючої системи. Яка це органела?

- А. Комплекс Гольджі
- В. Мітохондрія
- С. Лізосома
- Д. Вакуоля
- Е. ЕПС

2. За допомогою електронного мікроскопу вивчено гепатоцити хворого. Виявлено зниження кількості білка альбуміну. Функцію яких органелів клітини порушено?

- А. Гладенької ЕПС
- В. Рибосом
- С. Мітохондрій
- Д. Комплексу Гольджі
- Е. Лізосом

3. Під електронним мікроскопом у клітині добре помітна гладенька та шорстка ЕПС,

кожна з яких виконує ряд функцій. Яка загальна функція притаманна обом видам цього клітинного органелу?

- А. Синтез білків
- В. Синтез моносахаридів
- С. Синтез ліпідів
- Д. Синтез глікогену
- Е. Транспорт речовин

4. На електроннограмі клітини видно систему каналів, які пронизують клітину, з'єднуючи ядерну та цитоплазматичну мембрани. Який це органел?

- А. Комплекс Гольджі
- В. ЕПС
- С. Центросома
- Д. Мікротрубочки
- Е. Мітохондрія

5. Під електронним мікроскопом виявлено клітину щитоподібної залози, в якій на мембранах шорсткої ЕПС розташована

велика кількість рибосом (ергастоплазма). Яку функцію виконує ця клітина?

- A. Синтезу білків
- B. Синтезу ліпідів
- C. Транспорту речовин
- D. Синтезу вуглеводів
- E. Синтезу нуклеїнових кислот

6. У клітину проник вірус грипу, що призвело до реорганізації механізму біосинтезу білка. Де почав здійснюватися синтез вірусного білка?

- A. В ядрі
- B. У лізосомах
- C. На полірибосомах
- D. У пероксисомах
- E. У центросомі

7. Під час дослідження культури лейкоцитів людини під електронним мікроскопом спостерігали, як із цистерн комплексу Гольджі утворився пухирець. Біохімічний аналіз виявив значний вміст у ньому травних ферментів. Яка клітинна органела утворилася?

- A. Центросома
- B. Рибосома
- C. Гладенька ЕПС
- D. Первинна лізосома
- E. Мітохондрія

8. У лейкоцитах крові людини виявлено велику кількість лізосом, які містять різноманітні травні ферменти (протеази, нуклеази, амілази, ліпази тощо). Яка функція цього органоїду клітини?

- A. Синтез білків
- B. Синтез ліпідів
- C. Синтез моносахаридів
- D. Синтез глікогену
- E. Перетравлення речовин

9. Після обробки клітини ультрафіолетовим випромінюванням відбувся її автоліз. Які органоїди клітини спричинили це явище?

- A. Комплекс Гольджі
- B. Мітохондрії
- C. Шорстка ЕПС
- D. Рибосоми
- E. Лізосоми

10. Унаслідок “хвороби накопичення” в клітинах людини накопичується велика кількість вакуолей, які містять глікоген, що не розщеплюється внаслідок відсутності специфічного ферменту. Порушення

функцій яких органоїдів спричинило цей ефект?

- A. Лізосом
- B. Гладенької ЕПС
- C. Шорсткої ЕПС
- D. Рибосом
- E. Мітохондрій

11. У клітинах еукаріот виявлено напівавтономні органоїди. В них міститься власна ДНК, є власні рибосоми, синтезуються АТФ і білки для “особистого користування”. Який це органоїд клітини?

- A. Центросома
- B. Мітохондрія
- C. Комплекс Гольджі
- D. ЕПС
- E. Лізосома

12. У клітинах людини під електронним мікроскопом виявлено органоїди, що мають вигляд маленьких пухирців. В їх складі видно фрагменти мітохондрій, рибосоми, інші зруйновані клітинні органоїди. Про які структури йдеться?

- A. Лізосоми
- B. Комплекс Гольджі
- C. Центросома
- D. Гладенька ЕПС
- E. Шорстка ЕПС

13. Методом ультрацентрифугування з культури лейкоцитів людини виділено органоїди, що здатні до поділу. Біохімічний аналіз виявив високий вміст у них ферменту АТФ-синтетази. Які це клітинні органоїди?

- A. Комплекс Гольджі
- B. Рибосоми
- C. Гладенька ЕПС
- D. Мікротрубочки
- E. Мітохондрії

14. На електроннограмі клітини поблизу ядра виявлено органелу, яка складається з трубочок і цистерн. Відомо, що з неї утворюються первинні лізосоми. Яку назву отримав цей органоїд?

- A. Комплекс Гольджі
- B. Гладенька ЕПС
- C. Шорстка ЕПС
- D. Мікротрубочка
- E. Мітохондрія

15. На практичному занятті студенти вивчають забарвлений мазок крові миші з фагоцитованими лейкоцитами

бактеріальними клітинами. Які органоїди клітини завершують перетравлення цих бактерій?

- A. Рибосоми
- B. Мітохондрії
- C. Шорстка ЕПС
- D. Апарат Гольджі
- E. Лізосоми

16. При деяких захворюваннях у клітинах людини змінюється цілісність мембран лізосом. Що відбудеться внаслідок цього?

- A. Синтез вуглеводів
- B. Синтез ліпідів
- C. Синтез білків
- D. Автоліз
- E. Накопичення речовин

17. Студенти під мікроскопом вивчають особливості морфології рослинних клітин, клітини тварин і лейкоцити людини, які відрізняються від прокаріотичних клітин. Яка відмінна риса будови цих клітин?

- A. Є кільцева молекула ДНК
- B. Відсутні хромосоми
- C. Мають ядерну оболонку
- D. Не мають ЕПС
- E. Не містять мітохондрій

18. За допомогою мікрomanipулятора з клітини вилучили одну з двох центріолей центросоми. Який процес буде порушено в клітині?

- A. Біосинтез білків
- B. Енергетичний обмін
- C. Пластичний обмін
- D. Поділ клітини
- E. Біосинтез ліпідів

19. У клітинах печінки здорової людини активно синтезуються глікоген і білки. Які типи органел добре розвинені в цих клітинах?

- A. Центросома
- B. Гладенька та шорстка ЕПС
- C. Лізосоми
- D. Мітохондрії
- E. Комплекс Гольджі

20. У культурі клітин хворого на лізосомну хворобу визначили накопичення значної кількості ліпідів у лізосомах. Яка це хвороба?

- A. Фенілкетонурія

- B. Подагра
- C. Вільсона-Коновалова
- D. Галактоземія
- E. Тея-Сакса

21. У клітинах людини є органела, з якою пов'язано формування лізосом, а також біосинтез полісахаридів, ліпідів, утворення зерен жовтка при дозріванні овоцитів тощо. Яка це органела?

- A. Комплекс Гольджі
- B. ЕПС
- C. Лізосоми
- D. Мікротрубочки
- E. Рибосоми

22. Мукополісахаридози відносять до "хвороб накопичення". Через відсутність ферментів порушується розщеплення полісахаридів; у хворих спостерігається підвищення виділення їх із сечею та нагромадження в клітинах. В яких клітинних органелах відбувається накопичення речовин?

- A. Рибосомах
- B. Комплексі Гольджі
- C. ЕПС
- D. Мітохондріях
- E. Лізосомах

23. Біля ядра виявлено органелу, що складається з двох розташованих перпендикулярно один до одного циліндрів, утворених мікротрубочками. З'ясовано, що органела забезпечує формування мітотичного апарату. Яка це органела клітини?

- A. ЕПС
- B. Рибосома
- C. Центросома
- D. Мітохондрія
- E. Лізосома

24. Для вивчення локалізації біосинтезу білка в клітині мишам увели мічені амінокислоти аланін (Ала) і триптофан (Три). Біля яких органел спостерігається накопичення цих амінокислот?

- A. Лізосом
- B. Гладенької ЕПС
- C. Центросом
- D. Рибосом
- E. Комплексу Гольджі

**Вірні відповіді: 1-B, 2-A, 3-E, 4-B, 5-A, 6-C, 7-D, 8-E, 9-E, 10-A, 11-B, 12-A, 13-E, 14-A, 15-E, 16-D, 17-C, 18-D, 19-B, 20-E, 21-A, 22-E, 23-C, 24-D**

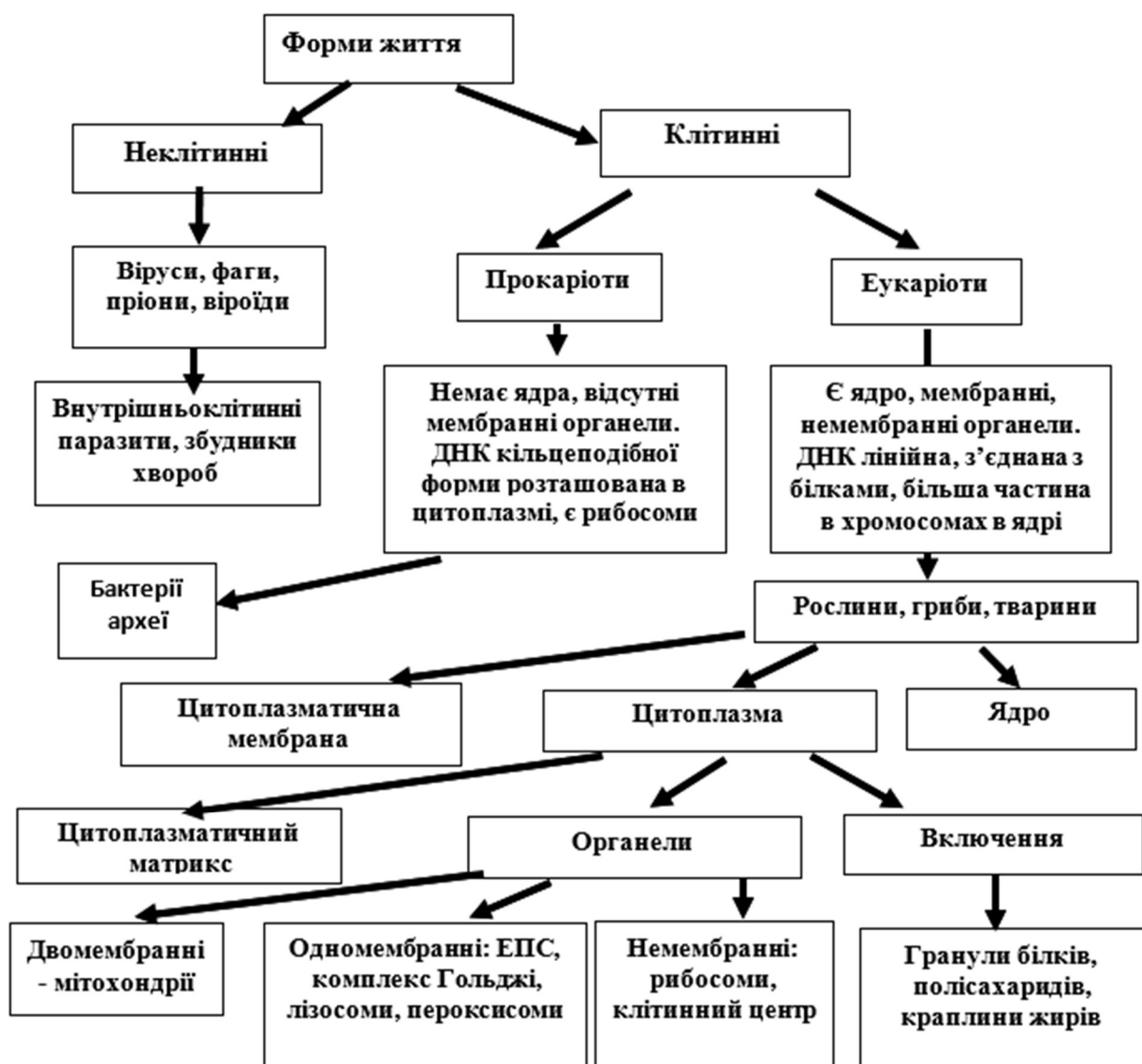
**IV. Тема наступного заняття: Біологічні мембрани. Транспорт речовин через плазмалему.**

**Список рекомендованої літератури**

**Основна:**

1. Медична біологія / За ред. В. П. Пішака, Ю. І. Бажори. Підручник / Видання 3-є, перероблене і доповнене.- Вінниця: Нова книга, 2017. – С. 34-72, 78.

*Стислий зміст теми*



## Будова і функції органел

Органели	Будова	Функції
<b>Двомембранні</b>		
Мітохондрії	Вкриті двома мембранами. Зовнішня мембрана гладенька, внутрішня утворює складки – кристи. В кристах знаходяться ферменти для синтезу АТФ. Внутрішнє середовище – матрикс. В матриксі розташовані кільцеві ДНК, рибосоми. Мітохондріальні ДНК містять гени, які кодують 5% білків мітохондрій, РНК. Кількість мітохондрій збільшується завдяки їх поділу. Рибосоми і ДНК близькі за будовою до бактеріальних.	Енергетична станція клітини. В мітохондріях проходить кисневий етап енергетичного обміну, синтезуються АТФ
<b>Одномембранні</b>		
Ендоплазматична сітка (ЕПС)	Система плоских мембранних мішечків, пухирців і трубочок, покритих однією мембраною. Заповнюють значну частину цитоплазми	
А) шорстка (гранулярна)	На мембранах знаходяться рибосоми	Синтез і транспорт білків які виводяться з клітини (на експорт), білків мембран
Б) гладенька (агранулярна)	Не мають рибосом	Синтез і транспорт вуглеводів і ліпідів, у тому разі ліпіди мембрани, знешкодження токсичних речовин
Комплекс Гольджі – складається з диктіосом	Диктіосома – скупчення 5-10 плоских мембранних мішечків – цистерн, що лежать паралельно один одному. По краях цистерн є пухирці. Проксимальна частина диктіосоми обернена до ЕПС, а дистальна – у протилежний бік. Речовини, що синтезуються в ЕПС, транспортуються пухирцями до проксимальної частини диктіосоми.	Накопичення речовин, синтезованих в ЕПС, та їх виведення із клітини (секреція шляхом екзоцитозу); утворення складних органічних сполук; утворення лізосом; утворення клітинних мембран
Лізосоми	Пухирці вкриті однією мембраною. Містять близько 60 ферментів (кислих гідролаз), які здатні перетравлювати всі речовини клітини. Відбруньковуються від цистерн комплексу Гольджі.	Внутрішньоклітинне перетравлення макромолекул (продуктів фагоцитозу, піноцитозу, руйнування старих органел клітини).

Пероксисоми	Мембранні пухирці, містять близько 50 ферментів. Ферменти пероксисом синтезуються рибосомами в цитоплазмі та проникають у пероксисоми. Пероксисоми збільшуються у розмірах. Нові пероксисоми утворюються шляхом брунькування від збільшених пероксисом.	Ферменти оксидази беруть участь в детоксикації багатьох речовин (наприклад, метаболітів етилового спирту); в реакціях утворюється пероксид водню ( $H_2O_2$ ). Важлива функція – нейтралізація пероксиду водню ферментами каталазами і пероксидазами. Ферменти каталази розщеплюють $H_2O_2$ до кисню і води. Пероксидази окислюють деякі речовини за участю $H_2O_2$ .
Немембранні органели		
Рибосоми	Складаються з двох субодиниць – великої і малої. Кожна із субодиниць утворена білками та рРНК. Утворюються в ядрі клітини в ядерцях. Розташовані в гіалоплазмі і на мембранах гранулярної ЕПС.	Синтез білків. В рибосомах здійснюється трансляція.
Клітинний центр	Складається із двох центріолей, які розташовані перпендикулярно. Кожна центріоль утворена дев'ятьма триплетами мікротрубочок (9x3). Навколо центріолей знаходиться центросфера (радіально розташовані мікротрубочки). Центріолі подвоюються S-періоді інтерфази.	Бере участь в поділі клітини. Від центріолей утворюються нитки веретена поділу, які розтягують хромосоми до протилежних полюсів клітини.

## Тема 2: Біологічні мембрани. Транспорт речовин через плазмалему.

**Мета:** Вивчити будови і функції цитоплазматичної мембрани, усвідомити значення біологічних мембран і транспорту речовин через них для розуміння ролі цих процесів у життєдіяльності клітини

**Основні поняття:** цитоплазматична мембрана, глікокалікс, активний транспорт, пасивний транспорт, дифузія, полегшена дифузія, осмос, фагоцитоз, піноцитоз, екзоцитоз, іонні насоси, рецептори клітини.

**Обладнання:** світлові мікроскопи, постійні мікропрепарати, ноутбук, мультимедійний проектор, презентації.

**Навчальний час:** 2 години

## План

### I. Мотивація здобувачів вищої освіти щодо вивчення теми:

Універсальна властивість всіх клітин – наявність плазматичної мембрани, яка вкриває і обмежує клітини в просторі. У мембрані розташовані рецептори гормонів, таких як інсулін чи адреналін, та інших біологічно активних речовин, котрі впливають на функцію клітин; локалізуються різні протеїни, гліколіпіди, глікопротеїди, які визначають її спроможність до проникності та антигенні властивості. Мембрана відіграє основну роль в міжклітинних комунікаціях як шляхом утворення спеціалізованих міжклітинних контактів, так і шляхом передавання сигналів.

Найважливіша функція плазматичної мембрани – це обміну речовин і енергії між клітиною і середовищем. Ці процеси забезпечують нормальне функціонування клітин в просторі і часі. Знання про будову та функції клітинної мембрани дає розуміння виникнення патологічних станів, що відбуваються при порушенні цілісності мембран клітини. Тема заняття має важливе значення для подальшого сприйняття навчального матеріалу з курсів медичної біології та інших дисциплін (гістології, цитології та ембріології, патологічної анатомії, патологічної фізіології, фармакології).

### II. Контроль опорних знань (опитування студентів):

2.1. Вимоги до теоретичної готовності здобувачів вищої освіти до виконання практичних занять:

*Здобувач вищої освіти повинен знати:*

- хімічний склад цитоплазматичної мембрани;
- сучасну модель будови біологічної мембрани;
- будову та функції глікокалікса,
- функції цитоплазматичної мембрани;
- активний і пасивний транспорт речовин через біологічні мембрани;

*По завершенню вивчення теми здобувач повинен вміти:*

- трактувати значення порушень цілісності мембран та їх функціонування у виникненні патологічних процесів у людини на молекулярному та клітинному рівнях.

### 2.2. Орієнтовна карта для позааудиторної самопідготовки

Вказівки до виконання завдання	Відповіді студента з доповненнями на занятті		
1. Назвіть сучасну модель будови біологічних мембран:			
2. Перелічіть органічні речовини, що входять до складу біологічних мембран:			
А	Б		
3. Укажіть основні функції цитоплазматичної мембрани:			
А	Б	В	
Г	Д		
4. Укажіть: а) надмембранну структуру тваринної клітини	б) підмембранну структуру		
5. Укажіть види:			
1) пасивного транспорту:			
А	Б		
В			
2) активного транспорту	А	Б	В

Вказівки до виконання завдання	Відповіді студента з доповненнями на занятті
6. Енергія якої речовини використовується для активного транспорту:	
7. Скільки кДж енергії містить один макроергічний зв'язок АТФ?	
8. Піноцитоз – це ...	
9. Фагоцитоз – це ...	
10. Екзоцитоз – це ...	

2.3. Питання для перевірки базових знань за темою заняття:

1. Будова оболонки клітини: цитоплазматична мембрана, надмембранна і підмембранна структури.
2. Хімічний склад і будова біологічної мембрани. Сучасна модель будови біологічної мембрани.
3. Будова та функції глікокалікса.
4. Функції біологічних мембран.
5. Види транспорту речовин через мембрану. Приклади пасивного транспорту (проста дифузія, полегшена дифузія, осмос).
6. Активний транспорт речовин через біологічні мембрани: іонні насоси, ендоцитоз (фагоцитоз, піноцитоз), екзоцитоз.

### III. Формування професійних вмінь, практичних навичок зміст завдань:

#### 3.1. зміст завдань:

Робота 1. Вивчіть схему будову рідинно-мозаїчної моделі клітинної мембрани. Позначте: гідрофільні головки ліпідів, гідрофобні хвости ліпідів, білки (інтегральні, напівінтегральні, поверхневі), глікопротеїди, гліколіпіди

Робота 2. Вивчіть схему транспорту речовин через мембрану. Позначте на рисунку речовину, що транспортується у кожному випадку і відповідні механізми транспорту (проста дифузія, полегшена дифузія, активний транспорт- іонні насоси).

Робота 3. Вивчіть схему активного транспорту іонів на прикладі  $K^+$  -  $Na^+$  насосу

Робота 4. Вивчіть під мікроскопом постійний препарат лейкоцита людини з фагоцитованими бактеріями. Замалювати лейкоцит. Позначити ядро, фагоцитовані бактерії. Яке значення цього процесу?

Робота 5. Заповніть таблицю «Транспорт речовин»

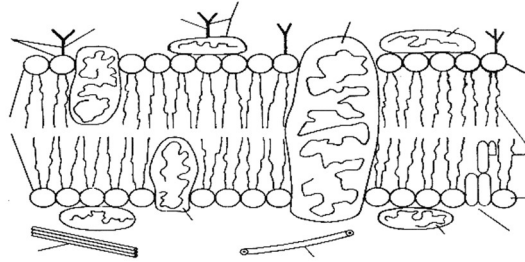
Речовина	Механізм проникнення	Компонент мембрани, через який проникають речовини
Вода		
Водорозчинні речовини		
Жиророзчинні речовини		
Глюкоза		
Амінокислоти		
Іони		



### 3.2. рекомендації (інструкції) щодо виконання завдань, професійні алгоритми.

#### Робота 1

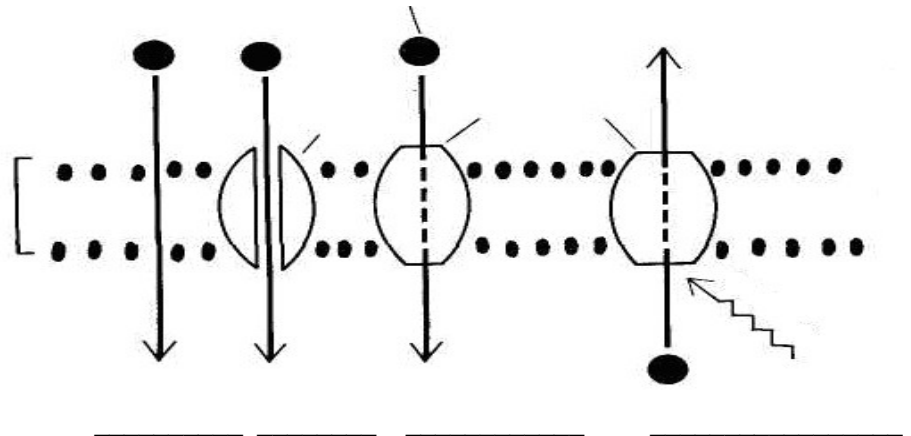
Згідно з рідинно-мозаїчною моделлю цитоплазматична мембрана складається з двох шарів ліпідів. Ліпіди мембрани рідкі, мають латеральну рухомість. Вони розташовані гідрофільними головками назовні і гідрофобними хвостами занурені в шар ліпідів. Білки мембрани розташовані мозаїчно. Є інтегральні, напівінтегральні і периферичні білки. Поверхневий шар мембрани – глікокалікс, складається з вуглеводних хвостів гліколіпідів і глікопротеїдів мембрани.



#### Робота 2

**Зверніть увагу на те, що проста дифузія** - це рух низькомолекулярних речовин за градієнтом концентрації через біліпідний шар мембрани (дифузія  $O_2$ ,  $CO_2$ , **жиророзчинних речовин** - холестерин, ефір, віт. D). Дифузія триває до тих пір, поки концентрація молекул не вирівняється по обидва боки мембрани. **Полегшена дифузія** - це рух речовин за градієнтом концентрації через інтегральний білок-переносник або білковий канал. Так поступають до клітини амінокислоти, глюкоза та деякі іони. **Активний транспорт** - це транспорт із витратою енергії (АТФ). Він походить з області з низькою концентрацією в область з високою концентрацією (проти градієнта концентрації) або забезпечує транспорт великих молекул. Прикладом активного транспорту низькомолекулярних речовин можуть бути **іонні насоси** - активний транспорт іонів за допомогою спеціальних білків – насосів.

Транспортовані часточки

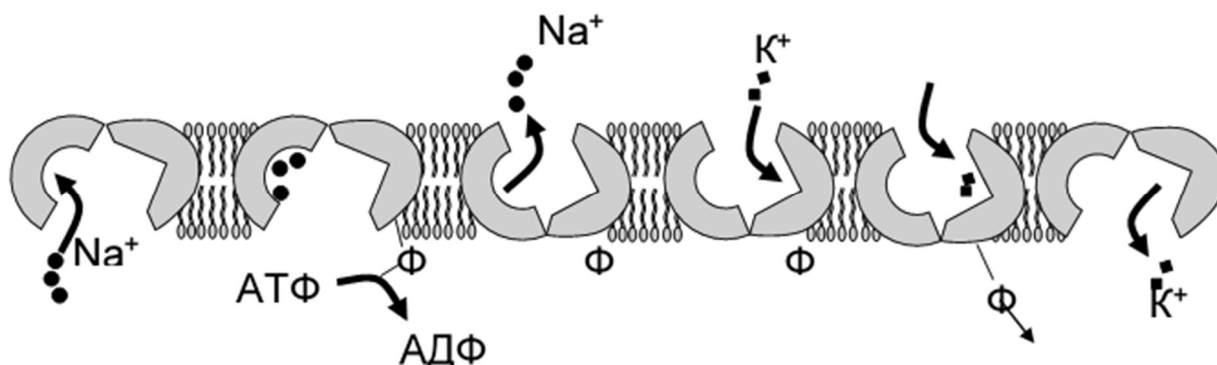


Механізми транспорту

#### Робота 3

Калій-натрієвий насос забезпечує перенос іонів калію і натрію через мембрану проти градієнту концентрації. Калій-натрієвий насос – це не тільки транспортний білок, він також є ферментом аденозинтрифосфатазою. Він розщеплює АТФ і використовує енергію для транспорту іонів калію і натрію проти градієнту концентрації. При розщепленні однієї молекули АТФ із клітини переносяться три іона натрію, а в клітину транспортуються два іона

калію. Насос забезпечує різницю (градієнт) концентрації іонів калію і натрію в цитоплазмі і в навколишньому середовищі. В середині клітини виникає дефіцит позитивно заряджених іонів, а на зовнішній поверхні мембрани їх надлишок. Це, у свою чергу, створює негативний заряд на внутрішній стороні мембрани і позитивний на зовнішній. В мембрані виникає мембранний потенціал спокою. Він важливий для роботи м'язових клітин і нейронів.



#### Робота 4

Зверніть увагу на те, що фагоцитоз – захоплення та поглинання клітиною твердих частинок, приклад активного транспорту макромолекул. У місці проникнення субстрату спочатку відбувається вп'ячування плазмалемі в цитоплазму. Потім воно все поглиблюється, поки не перетворюється на мембранний міхурець – фагосому, що містить тверду частинку. У подальшому відбувається злиття фагосоми і лізосоми, утворюються фаголізосоми (вторинні лізосоми), в яких перетравлюються фагоцитовані тверді частинки. На постійному препараті нейтрофільний лейкоцит, який фагоцитуює бактерії. Нейтрофільні лейкоцити здатні фагоцитувати й знешкоджувати більшість бактерій, що проникають в організм людини. Це є прикладом неспецифічного клітинного імунітету.

#### Робота 5

Заповніть таблицю. Використовуйте інструкції до роботи 2 і 3, а також стислий вміст теми.

### 3.3. вимоги до результатів роботи, в т.ч. до оформлення;

Виконайте в зошиті-альбомі роботи 1-4, заповніть таблицю «Транспорт речовин». Після виконання практичної роботи отримайте підпис викладача.

### 3.4. матеріали контролю для заключного етапу заняття:

#### Тести для контролю з еталонами відповідей:

1. В експерименті до культури лейкоцитів додали стафілококи. У препараті, що виготовили з цієї культури, видно нейтрофільні лейкоцити, які містять велику кількість бактеріальних клітин, частина з яких уже напівперетравлена. Яку назву отримав цей процес?

- A. Піноцитоз
- B. Дифузія
- C. Полегшена дифузія
- D. Фагоцитоз
- E. Екзоцитоз

2. У деяких одноклітинних організмів, наприклад, прісноводних амеб, живлення

здійснюється шляхом фагоцитозу. В яких клітинах організму людини таке явище не є способом живлення, а здійснює захист макроорганізму від чужорідного?

- A. Еритроцитах
- B. Лейкоцитах
- C. Епітелію травної системи
- D. Епітелію дихальної системи
- E. Епітелію видільної системи

3. Під електронним мікроскопом виявлено секреторні клітини підшлункової залози, в яких є добре розвинутий пластинчастий комплекс Гольджі. Накопичені в ньому білки утворили гранули, частина з яких

виведена через цитоплазматичну мембрану за межі клітини. Яку назву отримав цей процес?

- A. Дифузія
- B. Фагоцитоз
- C. Екзоцитоз
- D. Активний транспорт
- E. Осмос

4. На практичному занятті студенти вивчають забарвлений мазок крові миші з бактеріями, які фагоцитовано лейкоцитами. Які органели клітини завершують перетравлення цих мікроорганізмів?

- A. Лізосоми
- B. Мітохондрії
- C. Апарат Гольджі
- D. Гранулярна ЕПС
- E. Рибосоми

5. На занятті студенти помістили еритроцити в поживне середовище, в якому концентрація солей нижча, ніж у клітині. Вода надходила ззовні всередину клітини, внаслідок чого об'єм еритроциту збільшився, він лопнув, тобто відбувся "гіпотонічний шок". Який механізм транспорту має місце в цьому випадку?

- A. Електродифузія іонів
- B. Екзоцитоз
- C. Осмос
- D. Фагоцитоз
- E. Полегшена дифузія

6. Карета швидкої медичної допомоги доставила до хірургічного відділення хворого на гострий апендицит. Його було прооперовано під ефірним наркозом. Який механізм проникнення цієї наркотичної речовини через мембрани клітин головного мозку пацієнта?

- A. Дифузія через біліпідний шар
- B. Осмос
- C. Електродифузія іонів
- D. Дифузія через білки-переносники
- E. Фагоцитоз

7. Водій автомобіля в степу виявив нестачу бензину. Заправляючи авто з каністри, він випадково проковтнув незначну кількість бензину, внаслідок чого в нього з'явилися

першіння в горлі, головний біль, нудота, запаморочення тощо. Який механізм проникнення цієї речовини через клітинні мембрани?

- A. Електродифузія іонів
- B. Дифузія через біліпідний шар
- C. Осмос
- D. Дифузія через білки-переносники
- E. Фагоцитоз

8. У хлопчика 2,5 років порушився нормальний розвиток скелету. Педіатр встановив діагноз "Вітамінозалежний рахіт", призначивши хворому прийом жиророзчинного вітаміну D<sub>3</sub>. Який механізм проникнення цього вітаміну через клітинні мембрани?

- A. Активний транспорт
- B. Осмос
- C. Дифузія через біліпідний шар
- D. Дифузія через білки-переносники
- E. Фагоцитоз

9. В епітеліальній клітині людини внаслідок впливу ультрафіолетових променів пошкоджено цілісність плазмалеми. За рахунок яких органелів клітини може відбутися синтез структурних компонентів і поновлення цієї біологічної мембрани?

- A. Лізосом
- B. Мітохондрій
- C. Центросом
- D. ЕПС
- E. Комплексу Гольджі

10. На електронній мікрофотографії клітини дослідник виявив надмолекулярну структуру – глікозильні групи глікокаліксу, що мають вигляд коротких нерозгалужених ланцюжків вуглеводів, щільно зв'язаних із мембранними білками та ліпідами. Яку основну функцію відіграють ці структури в цитоплазматичній мембрані клітини?

- A. Бар'єру
- B. Структурну
- C. Пасивного транспорту
- D. Рецепторну
- E. Ферментативну

**Вірні відповіді: 1-D, 2-B, 3-C, 4-A, 5-C, 6-A, 7-B, 8-C, 9-E, 10-D.**

## **Розв'язати ситуаційну задачу.**

### **Ситуаційна задача 1.**

У пробірку з кров'ю додали дистильовану воду, кров стала прозорою. В іншу пробірку додали концентрований розчин натрію хлориду (5% NaCl). Краплю крові помістили на предметне скло, накрили покривним склом та вивчили під великим збільшенням мікроскопа. Еритроцити набули зірчастої форми. До третьої пробірки додали ізотонічний розчин хлориду натрію (0,9% NaCl). Під мікроскопом не спостерігаємо зміни форми та розмірів еритроцитів. Поясніть цей експеримент

*Вірна відповідь.*

Осмоз – це процес дифузії розчинника через напівпроникну мембрану. Він відбувається в бік більшої концентрації розчиненої речовини. Основний розчинник в клітинах – це вода. Дифузія води відбувається через білки мембрани – водні канали (аквапоріни). Якщо концентрація речовини в розчині така як в клітині, то такий розчин є ізотонічним. Якщо концентрація менша – гіпотонічний і якщо більша – гіпертонічний.

В першу пробірку з кров'ю додали дистильовану воду. В плазмі створюється гіпотонічний розчин (цитоплазма еритроцитів буде мати більшу концентрацію солі). Вода транспортується в еритроцити, вони збільшуються в розмірі і руйнуються (явище гемолізу). Кров стає прозорою червоного кольору. В другій пробірці створюється гіпертонічний розчин. У концентрованих розчинах (гіпертонічних) вода виходить із еритроцита в розчин. Клітини зморщуються (явище плазмолізу). В третій пробірці розчин ізотонічний, тому осмос води не відбувається.

## **IV. Тема наступного заняття: Структурні компоненти ядра. Морфологія хромосом. Каріотип людини.**

### **Список рекомендованої літератури**

#### **Основна література:**

1. Медична біологія / За ред. В. П. Пішака, Ю. І. Бажори. Підручник / Видання 3-є, перероблене і доповнене.- Вінниця: Нова книга, 2017. – С. 54-59, 60-62.

#### *Стислий зміст теми*

Клітина тварин вкрита цитоплазматичною мембраною (плазмолемою). Хімічний склад мембрани: ліпіди і білки. Ліпіди мембрани - фосфоліпіди, гліколіпіди, холестерол. Кожна молекула фосфоліпідів і гліколіпідів має гідрофільну (водорозчинну) головку і гідрофобні (водонерозчинні) хвости. Ліпіди розташовані у два шари. Гідрофільні головки знаходяться ззовні, а гідрофобні хвости звернені усередину один до одного. Білки розташовані мозаїчно. За локалізацією в мембрані білки поділяють на: 1) інтегральні -проходять мембрану наскрізь; 2) напівінтегральні – частково занурені у шар ліпідів (зовнішній чи внутрішній); 3) поверхневі (периферичні) – розташовані на поверхні мембрани. Товщина мембрани 8-11 нм. Мембрани органел мають подібну структуру.

Модель будови мембрани – рідинно-мозаїчна (ліпіди рідкі, білки розташовані мозаїчно).

Надмембранна структура тваринної клітини – це глікокалікс (3-4 нм). Він містить глікопротеїни і ферменти. Основні функції – рецепторна і захисна.

Підмембранна структура – це мікротрубочки і мікрофіламенти на внутрішній поверхні мембрани. Опорна функція.

Функції цитоплазматичної мембрани:

1. Захисна, опорна функція,
2. Рецепторна,
3. Взаємодія з іншими клітинами, утворює міжклітинні контакти в багатоклітинних організмах,
4. Бар'єрна (мембрана непроникна для багатьох гідрофільних речовин та іонів),
5. Транспортна,
6. Створює трансмембранний потенціал.

#### Способи транспорту речовин через мембрану

Види транспорту	Речовини, які транспортуються
<b><i>Пасивний транспорт речовин (без витрат енергії, за градієнтом концентрації)</i></b>	
<b><i>Проста дифузія</i></b> – транспорт низькомолекулярних речовин за градієнтом концентрації через біліпідний шар мембрани	Дифузія O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> , жиророзчинних речовин (холестерол, ефір, жирні кислоти, вітамін D). Дифузія триває до тих пір, поки концентрація молекул не вирівняється по обидва боки мембрани.
<b><i>Осмоз</i></b> – дифузія розчинника (води) через напівпроникну мембрану.	Основний розчинник в клітинах – це вода. Дифузія води відбувається через білки мембрани – водні канали (аквапоріни).
<b><i>Полегшена дифузія</i></b> – це рух речовин за градієнтом концентрації через інтегральний білок-переносник або білковий канал.	Транспорт амінокислот, глюкози та деяких іонів (K <sup>+</sup> -канали, Na <sup>+</sup> -канали, аніонні канали)
<b><i>Активний транспорт речовин (з витратою енергії АТФ, проти градієнту концентрації)</i></b>	
<b><i>Іонні насоси</i></b> – активний транспорт іонів за допомогою спеціальних білків – насосів.	K <sup>+</sup> - Na <sup>+</sup> насос
<b><i>Ендоцитоз</i></b> – фагоцитоз і піноцитоз	Фагоцитоз - поглинання клітиною твердих частинок з утворення мембранних пухирців Піноцитоз – поглинання клітиною води і розчинених у воді речовин також з утворенням мембранних пухирців
<b><i>Екзоцитоз</i></b>	Секреція речовин із клітини за допомогою пухирців, які утворюються в комплексі Гольджі.

### Тема 3: Структурні компоненти ядра. Морфологія хромосом. Каріотип людини.

**Мета:** Вивчити морфологічну характеристику хромосом. Описати каріотип людини в нормі, значення вивчення каріотипу для діагностики спадкових захворювань

**Основні поняття:** ядро, хромосоми, хроматин, еухроматин, гетерохроматин, каріотип, ідіограма, метафазна пластинка, хроматиди, центромера, вторинна перетяжка, плечі, супутник, типи метафазних хромосом

**Обладнання:** світлові мікроскопи, препарат хромосом людини (метафазні пластинки), таблиці будови ядра, хромосом, каріотипу людини, мультимедійний проектор, ноутбук, презентації.

**Навчальний час:** 2 години

#### План

#### I. Мотивація здобувачів вищої освіти щодо вивчення теми:

Актуальність теми визначається тим, що спадковість є однією з базових властивостей живого. Засвоєння основних характеристик морфології хромосом, каріотипу людини необхідно для розуміння етіології хромосомних захворювань і буде використаним студентами у майбутній професійній діяльності. Знання про структуру спадкового апарату клітини мають важливе значення для подальшого сприйняття навчального матеріалу з генетики людини та медичної генетики, інших фундаментальних (анатомії людини, гістології, цитології, ембріології, нормальної фізіології, патологічної фізіології) та клінічних дисциплін.

#### II. Контроль опорних знань (опитування студентів):

2.1. Вимоги до теоретичної готовності здобувачів вищої освіти до виконання практичних занять:

*Здобувач вищої освіти повинен знати:*

- будову ядра клітини, роль кожного з його компонентів;
- хімічний склад хромосом, рівні компактизації хроматину;
- особливості організації хроматину в інтерфазі;
- відмінності між еу- та гетерохроматином;
- будову метафазної хромосоми, форми метафазних хромосом;
- характеристику каріотипу людини, класифікацію хромосом;
- поняття ідіограми;
- методику виготовлення метафазної пластинки;

*По завершенню вивчення теми здобувач повинен вміти:*

- пояснити роль компактизації хроматину в регуляції активності генів;
- визначити типи метафазних хромосом на метафазній пластинці та мікрофотографіях ;
- охарактеризувати групи хромосом людини, використовуючи зображення каріотипу;
- при вивченні каріотипу визначити стать людини.

#### 2.2. Орієнтовна карта для позааудиторної самопідготовки

Вказівки до виконання завдання	Відповіді студента з доповненнями на занятті		
1. Назвіть компоненти ядра клітини			
А	Б	В	Г
2. Укажіть функції ядра			
А	Б	В	
3. На яких ділянках хромосом в ядрі утворюються ядерця?			
4. Перелічіть основні функції ядерця			
А	Б		

Вказівки до виконання завдання	Відповіді студента з доповненнями на занятті	
5. Укажіть хімічний склад хромосом: А	Б	В
6. Яку функцію виконують білки хромосом: 1) гістонові	2) негістонові	
7. Нуклеосома містить: А	Б	
8. Укажіть, де знаходяться структурні гени (в ділянці гетерохроматину, еухроматину):		
9. В якому стані (спіралізованому, деспіралізованому) перебувають хромосоми в: 1) період інтерфази		
2) метафазі мітозу		
10. Першу міжнародну класифікацію хромосом було прийнято в місті .....В..... році		
11. Які особливості каріотипу людини покладено в основу класифікації хромосом: А		
Б		
В		
12. Назвіть форми метафазних хромосом у залежності від розташування центромери: 1) в нормі: А		
Б		
В		
2) яка форма не зустрічається в каріотипі людини?		
13. Метафазна пластинка – це...		
14. Каріотип – це...		
15. Ідіограма – це...		
16. Вивчення каріотипу людини в медицині використовують для		
17. Назвіть клітини, що найчастіше використовують для вивчення хромосом людини: А		
Б		
В		
18. Скільки в каріотипі здорової людини: 1) аутосом		
2) статевих хромосом		
19. Довжину хромосом вимірюють у		
20. Яка хромосома людини є: 1) найменшою		
2) найбільшою		
21. Зазначте правила хромосом: А		
Б		
В		
Г		

### 2.3. Питання для перевірки базових знань за темою заняття:

1. Структурні компоненти ядра клітини. Будова та функції ядерної оболонки.
2. Будова та функції ядерця.
3. Хімічний склад хромосом. Рівні упакування хроматину.
4. Що таке еухроматин і гетерохроматин?
5. Будова метафазної хромосоми, форми метафазних хромосом у залежності від розташування первинної перетяжки.
6. Методика виготовлення препарату для вивчення каріотипу людини.
7. Що таке каріотип? Характеристика каріотипу здорової людини.
8. Міжнародна класифікація хромосом людини.

## 9. Правила хромосом.

### III. Формування професійних вмінь, практичних навичок:

#### 3.1. зміст завдань:

Робота 1. Вивчіть рівні упакування генетичного матеріалу. Укажіть нуклеосомний рівень, хроматинову фібрилу (соленоїд) , петльовий рівень, рівень метафазної хромосоми.

Робота 2. Вивчити будову метафазної хромосоми. Замалюйте метафазну хромосому, відзначте на рисунку дочірні хроматиди, центромеру, теломерні ділянки, еухроматин, гетерохроматин.

Робота 3. Позначте на рисунку акроцентричної хромосоми довге плече, коротке плече, первинну перетяжку, вторинну перетяжку, супутник (сателіт). Відзначте ядерцевий організатор.

Робота 4. Вивчіть під мікроскопом препарат метафазної пластинки людини. Зверніть увагу на різні форми хромосом. На рисунку метафазної пластинки позначте мета-, субмета- та акроцентричні хромосоми.

Робота 5. Вивчіть принципи Денверської класифікації хромосом. Позначте буквами групи хромосом, номери хромосом та форму кожної групи хромосом у залежності від розташування первинної перетяжки.

#### 3.2. рекомендації (інструкції) щодо виконання завдань, професійні алгоритми.

##### Робота 1

Зверніть увагу на те, що хромосоми складаються з хроматину – це комплекс ДНК, гістонових і негістонових білків. В соматичних клітинах людини міститься 46 хромосом. Починаючи з анафази мітозу і до синтетичного періоду інтерфази в кожній хромосомі знаходиться по 1 молекулі ДНК. Загальна довжина 46 ДНК становить близько 218 см. Як упаковані ці довгі ДНК у хромосомах?

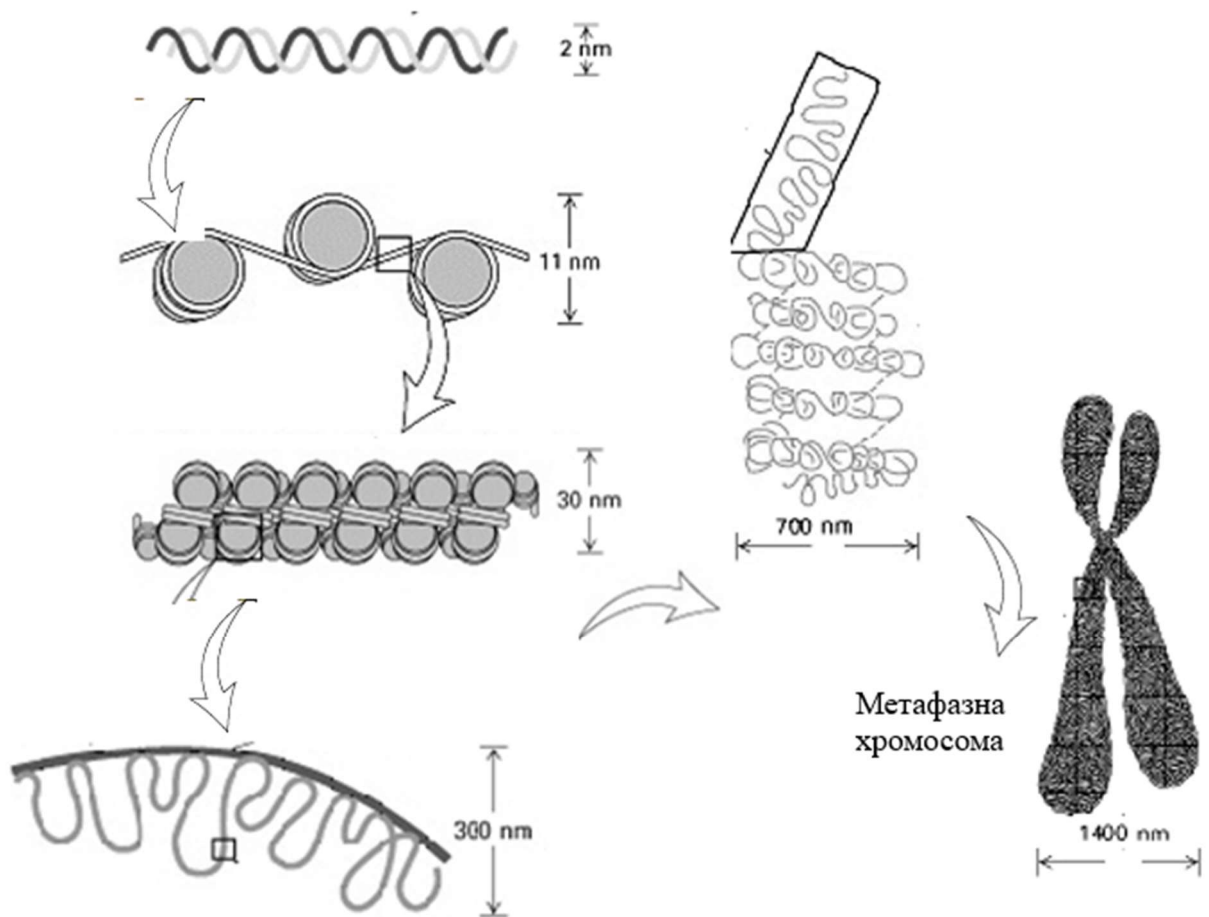
Перший рівень організації хроматину – нуклеосомний. Основа нуклеосоми - глобула з 8 гістонових білків (по 2 молекули гістонів H2A, H2B, H3, H4), навколо якої спіралізована ДНК (1,75 оборотів). Нуклеосоми з'єднані лінкерною ДНК. На цьому рівні організації хромосома є довгим ланцюгом "намистинок" - нуклеосом товщиною 10 нм. Така структура характерна для еухроматинових ділянок.

Другий рівень укладання хроматину – хроматинова фібрила товщиною 30 нм. Вона являє собою суперспіраль, в яку згортається нуклеосомна нитка за допомогою білка-гістона H1.

Подальша компактизація відбувається за допомогою негістонових білків. Третій рівень компактизації - хроматинова фібрила влаштовується у складки та петлі на негістонових білках. Формується хромосомна фібрила товщиною 300 нм. Другий і третій рівні відповідають гетерохроматину в інтерфазі.

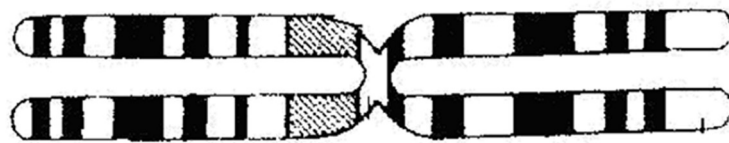
Четвертий рівень упаковки - рівень метафазної хромосоми – це суперскручені петлі, які утворюються лише під час поділу клітини, коли хромосоми стають видимими. Утворюються компактні хроматиди товщиною 700 нм. Метафазна хромосома складається з двох хроматид загальною товщиною 1400 нм.





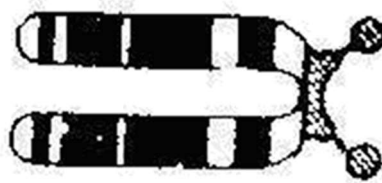
### Робота 2

Метафазна хромосома складається з двох хроматид, з'єднаних між собою в ділянці первинної перетяжки (центромери). Центромера поділяє кожну хроматиду на плечі. Кінці хромосом – теломери. Залежно від положення первинної перетяжки виділяють метацентричні, субметацентричні, акроцентричні та телоцентричні хромосоми. Останні не зустрічаються в каріотипі людини.



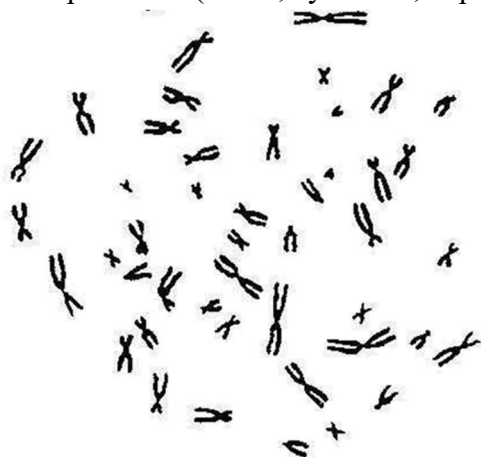
### Робота 3.

У каріотипі людини 10 пар акроцентричних хромосом (одне плече дуже коротке). На короткому плечі ці хромосоми мають вторинні перетяжки та супутники. У ділянці вторинної перетяжки є гени рРНК. На цих ділянках формуються ядерця (ядерцевий організатор).



### Робота 4

Метафазні пластинки – це препарат хромосом клітин людини на стадії метафази. Хромосоми однієї клітини відповідно – метафазна пластинка. Під світловим мікроскопом добре ідентифікуються форми хромосом (мета-, субмета-, акроцентричні).



Робота 5.

Відповідно до форми хромосом (положення центромери і розміру 22 пари аутомосом поділені на 7 груп від “А” до “G”, 23-я пара – статеві хромосоми виділена окремо.

Група 1–3 (А): великі хромосоми, які чітко відрізняються одна від одної; 1 і 3 хромосоми – метацентричні, 2 – субметацентрична

Група 4–5 (В): великі субметацентричні хромосоми, які мало відрізняються одна від одної;

Група 6–12 (С): хромосоми середніх розмірів, мало різняться між собою; субметацентричні. Найбільша за довжиною з цієї групи хромосом – 6, вона схожа з Х-хромосомою.

Група 13–15 (D): хромосоми середніх розмірів, акроцентричні. У всіх трьох хромосом виявлені супутники.

Група 16–18 (E): маленькі субметацентричні хромосоми;

Група 19–20 (F): маленькі метацентричні хромосоми;

Група 21–22 (G): найменші хромосоми, акроцентричні. У всіх трьох хромосом виявлені супутники.

Х-хромосома субметацентрична, подібна до хромосом групи С.

У-хромосома – акроцентрична за формою, подібна до хромосом групи G .



### 3.3. вимоги до результатів роботи, в т.ч. до оформлення;

Роботу виконати в зошиті-альбомі для практичних занять. Після виконання практичної роботи отримайте підпис викладача.

### 3.4. матеріали контролю для заключного етапу заняття: тести для перевірки знань.

*Тести для контролю з еталонами відповідей:*

1. З метою діагностики спадкової хвороби лікар-генетик вивчає під мікроскопом метафазну пластинку (препарат хромосом людини в соматичній клітині на стадії метафази). Які клітини людини використовують для її виготовлення найчастіше?
- Епідермальні
  - Мегакаріоцити
  - М'язові
  - Лейкоцити
  - Еритроцити
2. Під час вивчення каріотипу людини виявлено хромосоми, які мають супутник. Він з'єднаний із плечем хромосоми особливою ділянкою – “містком”. Яку назву має ця ділянка хромосом?
- Первинна перетинка
  - Довге плече
  - Кінетохор
  - Ядерцевий організатор
  - Теломерна ділянка
3. У клітинах еукаріот спадкова інформація міститься в хромосомах. Які органічні речовини входять до їх хімічного складу?
- Поліпептидні ланцюги
  - Амінокислоти
  - Гліколіпіди
  - Глікопротеїди
  - Нуклеопроїди
4. Під мікроскопом в інтерфазному ядрі виявлено інтенсивно забарвлені грудочки хроматину. Які органічні речовини входять до їх складу?
- Молекули ДНК
  - ДНК + білки
  - рРНК + білки
  - іРНК + білки
  - тРНК + білки
5. В ядрі клітини є непостійні структури, які зникають на початку поділу та знову з'являються наприкінці його. Вони містять білки та рРНК, беруть участь у формуванні субодиноць рибосом. Яку назву отримали ці ядерні структури?
- Мікротрубочки
  - Мікрофібрили
  - Полісоми
  - Нуклеосоми
  - Ядерця
6. Деякі хромосоми людини мають супутники. Які ці хромосоми за формою?
- Метацентричні
  - Субметацентричні
  - Акроцентричні
  - Телоцентричні
7. Хромосомний набір кожного виду організмів характеризується певною кількістю і морфологічними ознаками хромосом. Яку назву він отримав?
- Генотип
  - Геном
  - Каріотип
  - Ідіограма
  - Генофонд
8. На мікрофотографії метафазної пластинки виявлено хромосоми різних форм. Які з цих хромосом мають плечі однакової довжини?
- Метацентричні
  - Субметацентричні
  - Акроцентричні
  - Телоцентричні
9. У м. Денвер (США, 1960 р.) прийнято міжнародну класифікацію хромосом людини. Які характеристики хромосомного набору покладено в основу цієї класифікації?
- Форма, розміри, забарвлення
  - Розміри, забарвлення, число
  - Забарвлення, число, форма
  - Форма, розміри, число
10. Для чіткої ідентифікації кожної пари хромосом застосовують метод диференційного забарвлення, після чого ці структури набувають специфічного чергування світлих і темних смужок, характерного для кожної пари. Яку назву мають ділянки хромосоми, що інтенсивне забарвлюються при використанні цього методу?
- Еухроматичні
  - Теломерні
  - Центромерні
  - Гетерохроматичні
  - Супутникові
11. При вивченні інтерфазних хромосом виявлено, що певні зони негомологічних хромосом деконденсуються та слабо забарвлюються. Яку назву отримали ці специфічні ділянки хромосом?
- Еухроматичні
  - Гетерохроматичні
  - Центромерні

- D. Теломерні  
E. Супутникові
12. У каріотипі чоловіка та жінки більша частина хромосом не відрізняється за формами та розмірами. Яку назву вони отримали?  
A. Автосоми  
B. Гетерохромосоми  
C. Негомологічні  
D. Гомологічні
13. Аналізується ідіограма клінічно здорового чоловіка. Скільки пар гомологічних хромосом у диплоїдному наборі соматичних клітин буде виявлено в нього?  
A. 22  
B. 23  
C. 24  
D. 44  
E. 46
14. У науковій лабораторії ядра клітин обробили препаратом, який зруйнував лужні білки – гістони. Які компоненти клітин зміняться внаслідок цього в першу чергу?  
A. Плазмалема  
B. Ядерця  
C. Рибосоми  
D. Каріолема  
E. Хромосоми
15. Проводиться каріотипування клітин здорового батька дівчинки, в якій є підозра на спадкову хромосомну хворобу. В метафазній пластинці було виявлено 46 хромосом, одна з них – непарна акроцентрична. Яка це хромосома?  
A. Автосома групи D  
B. Автосома групи E  
C. Автосома групи G  
D. Статева X-хромосома  
E. Статева Y-хромосома
16. Вивчення каріотипу людини проводиться на стадії метафази. За допомогою якої речовини припинили процес поділу клітин?  
A. Колхіцину  
B. Фітогемаглютиніну  
C. Оцтової кислоти  
D. Метилового спирту  
E. Хлориду калію
17. При дослідженні в цитогенетичній лабораторії каріотипу здорового чоловіка встановлено, що всі його соматичні клітини містять по 46 хромосом. Яка кількість автосом знаходиться в його соматичних клітинах?  
A. 22  
B. 23  
C. 44  
D. 46  
E. 92
18. Під електронним мікроскопом науковець виявив специфічну структуру, котру утворено вісьмома молекулами білків-гістонів, а також ділянкою молекули ДНК, що робить 1,75 обертів навколо них. Яку структуру побачив дослідник?  
A. Нуклеосому  
B. Теломеру  
C. Центромеру  
D. Вторинну перетинку  
E. Метафазну хромосому
19. Установлено, що в клітинах організмів відсутні мембранні органели і їх спадковий матеріал не має нуклеосомної організації. Які це організми?  
A. Віруси  
B. Прокаріоти  
C. Найпростіші  
D. Аксоміцети  
E. Еукаріоти

**Вірні відповіді: 1-D, 2-D, 3-E, 4-B, 5-E, 6-C, 7-C, 8-A, 9-A, 10-D, 11-A, 12-A, 13-B, 14-E, 15-E, 16-A, 17-C, 18-A, 19-B**

**IV. Тема наступного заняття: Молекулярні основи спадковості. Будова гена про- і еукаріот**

## Список рекомендованої літератури

### Основна література:

2. Медична біологія / За ред. В. П. Пішака, Ю. І. Бажори. Підручник / Видання 3-є, перероблене і доповнене.- Вінниця: Нова книга, 2017. – С. 71-78, 181-182 с.

### Стислий зміст теми Будова та функції ядра

Структурні компоненти ядра	Будова	Функції
Ядерна оболонка	Складається з двох мембран, між ними перинуклеарний простір. Пронизана порами. Зсередини вкрита білковою сіткою – ядерною ламіною (білки – ламіни)	Забезпечує вибірковий обмін речовин між ядром і цитоплазмою.
Каріоплазма (нуклеоплазма, ядерний сік)	Прозорий рідкий матеріал всередині ядра, містить воду, білки, нуклеотиди, АТФ, різні типи РНК, іони. Містить систему білкових ниток – фібрил, які утворюють внутрішній скелет ядра, підтримують форму. До них прикріплюються хромосоми.	Внутрішнє середовище ядра
Хромосоми	Постійні структури ядра, які складаються з хроматину (комплекс ДНК, гістонових і негістонових білків)	Містять спадкову (генетичну) інформацію
Ядерця	Гранулярні, округлі, сильно забарвлені структури, які не мають мембран. Утворюються на вторинних перетяжках хромосом (організатори ядерця). Складаються з рРНК, білків.	Синтез рРНК, формування субодиниць рибосом

### Функції ядра

1. Збереження та передача спадкової (генетичної) інформації.
2. Регуляція всіх процесів життєдіяльності клітини
3. Синтез усіх видів РНК.
4. Утворення рибосом.

### Будова хромосом

Хромосоми – постійні структури ядра. Будова залежить від стадії життєвого циклу клітини.

Будова хромосом	
В інтерфазі	Під час мітозу
Деспіралізовані (деконденсовані).	Спіралізовані (конденсовані). Максимальна спіралізація в метафазі мітозу.
Мають вигляд довгих тонких хроматинових ниток, не видимі в світловий мікроскоп. В пресинтетичному періоді інтерфазі складаються з однієї хроматиди і відповідно містять одну молекулу ДНК в комплексі з білками. В синтетичному періоді подвоюються молекули ДНК і хроматиди. В постсинтетичному періоді складаються з двох хроматид.	Метафазні хромосоми мають вигляд Х-подібних структур. Їх видно в світловий мікроскоп. Складаються з двох хроматид, які з'єднані в ділянці первинної перетяжки – центромери. Центромера ділить кожен хроматиду на два плеча. Центромера має кінетохор, до якого прикріплюються нитки веретена поділу. Кінці плечей – теломери. Десять хромосом людини мають вторинну перетяжку і супутник. Вторинна перетяжка містить гени рРНК і бере участь у формуванні ядерця (організатор ядерця).

### Форми метафазних хромосом



### Каріотип

Каріотип – це диплоїдний набір хромосом людини, що характеризується постійною кількістю, величиною та формою хромосом. У каріотипі всі хромосоми парні (гомологічні). В каріотипі людини 46 хромосом, або 23 пари.

22 пари однакові у чоловіків і жінок – аутосоми (нестатеві хромосоми).

1 пара – статеві хромосоми (або гетерохромосоми). У жінок XX, у чоловіків – XY.

#### Тема 4: Молекулярні основи спадковості. Будова гена про- і еукаріот.

**Мета:** Вивчити характеристику нуклеїнових кислот, будову гена про- і еукаріот, сучасну класифікацію генів для розуміння молекулярних механізмів спадковості.

**Основні поняття:** нуклеїнова кислота, ДНК, нуклеотид, комплементарність, реплікація, репарація, трансформація, трансдукція, кон'югація, ген, екзон, інтрон, РНК, іРНК (мРНК), рРНК, тРНК, генетичний код, триплет, кодон.

**Обладнання:** таблиці будови ДНК і РНК, процесу реплікації, будови гена еукаріот, мультимедійний проєктор, презентації, ноутбук, ситуаційні задачі.

**Навчальний час:** 2 години.

#### План

##### I. Мотивація студентів щодо вивчення теми:

Знання організації будови молекул ДНК і РНК та їх властивостей дозволяє зрозуміти матеріальні основи спадковості і мінливості, розвитку спадкових хвороб на молекулярному рівні, підходів до ДНК-діагностики. Тема необхідна для розуміння курсів медичної генетики, біологічної хімії, мікробіології, та внутрішньої медицини.

##### II. Контроль опорних знань (опитування студентів):

2.1. Вимоги до теоретичної готовності здобувачів вищої освіти до виконання практичних занять:

*Здобувач вищої освіти повинен знати:*

- будову і функції ДНК, локалізацію в клітині;
- принцип компліментарності й правила Е. Чаргаффа;
- механізми реплікації та репарації ДНК;
- відмінності будови РНК і ДНК;
- типи РНК та їх функції;
- визначення гена, класифікацію генів;
- будову генів про- і еукаріот;
- генетичний код і його властивості;

*По завершенню вивчення теми здобувач повинен вміти:*

- визначати довжину та масу нуклеїнової кислоти за кількістю нуклеотидів;
- розв'язувати задачі з моделювання процесу реплікації ДНК.

##### 2.2. Орієнтовна карта для позааудиторної самопідготовки студента

Вказівки до виконання завдання	Відповіді студента з доповненнями на занятті
1. Укажіть локалізацію в еукаріотичній клітині: 1) ДНК   А   Б   В	
2. Укажіть кількість полінуклеотидних ланцюгів в молекулах: 1) ДНК   2) РНК	
3. Зазначте склад нуклеотидів: 1) ДНК   А   Б   В	
2) РНК   А   Б   В	
4. Назвіть відмінності в складі нуклеотидів РНК і ДНК: А   Б	

Вказівки до виконання завдання		Відповіді студента з доповненнями на занятті	
5. Де в клітині утворюються всі види РНК:			
6. Назвіть функції:			
1) ДНК	А	Б	
2) рРНК	А	Б	
3) іРНК			
4) тРНК			
7. Реплікація – це..			
8. Укажіть органічні сполуки, що беруть участь у реплікації:			
А	Б		В
9. Назвіть етапи реплікації ДНК:	А	Б	В
10. Репарація – це...			
11. Значення репарації полягає в підтримці . . . .			
12. Назвіть хвороби, що є наслідком порушення репарації			
13. Ген -це...			
14. Укажіть відмінну рису генів еукаріот			
15. Екзон – це...			
16. Інtron – це...			

2.3. Питання для перевірки базових знань за темою заняття:

1. Що таке нуклеїнові кислоти? Класифікація нуклеїнових кислот.
2. Докази ролі ДНК у передачі спадкової інформації.
3. Будова ДНК. Роль ДНК у збереженні та реалізації спадкової інформації.
4. Принцип компліментарності. Правила Е. Чаргаффа. Коефіцієнт специфічності.
5. Реплікація ДНК, її етапи та значення.
6. Основні механізми репарації ДНК. Хвороби репарації ДНК.
7. Основні відмінності будови ДНК і РНК. Типи РНК, їх функції.
8. Що таке ген? Класифікація генів (гени структурні, регуляторні).
9. Будова генів прокаріот і еукаріот. Екзонно-інтронна організація генів еукаріот.
10. Генетичний код та його властивості.

### III. Формування професійних вмінь, практичних навичок.

#### 3.1. зміст завдань:

Робота 1. Вивчити будову нуклеотиду. Зарисувати схему будови нуклеотиду, позначити відмінності нуклеотидів

Робота 2. Вивчити на схемі будову ДНК, позначити зв'язок між нуклеотидами в полінуклеотидному ланцюгу і між нуклеотидами двох ланцюгів ДНК, вказати типи зв'язків.

Робота 3. Вивчити напівконсервативний механізм реплікації ДНК записати за принципом компліментарності послідовність нуклеотидів в дочірніх ланцюгах ДНК за



наданими материнськими ланцюгами (рис.3). Вивчить ферменти, що приймають участь в процесі реплікації (рис.4).

Робота 4. Вивчити організацію гена еукаріот, функцію промотора, термінатора.

Робота 5. Розв'язати задачі.

Задача 1. Побудуйте за одним ланцюгом ДНК його другий ланцюг. Визначте довжину та масу ДНК. ДНК: А-Т-А-Ц-Г-Ц-Т-А-Ц-А-Г-А-Г-Ц-Ц

Задача 2. За даними біохімічного аналізу, 18 % загальної кількості нуклеотидів молекули іРНК припадає на урацил, 22 % – на аденін, 26 % – на цитозин. Визначте нуклеотидний склад молекули ДНК, з якої транскрибовано цю РНК.

Задача 3. Лівий ланцюг молекули ДНК має послідовність нуклеотидів: ЦАГ-ЦАА-ГГА-АГА-ЦГА. Побудуйте правий ланцюг молекули ДНК. Визначте: а) відсоткове співвідношення нуклеотидів А, Г, Т, Ц; б) довжину молекули ДНК; в) кількість залишків молекул  $H_3PO_4$  у ДНК. Скільки нуклеотидів і триплетів має цей фрагмент ДНК?

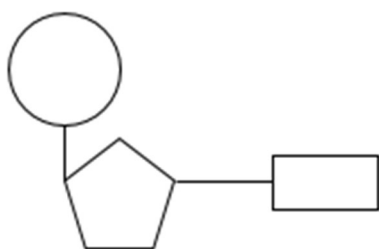
Задача 4. Довжина фрагмента молекули ДНК – 340 нм. Визначте: а) кількість азотистих основ у цьому фрагменті; б) кількість молекул дезоксирибози; в) кількість триплетів; г) масу фрагмента ДНК.

### 3.2. рекомендації (інструкції) щодо виконання завдань, професійні алгоритми.

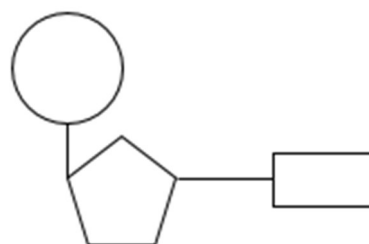
Робота 1.

Зарисуйте схему будови нуклеотидів ДНК і РНК, позначте азотисту основу, моносахарид, залишок фосфорної кислоти. Зверніть увагу на різні пентози у складі нуклеотидів ДНК і РНК (дезоксирибоза і рибоза відповідно) і відмінності за азотистими основами (в ДНК Тимін, в РНК Урацил). Відзначте, що Аденін і Гуанін відносяться до похідних пуріна (в основі – подвійний гетероцикл), а Цитозин, Тимін і Урацил є похідними піримідину (в основі – одинарний гетероцикл).

нуклеотид ДНК

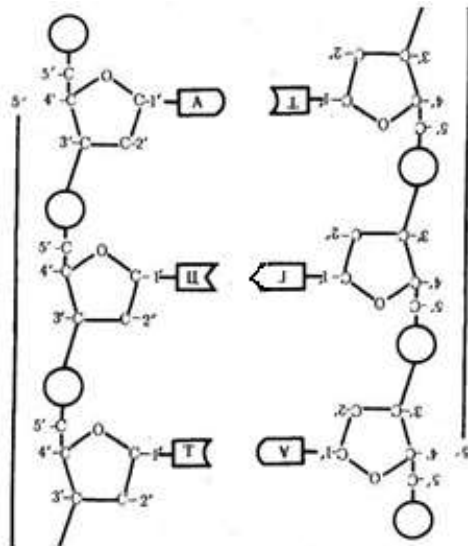


нуклеотид РНК.



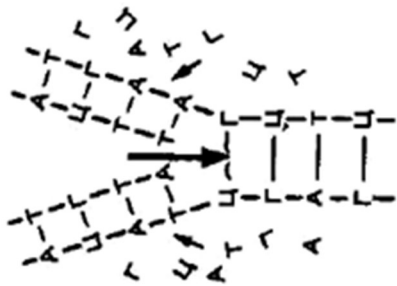
Робота 2.

Позначте зв'язок між нуклеотидами одного ланцюга ДНК. Це фосфодіефірний зв'язок який утворюється між дезоксирибозою одного нуклеотида і фосфатом другого нуклеотида. Зв'язок утворюється між ОН-групою, сполученою з 3'-вуглецем дезоксирибози одного нуклеотида, і фосфатом іншого нуклеотида, з'єднаним з 5'-вуглецем дезоксирибози. На одному кінці ланцюга залишається вільним фосфат, на іншому – ОН-група дезоксирибози. Це визначає початок (5') і кінець (3') ланцюга. Ланцюги молекули ДНК антипаралельні: 5'- кінець одного ланцюга з'єднується з 3'- кінцем другого. Позначте водневі зв'язки між комплементарними азотистими основами двох ланцюгів: між А і Т утворюється два зв'язки, між Г і Ц – три зв'язки.

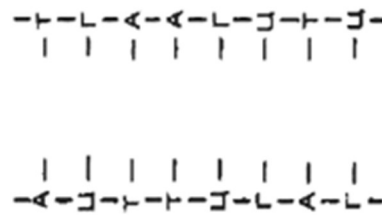


### Робота 3.

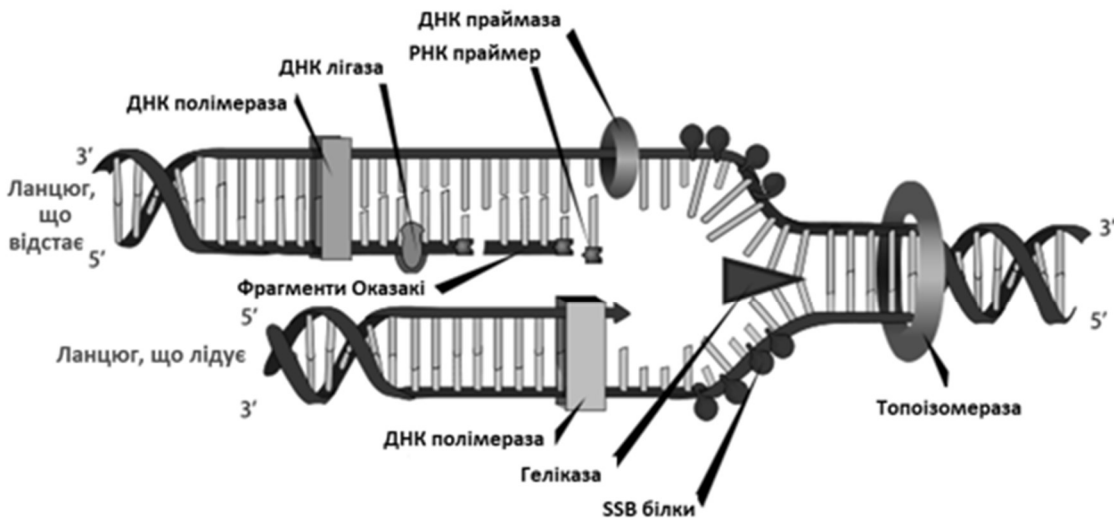
На рисунку вивчіть напівконсервативний механізм реплікації (у новій молекулі ДНК один ланцюг залишається материнським, а другий синтезується заново). За принципом комплементарності запишіть послідовність нуклеотидів дочірніх ланцюгів. Комплементарність – просторова відповідність азотистих основ, тобто А комплементарен Т, а Г комплементарен Ц. На відповідному рисунку знайдіть ферменти реплікації ДНК і вивчіть їх функцію за допомогою таблиці 1.



Напівконсервативна реплікація ДНК



Материнські ланцюги ДНК



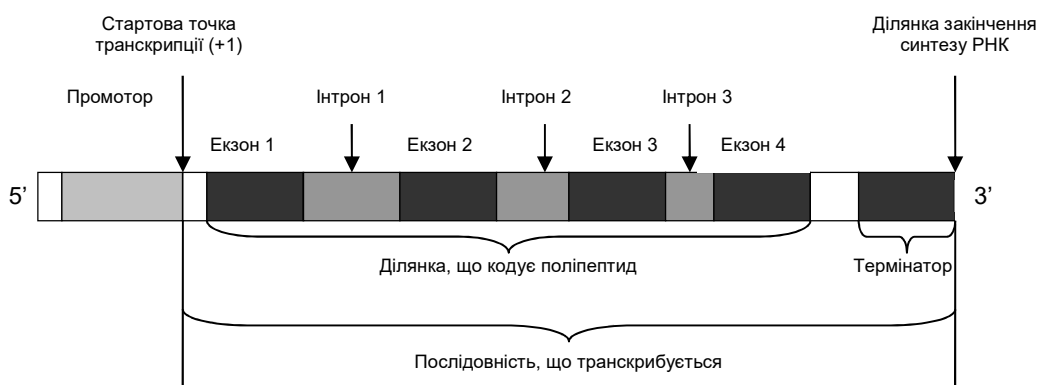
Ферменти, що приймають участь в реплікації

Таблиця 1. Ферменти і білки, що приймають участь в реплікації ДНК

Геліказа	Розкручує ланцюги ДНК у вилці реплікації/ Має активність АТФ-ази, яка розщеплює 2 молекули АТФ для кожної розділеної пари основ
Білки які приєднуються до одноланцюгових ДНК (SSB)	Зв'язуються з нещодавно відкритими одноланцюговими ділянками та запобігає їх реасоціації
Топоізомераза	Запобігає суперскручуванню ДНК шляхом утворення тимчасових одноланцюгових розривів у ДНК
Праймаза	Синтезують праймери, до яких ДНК полімераза приєднує нуклеотиди до 3' кінця
ДНК- полімераза	Синтез дочірніх ланцюгів ДНК
MF1(фактор дозрівання) і РНКаза Н	Видалення праймерів (мають екзонуклеазну та ендонуклеазну активність)
ДНК-полімераза β	Заповнює щілини після видалення праймерів
Лігаза	Утворює фосфодієфірний зв'язок між двома сусідніми нуклеотидами, з'єднує фрагменти ДНК

#### Робота 4.

На рисунку зверніть увагу на промотор, до якого прикріплюється фермент РНК-полімераза для початку транскрипції (синтезу іРНК), і термінатор – ділянку закінчення транскрипції. Ділянка гена, що транскрибується називається транскриптон. В ділянці гена, що кодує поліпептид, зверніть увагу на екзони (кодують амінокислоти) та інтрони (ділянки, що не кодують амінокислоти). Гени прокаріотичних організмів не мають екзонно-інтронної організації.



#### Будова гена еукаріот

#### Робота 5

Вивчить алгоритм розв'язання задач з молекулярної біології. За наведеними прикладами розв'яжіть задачі. Для розв'язання задач використовуйте додаткову інформацію:

середня маса нуклеотиду ДНК - 345,

довжина пари нуклеотидів у подвійному ланцюгу ДНК – 0,34 нм

середня маса амінокислоти -100

Задача 1. Побудуйте за одним ланцюгом ДНК його другий ланцюг. Визначте довжину та масу ДНК.

ДНК 1: Т-Т-А-Г-Г-Ц-Ц-А-Ц-А-А-А-Ц-Ц-Г

ДНК 2: А-А-Т-Ц-Ц-Г-Г-Т-Г-Т-Т-Г-Г-Ц

Довжина одного нуклеотиду становить 0,34 нм; маса – 345 од. Довжину молекули ДНК визнаємо за одним ланцюгом, тобто:  $15 \times 0,34 = 5,1$  нм. Масу молекули ДНК визнаємо за двома ланцюгами, тобто:  $15 \times 2 \times 345$  од. = 10350 од.

Задача 2. За даними біохімічного аналізу, 22 % загальної кількості нуклеотидів молекули іРНК припадає на аденін, 12 % – на урацил, 26 % – на гуанін. Визначте нуклеотидний склад молекули ДНК, з якої транскрибовано цю РНК.

$100 \% - (22 \% + 12 \% + 26 \%) = 40 \% \text{ Ц.}$

За принципом комплементарності знаходимо, що один ланцюг молекули ДНК має такий нуклеотидний склад: 22 % – Т, 12 % – А, 26 % – Ц, 40 % – Г, а другий ланцюг молекули ДНК має такий нуклеотидний склад: 22 % – А, 12 % – Т, 26 % – Г, 40 % – Ц.

Задача 3. Лівий ланцюг молекули ДНК має послідовність нуклеотидів: ГЦА-ГГА-АГА-ЦГЦ. Побудуйте правий ланцюг молекули ДНК. Визначте: а) відсоткове співвідношення нуклеотидів А, Г, Т, Ц; б) довжину молекули ДНК; в) кількість залишків молекул  $\text{H}_3\text{PO}_4$  у ДНК.

Лівий ланцюг молекули ДНК: ГЦА-ГГА-АГА-ЦГЦ

Правий ланцюг молекули ДНК: ЦГТ-ЦЦТ-ТЦТ-ГЦГ

Відсоткове співвідношення нуклеотидів розраховуємо, склавши пропорцію: А і Т – по 17 %, Т і Ц – по 33 %.

Довжину молекули ДНК розраховуємо за одним ланцюгом:  $12 \times 0,34$  нм = 4,08 нм.

Кількість залишків молекул фосфорної кислоти відповідає кількості нуклеотидів у всій молекулі ДНК, тобто становить 24.

Задача 4. Довжина фрагмента молекули ДНК – 680 нм. Визначте: а) кількість азотистих основ у цьому фрагменті; б) кількість молекул дезоксирибози; в) кількість амінокислот; г) масу відповідних білка та гена.

Кількість азотистих основ у цьому фрагменті:  $680 \text{ нм} : 0,34 \text{ нм} = 2000$ .

Кількість молекул дезоксирибози відповідає кількості нуклеотидів у всій молекулі ДНК, тобто становить 2000.

Кількість амінокислот:  $2000 : 3 = 666$ .

Маса білка:  $666 \times 100$  од. = 66600 од.

Маса гена:  $2000 \times 2 \times 345$  од. = 1380000 од.

$1380000$  од. :  $66600$  од. = 20,7 (тобто ген важче білка в 20,7 разів).

### 3.3. вимоги до результатів роботи, в т.ч. до оформлення;

Виконайте роботи 1 - 5 в зошиті (альбомі) для практичних занять. Після виконання практичної роботи отримайте підпис викладача.

### 3.4. матеріали контролю для заключного етапу заняття: тестові завдання для перевірки знань.

**Оберіть одну вірну відповідь:**

1. Більшість структурних генів еукаріот (ділянки ДНК) неоднорідні. Вони містять екзони (інформативні фрагменти) й інтрони

(неінформативні фрагменти). Яка саме молекула транскрибується на ній спочатку?

А. Про-іРНК

В. ДНК

- C. рРНК  
D. іРНК  
E. тРНК
2. У культуру клітин людини внесено урацил із радіоактивною міткою. Де знайдуть цю мічену азотисту основу при проведенні радіоавтографії?  
A. У центросомах  
B. У рибосомах  
C. У пластинчастому комплексі Гольджі  
D. В ЕПС  
E. У лізосомах
3. Генетичний апарат еукаріот є таким: екзон-інтрон-екзон. Якою буде молекула про-іРНК відповідно до заданої схеми?  
A. Екзон-інтрон-екзон  
B. Екзон-екзон-інтрон  
C. Екзон-екзон  
D. Екзон-екзон-екзон  
E. Екзон-інтрон
4. У клітині під впливом ультрафіолетового випромінювання відбулося пошкодження ділянки молекули ДНК. За допомогою специфічного ферменту спрацювала система відновлення цієї ділянки по непошкодженому ланцюгу. Яку назву отримало це явище?  
A. Репарація  
B. Регенерація  
C. Редуплікація  
D. Мутація  
E. Рекомбінація
5. Під час дослідів із зараження бактерій вірусами виявилось, що віруси можуть захоплювати з собою частину молекули ДНК бактеріальної клітини. Потрапивши до іншої бактерію, вони передають їм властивості попередньої. Як називається цей вид передачі спадкової інформації?  
A. Транскрипція  
B. Трансляція  
C. Редуплікація  
D. Трансформація  
E. Трансдукція
6. Ген, що кодує синтез поліпептидного ланцюга, містить 4 екзони та 3 інтрони. Чому будуть комплементарні ділянки в молекулі зрілої іРНК після закінчення процесингу?  
A. 4 екзонам  
B. 2 екзонам і 2 інтронам  
C. 1 екзону і 1 інтрону  
D. 3 інтронам  
E. 4 екзонам і 3 інтронам
7. Утворені в результаті реплікації подвійні дочірні молекули ДНК складаються з одного материнського і одного дочірнього ланцюгів, причому другий ланцюг ДНК синтезується комплементарно першому. Яку назву отримав цей спосіб реплікації?  
A. Консервативний  
B. Напівконсервативний  
C. Аналогічний  
D. Ідентичний  
E. Дисперсний
8. Ген є одиницею спадкової інформації. До молекули якої речовини має відношення цей термін в клітинах еукаріот?  
A. РНК  
B. ДНК  
C. Білка  
D. іРНК  
E. Певної амінокислоти
9. У клітині розрізняють декілька типів РНК. Один із них має форму листа конюшини (трилисника) та два активні центри, що розташовано на вершині та в основі цього листа. Який тип РНК описано?  
A. Про-іРНК  
B. тРНК  
C. іРНК  
D. рРНК  
E. мРНК
10. Під дією різних фізичних і хімічних чинників при біосинтезі ДНК у клітині можуть виникати пошкодження, які здатні виправлятися. Яку назву отримав цей процес?  
A. Трансформація  
B. Транскрипція  
C. Трансдукція  
D. Реплікація  
E. Репарація
11. У клітині під впливом ультрафіолетового випромінювання відбулося пошкодження ділянки молекули ДНК. За допомогою специфічного ферменту спрацювала система відновлення цієї ділянки по непошкодженому ланцюгу. Яку назву отримало це явище?  
A. Репарація  
B. Регенерація  
C. Редуплікація

Д. Мутація  
Е. Рекомбінація  
12. Підтримка життя на будь-якому рівні пов'язано з явищем репродукції. На якому з них репродукція здійснюється на основі матричного синтезу?

А. Молекулярно-генетичному  
В. Субклітинному  
С. Клітинному  
Д. Тканинному  
Е. Організмівому

Відповіді для самоконтролю: 1-А, 2-В, 3-А, 4-А, 5-Е, 6-А, 7-В, 8-В, 9-В, 10-Е, 11-А, 12-А.

**IV. Підведення підсумків заняття, повідомлення про отримані оцінки, надання домашнього завдання.**

**Тема наступного заняття: Організація потоку інформації в клітині. Етапи синтезу білка.**

### Список рекомендованої літератури

#### Основна:

1. Медична біологія / За ред. В. П. Пішака, Ю. І. Бажори. Підручник / Видання 3-є, перероблене і доповнене.- Вінниця: Нова книга, 2017. - 608 с.; С. 84-96, 101-103.

#### *Стислий зміст теми.*

#### Будова ДНК, її функції і властивості

Спадкова інформація (або генетична інформація) – це інформація про будову білків і характер їх синтезу в організмі. У збереженні та реалізації спадкової інформації провідну роль відіграють нуклеїнові кислоти (ДНК і РНК).

ДНК – це полімер, мономерами якого є нуклеотиди. Нуклеотид ДНК складається із залишків трьох сполук:

- а. Моносахариду – дезоксирибози,
- б. Фосфату,
- с. Однієї з чотирьох азотистих основ - аденіну (А), тиміну (Т), гуаніну (Г), цитозину (Ц).

Нуклеотиди з'єднуються між собою фосфодіефірними зв'язками. Вони утворюються між залишками дезоксирибози одного нуклеотиду і фосфату іншого. Унаслідок цього утворюється полінуклеотидний ланцюг. В молекулі ДНК два полінуклеотидних ланцюга, які згорнуті в правозакручену спіраль (модель Крика-Уотсона). Діаметр ДНК 2 нм, в одному повному витку спіралі 10 пар нуклеотидів (п.н.), його довжина 3,4 нм. Загальна довжина 46 ДНК в хромосомах людини 218 см. Середня довжина однієї ДНК 4,7 см.

Ланцюги в ДНК розташовані антипаралельно. Азотисті основи в двох ланцюгах розташовані за принципом комплементарності (А комплементарен Т, а Г комплементарен Т). Комплементарні азотисті основи з'єднані між собою водневими зв'язками. Між А і Т два водневих зв'язка, між Г і Ц – три.

Локалізація ДНК в клітині людини: ядро (у складі хромосом), мітохондрії.

Функції ДНК – збереження спадкової (генетичної) інформації.

Властивості ДНК – здатність до:

- 1) Реплікації,
- 2) Репарації,
- 3) Денатурації,
- 4) Ренатурації.

#### Відмінності ДНК і РНК.

Особливості будови	ДНК	РНК
Кількість полінуклеотидних ланцюгів	Два	Один
Моносахарид	Дезоксирибоза	Рибоза
Азотисті основи	Аденін, тимін, гуанін, цитозин	Замість тиміну – урацил (У)

#### Види РНК та їх функції

Види РНК	Кількість нуклеотидів в молекулі	Функція
іРНК	300-30000 нуклеотидів	Переносить інформацію про будову білка із ядра в цитоплазму, використовується як матриця для синтезу білка в рибосомі.
рРНК	До 5000 нуклеотидів	Структурна функція, входить до складу рибосом. Синтезується в ядерцях. Разом з білками рРНК формують функціональні центри рибосом
тРНК	75-95 нуклеотидів	Транспортують амінокислоти в рибосоми для синтезу білка. Відіграють важливу роль у переводі послідовності нуклеотидів іРНК в послідовність амінокислот в первинній структурі білка
Малі ядерні РНК	100-220 нуклеотидів	Беруть участь у процесингу (дозріванні) іРНК
Малі ядерцеві РНК	100-220 нуклеотидів	Беруть участь у дозріванні рРНК
Мікроцитоплазматичні РНК	20-23 нуклеотиди	Регулюють процес біосинтезу білка на етапі трансляції
Малі інтерферуючі РНК	20-25 нуклеотидів, дволанцюгові	Взаємодіють з іРНК, вона деградує, це запобігає трансляції

#### Що таке ген? Класифікація генів.

Ген у вузькому значенні слова – це фрагмент молекули ДНК, що кодує первинну структуру одного білка. Гени еукаріот містять екзони і інтрони. Екзони – кодують білок, інтрони – некодуючі ділянки. У людини близько 22000 білок – кодуєчих генів.

Ген у широкому значенні слова - фрагмент молекули ДНК, який кодує первинну структуру білка або будову РНК, або регулює функцію іншого гена.

Класифікація генів:

- 1) Структурні гени – гени, які кодують білки або РНК.
- 2) Регуляторні гени – регулюють функцію іншого гена. Наприклад, в еукаріотичних клітинах є енхансери і сайленсери. Енхансери прискорюють транскрипцію, сайленсери – сповільнюють.

Друга класифікація генів:

- 1) Гени домашнього господарства, які забезпечують процеси життєдіяльності клітини. Активні у всіх клітинах.
- 2) Гени термінального диференціювання (розкоші) – гени, які активні у клітинах певних тканин. Наприклад, у молодих еритроцитах активні гени гемоглобіну.

## **Тема 5: Організація потоку інформації в клітині. Етапи синтезу білка.**

**Мета:** Вивчити механізми реалізації спадкової інформації на молекулярно-генетичному рівні та регуляцію експресії генів у про- та еукаріот.

**Основні поняття:** центральна догма молекулярної біології, транскрипція, процесинг, сплайсинг, кепування, поліаденілування, активація амінокислот, трансляція, посттрансляційна модифікація білків, оперон, структурний ген, оператор, промотор, ген-регулятор, білок-репресор, термінатор, індуктор.

**Обладнання:** таблиці синтезу білка, процесингу іРНК, етапів трансляції (ініціація, елонгація, термінація), таблиця генетичного коду, ноутбук, мультимедійний проектор, презентації, ситуаційні задачі.

**Навчальний час:** 2 години.

### План

#### **I. Мотивація студентів щодо вивчення теми:**

Матеріал заняття розкриває суть процесів реалізації спадкової інформації, що є необхідним для засвоєння основних закономірностей спадковості і мінливості. Генна експресія є молекулярним механізмом реалізації спадкової інформації, завдяки якому ген забезпечує формування певної ознаки організму. Знання механізмів біосинтезу білків і регуляції роботи генів необхідні для розуміння сучасних методів лікування багатьох хвороб людини. Тема заняття є базовою для подальшого засвоєння студентами патологічної фізіології, біологічної хімії, медичної і клінічної генетики.

#### **II. Контроль опорних знань (опитування студентів):**

2.1. Вимоги до теоретичної готовності здобувачів вищої освіти до виконання практичних занять:

*Здобувач вищої освіти повинен знати:*

- визначення терміну «експресія гена»;
- центральну догму молекулярної біології;
- етапи синтезу білка;
- особливості транскрипції в еукаріотичних організмах;
- концепцію оперонна в регуляції активності генів прокариот;
- особливості регуляції експресії генів у еукаріот;

*По завершенню вивчення теми здобувач повинен вміти:*

- ідентифікувати (схематично) первинну структуру білка, кількість амінокислот, молекулярну масу поліпептиду за послідовністю нуклеотидів гена, що його кодує.

2.2. **Орієнтовна карта для позааудиторної самопідготовки студента**



Вказівки до виконання завдання	Відповіді студента з доповненнями на занятті	
1. Дайте визначення понять: 1) ген – 2) генетичний код –		
2. Перелічіть основні властивості генетичного коду:		
А	Б	В
Г	Д	Е
3. Транскрипція – це...		
4. Назвіть речовини, що беруть участь у транскрипції:		
А	Б	В
5. Яка називається молекула РНК, що транскрибується безпосередньо на молекулі ДНК еукаріот?		
6. Процесинг – це...		
7. Процесинг включає:		
А	Б	В
8. Сплайсинг – це...		
9. Активація амінокислот – це...		
10. Укажіть активні центри тРНК: А	Б	
11. Які речовини беруть участь у формуванні молекули аміноацил-тРНК		
А	Б	В Г
12. Перелічіть функціональні центри рибосоми:		
А	Б	
13. Трансляція – це...		
14. Перелічіть етапи трансляції:		
А	Б	В
15. Укажіть компоненти, що беруть участь у трансляції:		
А	Б	
В	Г	
16. Посттрансляційна модифікація – це...		
17. Запишіть схему центральної догми молекулярної біології:		
18. Хто відкрив оперонну регуляцію гена в прокаріот?		
19. Що таке оперон?		
20. Які функції: А) гена-регулятора	Б) промотора	
В) оператора	Г) термінатора	
21. Що виконує функцію індуктора в лактозному опероні кишкової палички?		

2.3. Питання для перевірки базових знань за темою заняття:

1. Що таке експресія гена? Центральна догма молекулярної біології.
2. Етапи синтезу білка.
3. Що таке транскрипція? Особливості транскрипції у еукаріот. Процесинг і сплайсинг.
4. Активація амінокислот.
5. Етапи трансляції, посттрансляційна модифікація білків.
6. Регуляція активності генів у прокаріот. Будова і робота лактозного оперону кишкової палички.
7. Регуляції активності генів у еукаріот.

### III. Формування професійних вмінь, практичних навичок:

#### 3.1. зміст завдань:

Робота 1. Засвоїти основні етапи біосинтезу білка, заповнити таблицю «Основні етапи біосинтезу білка»

Етапи	Сутність процесу	Де відбувається в клітині
1.Транскрипція		
2.Активація амінокислот		
3.Трансляція:		
А. Ініціація		
Б. Елонгація		
В. Термінація		
4.Посттрансляційна модифікація		

Робота 2. За поданим фрагментом гена бактерії визначити амінокислотний склад ділянки поліпептиду.

Робота 3. Вивчити особливості транскрипції в еукаріот (рис.2). Позначити екзони, інтрони, про-іРНК, зрілу іРНК, процесинг, сплайсинг, поліпептид

Робота 4. Проаналізувати схему синтезу поліпептидного ланцюга (трансляції) на рибосомі (Рис.3). Позначити молекулу іРНК, малу та велику субодиниці рибосоми, аміноацл-тРНК, поліпептид, вільні тРНК.

Робота 5. Вивчити схему оперонної регуляції експресії генів прокариот (рис.4, рис.5) і пояснити, чому оперон не функціонує та функціонує.

Робота 6. Розв'язати задачі.

Задача 1. Скільки амінокислот закодовано в ланцюжку РНК, який складається з 189 нуклеотидів, якщо 6 нуклеотидів входять до складу інтронів і останній триплет – стоп-кодон..

Задача 2. Яка послідовність утвориться з матриці ДНК АААААА при транскрипції? яка – при редуплікації?

Відповідь: при транскрипції утворюється послідовність УУУУУУ, при редуплікації – ТТТТТТ.

Задача 3. Скільки амінокислот закодовано у гені, що складається з 2100 пар нуклеотидів, якщо 70% нуклеотидів входять до складу інтронів?

у гені закодовано 210 амінокислот

Задача 4. Фрагмент матричного ланцюга гена має таку послідовність нуклеотидів: ТТТ-ГАГ-ЦАЦ-ГАЦ-АЦГ. Скільки амінокислот закодовано у цьому фрагменті ДНК, якщо 3-й, 4 та 5 нуклеотиди зліва входять до складу інтрона? Визначте послідовність амінокислот у відповідному фрагменті поліпептида.

### 3.2. рекомендації (інструкції) щодо виконання завдань, професійні алгоритми.

Робота 1.

Вивчить за допомогою підручника етапи синтезу білка, позначте сутність процесів і їх локалізацію

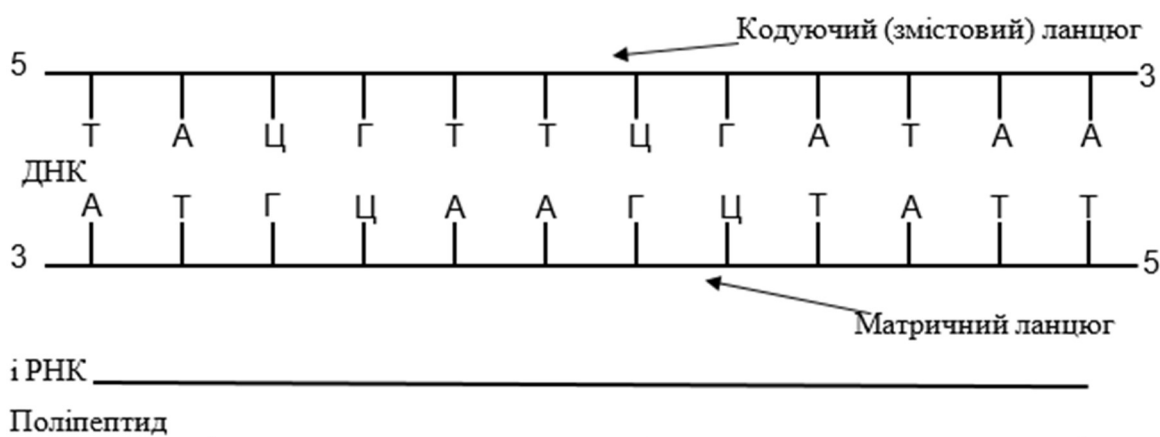
Робота 2.

Зверніть увагу на те, що іРНК синтезується у напрямку 5' до 3' з матричного ланцюга ДНК за принципом комплементарності. У прокаріот цей процес відбувається в цитоплазмі. Гени прокаріот не мають екзонно-інтронної організації. При транскрипції синтезується зріла іРНК, яка бере участь у трансляції. Для визначення послідовності амінокислот в поліпептиді використовуйте таблицю генетичного коду.

Таблиця генетичного коду (іРНК)

		Друга основа						
		У	Ц	А	Г			
Перша основа	У	УУУ	УЦУ	УАУ	УГУ	У	Третя основа	
		УУЦ Фен	УЦЦ	УАЦ Тир	УГЦ Цис			Ц
		УУА	УЦА Сер	УАА Стоп	УГА Стоп			А
		УУК Лей	УЦГ	УАГ Стоп	УГГ Три			Г
	Ц	ЦУУ	ЦЦУ	ЦАУ	ЦГУ	У		
		ЦУЦ	ЦЦЦ	ЦАЦ Гіс	ЦГЦ	Ц		
		ЦУА Лей	ЦЦА Про	ЦАА	ЦГА Арг	А		
		ЦУГ	ЦЦГ	ЦАГ Глн	ЦГГ	Г		
	А	АУУ	АЦУ	ААУ	АГУ	У		
		АУЦ Іле	АЦЦ	ААЦ Асн	АГЦ Сер	Ц		
		АУА	АЦА Тре	ААА	АГА	А		
		АУГ Мет	АЦГ	ААГ Ліз	АГГ Арг	Г		
	Г	ГУУ	ГЦУ	ГАУ	ГГУ	У		
		ГУЦ	ГЦЦ	ГАЦ Асп	ГГЦ	Ц		
		ГУА Вал	ГЦА Ала	ГАА	ГГА Глі	А		
		ГУГ	ГЦГ	ГАГ Глу	ГГГ	Г		

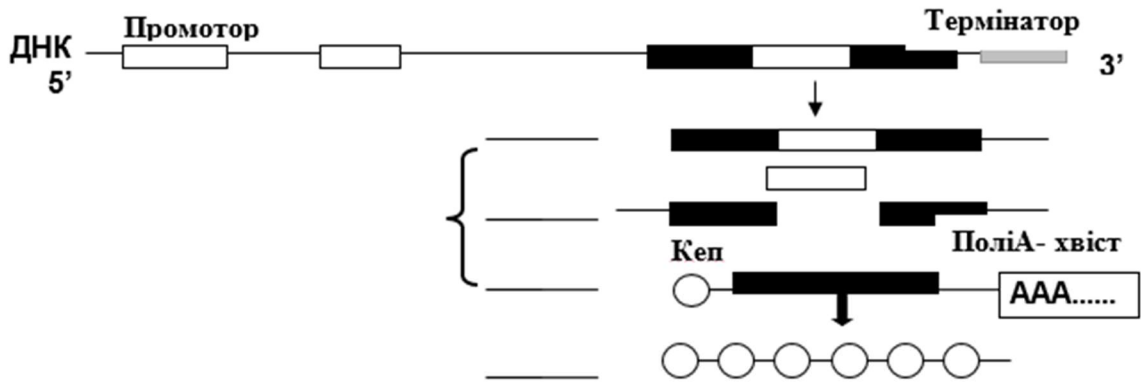
Фрагмент гена бактерії.



Робота 3.

Зверніть увагу на те, що гени еукаріот мають екзони (кодуючі ділянки) та інтрони (некодуючі ділянки). При транскрипції спочатку синтезується незріла про-іРНК, яка комплементарна ексонам та інтронам гена. Потім відбувається процесинг – дозрівання іРНК. Він включає сплайсинг (вирізання інтронів), кепування (до 5'-кінця іРНК приєднується кеп – 7-метилгуанозинтрифосфат) і поліаденілування (до 3'-кінця приєднуються приблизно 200 А нуклеотидів - полі А-хвіст). Транскрипція і процесинг здійснюються в ядрі клітини. В

сплайсингу беруть участь малі ядерні РНК. Після завершення процесингу зріла іРНК виходить із ядра в цитоплазму. Кеп і полі А-хвіст захищають іРНК від дії ферментів екзонуклеаз в цитоплазмі.



Особливості транскрипції в еукаріот.

#### Робота 4.

А – мала субодиниця рибосоми, Б – іРНК, В – велика субодиниця рибосоми, Г – аміноацил-тРНК, Д – поліпептид.

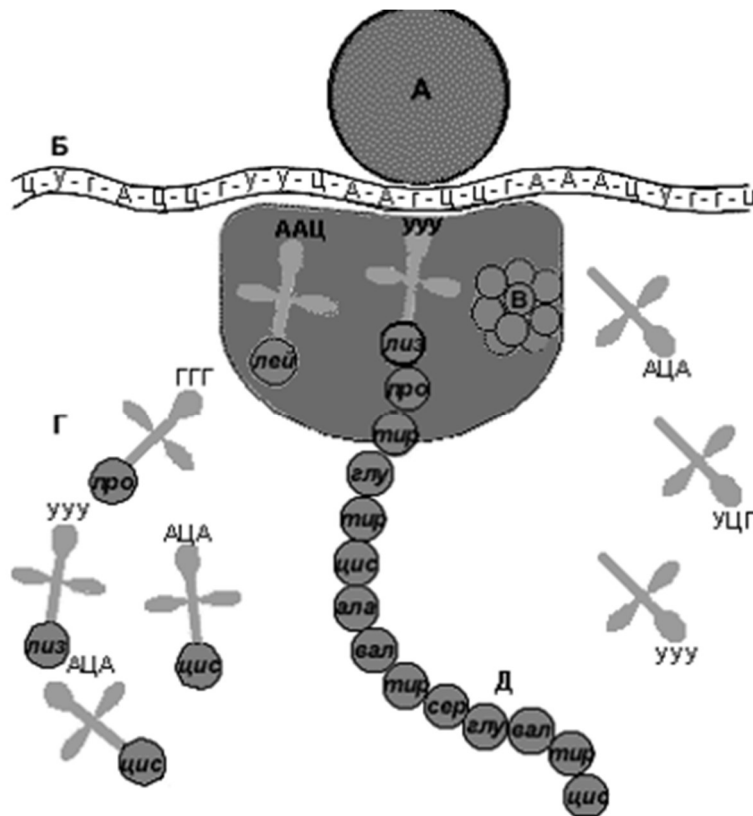


Схема трансляції на рибосомі.

#### Робота 5.

Зверніть увагу на те, що оперонна регуляція властива прокаріотичним організмам. Оперон - це послідовність спеціальних регуляторних сегментів ДНК та структурних генів, які кодують синтез певної групи білків одного метаболічного ланцюга, наприклад, ферментів метаболізму лактози. Лактозний оперон кишкової палички складається з наступних структурних частин: 1) ген-регулятор, який контролює утворення білка-репресора; 2) промотор - ділянка ДНК, до якої приєднується РНК-полімераза і з якої розпочинається

транскрипція; 3) оператор - ділянка ДНК, яка може зв'язувати білок- репресор; 4) структурні гени - ділянки ДНК, які кодують білки-ферменти, що забезпечують метаболізм лактози; 5) термінатор - ділянка ДНК, яка несе сигнал про зупинку транскрипції. На рисунку оперон не функціонує, тому що білок-репресор зв'язаний з геном-оператором і блокує транскрипцію. На рисунку ген функціонує, тому що репресор інактивований індуктором. В лактозному опероні в ролі індуктора виступає лактоза.

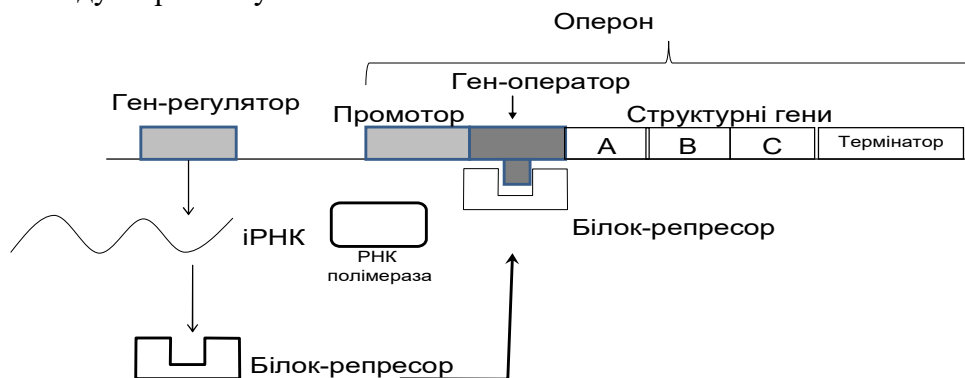


Рис. Оперон не функціонує

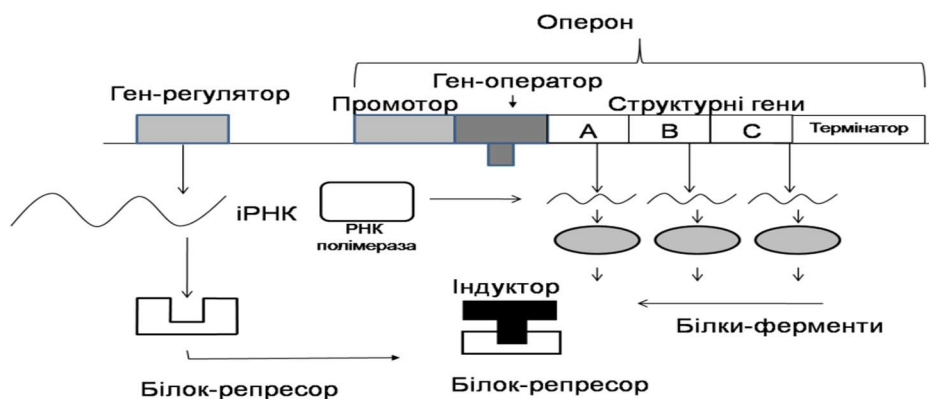


Рис. Оперон функціонує

### Робота 6.

Для розв'язання задач використати таблицю генетичного коду.

Задача 1. Відомо, що  $\beta$ -глобіновий ланцюг гемоглобіна людини складається з 146 амінокислотних залишків. Скільки нуклеотидів входить до складу екзонів гена, який кодує цей ланцюг гемоглобіну?

$146 \times 3 \times 2 = 876$  нуклеотидів.

Задача 2. Білок-фермент лігаза починається з послідовності амінокислот: Тре-Вал-Ала-Про-Лей-Тре. Визначте: а) послідовність нуклеотидів відповідного фрагменту ланцюга ДНК; б) яка з цих амінокислот кодується найбільшою кількістю кодонів-синонімів?

Білок: Тре-Вал-Ала-Про-Лей-Тре

іРНК: АЦУ-ГУУ-ГЦУ-ЦЦУ-УУА-АЦЦ

ДНК 1: ТГА-ЦАА-ЦГА-ГГА-ААТ-ТГГ

ДНК 2: АЦТ-ГТТ-ГЦТ-ЦЦТ-ТТА-АЦЦ

Найбільшою кількістю кодонів-синонімів (6) кодується амінокислота лейцин.

Задача 3. Кодогенний ланцюг одного з генів дрозодії містить 4000 нуклеотидів, з яких до складу екзонів входять 3000, інші – до складу інтронів. Визначте: а) довжину та масу гена; б) довжину та масу екзонних ділянок ДНК; в) кількість амінокислот, які входять до складу молекули поліпептиду, який кодується цим геном; г) масу білка.

Довжина гена становить:  $4000 \times 0,34 \text{ нм} = 1360 \text{ нм}$ .

Маса гена становить:  $4000 \times 2 \times 345 = 2760000$

Довжина екзонних ділянок ДНК становить:  $3000 \times 0,34 \text{ нм} = 1020 \text{ нм}$ .

Маса екзонних ділянок ДНК становить:  $3000 \times 2 \times 345 = 2070000$

Кількість амінокислот, які входять до складу молекули поліпептиду, який кодується цим геном, становить:  $3000 : 3 = 1000$  амінокислот.

Маса білка становить  $1000 \times 100 = 100000$

#### Відповіді до задач в роботі 6.

Задача 1. В ланцюжку РНК закодовано 61 амінокислота.

Задача 2. При транскрипції утворюється послідовність УУУУУУ, при редуплікації – ТТТТТТ.

Задача 3. У гені закодовано 210 амінокислот

Задача 4. 4 амінокислоти (Асн-Вал-Лей-Цис)

### 3.3. вимоги до результатів роботи, в т.ч. до оформлення;

Роботи 1-6 виконати в робочій книзі-зошиті (альбомі) для практичних занять.

### 3.4. матеріали контролю для заключного етапу заняття.

Тести для контролю з еталонами відповідей

*Оберіть одну вірну відповідь*

1. У клітині людини відбувається транскрипція. Фермент РНК-полімераза, пересуваючись вздовж молекули ДНК, досяг певної послідовності нуклеотидів. Після цього транскрипція припинилась. Ця ділянка ДНК:

- A Термінатор
- B Промотор
- C Репресор
- D Оператор
- E Регулятор

2. Встановлено, що деякі сполуки, наприклад токсини грибів, та деякі антибіотики можуть пригнічувати активність РНК-полімерази. Порушення якого процесу відбувається в клітині при пригніченні дії цього ферменту?

- A Реплікація
- B Транскрипція
- C Процесинг;
- D Трансляція
- E Репарація

3. Синтез іРНК відбувається на матриці ДНК за принципом компліментарності. Якщо триплети ДНК АТГ-ЦГТ, то відповідні кодони іРНК будуть:

- A УАЦ-ГЦА
- B УАГ-ЦГУ
- C ТАГ-УГУ

D АТГ-ЦГТ

E АУГ-ЦГУ

4. Більшість структурних генів еукаріот містять екзони (інформативні ділянки) та інтрони (неінформативні фрагменти). Яка молекула РНК синтезується спочатку на цій ДНК?:

- A іРНК
- B про-іРНК
- C тРНК
- D рРНК
- E мРНК

5. В ядрі клітини з молекули незрілої і-РНК утворилася молекула зрілої і-РНК, яка має менший розмір, ніж незріла іРНК. Сукупність етапів цього перетворення має назву:

- A Термінація
- B Реплікація
- C Рекогніція
- D Трансляція
- E Процесинг

6. Ген, що кодує ланцюг поліпептиду, містить 4 екзони і 3 інтрони. Після закінчення процесингу в зрілій і-РНК ділянки будуть комплементарні:

- A 4 ексонам
- B 2 ексонам і 1 інтрону
- C 1 екзону і 1 інтрону

- D 3 інтронам  
E 4 ексонам і 3 інтронам
7. Для утворення транспортної форми амінокислот для синтезу білка необхідно:
- A Аміноацил-тРНК-синтетаза  
B Рибосома  
C мРНК  
D ГТФ  
E Ревертаза
8. На рибосомах відбувається трансляція - біосинтез поліпептиду. Транспортні РНК доставляють до рибосом амінокислоти. Триплети т-РНК (антикодони) у цьому процесі будуть комплементарними:
- A Змістовним кодоном іРНК  
B Амінокислотам  
C Певним білкам  
D Інтронам  
E Ексонам
9. Одним з етапів синтезу білка є рекогніція. Перший триплет іРНК починається з триплету - УАУ. Який комплементарний триплет знаходиться в тРНК?
- A АУА  
B ААА  
C ГУГ  
D УГУ  
E ЦУЦ
10. У хворого визначено зниження вмісту іонів магнію, які необхідні для прикріплення рибосом до гранулярної ендоплазматичної сітки. Відомо, що це призводить до порушення синтезу білка. Який саме етап біосинтезу буде порушено?
- A Транскрипція  
B Реплікація  
C Термінація  
D Трансляція  
E Активація амінокислот
11. У клітині в гранулярній ЕПС відбувається етап трансляції, при якому спостерігається просування рибосом щодо і-РНК. Амінокислоти з'єднуються пептидними зв'язками в певній послідовності - відбувається біосинтез поліпептиду. Послідовність амінокислот у поліпептиді буде відповідати послідовності:
- A Кодонів іРНК  
B Нуклеотидів тРНК  
C Антикодонів тРНК  
D Нуклеотидів рРНК  
E Антикодонів рРНК
12. Деякі триплети іРНК (УАА, УАГ, УГА) не кодують амінокислоти, а є термінаторами в процесі зчитування інформації, тобто здатні припинити трансляцію. Ці триплети мають назву:
- A Антикодони  
B Оператори  
C Стоп-кодони  
D Екзони  
E Інтрони
13. В клітині відбувається процес трансляції. Коли рибосома доходить до кодонів УАА, УАГ або УГА – синтез поліпептидного ланцюга закінчується. Ці кодони у процесі біосинтезу поліпептиду не розпізнаються жодною т-РНК і тому є сигналом:
- A Ініціації  
B Посттрансляційної модифікації  
C Початку транскрипції  
D Елонгації  
E Термінації
14. Встановлено враження Т-лімфоцитів вірусом ВІЛ. При цьому фермент вірусу зворотна транскриптаза (РНК-залежна ДНК-полімераза) каталізує синтез:
- A ДНК на матриці вірусної РНК  
B Вірусної іРНК на матриці ДНК  
C іРНК на матриці вірусного білка  
D Вірусної ДНК на матриці ДНК  
E ДНК на вірусній рРНК





Відповіді: 1-А, 2-В, 3-А, 4-В, 5-Е, 6-А, 7-А, 8-А, 9-А, 10-В, 11-А, 12-С, 13-Е, 14-А.

**IV. Підведення підсумків заняття, повідомлення про отримані оцінки, надання домашнього завдання.**

**Тема наступного заняття: Життєвий цикл клітини. Поділ клітин.**

### Список рекомендованої літератури

**Основна:**

2. Медична біологія / За ред. В. П. Пішака, Ю. І. Бажори. Підручник / Видання 3-є, перероблене і доповнене.- Вінниця: Нова книга, 2017. - С. 97-101, 104-107.

#### Стислий зміст теми

Ген у вузькому значенні слова – це фрагмент молекули ДНК, що кодує первинну структуру одного білка. Експресія генів – це процес реалізації спадкової інформації, при якому спадкова інформація генів використовується для синтезу білка.

Реалізація спадкової інформації відбувається за схемою:

ДНК → іРНК → БІЛОК → ОЗНАКА

#### Етапи синтезу білка

Етапи	Сутність процесу	Де відбувається в клітині
Транскрипція	Це синтез іРНК на матриці ДНК. Процес відбувається за принципом комплементарності, каталізується ферментом РНК-полімеразою. Гени еукаріотів містять екзони і інтрони, тому на першому етапі синтезується про-іРНК – незріла іРНК, яка повністю комплементарна гену (ексонам та інтронам). Потім про-іРНК перетворюється на зрілу іРНК. Цей процес називається процесингом, він включає сплайсинг, кепування 5'-кінця і поліаденілування 3'-кінця. Сплайсинг – це вирізання інтронів і з'єднання екзонів. Кепування – це приєднання з 5'-кінця до першого нуклеотиду кепи (7-метілгуанозину). Поліаденілування – це приєднання полі-А-хвоста до 3'-кінця іРНК. Полі-А-хвіст -приблизно 200 аденілових нуклеотидів. Кеп і полі-А-хвіст захищають іРНК в цитоплазмі від дії ферментів. Після процесингу утворюється зріла іРНК, яка виходить із ядра в цитоплазму.	В ядрі клітини
Активація амінокислот	Це приєднання амінокислоти до тРНК. Потребує витрат енергії АТФ. Амінокислота приєднується до акцепторної ділянки тРНК за допомогою ферменту аміноацил-тРНК-синтетази. Для кожної	В цитоплазмі

	амінокислоти існує специфічна тРНК і частіше не одна (внаслідок надлишковості генетичного коду – одну амінокислоту можуть кодувати від 1 до 6 кодонів). Внаслідок утворюється комплекс аміноацил-тРНК.	
Трансляція	<p>Це синтез первинної структури білка на матриці іРНК в рибосомі. Включає три стадії – ініціацію, елонгацію і термінацію.</p> <p>Ініціація – це утворення комплексу іРНК, рибосоми і Мет-тРНК (тРНК, яка транспортує Метіонін до ініціального триплету АУГ).</p> <p>Елонгація – це зростання поліпептидного ланцюга за рахунок приєднання нових амінокислот. Нові амінокислоти приєднуються відповідно до послідовності кодонів в іРНК. Інформація з кодонів зчитується за допомогою антикодонів тРНК.</p> <p>Термінація – закінчення синтезу поліпептиду в рибосомі. Відбувається коли рибосома захоплює стоп-кодон, який не кодує амінокислоти. Поліпептид від’єднується від рибосоми, рибосома від’єднується від іРНК.</p>	В цитоплазмі в рибосомах. Деякі білки синтезуються рибосомами на мембранах гранулярної ЕПС і поступають в канали ЕПС.
Посттрансляційна модифікація білків	Це утворення вторинної, третинної і (для деяких білків) четвертинної структури, модифікація амінокислот.	Залежно від функції білка в цитоплазмі, гранулярній ЕПС, деякі білки дозрівають в комплексі Гольджі

#### Регуляція активності генів у прокариот.

Особливістю прокариот є відсутність інтронів в генах і наявність оперонів. Оперон - це група структурних генів, які кодують білки-ферменти одного метаболічного процесу і експресія яких контролюється спільними регуляторними генами. Оперони відкрили французькі генетики Ф. Жакоб і Ж. Моно у 1961 р. Вони відкрили лактозний оперон кишкової палички. Лактозний оперон складається з трьох структурних генів, які кодують білки-ферменти, що забезпечують метаболізм лактози. Експресія трьох генів контролюється спільними регуляторними генами – геном-регулятором, промотором, оператором і термінатором.

Будова і робота лактозного оперону кишкової палички.  
(Див. Роботи 4 і 5)

Гени, які входять до складу оперону	Функція генів
Ген-регулятор Може бути поряд зі структурними генами, або на певній відстані	Кодує білок-репресор. Білок-репресор може бути в активній і неактивній формі. В активній формі він приєднується до гена-оператора і блокує транскрипцію структурних генів. При переході білка-репресора в неактивну форму ген-оператор звільняється, оперон включається в роботу, починається транскрипція і синтез білків-ферментів. Білок-репресор інактивується лактозою, яка транспортується в цитоплазму кишкової палички із навколишнього середовища.
Промотор	Місце приєднання фермента РНК-полімерази. Якщо фермент приєднується, може починатися транскрипція.
Оператор - ділянка ДНК, яка знаходиться між промотором і структурними генами.	«Включає» - «виключає» оперон шляхом приєднання білка репресора або звільнення від нього.
Структурні гени	Три структурних гени, які кодують відповідно три білка-фермента, що розщеплюються лактозу.
Термінатор	Місце від'єднання РНК-полімерази і закінчення транскрипції.

Оперон може «включатися» і «виключатися». Оперон включається, коли в цитоплазму кишкової палички потрапляє лактоза. Вона виконує функцію індуктора - з'єднається з білком-репресором та інактивує його. Ген-оператор звільняється від білка-репресора, фермент РНК-полімераза починає транскрипцію. Синтезуються білки-ферменти, які розщеплюють лактозу. Доки у середовищі є лактоза, утворюються ферменти, що її розщеплюють. Якщо лактозу буде використано, то репресор вивільняється, переходить в активну форму і приєднується до оператора. Робота структурних генів припиняється.

## Тема 6: Життєвий цикл клітини. Поділ клітини. Регуляція мітотичного циклу.

**Мета:** Вивчити життєвий цикл клітини, особливості організації генетичного апарату в інтерфазі та на всіх стадіях поділу клітини, регуляцію мітотичного циклу. Усвідомити біологічну сутність мітозу. Вміти на препаратах і мікрофотографіях ідентифікувати клітини в інтерфазі і різних стадіях мітозу.

**Основні поняття:** життєвий цикл клітини, мітотичний цикл, інтерфаза, мітоз, мітотичний індекс, клітинні комплекси, ендомітоз, політенія, цикліни, циклін-залежні кінази, фактори росту, контрольні точки мітотичного циклу, апоптоз, некроз.

**Обладнання:** таблиці схеми мітотичного циклу, фаз мітозу, мікропрепарати та мікрофотографії зони поділу корінця цибулі, політенних хромосом, мікроскопи, ноутбук, мультимедійний проектор, презентації, ситуаційні завдання.

**Навчальний час:** 2 години.

### План

#### I. Мотивація здобувачів вищої освіти щодо вивчення теми:

Актуальність теми визначається тим, що мітоз є основним способом поділу соматичних клітин, який забезпечує постійну кількість хромосом у представників певного виду. Завдяки мітозу відбувається ріст організму людини в ембріональному і постембріональному періодах, регенерація тканин і органів. Порушення цього поділу призводить до соматичних мутацій і розвитку пухлин внаслідок необмеженого поділу клітини. Порушення роботи генів залучених в регуляцію мітотичного циклу є предметом вивчення онкогенетики. Розуміння механізмів поділу клітини і його порушень є базою для подальшого засвоєння здобувачами окремих розділів генетики, патологічної фізіології, патоморфології, онкології.

#### II. Контроль опорних знань (опитування здобувачів):

2.1. Вимоги до теоретичної готовності здобувачів вищої освіти до виконання практичних занять:

*Здобувач повинен знати:*

- відмінності життєвого циклу клітини і мітотичного циклу;
- мітотичний цикл та його періодизацію;
- характеристику періодів інтерфази;
- фази мітозу та їх характеристику;
- регуляцію мітотичного циклу;
- біологічне значення мітозу;
- класифікацію клітинних комплексів за інтенсивністю поділів;
- медичне значення порушень мітотичного циклу;
- біологічне значення ендомітозу і політенії;
- апоптоз, некроз;

*По завершенню вивчення теми здобувач повинен вміти:*

- на мікропрепаратах і мікрофотографіях корінця цибулі і тваринної клітини визначати фази мітозу.

#### 2.2. Орієнтовна карта для позааудиторної самопідготовки

Вказівки до виконання завдання	Відповіді студента з доповненнями на занятті		
1. Клітинний цикл (життєвий цикл клітини) – це...			
2. У чому полягає відмінність клітинного циклу від мітотичного?			
3. Мітотичний цикл складається з таких періодів:			
А	Б	В	Г

Вказівки до виконання завдання		Відповіді студента з доповненнями на занятті	
4. В якій стадії інтерфази відбувається синтез ДНК і білків-гістонів?			
5. Яка кількість хромосом і молекул ДНК в клітині в:	А Пресинтетичному періоді	Б Синтетичному періоді	В Постсинтетичному періоді
6. Що таке мітоз?			
7. Заповніть таблицю:			
Фази мітозу	Процеси, що відбуваються	Стан хромосом (одно- чи двохроматидні)	Кількість наборів хромосом
Профаза			
Метафаза			
Анафаза			
Телофаза			
8. В якій фазі мітозу вивчають каріотип людини?			
9. Цитокінез – це...			
10. Скільки дочірніх клітин утворюється внаслідок мітозу і яку генетичну інформацію отримують дочірні клітини?			
11. Укажіть біологічне значення мітозу:			
12. Мітотичний індекс (МІ) – це...			
13. Назвіть приклади клітин людини, які не діляться:			
А		Б	
14. В якому періоді інтерфази перебувають усе життя клітини, що не діляться?			
15. Назвіть клітини з високим мітотичним індексом:			
А		Б	
16. Що таке ендомітоз?			
17. Яке значення ендомітозу?			
18. Приклади клітин людини, в яких проходить ендомітоз:	А	Б	
19. Що таке політенія?			
20. Що таке апоптоз?			

### 2.3. Питання для перевірки базових знань за темою заняття:

1. Що таке клітинний цикл?
2. Мітотичний цикл, та його періодизація.
3. Які процеси відбуваються в пресинтетичному, синтетичному та постсинтетичному періодах інтерфази?
4. Фази мітозу та їх характеристики.
5. Біологічне значення мітозу.
6. Регуляція мітотичного циклу.
7. Значення порушення мітозу в розвитку хвороб людини.
8. Що таке мітотичний індекс? Класифікація клітинних комплексів за мітотичним індексом.
9. Ендомітоз і політенія, їх біологічне значення.
10. Смерть клітин. Що таке апоптоз і некроз?

### III. Формування професійних вмінь, практичних навичок

#### 3.1. зміст завдань:

Робота 1. Вивчити на схемі стадії мітотичного циклу. Зарисувати мітотичний цикл, позначити періоди інтерфази і мітоз. Позначити стан хромосом (одно-, двохроматидні), кількість наборів хромосом ( $n$ ) і ДНК ( $C$ ) в клітинах в різних періодах інтерфази. В якому періоді знаходяться клітини, які встають на шлях спеціалізації (диференціювання)?

Робота 2. На постійному препараті (мікрофотографії) корінця цибулі знайти і замалювати клітини, що знаходяться в інтерфазі і різних фазах мітозу. Указати кількість наборів хромосом ( $n$ ) і ДНК ( $C$ ) в клітинах.

Робота 3. Розрахувати мітотичний індекс в клітинах корінця луку.

Робота 4. На постійному препараті слинних залоз двокрилих вивчити і замалювати будову політенних хромосом.

#### 3.2. рекомендації (інструкції) щодо виконання завдань, професійні алгоритми.

##### Робота 1.

Зарисуйте мітотичний цикл, позначте пресинтетичний, синтетичний і постсинтетичний періоди інтерфази і мітоз. Зверніть увагу на те, що до синтетичного періоду хромосоми однохроматидні. В синтетичному періоді подвоюються ДНК і подвоюються хроматиди. Хромосоми стають двохроматидними. Кількість хромосом в синтетичному періоді не змінюється.

##### Робота 2.

На мікропрепараті корінця цибулі при малому збільшенні світлового мікроскопу знайти клітини з чіткими контурами. При великому збільшенні світлового мікроскопу виявити період інтерфази (добре видно ядро, два ядерця з часточками хроматину) та різні фази мітозу. Пам'ятайте, що в профазі ядро велике з добре вираженими хромосомами у вигляді рихлого клубка. В метафазі хромосоми вишиковуються в екваторіальній площині, повністю формується веретено поділу. В анафазі хроматиди розходяться до полюсів клітини. В телофазі утворюються дочірні ядра та клітини. Зарисуйте клітини в інтерфазі і різних фазах мітозу, позначте стан хромосом (одно-, двохроматидні), кількість наборів хромосом ( $2n, 4n$ ) і ДНК ( $2C, 4C$ ).

##### Робота 3.

На препараті корінця цибулі при великому збільшенні мікроскопу підрахувати 100 клітин. Знайдіть клітини, які знаходяться в різних фазах мітозу. Обчисліть мітотичний індекс (МІ) за формулою:  $MI = \text{Кількість клітин у мітозі} / 100$ . Наприклад, із 100 клітин 25 знаходяться в різних стадіях мітозу. Тоді:  $MI = 25 / 100 = 0,25$  або 25 %.

##### Робота 4.

Вивчіть постійний мікропрепарат гігантських політенних хромосом у слинних залозах двокрилих комах спочатку при малому збільшенні світлового мікроскопу. Знайдіть великі хромосоми темно-блакитного кольору, які мають вигляд довгих стрічок. Розгляньте їх будову при великому збільшенні світлового мікроскопу. Зверніть увагу на поперечну смугастість хромосом: темні диски є ділянками гетерохроматину, світлі диски – ділянками еухроматину. Знайдіть пуфи (ділянки більшого діаметру, де відбувається активне зчитування генетичної інформації). Замалюйте гігантську хромосому, позначте гетерохроматинові і еухроматинові ділянки, пуфи.

### 3.3. Вимоги до результатів роботи, в т.ч. до оформлення;

Роботу виконати в зошиті-альбомі для практичних занять. Після виконання практичної роботи отримайте підпис викладача.

### 3. 4. матеріали контролю для заключного етапу заняття:

#### 1. Розв'язати ситуаційну задачу:

В ембріональному періоді клітини розмножуються шляхом мітозу. В одній з клітин спостерігається нерозходження хроматид однієї з 21-й хромосоми в анафазі. Яка кількість хромосом буде в дочірніх клітинах? Яка подальша судьба цих клітин?

#### 2. Тести для контролю з еталонами відповідей:

- Соматичні клітини людини – диплоїдні (2n). Проте, мегакаріоцити червоного кісткового мозку іноді можуть мати навіть по 64n хромосом. Який спосіб їхнього виникнення?
  - Політенія
  - Ендомітоз
  - Мітоз
  - Амітоз
  - Мейоз
- Мітоз є рівноспадковим процесом поділу клітин, при котрому дочірні хроматиди кожної з хромосом рівномірно розходяться до полюсів клітини. На якій фазі відбувається цей процес?
  - Профази
  - Прометафази
  - Метафази
  - Анафази
  - Телофази
- Мітоз – складний багатоступеневий процес, під час якого хромосоми розходяться до різних полюсів клітини, що завершується цитокінезом. Чим характеризується завершальний процес?
  - Поділом ядра
  - Синтезом нуклеотидів
  - Поділом цитоплазми
  - Утворенням центріолей
  - Розподілом хроматид
- На електронномікроскопічній мікрофотографії видно клітину, в котрій відсутнє ядро, хромосоми розташовані в цитоплазмі, починається формування веретена поділу. Для якої фази мітозу характерна описана картина?
  - Профази
  - Прометафази
  - Метафази
  - Анафази
  - Телофази
- На препараті видно клітину, в якій хромосоми розташовані по екватору, веретено поділу з'єднало центріолі з центромерами хромосом. Яку стадію мітотичного циклу описано?
  - Інтерфази
  - Профази
  - Метафази
  - Анафази
  - Телофази
- У процесі мітотичного циклу відбувається редуплікація ДНК, унаслідок чого відтворюється ще один ідентичний набір спадкової інформації, також однохроматидні хромосоми стають двохроматидними. Коли відбувається описаний процес?
  - G1-період інтерфази
  - S-період інтерфази
  - G2-період інтерфази
  - Профаза мітозу
  - Метафаза мітозу
- Клітинний (мітотичний) цикл – складний багатоступеневий процес, під час якого в клітині здійснюються обмін речовин і енергії, регуляція цього обміну та самовідтворення клітини. Що включає цей цикл?
  - G1-період інтерфази
  - S-період інтерфази
  - G2-період інтерфази
  - Інтерфази та мітоз
  - Власне мітоз
- У процесі мітотичного циклу клітина накопичує енергію та необхідні для поділу клітини ядерні білки, наприклад, тубуліни. Коли саме це відбувається?

- A. G1-період інтерфази
- B. S-період інтерфази
- C. G2-період інтерфази
- D. Профаза мітозу
- E. Анафаза мітозу

9. Клітина людини в G1-періоді інтерфази вийшла з мітотичного циклу на диференціювання та більше ніколи не ділилася мітотично. Які клітини все життя знаходяться в цьому періоді?

- A. Епітеліальні
- B. Фібробласти
- C. Нервові

- D. Кровотворні
- E. Гаметогонії

10. Під час дослідження мітозу зародка морського їжака встановлено, що його дочірні хромосоми набули V-подібної форми, їхні верхівки звернені до полюсів. На якій фазі вивчено мітоз?

- A. Профазі
- B. Прометафазі
- C. Метафазі
- D. Анафазі
- E. Телофазі

**Еталон відповіді на ситуаційну задачу.** При нерозходженні хроматид 21-ї хромосоми в анафазі мітозу утворюються дві дочірні клітини, які мають 47 хромосом (зайва хромосома 21-ї пари) і 45 хромосом (в клітині одна хромосома 21-ї пари). Клітина 45-ю хромосомами гине (це летальна для клітин мутація), а клітина з 47-ю хромосомами може бути життєздатною. При подальшому розвитку ембріона утворюються два типи клітин: клітини, які мають зайву хромосому 21-ї пари і клітини з нормальним набором хромосом. Це буде соматична мутація. У новонародженого буде мозаїчна форма синдрому Дауна (варіант захворювання, при якому частина клітин має зайву хромосому, а інша частина має нормальний каріотип).

**Відповіді на тестові завдання:** 1 – B, 2 – D, 3 – C, 4 – A, 5 – C, 6 – B, 7 – D, 8 – C, 9 – C, 10 – D.

#### IV. Тема наступного заняття: Мейоз, гаметогенез, запліднення.

##### Список рекомендованої літератури

##### Основна:

- 3. Медична біологія / За ред. В. П. Пішака, Ю. І. Бажори. Підручник / Видання 3-є, перероблене і доповнене.- Вінниця: Нова книга, 2017. - С. 119-124.

##### *Стислий зміст теми*

Існує два способи поділу еукаріотичних клітин – це мітоз і мейоз. Мітоз – непрямий поділ еукаріотичних клітин. Мітозом діляться соматичні клітини, Мітоз забезпечує ріст організму в ембріональному і постембріональному періодах і процеси регенерації. Мейоз – це специфічний поділ попередників статевих клітин, внаслідок якого утворюються гаплоїдні клітини.

Життєвий цикл клітини – це період життя клітини від поділу до наступного поділу, або від поділу до смерті.

Мітотичний цикл – це період життя клітини від поділу (мітозу) до наступного поділу. Включає інтерфазу і мітоз. Інтерфаза – це період від кінця одного мітозу до початку наступного. В цей період клітина готується до поділу. Періоди інтерфази: пресинтетичний (G1), синтетичний (S), постсинтетичний (G2). Якщо клітина виходить із мітотичного циклу на диференціювання (як правило в G1-періоді), вона перебуває в G0-періоді. Деякі клітини



можуть повернутися в мітотичний цикл ( в G1-період), інші клітини виконують свої функції і гинуть. Фази мітозу: профаза, метафаза, анафаза, телофаза.

Тривалість періодів мітотичного циклу в клітинах суттєво варіює. Наприклад, в клітинах, що швидко діляться (епітеліальних, лімфоцитах при виготовленні метафазної пластинки):

G1 – 9 годин

S – 10 годин

G2 – 4,5 години

Мітоз – 0,5 годин

#### Характеристика періодів мітотичного циклу

Періоди	Які процеси відбуваються	Кількість хромосом (n) і ДНК (c) в клітині
Інтерфаза		
Пресинтетичний період(G1)	Ріст клітини. Синтез всіх органічних речовин крім ДНК. Збільшується кількість органел, спостерігається ріст цитоплазми.	2n 2c (у людини 46 хромосом і 46 ДНК). хромосоми однохроматидні.
Синтетичний (S)	Синтез ДНК, синтез гістонових білків, в хромосомах подвоюються хроматиди. В цитоплазмі подвоюються центріолі.	2n 4c, хромосоми двоохроматидні.
Постсинтетичний (G2)	Синтез АТФ, білків-тубулінів (для утворення веретена поділу)	2n 4c, хромосоми двоохроматидні
Фази мітозу		
Профаза	Конденсація двоохроматидних хромосом, їх можна побачити під світловим мікроскопом. Зникають ядерця, ядерна оболонка розпадається на мікропухирці. Центріолі розходяться до протилежних полюсів клітини, починають формуватися нитки веретена поділу (із мікротрубочок).	2n 4c, хромосоми двоохроматидні.
Метафаза	Хромосоми вишиковуються по екватору клітини, нитки веретена поділу прикріплюються до центромерів хромосом (до кінетохорів)	2n 4c, хромосоми двоохроматидні
Анафаза	Хроматиди кожної хромосоми рухаються до протилежних полюсів клітини за рахунок скорочення ниток веретена поділу.	4n 4c хромосоми однохроматидні.
Телофаза	Деконденсація хромосом, формуються ядерця. Мембрани мікропухирців зливаються, утворюється ядерна оболонка. Формується два дочірніх ядра. Процес завершується цитокінезом – поділом цитоплазми. Утворюються дві дочірні клітини.	В кожній дочірній клітині 2n 2c, хромосоми однохроматидні

Біологічне значення мітозу: після мітозу утворюються дві дочірні клітини, які мають таку ж кількість хромосом і таку ж спадкову інформацію, які були в материнській клітині.

### Що таке ендомітоз і політенія?

Ендомітоз – процес утворення поліплоїдних клітин. В клітинах відбувається синтез ДНК, подвоєння хроматид в хромосомах, але клітина не поділяється на дві дочірні. Після ендомітозу утворюються клітини з тетраплоїдним набором хромосом ( $4n$ ). Після другого циклу ендомітозу в клітинах буде  $8n$  хромосом, тощо. В поліплоїдних клітинах більша кількість активних генів, тому ендомітоз може спостерігатися в клітинах з високою метаболічною активністю (наприклад, в клітинах печінки).

Політенія – це процес утворення гігантських хромосом в клітинах слинних залоз двокрилих комах. При політенії в клітинах відбувається багаторазова реплікація ДНК, які з'єднуються з білками і утворюють хромонеми. Внаслідок в хромосомах утворюється багато хромонем (більше 1000). Хромосоми набувають великих розмірів. Їх можна побачити під світловим мікроскопом. Політенія – це процес, який збільшує кількість активних генів в клітинах.

### Смерть клітини: апоптоз і некроз.

Апоптоз – це генетично запрограмована смерть клітини. Для апоптозу клітина повинна мати запас енергії. Апоптоз пов'язаний з активацією певних генів і синтезом білків-ферментів. Клітини зменшуються в об'ємі, хроматин конденсується, зменшується об'єм ядра, ядро розпадається на фрагменти. Навколо кожного фрагмента ядра відокремлюється цитоплазма, утворюються апоптозні тільця. Їх фагоцитують лейкоцити. В тканинах не виникає запалення.

Некроз - це смерть пошкодженої клітини, яка не може загинути шляхом апоптозу. Клітина не здатна підтримувати цілісність мембран. Руйнуються лізосоми. При некрозі збільшується об'єм ядра і цитоплазми. Під дією ферментів лізосом руйнуються ядро і цитоплазма. Клітина перетравлюється, компоненти клітини виходять за її межі і пошкоджують інші клітини. В тканинах виникає запалення.

## Тема 7: Мейоз. Гаметогенез. Запліднення

**Мета:** Вивчити особливості мейотичного поділу, усвідомити роль мейозу в забезпеченні генетичної стабільності виду. Вивчити особливості будови статевих клітин, етапи гаметогенезу, послідовні етапи запліднення. Усвідомити значення особливостей сперматогенезу й оогенезу в ризику розвитку спадкової патології людини.

**Основні поняття:** мейоз, синапсис, кросинговер, комбінативна мінливість, гамети, гаметогенез, оогенез, сперматогенез, яйцеклітина, сперматозоїд, запліднення, зигота.

**Обладнання:** таблиці мейозу, гаметогенезу, будови яйцеклітини і сперматозоїда, мікропрепарати яєчника кішки, сім'яника щура, сперматозоїдів морської свинки, мікроскоп, мультимедійний проектор, мультимедійна презентація, ноутбук, ситуаційні задачі.

**Навчальний час:** 2 години.

### План

#### I. Мотивація здобувачів вищої освіти щодо вивчення теми:

Актуальність теми визначається тим, що процес мейозу є необхідною компонентою статевого розмноження, забезпечує механізми комбінативної мінливості. Порушення гаметогенезу обумовлюють народження дітей зі спадковими захворюваннями, тому знання особливостей оогенезу і сперматогенезу необхідно для розуміння медичної генетики. Тема інтегрується з курсами гістології, патологічної фізіології, необхідна для розуміння окремих питань медичної генетики, акушерства і гінекології.

#### II. Контроль опорних знань (опитування здобувачів вищої освіти):

2.1. Вимоги до теоретичної готовності здобувачів до виконання практичних занять:

*Здобувач вищої освіти повинен знати:*

- характеристику мейозу;
- механізми генетичної рекомбінації під час мейозу;
- відмінності статевого і нестатевого розмноження;
- етапи гаметогенезу, їх характеристику;
- відмінності оогенезу і сперматогенезу;
- будову статевих клітин;
- етапи запліднення, особливості у людини.

*По завершенню вивчення теми здобувач повинен вміти:*

- розрізняти на мікропрепаратах, схемах, таблицях стадії сперматогенезу та оогенезу,

#### 2.2. Орієнтовна карта для позааудиторної самопідготовки

Вказівки до виконання завдання	Відповіді студента з доповненнями на занятті
1. Мейоз – це...	
2. Назвіть клітини людини, що діляться мейотично:	
3. Перший поділ мейозу називають редукційним, тому що	
4. Другий поділ мейозу називають екваційним, тому що	
5. Скільки клітин утворюється з однієї клітини внаслідок: 1) мітозу   2) мейозу	
6. Який набір хромосом у дочірніх клітинах, що утворюються внаслідок?: 1) мітозу   2) мейозу I   3) мейозу II	
7. Укажіть механізми, що призводять до генетичного різноманіття статевих клітин: А   Б	
8. Укажіть біологічне значення мейозу: А   Б	
9. Гаметогенез – це...	

Вказівки до виконання завдання	Відповіді студента з доповненнями на занятті		
10. Яку назву отримав гаметогенез у:	1) жінки -	2) чоловіка -	
11. Де відбувається гаметогенез у:	1) жінки -	2) чоловіка -	
12. Назвіть періоди гаметогенезу в:			
1) жінки -	А	Б	В
2) чоловіка -	А	Б	
	В	Г	
13.Період (зона) формування спостерігається тільки в процесі .....			
14.Період (зона) росту найбільш виражений в .....			
15.Вкажіть кількість гамет, що утворюються з одного:	1) первинного овоцита	2) первинного сперматоцита	
16.Вкажіть розміри (мкм) гамет людини:	1) яйцеклітини (діаметр) -	2) сперматозоїда (довжина) -	
17.В який період онтогенезу людини починається (а) й завершується (б):			
1) овогенез	а)	б)	
2) сперматогенез	а)	б)	
18. Запліднення – це...			
19. Назвіть послідовні етапи запліднення:	А		
	Б		
	В		
20. В якій ділянці жіночої репродуктивної системи відбувається запліднення			
21.Біологічне значення запліднення полягає в			

### 2.3 Питання для перевірки базових знань за темою заняття:

1. Що таке розмноження? Основні форми й сутність статевого й нестатевого розмноження організмів. Що таке мейоз? Які клітини діляться шляхом мейозу? Характеристика фаз мейозу.
2. Основні відмінності мейозу і мітозу.
3. Біологічне значення мейозу. Механізми генетичної рекомбінації під час мейозу.
4. Що таке гаметогенез, сперматогенез, овогенез?
5. Де утворюються у людини сперматозоїди і яйцеклітини?
6. Будова яйцеклітини й сперматозоїда.
7. Періоди сперматогенезу. Найважливіші події кожного етапу
8. Принципові відмінності овогенезу від сперматогенезу.
9. Процес запліднення в людини. Явище моно- й поліспермії.

## II. Формування професійних вмінь, практичних навичок (зміст завдань):

### 3.1. зміст завдань:

Робота 1. Вивчіть фази мейозу I і мейозу II. Укажіть кількість хромосом (n) і ДНК (C) та основні процеси, що в них відбуваються.

Робота 2. Порівняйте процеси мітозу і мейозу. Заповніть таблицю.

Робота 3. Вивчіть схему гаметогенезу. Вкажіть найменування клітин, періоди (зони) при сперматогенезі й овогенезі, типи поділу клітин, набір хромосом (1n, 2n). Вивчіть основні відмінності процесів гаметогенезу в людини, заповніть таблицю 2.

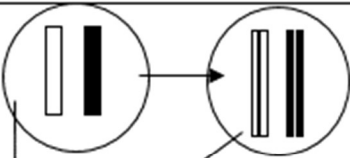
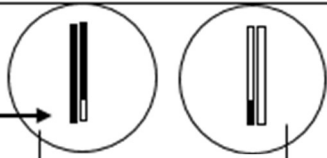
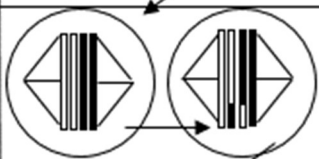
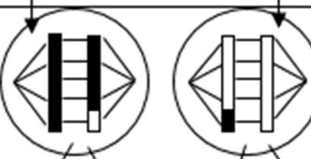
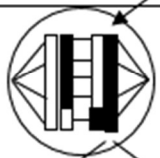
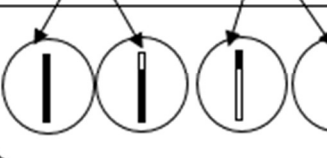
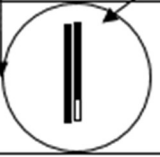
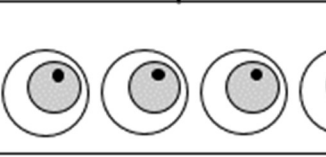
Робота 4. Розгляньте під світловим мікроскопом особливості будови яєчника кішки і особливості будови поперечного зрізу звивистого каналця сім'яника ссавця. На рис. 1 позначте зрілий фолікул, процес овуляції, формування жовтого тіла вагітності. вкажіть етапи розвитку фолікулів. На рис. 2 позначте зони сперматогенезу і відповідні клітини.

Робота 5. Вивчіть під мікроскопом морфологію яйцеклітини і сперматозоїдів тварин, зарисуйте, вкажіть особливості будови. Проведіть порівняльну характеристику статевих клітин людини.

### 3.2. Рекомендації (інструкції) щодо виконання завдань, професійні алгоритми.

#### Робота 1.

Під час виконання роботи згадайте, що саме перший поділ мейозу має принципові відмінності від мітозу. В профазі першого поділу відбувається синапсис (кон'югація) з утворенням бівалентів (тетрад), кросинговер. В метафазі мейозу I на екваторі розташовані біваленти (тетради). В анафазі мейозу I до полюсів розходяться гомологічні хромосоми, що обумовлює гаплоїдність дочірніх клітин. Після завершення мейозу I (редукційного поділу) з однієї клітини з набором  $2n4c$  утворюються 2 дочірні клітини з набором  $n2c$  (гаплоїдний набір хромосом, двохроматидні хромосоми). Між першим і другим поділом мейозу є короткий проміжок – інтеркінез, під час якого реплікація ДНК не відбувається. Мейоз II (екваційний поділ) за подіями не відрізняється від мітозу. До полюсів розходяться хроматиди, з двох клітин з набором хромосом  $n2c$  у кожній утворюються 4 клітини з набором  $nc$  (гаплоїдний набір хромосом, однохроматидні хромосоми).

Фаза Процеси	n, c	I (редукційний поділ)	II (екваційний поділ)	n, c	Фаза Процеси
					
					
					
					

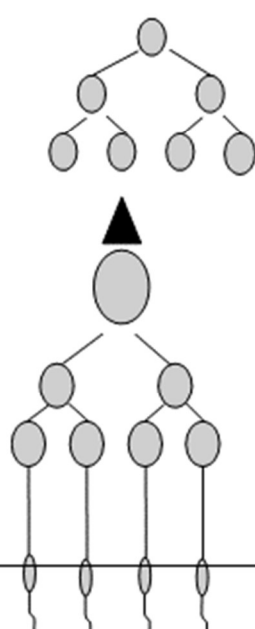
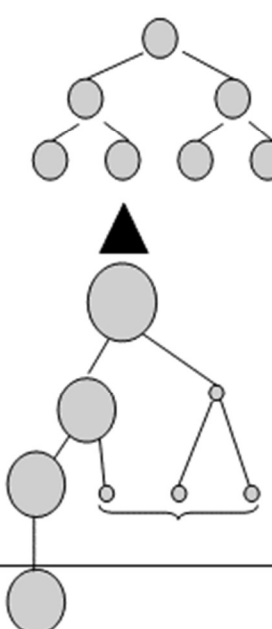
#### Робота 2.

При заповненні таблиці, що порівнює мітотичний і мейотичний поділи, використовуйте результати роботи 1 і матеріал заняття 6. Зверніть увагу, що клітини після завершення мітозу є генетично однаковими між собою і з материнської клітиною. Дочірні клітини після завершення мейозу генетично відрізняються одна від одної внаслідок кросинговеру і випадкової комбінації хромосом материнського і батьківського походження в анафазі мейозу I.

	Мітоз	Мейоз
Який тип клітин утворюється?		
Кількість дочірніх клітин		
Набір хромосом		
Генетична подібність		

### Робота 3.

Заповніть схему гаметогенезу, базуючись на матеріалі підручника. Зверніть увагу, що етапи оогенезу і сперматогенезу є принципово однаковими, клітини на кожній стадії мають подібні назви, однаковий набір хромосом. В періоді розмноження сперматогонії і оогонії поділяються мітозом, є диплоїдними. Клітини в періоді росту (первинні сперматоцити і первинні овоцити) збільшуються у розмірах. В період дозрівання відбувається мейоз. Після першого поділу клітини стають гаплоїдними (вторинні сперматоцити і вторинні овоцити). По завершенні мейозу утворюються сперматиди і яйцеклітина. Однак кожен з цих процесів має певні особливості. Керуючись отриманими знаннями порівняйте процеси овогенезу і сперматогенезу в таблиці. Зверніть увагу на кількість гамет, що утворюються з одного первинного гаметоцита (4 при сперматогенезі і 1 при оогенезі). Важливе значення мають різні часові рамки процесів, що обумовлює більший ризик нерозходження хромосом (геномні мутації) при оогенезі і збільшений ризик генних мутацій при сперматогенезі.

Назви клітин	Сперматогенез	Тип поділу	Набір хромосом	Період (зона)	Овогенез	Назви клітин
						

Показники	Процеси гаметогенезу в людини	
	Оогенез	Сперматогенез
Початок утворення гамет		
Тривалість процесу утворення гамет		
Поділ гаметоцитів при мейозі (рівномірний, нерівномірний)		
Кількість гамет, що утворюються з одного первинного гаметоцита		
Кількість новоутворених гамет	У міс. -	За добу -
Припинення гаметогенезу		

#### Робота 4.

Розгляньте під світловим мікроскопом при малому збільшенні постійний мікропрепарат яєчника кішки. Зверніть увагу на наявність фолікулів різного розміру і, відповідно, різного ступеню зрілості. Дозрілий фолікул найбільший за розміром, має яйценосний горбик з незрілою яйцеклітиною (овоцит другого порядку). Знайдіть і вкажіть на рис. 1 поверховий епітелій, зрілий фолікул (графів пухирець), процес овуляції, жовте тіло, атрофований фолікул (жовте тіло), судини.

Розгляньте під світловим мікроскопом при великому збільшенні постійний мікропрепарат поперечного зрізу звивистого каналця сім'яника щура. Зверніть увагу на зональність розташування клітин. Зовнішній шар клітин відповідає зоні розмноження, клітин (сперматогонії) кулястої форми, з відносно великим ядром і значною кількістю цитоплазми. Зону роста розташована ближче до просвіту каналця. Тут відбувається значне збільшення розмірів клітин (первинних сперматоцитів) внаслідок підвищення кількості цитоплазми. В зоні дозрівання розрізняють вторинні сперматоцити і сперматиди. Останні розташовані ближче до просвіту каналця, дрібні, з майже непомітною цитоплазмою. В зоні формування сформовані сперматозоїди виходять у просвіт каналця. На рисунку 2 вкажіть сперматогонії, первинні сперматоцити, вторинні сперматоцити, сперматиди, новоутворені сперматозоїди.

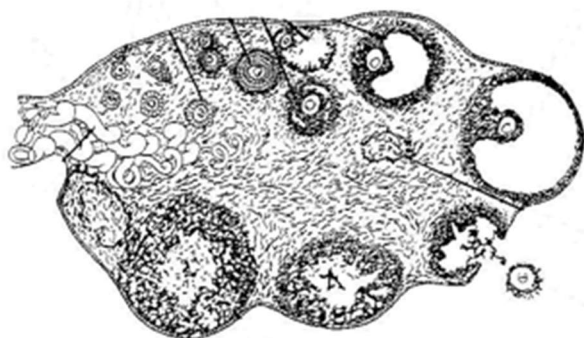


Рис.1. Будова яєчника ссавців

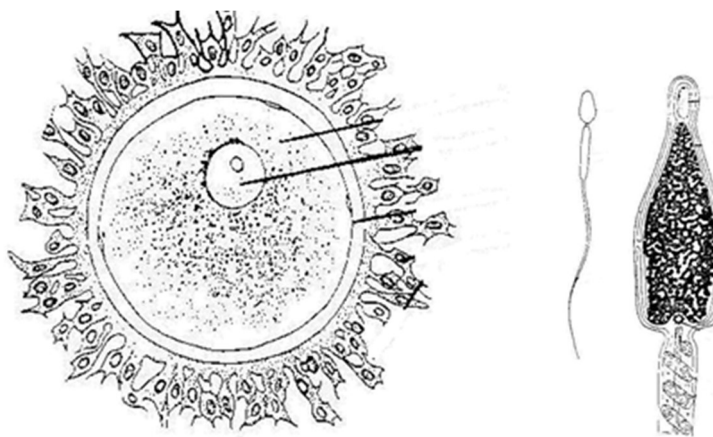


Рис.2. Будова звивистого каналця сім'яника ссавця

#### Робота 6.

При великому збільшенні вивчіть будову дозрілого фолікула яйцеклітини кішки. Намалуйте зрілий фолікул з овоцитом. Позначте на малюнку ядро овоцита, цитоплазму, цитоплазматичну мембрану, блискучу оболонку, шар фолікулярних клітин (зернисту зону).

При малому збільшенні вивчіть постійний препарат сперматозоїдів морської свинки. Знайдіть голівку, шийку, проміжну частину, хвіст. Зверніть увагу на акросому в передній частині голівки, що виглядає більш темнішою. Зарисуйте будову сперматозоїда. Позначте голівку, шийку, проміжну частину, хвіст (джгутик), акросому, ядро, центросому (центріолі), мітохондріальну спіраль. Використовуючи отримані знання, заповніть таблицю.



Таблиця. Особливості статевих клітин людини

Показники	Статеві клітини (гамети) людини	
	Яйцеклітина	Сперматозоїд
Форма		
Розмір (в мкм) Діаметр –	Довжина –	
Кількість хромосом: аутосом, гетерохромосом		
Ядерно-цитоплазматичний індекс		
Здатність до руху		
Рівень обмінних процесів		
Тривалість збереження здатності до запліднення		

### 3.3. вимоги до результатів роботи, в т.ч. до оформлення;

Виконайте роботи 1-6 в зошиті-альбомі для практичних занять. Після виконання роботи отримайте підпис викладача.

### 3.4. матеріали контролю для заключного етапу заняття:

1. Зв'язок між поколіннями здійснюється через статеві клітини. Який механізм підтримання сталості хромосом із покоління в покоління в організмів, які розмножуються статевим шляхом?

- A. Мітоз
- B. Амітоз
- C. Політенія
- D. Мейоз
- E. Ендомітоз



2. На електронно-мікроскопічній фотографії зрізу статевої залози видно клітину, в якій відсутнє ядро, гомологічні хромосоми сполучені в пари – біваленти. Яка це фаза мейозу?
- Профаза I
  - Метафаза I
  - Анафаза I
  - Профаза II
  - Анафаза II
3. У багатодітній сім'ї четверо синів і три дочки; діти фенотипово відрізняються один від одного за багатьма ознаками. Це пояснюється тим, що в батьків при гаметогенезі в кожену зі статевих клітин потрапляють різні комбінації хромосом. В якій фазі мейозу це відбувається?
- Профазі I
  - Метафазі I
  - Анафазі I
  - Профазі II
  - Анафазі II
4. У процесі мейозу відбувається кон'югація гомологічних хромосом і кросинговер. Яка це фаза поділу?
- Профаза I
  - Метафаза I
  - Анафаза I
  - Профаза II
  - Анафаза II
5. Мейоз – це спосіб поділу клітин, під час якого змінюється набір хромосом. Який набір хромосом і ДНК у клітині після другого мейотичного поділу?
- $1n1C$
  - $1n2C$
  - $2n1C$
  - $2n2C$
  - $2n4C$
6. У процесі мейозу відбувається кон'югація хромосом, їхні біваленти (тетради) розташовуються в площині екватора клітини. Яка це фаза мейозу?
- Профаза I
  - Метафаза I
  - Анафаза I
  - Профаза II
  - Анафаза II
7. На електронній мікрофотографії видно, що двохроматидні хромосоми під час мейозу розходяться до полюсів клітини. Для якої фази мейозу це характерно?
- Профазі I
  - Метафазі I
  - Анафазі I
  - Профазі II
  - Анафазі II
8. Унаслідок кон'югації в профазі мейозу I утворюються пари хромосом – біваленти. Скільки хроматид містить ця структура?
- 1
  - 2
  - 4
  - 6
  - 8
9. Між гомологічними хромосомами відбувся кросинговер – перехрест із обміном відповідними ділянками. На якій стадії профазі I мейозу знаходиться клітина?
- Лептонемі
  - Зігонемі
  - Пахінемі
  - Диплонемі
  - Діакінезу
10. Коли починається процес овогенезу в жінок?
- 2-3 місяць ембріогенезу
  - 2-3 рік
  - 6-7 рік
  - 12-13 рік
  - 19-20 рік
11. На зрізі яєчника ембріона кішки видно доволі великі клітини, в котрих гомологічні хромосоми з'єднані попарно, утворюючи біваленти, в деяких із них відбувається обмін алельними генами. Якому періоду відповідає описана картина?
- Розмноження
  - Росту
  - Дозрівання
  - Формування
12. Досліджено яєчник ембріону кішки. На зрізі яєчника виявлено зону, в котрій є клітини, що діляться мітотично. Вони мають однаковий диплоїдний ( $2n$ ) набір хромосом. Якому періоду овогенезу відповідає описане?
- Розмноження
  - Росту
  - Дозрівання
  - Формування
13. Гаметогенез у жінок і чоловіків починається в різні періоди

індивідуального розвитку. Коли (приблизно) починається цей процес у чоловіків?

- A. 2-3 місяць ембріогенезу
- B. 2-3 рік
- C. 6-7 рік
- D. 12-13 рік
- E. 19-20 рік

14. На зрізі сім'яних каналців статевозрілого щура виявлено зону, в центральній частині якої сперматиди перетворюються на сперматозоїди. Якій стадії сперматогенезу відповідає описана картина?

- A. Розмноження
- B. Росту
- C. Дозрівання
- D. Формування

15. На препараті поперечного зрізу сім'яного каналця kota в деяких його клітинах видно фігури мітозу. Яку назву отримали ці клітини?

- A. Сперматогоній
- B. Первинних сперматоцитів
- C. Вторинних сперматоцитів
- D. Сперматид
- E. Сперматозоїдів

16. Сперматогенез у чоловіка має багато рис подібності з овогенезом, проте, кожен із цих процесів має і суттєві відмінності. Яка відмінна риса цього процесу в чоловіків?

- A. Утворюється 1 гамета
- B. Утворюються 4 гамети
- C. Усі гамети диплоїдні
- D. Період формування відсутній
- E. Відбувається реплікація

**Відповіді для самоконтролю: 1-D, 2-A, 3-C, 4-A, 5-A, 6-D, 7-C, 8-C, 9-C, 10-A, 11-C, 12-A, 13-D, 14-D, 15-A, 16-B.**

**IV. Тема наступного заняття: Особливості пренатального періоду розвитку та передумови виникнення природжених вад розвитку людини**

### **Список рекомендованої літератури**

#### **Основна література:**

1. Медична біологія / За ред. В. П. Пішака, Ю. І. Бажори. Підручник / Видання 3-є, перероблене і доповнене.- Вінниця: Нова книга, 2017. - С. 132-143, 144-148.

#### *Стислий зміст теми*

Мейоз – це специфічний поділ попередників статевих клітин. Після мейозу утворюються 4 гаплоїдні клітини з різною спадковою інформацією. Мейоз включає два поділи клітин: Мейоз I (редукційний поділ) і Мейоз II (екваційний поділ). Кожний поділ включає такі ж фази, як при мітозі (профазу, метафазу, анафазу, телофазу). Перед мейозом I клітини проходять інтерфазу із редуплікацією ДНК. У мейоз вступають клітини, що мають генетичну інформацію  $2n4c$ . Перед мейозом II короткий період без реплікації ДНК - інтеркінез.

## Характеристика фаз мейозу

Фази мейозу	Які процеси відбуваються	Кількість хромосом (n) і ДНК (c) в клітині
<b>Мейоз I (редукційний)</b>		
Профаза I	Конденсація хромосом, з'єднання гомологічний хромосом (кон'югація), утворення бівалентів (пар гомологічних хромосом), кросинговер (гомологічні хромосоми обмінюються алельними генами). Руйнуються ядро і ядерна оболонка. Центріолі рухаються до протилежних полюсів клітини.	2n4c хромосоми двохроматидні
Метафаза I	Біваленти вишиковуються по екватору клітини, до центромерів кожної хромосоми приєднуються нитки веретена поділу.	2n4c хромосоми двохроматидні
Анафаза II	Нитки веретена поділу скорочуються і розтягують гомологічні хромосоми до протилежних полюсів клітини.	2n4c хромосоми двохроматидні
Телофаза II	Утворюються дочірні ядра, відбувається цитокінез, утворюються дві дочірні клітини з гаплоїдним набором хромосом і різною спадковою інформацією	В двох дочірніх клітинах n2c, хромосоми двохроматидні
Інтеркінез – проміжок часу між I і II поділами. Може бути відсутнім (сперматогенез), а може тривати довгий час (овогенез).		
Мейоз II (екваційний) – подібний до мітозу. У мейоз II вступають дві дочірні клітини, які утворилися після мейозу I		
Профаза II	Коротка, такі ж процеси як в мітозі	В кожній клітині n2c, хромосоми двохроматидні
Метафаза II	Двохроматидні хромосоми вишиковуються по екватору, до центромери прикріплюються нитки веретена поділу.	В кожній клітині n2c, хромосоми двохроматидні
Анафаза II	Нитки веретена поділу розтягують хроматиди до протилежних полюсів клітини.	В кожній клітині 2n2c, хромосоми однохроматидні
Телофаза II	З кожної материнської клітини утворюються дві дочірні з гаплоїдним набором хромосом. Всього утворюється 4 дочірні клітини.	В кожній клітині nc, хромосоми однохроматидні

### Значення мейозу

1. Забезпечує постійну кількість хромосом з покоління до покоління при статевому розмноженні.
2. Забезпечує комбінативну мінливість. Чотири дочірні клітини мають різну генетичну інформацію внаслідок кросинговеру під час профазы I і випадкового розходження хромосом під час анафазы I.

## Тема 8: Особливості пренатального періоду онтогенезу та передумови виникнення природжених вад розвитку людини.

**Мета:** Вивчити особливості пренатального періоду розвитку людини, проблеми детермінації, взаємодії бластомерів, ембріональної індукції й диференціювання. Усвідомити критичні періоди в онтогенезі людини та передумови виникнення природжених вад розвитку людини в залежності від стадії ембріогенезу

**Основні поняття:** онтогенез, пренатальний період, зигота, бластула, бластоциста, гастрюла, нейрула, дроблення, гастрюляція, бластомери, ектодерма, ентодерма, мезодерма, провізорні органи, хоріон, плацента, амніон, тотіпотентність, диференціювання, детермінація, ембріональна індукція, стовбурові клітини.

**Обладнання:** таблиці етапів ембріонального розвитку, мікропрепарати дроблення яйця аскариди, бластули, гастрюли і нейрули амфібій, мікроскоп, мультимедійний проектор, мультимедійна презентація, ноутбук, ситуаційні задачі.

**Навчальний час:** 2 години.

### План

#### I. Мотивація здобувача вищої освіти щодо вивчення теми:

Знання особливостей ембріогенезу людини необхідне для розуміння формування вад розвитку, обумовлених як спадковими факторами, так й несприятливими умовами середовища, зокрема впливом алкоголю, медикаментозних засобів тощо. Знання механізмів молекулярної і клітинного диференціювання клітин закладає основи для вивчення принципів сучасних репаративних технологій, включаючи терапію стовбуровими клітинами. Тема інтегрується з курсами гістології, патологічної фізіології, необхідна для розуміння окремих питань медичної генетики, акушерства і гінекології.

#### II. Контроль опорних знань (опитування здобувачів вищої освіти):

2.1. Вимоги до теоретичної готовності здобувачів до виконання практичних занять:

*Здобувач вищої освіти повинен знати:*

- періоди онтогенезу;
- послідовність етапів ембріонального розвитку та їх характеристику;
- похідні екто-, енто-, та мезодерми;
- особливості ембріогенезу людини;
- основні механізми диференціювання під час ембріогенезу;
- провізорні органи та їх значення;
- критичні періоди ембріогенезу людини;
- тератогенні фактори та їх класифікацію.

*По завершенню вивчення теми здобувач повинен вміти:*

- розрізняти на препаратах, схемах, таблицях стадії ембріонального розвитку.

#### 2.2. Орієнтовна карта для позаавдиторної самопідготовки

Вказівки до виконання завдання	Відповіді студента з доповненнями на занятті	
1. Дайте визначення поняття “онтогенез” з точки зору:		
А. ембріології – це період розвитку індивідуума, починаючи з..... і завершуючи .....		
Б. генетики – це ...		
2. Укажіть періоди онтогенезу:		
А	Б	В

Вказівки до виконання завдання	Відповіді студента з доповненнями на занятті		
3. Ембріональний розвиток починається з ..... завершується.....	і		
4. Укажіть типи яйцеклітин в залежності від розташування жовтка в цитоплазмі:	А	Б	В
5. Живлення зародка ссавців здійснюється за посередництвом.....			
6. Бластула – це...			
7. Бластула якого типу утворюється в людини?			
8. Гаструла – це...			
9. Укажіть типи гаструляції зародка людини:	А	Б	
10. Провізорні органи – це ...			
11. Назвіть провізорні органи людини	А	Б	
	В	Г	
12. Що таке критичні періоди розвитку:			
13. Перелічіть критичні періоди в пренатальному періоді розвитку людини з точки зору ембріології:	А		
	Б		
	В		
14. Ембріоном називають зародок від до тижнів			
15. Плідний період продовжується з тижня до			
16. Дайте визначення термінів:			
А. тератологія —			
Б. тератогенез —			
В. тератогенні фактори-			
17. Диференціювання – це ...			
18. Поняття “тотіпотентність бластомерів” означає			
19. Ембріональна індукція – це...			
20. Наведіть приклади тератогенних факторів різної природи:			
	Фізичних	Хімічних	Біологічних

### 2.3. Питання для перевірки базових знань за темою заняття:

1. Визначення поняття онтогенеза, його періодизація.
2. Етапи ембріонального періоду.
3. Що таке дроблення? Типи дроблення, особливості дроблення людини, будова бластули.
4. Що таке гаструляція? Типи гаструляції, особливості гаструляції у людини.
5. Що таке гісто- і органогенез, нейруляція?
6. Що таке зародкові листки? Які похідні кожного з зародкових листків?
7. Що таке провізорні органи? Які є провізорні органи в людини? Яку функцію виконує кожен з них?

8. Ембріональна індукція. Досліди Д. Гьордона, Г. Шпемана.
9. Механізми диференціювання під час ембріогенезу. Стовбурові клітини.
10. Поняття про критичні періоди ембріогенезу.
11. Що таке природжені вади розвитку? Класифікація природжених вад розвитку людини.
12. Що таке тератогенні фактори? Їх класифікація.

## **II. Формування професійних вмінь, практичних навичок (зміст завдань):**

### **3.1. зміст завдань:**

Робота 1. Вивчіть на мікропрепараті поперечного зрізу яєчника аскариди дроблення заплідненого яйця. Вивчіть мікропрепарати бластули, гастрული і нейрули жаби.

Робота 2. Проаналізуйте схему типів дроблення в залежності від виду яйцеклітини. Вкажіть, для яких класів тварин вони характерні.

Робота 3. Вивчіть розвиток зародка людини на першому тижні ембріогенезу. Позначте процеси овуляції, запліднення, дроблення, імплантації.

Робота 4. Вивчіть стадії дроблення зиготи людини. Позначте кожен етап та будову бластоцисти. Вивчіть похідні бластоцисти.

Робота 5. Вивчіть та вкажіть відповідні типи гастрюляції, будову гастрული кожного типу. Позначте будову ранньої та пізньої гастрული, нейрули людини.

Робота 6. Заповніть таблицю «Похідні зародкових листків у людини»

Робота 7. Вивчіть провізорні органи людини й позначте їх.

Робота 8. Вивчіть класифікацію природжених вад розвитку людини. Охарактеризуйте в таблиці вади розвитку в залежності від періоду формування.

### **3.2. Рекомендації (інструкції) щодо виконання завдань, професійні алгоритми.**

#### Робота 1.

Розгляньте при великому збільшенні постійний мікропрепарат яєць аскариди. Зверніть увагу на яйця, в яких спостерігається процес дроблення – наявні два бластомери. На постійному препараті гастрული жаби роздиряться шари ектодерми і ентодерми, залишки бластоцеля, гастроцель, бластопор. При вивченні нейрули жаби зверніть увагу на нервовий жолобок, обмежений нервовими валиками, хорду і гастроцель.

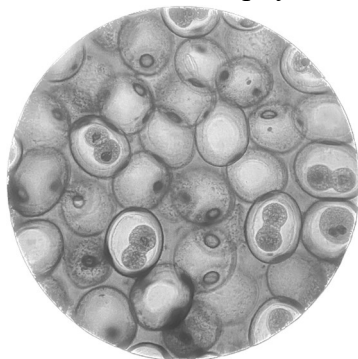
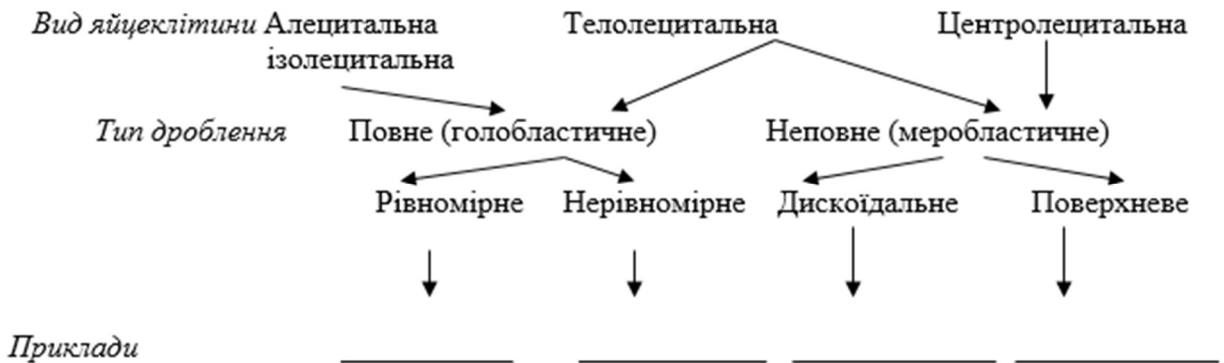


Рис. Дроблення в яйці аскариди

#### Робота 2.

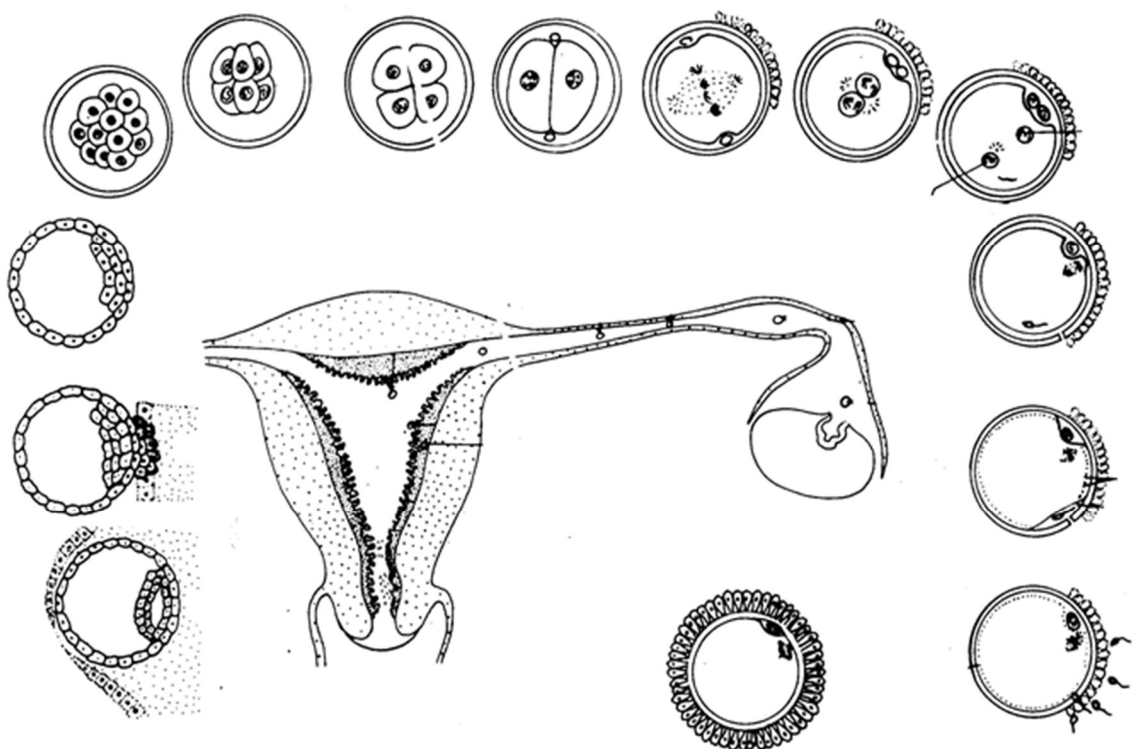
При вивченні типів дроблення зверніть увагу на те, що характер дроблення залежить від типу яйцеклітини, тобто від кількості жовтка і його розподілу. Для оліголецитальної та ізолецитальної яйцеклітини (жовтка мало, його розподіл рівномірний) властиве повне дроблення, тобто клітина поділяється повністю. У ланцетника утворюються однакові за

розміром бластомери - повне рівномірне дроблення. У ссавців клітини ембріобласта і трофобласта відрізняються за розмірами – повне нерівномірне дроблення. Повне нерівномірне дроблення з утворенням клітин різного розміру також спостерігається в організмах з помірно телолецитальними яйцеклітинами (жовтка багато, розподілений відносно нерівномірно). Таке дроблення властиво амфібіям. Якщо жовтка багато і він накопичений на одному з полюсів (різко телолецитальна яйцеклітина), дроблення дискоїдальне, характерне для плазунів і птахів. Центролецитальна яйцеклітина (жовток накопичується у центрі) обумовлює поверхневе дроблення (комахи).



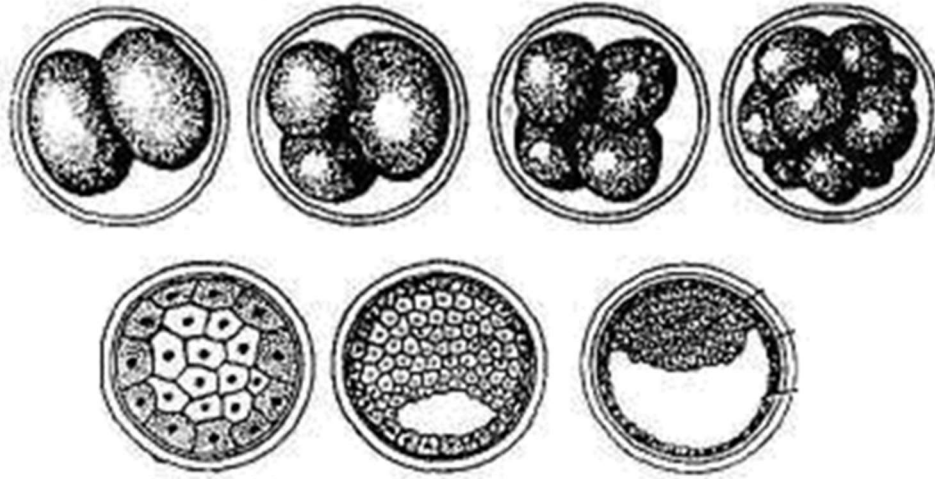
### Робота 3.

На схемі овуляції, запліднення й розвитку зародка людини на першому тижні ембріогенезу знайдіть і позначте: яєчник, маткова (фаллопієва труба), овуляцію, запліднення, зиготу, стадії дроблення, бластоцисту, блискучу оболонку, імплантацію. Зверніть увагу, що запліднення в людини відбувається в ампульній частині маткової труби. Зигота поділяється перший раз через 30 годин після запліднення, дроблення спостерігається в просвіті маткової труби з 2 по 4 доби під час руху ембріона до порожнини матки. На 4 добу утворюється морула – щільне скупчення клітин з 16-32 бластомерів. Через 4,5 - 5 діб утворюється бластула – бластоциста, зародок вже знаходиться в порожнині матки. Імплантація відбувається на 6 - 7 добу після запліднення.



#### Робота 4.

Вивчить схему дроблення зиготи людини. Позначте на рисунку бластомери, блискучу оболонку, морулу, ранню і пізню бластоцисту. Зверніть увагу, що дроблення у людини повне, нерівномірне, асинхронне. У бластоцисті позначте трофобласт, ембріобласт, бластоцель. Користуючись матеріалом підручника, заповніть таблицю похідних ембріобласта і трофобласта.



Похідні ембріобласту і трофобласту

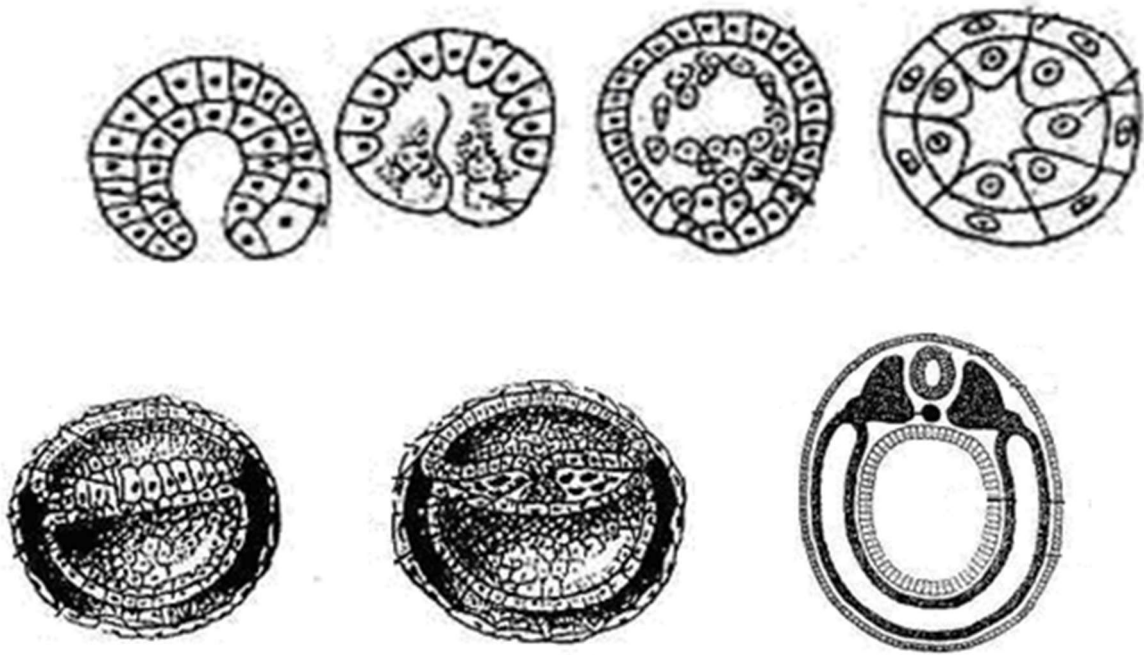
Ембріобласт	Трофобласт
А	А
Б	Б
В	
Г	



#### Робота 5.

Вивчить можливі способи гастрюляції (процесу утворення зародкових листків). Внаслідок гастрюляції спочатку утворюється двошаровий зародок – гастрюла, а потім тришаровий. На рисунку знайдіть і позначте способи гастрюляції: інвагінація – вп'ячування однієї з ділянок бластодерми всередину цілим пластом (ланцетник); епіболія - обростання дрібними клітинами більш великих, багатих на жовток клітин вегетативного полюса (амфібії); імміграція – переміщення груп або окремих клітин, не об'єднаних у єдиний пласт (людина); деламінація – розшарування клітин бластодерми на два шари, що лежать один над одним (комахи, людина). Зверніть увагу на те, що у більшості організмів гастрюляція змішана. Так у людини гастрюляція здійснюється шляхом деламінації та імміграції. На схемі ранньої гастрюли людини позначте епібласт (первинну ектодерму), гіпобласт (первинну ентодерму), амніотичну порожнину, порожнину жовткового мішка. На рисунку пізньої гастрюли відмітьте ектодерму, мезодерму і ентодерму. Вивчить будову нейрули. На рисунку позначте ектодерму, нервову трубку, хорду, дорсальну і вентральну мезодерму, вторинну порожнину тіла (целом), ентодерму, травну трубку.





Робота 6.

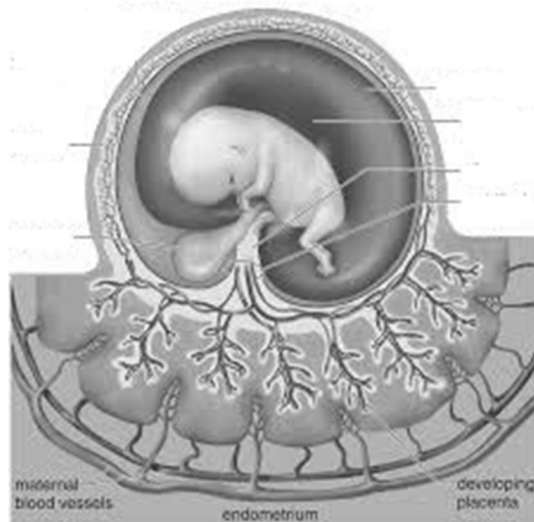
Користуючись вивченим з теми матеріалом підручника, заповніть таблицю похідних зародкових листків. Зверніть увагу на похідні окремих ділянок мезодерми.

Зародкові листки		
Ектодерма	Ентодерма	Мезодерма
		Дерматом –
		Склеротом –
		Міотом –
		Нефротом –
		Гонотом –
		Спланхнотом –
		Мезенхіма –



#### Робота 7.

Вивчіть провізорні органи людини і їх функцію. На рисунку знайдіть і позначте жовтковий мішок, алантоїс, пупковий канатик, амніон і амніотичну порожнину, хоріон, плаценту. Зверніть увагу, що у ссавців жовтковий мішок не виконує функцію живлення, а є першим органом ембріонального кровотворення. Редукція жовткового мішка починається з 7 – 8 тижня ембріогенезу. Алантоїс, який у птахів виконує роль сечового міхура, у ссавців приймає участь в утворенні пупкового канатика. Амніон утворює амніотичну порожнину з амніотичною рідиною. Амніотична рідина захищає плід від механічних пошкоджень, висихання і температурних коливань, дає простір для рухів плоду. Лише у ссавців формується хоріон (ворсинчаста оболонка), який забезпечує утворення плаценти. Плацента є органом для взаємодії з організмом матері (живлення, газообмін, виділення), виконує бар'єрну функцію, секретує гормони (прогестерон та інші), синтезує регулятори імунної відповіді. Організм плода зв'язаний з плацентою пупковим канатиком, що містить дві пупкові артерії і одну вену.



### Робота 8

За матеріалом підручника і навчальних посібників, рисунка і наведеної таблиці вивчіть класифікацію вад розвитку, терміни виникнення вад розвитку. Заповніть таблицю класифікації вроджених вад за терміном виникнення і стадією ембріогенезу.

		ембріональний період (тижні)						плідний період			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	16	32	38
	Embryonic disc	дефекти нервової трубки		розумова відсталість							
	Amnion	серце									
		амелія		верхні кінцівки							
		амелія		нижні кінцівки							
		щілина губи				верхня губа					
		глухота, низько розташовані вушні раковини						вуха			
		мікрофтальмія, катаракта, глаукома						очі			
								зуби			
								піднебіння			
								зовнішні статеві органи			
← не чутливі до тератогенів		● переважно вражаються тератогенами									
		□ менш чутливий період									
		■ високочутливий період									
Часто загибель ембріона, спонтанні аборти		Важкі вади розвитку						Менш важкі вади, функціональні порушення			

Рис. Термінаційні тератогенні періоди в розвитку ембріона людини

### 3.3. вимоги до результатів роботи, в т.ч. до оформлення;

Виконайте роботи 1-8 в зошиті-альбомі для практичних занять. Після виконання роботи отримайте підпис викладача.

### 3.4. матеріали контролю для заключного етапу заняття:

1. Експериментально в головному кінці зародка жабки на стадії нейрули блоковано процеси транскрипції в ядрах нейронів. До якої природженої вади розвитку може призвести цей вплив?
  - А. Незарощення піднебіння
  - В. Спинномозкова грижа
  - С. Деформація хордомезодерми
  - Д. Незарощення верхньої губи
  - Е. Аненцефалія
2. На стадії бластоцисти зареєстровано початок імплантації зародка людини в стінку матки. В який термін ембріогенезу відбувається цей процес?
  - А. 3-4 добу
  - В. 6-7 добу
  - С. 13-14 добу
  - Д. 24-26 добу
  - Е. 28-30 добу
3. На певному етапі онтогенезу людини між кровоносними системами матері та плоду встановлюється фізіологічний зв'язок. Який провізорний орган виконує цю функцію?
  - А. Жовтковий мішок
  - В. Амніон
  - С. Плацента
  - Д. Хоріон
  - Е. Алантоїс
4. У немовля виявлено мікроцефалію. Лікарі вважають, що це пов'язано з прийомом жінкою під час вагітності антибіотику актиноміцину D. На які зародкові листки подіяв цей тератоген?
  - А. Ектодерма
  - В. Ентодерма
  - С. Мезодерма
  - Д. Ентодерма та мезодерма
  - Е. Усі зародкові листки
5. У жінок, які перенесли вірусну краснуху в першій третині вагітності, народжувалися діти з природженими вадами серця, глухонімотою, катарактою тощо. Виникнення цієї патології під впливом хвороби вагітної є прикладом:
  - А. тератогенезу
  - В. канцерогенезу
  - С. мутагенезу
  - Д. малігнізації
  - Е. генокопії
6. У процесі ембріогенезу людини на 6-7-му добу після запліднення починає утворюватися бластоциста, що суттєво відрізняється певними рисами будови від типової бластули ланцетника. Ці відмінні риси полягають у наявності:
  - А. двох полюсів
  - В. великої кількості бластомерів
  - С. первинного рота
  - Д. трофобласта і ембріобласта
  - Е. вторинного рота
7. Наприкінці 2-го тижня вагітності починає утворюватися плацента (дитяче місце), яка забезпечує зв'язок між органами матері, плода та життєзабезпечення останнього. Що приймає участь в її формуванні?
  - А. Алантоїс
  - В. Амніон
  - С. Жовтковий мішок
  - Д. Ембріобласт
  - Е. Хоріон
8. У жінки народилося четверо монозиготних близнят, що є наслідком відокремлення клітин зародка в період дробіння та подальшого їх незалежного розвитку. Цей механізм свідчить, що на початкових стадіях всі клітини зародка:
  - А. уніпотентні
  - В. компетентні
  - С. тотіпотентні
  - Д. детерміновані
  - Е. диференційовані
9. Жінка, яка хворіла на туберкульоз під час вагітності, лікувалась антибіотиками, внаслідок чого порушилася закладка ентодерми ембріону. Вади розвитку якої системи можуть виникнути?
  - А. Травних залоз
  - В. Потових залоз
  - С. Сальних залоз
  - Д. Волосяного покриву
  - Е. Рогового шару шкіри
10. У жінок, які завагітніли під час масового застосування пестицидів у сільській місцевості, порушилася закладка ектодерми ембріону. Природжені вади розвитку якої системи можуть виникнути в новонароджених у цій ситуації?
  - А. Підшлункової залози

- В. Власне шкіри  
С. Печінки  
D. Нервової системи  
E. Скелета
11. У зародка людини почалася закладка комплексу осьових органів. Яку назву отримала ця стадія розвитку?  
A. Зиготи  
B. Дробіння  
C. Бластули  
D. Гастроули  
E. Нейрули
12. У зародка людини в першій фазі гастрюляції утворюється двошаровий ембріон шляхом розшарування клітин. Який це тип гастрюляції?  
A. Епіболія  
B. Імміграція  
C. Деламінація  
D. Інвагінація  
E. Змішаний
13. На стадії пізньої гастроули зародка людини утворюється третій зародковий листок шляхом переміщення групи клітин, що не об'єднані в єдиний пласт. Який це тип гастрюляції?
- A. Епіболія  
B. Імміграція  
C. Інвагінація  
D. Деламінація  
E. Змішаний
14. На 3-му тижні ембріогенезу центральна частина клітин епібласту (ектодерми) прогинається та починається процес нейруляції. В якому напрямку диференціюється решта клітин ектодерми?  
A. Кишки  
B. Хорди  
C. Сомітів  
D. Шкіри  
E. Жовткового мішка
15. На мікропрепараті ембріона людини, взятого з мимовільного викидня, виявлено зародковий щиток, в якому розпізнаються два шари клітин – ендо- та ектодерма. На якому етапі ембріогенезу перебував цей зародок?  
A. Прогенезу  
B. Гастроуляції  
C. Нейруляції  
D. Гістогенезу  
E. Органогенезу

**Відповіді для самоконтролю: 1-Е, 2-В, 3-С, 4-А, 5-А, 6-Д, 7-Е, 8-С, 9-А, 10-Д, 11-Е, 12-С, 13-В, 14-Д, 15-В.**

#### **IV. Тема наступного заняття: Постнатальний період онтогенезу людини**

##### **Список рекомендованої літератури**

##### **1. Основна література:**

1. Медична біологія / За ред. В. П. Пішака, Ю. І. Бажори. Підручник / Видання 3-є, перероблене і доповнене.- Вінниця: Нова книга, 2017. - С. 242-259.

*Стислий зміст теми*  
Етапи ембріонального розвитку

Етап	Сутність процесу	Особливості у людини
Запліднення	Злиття яйцеклітини і сперматозоїда з утворенням зиготи	Відбувається в ампульній частині маткової труби
Дроблення	Відбувається мітотичний поділ зиготи. Клітини, що утворюються – бластомери. Розмір клітин з кожним поділом зменшується, що дало назву процесу – дроблення. Розрізняють повне рівномірне, повне нерівномірне, неповне дискоїдальне, неповне поверхневе дроблення. Дроблення завершується утворенням одношарового зародка бластули.	Дроблення зиготи людини повне нерівномірне асинхронне. Відбувається в матковій трубці. Внаслідок дроблення утворюється бластоциста, яка складається з трофобласта, ембріобласта і бластоцеля.
Гастроляція	Процес утворення зародкових листків: спочатку утворюються ектодерма і ентодерма, потім – мезодерма. Зародок на стадії гастроляції – гастрюла. Способи гастроляції: інвагінація, епіболія, делямінація, імміграція.	Гастроляція відбувається шляхом делямінації (перший етап) і імміграції (другий етап).
Гістогенез і органогенез	Процес утворення тканин і органів Похідні ектодерми: нервова система, епідерміс шкіри і його похідні (волосся, нігті, шкірні залози). Похідні ентодерми: епітелій травної і дихальної систем, печінка, підшлункова залоза Похідні мезодерми: скелет, м'язи, дерма, кровоносна система, видільна система У хордових спочатку утворюються осьові органи: хорда, нервова трубка, травна трубка. Утворення нервової трубки – нейруляція, зародок на цій стадії – нейрула.	Усі системи органів закладаються до кінця 8-го тижня. На цій стадії зародок називають ембріоном. З 9-го тижня зародок називають плодом, продовжуються процеси органогенезу, ріст організму та диференціювання тканин.

## Класифікація вроджених вад розвитку людини

	Група	Що характерне	Приклади
За терміном виникнення	Гаметопатії	Пов'язані з мутаціями під час гаметогенезу, є спадковими походженням	Вади при синдромах Патау, Едвардса, Дауна Моногенні вади розвитку (полідактилія, ахондроплазія)
	Бластопатії	0-2 тижні вагітності	Зрослі (сіамські) близнюки
	Ембріопатії	3 – 8 тижні вагітності	Формується більшість вад розвитку
	Фетопатії	Починаючи з 9 тижня вагітності	Щілина піднебіння
За етіологією (причинам виникнення)	Спадкові	Обумовлені генними або хромосомними мутаціями	Синдром Патау, ахондроплазія
	Тератогенні	Виникають під впливом факторів зовнішнього середовища (тератогенні фактори)	Вади при алкогольному синдромі плода
	Мультифакторіальні	Потрібні спадкова схильність (певний генотип) й фактори зовнішнього середовища	Аненцефалія (відсутність головного мозку)

### Тема 9: Постнатальний період онтогенезу

**Мета:** Вивчити етапи і особливості постембріонального періоду розвитку людини. Сформувати чітке уявлення про співвідношення процесів росту й диференціювання в постнатальному періоді, прояви процесу старіння на різних рівнях організації людини, види пухлин, морфологічні типи конституції та схильність кожного з типів до певних захворювань.

**Основні поняття:** постнатальний період, диференціювання, типи росту, «ростові стрибки», акселерація, критичні періоди постнатального періоду онтогенезу, старіння, геронтологія, геріатрія, клінічна смерть, біологічна смерть, реанімація, доброякісні пухлини, злоякісні пухлини, типи конституції, фізіологічна регенерація, репаративна регенерація, морфалаксіс, епіморфоз, ендоморфоз, ауто трансплантація, ізотрансплантація, алотрансплантація, ксенотрансплантація, донор, реципієнт, тканинна несумісність.

**Обладнання:** таблиці, мультимедійний проектор, презентації.

**Навчальний час:** 2 години

## План

### I. Мотивація здобувачів вищої освіти щодо вивчення теми.

Знання морфофізіологічних характеристик організму людини в різні періоди постнатального онтогенезу необхідні для розуміння особливостей розвитку і перебігу хвороб, критичних періодів онтогенезу. Засвоєння теми допоможе студентам у сприйманні навчального матеріалу на кафедрах нормальної та патологічної фізіології, гістології, гігієни, а також клінічних кафедрах. Розуміння особливостей регенерації, типів трансплантації закладає основи вивчення реконструктивної медицини і має важливе значення для формування наукового світогляду майбутнього лікаря.

### II. Контроль опорних знань (опитування здобувачів вищої освіти):

2.1. Вимоги до теоретичної готовності здобувачів до виконання практичних занять:

*Здобувач вищої освіти повинен знати:*

- типи постембріонального розвитку;
- періодизацію постембріонального періоду людини;
- критичні періоди постембріонального онтогенезу;
- основні типи росту;
- типи конституції людини;
- теорії старіння;
- клінічну і біологічну смерть;
- типи пухлинного росту, канцерогенні фактори;
- типи регенерації;
- типи трансплантації, причини тканинної несумісності.

*По завершенню вивчення теми здобувач повинен вміти:*

- Визначати тип конституції за допомогою індексу Піньє.

### 2.2. Орієнтовна карта для позаавдиторної самопідготовки

Вказівки до виконання завдання	Відповіді студента з доповненнями на занятті	
1. Постембріональний розвиток людини починається з ..... завершується.....	і	
2. Укажіть тип розвитку людини		
3. Укажіть періоди постнатального онтогенезу людини за її здатністю до дітонародження:	А	В
4. Вкажіть критичні періоди постембріонального онтогенезу людини	А	
	Б	
	В	
5. Що є критеріями розвитку людини?	А	
	Б	
6. Укажіть типи росту з урахуванням:		
1) тривалості:	А	
	Б	
	В	
2) пропорційності:	А	Б
3) за рівномірністю:	А	Б
7. Від яких факторів залежить швидкість росту людини:		
А	Б	



Вказівки до виконання завдання	Відповіді студента з доповненнями на занятті	
8. Акселерація – це ...		
9. Зазначте можливі причини акселерації		
10. Що таке геронтологія і геріатрія?		
11. Укажіть типи конституції людини за морфологічними показниками:		
А	Б	В
12. Онкологія – наука, що вивчає		
13. Укажіть типи пухлинного росту:		
А	Б	
14. Наведіть класифікацію пухлин в залежності від типу росту клітин і ступеню атипії:		
А	Б	
15. Які фактори називають канцерогенними?		
16. Наведіть приклади фізіологічної регенерації		
17. Наведіть приклади репаративної регенерації		
18. Вкажіть типи трансплантації:	А	Б
	В	Г

2.3. Питання для перевірки базових знань за темою заняття:

1. Що таке постнатальний період онтогенезу? Які його етапи?
2. Чим характеризується прямий і непрямий розвиток? Який тип розвитку людини?
3. Які періоди розрізняють в постнатальному періоді індивідуального розвитку людини?
4. Ріст людини як критерій розвитку. Які є основні типи росту? Особливості росту людини з урахуванням його тривалості й пропорційності.
5. Що таке «ростові стрибки»?
6. Від яких чинників залежить швидкість росту людини?
7. Що таке акселерація? Які можливі причини акселерації?
8. Які є типи конституції людини за морфологічними показниками?
9. Що таке онкологія? Як класифікують пухлини залежно від типу росту клітин і ступеня атипії?
10. Які чинники називають канцерогенними? Яка їх класифікація?
11. Що таке регенерація? Характеристика та приклади фізіологічної регенерації.
12. Характеристика, види та приклади репаративної регенерації.
13. Що таке трансплантація? Види трансплантації?
14. Проблеми трансплантації та сучасні шляхи їх вирішення.
15. Що таке критичні періоди постнатального періоду онтогенезу? Які це періоди?
16. Що таке старіння? Прояви процесу старіння людини на різних рівнях організації.
17. Які є сучасні теорії старіння? Що таке прогерія?
18. Що таке танатологія? Чим характеризується клінічна та біологічна смерть? Що таке реаніматологія?

### III. Формування професійних вмінь, практичних навичок зміст завдань: зміст завдань:

Робота 1. Вивчіть за допомогою підручників, навчальних посібників періодизацію постнатального періоду онтогенезу людини. Заповніть таблицю вікової періодизації постембріонального періоду онтогенезу людини, запишіть основні показники біологічного віку та вкажіть вік “ростових стрибків”.

Робота 2. Вивчіть фактори, що впливають на ріст і розвиток організму людини. Заповніть схему впливу на організм людини зовнішніх і внутрішніх факторів (генотипу).

Робота 3. Вивчіть види патологічного росту. Запишіть в таблицю характеристики та прояви патологічного росту.

Робота 4. Вивчіть морфологічні типи конституції людини, що відображають взаємодію генотипу з факторами зовнішнього середовища. Визначте тип конституції студента групи використовуючи антропометричні та індекс Піньє. Вкажіть у таблиці фенотипові ознаки морфологічних типів конституції людини, схильність до захворювань.

Робота 5. Вивчіть критичні періоди постнатального онтогенезу людини. Вкажіть у таблиці відповідний вік та можливі причини

### 3.2. рекомендації (інструкції) щодо виконання завдань, професійні алгоритми.

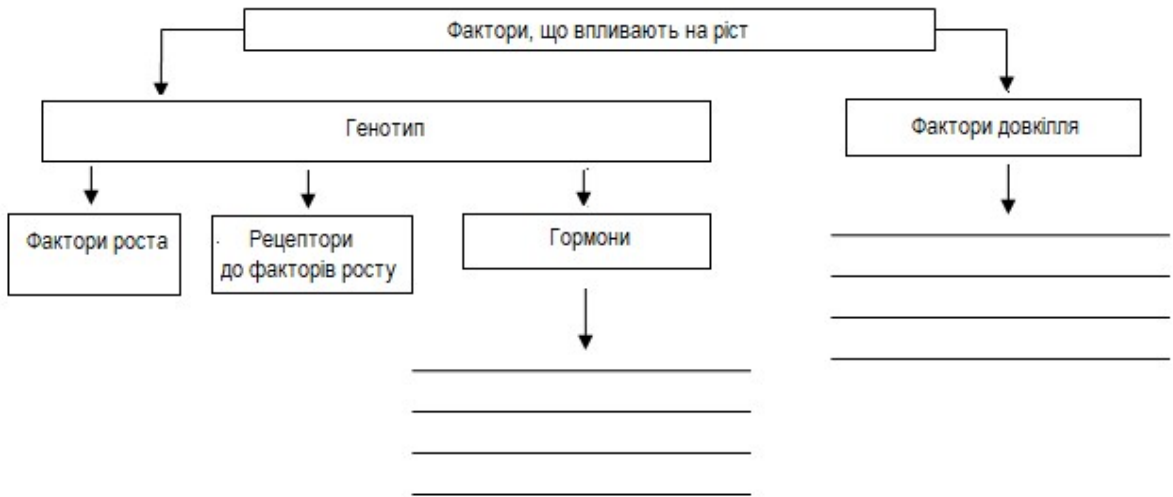
#### Робота 1

Вивчіть періодизацію постнатального онтогенезу людини за допомогою лекцій, підручника, навчальних посібників. Після того на практичному занятті заповнити відповідні розділи таблиці з вказанням вікового періоду, основних типових характеристик кожного періоду, вказати в якому віці спостерігаються «ростові стрибки». Зверніть увагу на те, що ростові стрибки – це періоди прискореного росту дитини (три ростових стрибки в дорепродуктивному періоді).

Періоди	Періодизація (доба, роки)	Основні показники біологічного віку, "ростові стрибки"
<b>Дорепродуктивний</b>		
1.1 Новонародженість		
1.2. Грудний		
1.3. Раннього дитинства		
1.4. Дошкільний		
1.5. Ранній шкільний	$\begin{matrix} \text{O} \\ \text{+} \\ \text{O} \end{matrix} \begin{matrix} - \\ - \\ - \end{matrix}$	
1.6. Підлітковий	$\begin{matrix} \text{O} \\ \text{+} \\ \text{O} \end{matrix} \begin{matrix} - \\ - \\ - \end{matrix}$	
1.7. Юнацький	$\begin{matrix} \text{O} \\ \text{+} \\ \text{O} \end{matrix} \begin{matrix} - \\ - \\ - \end{matrix}$	
<b>Репродуктивний</b>		
2.2. Зрілості:		
- перший період	$\begin{matrix} \text{O} \\ \text{+} \\ \text{O} \end{matrix} \begin{matrix} - \\ - \\ - \end{matrix}$	
- другий період	$\begin{matrix} \text{O} \\ \text{+} \\ \text{O} \end{matrix} \begin{matrix} - \\ - \\ - \end{matrix}$	
<b>Пострепродуктивний</b>		
3.1. Похилий (літній)	$\begin{matrix} \text{O} \\ \text{+} \\ \text{O} \end{matrix} \begin{matrix} - \\ - \\ - \end{matrix}$	
3.2. Старечий		
3.3. Довгожителі		

#### Робота 2

Відпрацювати навички вміння аналізувати взаємодію, індивідуальний та сумісний вплив внутрішніх факторів на ріст і розвиток організму. Для формування чіткого уявлення про явище диференціації, розвитку та росту під час постнатального періоду онтогенезу людини необхідно після самостійного вивчення матеріалу підручників, навчальних посібників доповнити схему факторів, що впливають на ріст і розвиток організму людини. Зверніть увагу на те, що внутрішні фактори – це генотип людини. Гени, які впливають на ріст, контролюють синтез факторів росту, рецепторів до факторів росту, гормонів тощо. Вкажіть гормони, які регулюють ріст людини. Вкажіть зовнішні фактори, які впливають на інтенсивність росту.



### Робота 3

Зверніть увагу на те, що експансивний ріст характерний для доброякісних пухлин. Він характеризується здавленням сусідніх тканин без проростання в них. Ступень тканинної атипії (відмінність від норми) незначна, завжди можна визначити, з якої саме тканини походить пухлина. Інвазійний (інфільтративний) ріст характерний для злоякісних пухлин, відбувається проростання пухлини в сусідні тканини і метастазування. Ступінь тканинної атипії значна, клітини втрачають ознаки диференціювання. Зробіть записи в відповідних розділах таблиці щодо характеристики та проявів патологічного росту.

Види патологічного процесу	Пухлинний ріст	
	Експансивний	Інвазійний
Тканинна атипія		
Прояви (види пухлин)		
Ступінь впливу на організм		
Приклади в людини		

#### Робота 4

Визначте тип конституції студента групи за допомогою індексу Пінье:

$$\text{Індекс Пінье} = L - (P + T), \text{ де:}$$

L – довжина тіла;

P – маса тіла;

T – окружність грудної клітки в фазі видиху.

Тип конституції за значенням індексу Пінье:

- нормостенік – від 10 до 30 одиниць;

- гіперстенік – менше 10 одиниць;

- гіпостенік – більше 30 одиниць.

З метою засвоєння умінь самостійно використовувати знання та набуті навички заповніть таблицю фенотипових ознак морфологічних типів конституції людини, схильність до захворювань.

Морфологічний тип	Фенотипові ознаки	Схильність до захворювань
Нормостенічний		
Астенічний		
Гіперстенічний		

#### Робота 5

Керуючись отриманими знаннями визначте критичні періоди постнатального онтогенезу людини, поясніть причини підвищеної чутливості організму у цих періодах. Заповніть таблицю, в якій вкажіть вік відповідного періоду та можливі причини.

Періоди	Вік	Можливі причини
Новонародженості		
Статевого дозрівання (пубертатний)		
Пострепродуктивний		

### 3.3. вимоги до результатів роботи, в т.ч. до оформлення;

Виконайте в зошиті-альбомі роботи 1-5, заповніть таблиці. Після виконання практичної роботи отримайте підпис викладача.

### 3.5. матеріали контролю для заключного етапу заняття:

*Тести для контролю з еталонами відповідей:*

1. Хронологічний вік людини – це:

А. Період, протягом якого відбувається становлення людини як виду;

В. Період, що визначається відповідністю анатомічних і

біологічних особливостей організму нормам популяції;

С. Період, що проходить від утворення зиготи до клінічної смерті.

Д. Період від дня народження до моменту відзначення віку.

2. До яких змін організму належить ріст:
- Кількісних;
  - Якісних;
  - Часових;
  - Функціональних;
  - Добових.
3. У якому періоді формування організму людини є найбільш швидким:
- Підлітковому;
  - Дитячому;
  - Юнацькому;
  - Зрілому;
  - Грудному.
4. Що вивчає геронтологія:
- Динаміку змін фізіологічних систем у немовлят;
  - Особливості статевого розвитку підлітків;
  - Причини та особливості процесу старіння;
  - Наслідки дії зовнішніх подразників на організм людини;
  - Значення соціальних факторів у розвитку людини.
5. Які процеси не припиняються після клінічної смерті:
- Серцебиття;
  - Дихання;
  - Самооновлення клітин;
  - Перистальтика кишечника;
  - Втрата свідомості .
6. Гіперфункція гормону росту у дорослому віці призводить к розвитку:
- Акселерації ;
  - Акромегалії;
  - Мікседеми;
  - Кретинізму;
  - Рахіту.
7. Яка наука вивчає проблеми старіння людей:
- Пульмонологія;
  - Геронтологія;
  - Геріатрія;
  - Андрологія;
  - Танатологія.
8. В останні 40-50 років лікарі відмітили прискорення росту, маси тіла, статевого, психічного дозрівання дітей і підлітків. Яку назву отримав цей процес?
- Гетерозису
  - Прогресії
  - Акселерації
  - Геріатрії
  - Геронтології
9. Заключним етапом постнатального періоду онтогенезу є смерть організму, що не є одномоментним процесом. Яка наука вивчає цей процес?
- Синологія
  - Геронтологія
  - Геріатрія
  - Танатологія
  - Валеологія
10. У чоловіка 85-ти років після станів перед агонії й агонії наступила клінічна смерть. Що для неї характерно?
- Неможливість реанімації
  - Немає дихання та серцебиття
  - Самовідновлення метаболізму
  - Автоліз клітин
  - Автоліз тканин
11. Чоловіка, який потрапив у дорожньо-транспортну аварію, каретою швидкої медичної допомоги доставлено до клініки із запізненням. Наступила біологічна смерть. Який основний процес відбувається на цьому етапі?
- Втрата свідомості
  - Зупинка дихання
  - Відсутність пульсу
  - Самовідновлення метаболізму
  - Автоліз клітин
12. У чоловіка 75-років , який тяжко та довго хворів, відбулася втрата свідомості, зупинилося серцебиття та дихання, зіниці не реагують на світло, проте, ще продовжувався (хоч і на мінімальному рівні) метаболізм клітин і тканин. На якому етапі вмирання знаходиться цей чоловік?
- Передагонії
  - Агонії
  - Клінічної смерті
  - Біологічної смерті
13. При вмиранні у чоловіка 75-ти років, який переніс гострий інфаркт міокарда, припинилися процеси самовідновлення, відбувся автоліз клітин та їхнє розщеплення. На якому етапі вмирання знаходиться цей чоловік?
- Передагонії

- В. Агонії
- С. Клінічної смерті
- Д. Біологічної смерті

14. У хворого, який втратив свідомість, припинилася робота серця, відсутнє дихання, проте, в нього вдалося відновити діяльність серця та дихання за допомогою проведення прямого масажу серця, а також використання апаратів штучного дихання та кровообігу. Яка наука вивчає ці процеси?

- А. Геронтологія
- В. Геріатрія
- С. Синологія
- Д. Реаніматологія
- Е. Валеологія

15. Лікарі швидкої медичної допомоги доставили до реанімаційного відділення враженого електричним струмом сорокарічного робітника електростанції. Через 10 хвилин наступила клінічна смерть,

проте, реаніматологам вдалося поновити серцеву діяльність, дихання й інші життєві функції організму, проте, свідомість не відновилася. Які клітини в цій ситуації загинули найпершими?

- А. Кори великих півкуль
- В. Спинномозкові
- С. Серцеві
- Д. Легеневі
- Е. Епітелію кишечника

16. Лікар збирає анамнез про постнатальний період онтогенезу людини від народження до статевого дозрівання. Який це період?

- А. Ювенільний
- В. Першої зрілості
- С. Другої зрілості
- Д. Похилий
- Е. Старечий

Еталоні відповідей: 1-D, 2-A, 3-E, 4-C, 5-C, 6-B, 7-B, 8-C, 9-D, 10-B, 11-E, 12-C, 13-D, 14-D, 15-, 16-A.

#### IV. Тема наступного заняття: Особливості генетики людини. Моно-, ди- та полігібридне схрещування. Менделюючі ознаки людини

##### Список рекомендованої літератури

##### Основна література:

1. Медична біологія / За ред. В. П. Пішака, Ю. І. Бажори. Підручник / Видання 3-є, перероблене і доповнене.- Вінниця: Нова книга, 2017. - С. 259-275.

##### Стислий зміст теми



Постнатальний онтогенез людини			
	Дорепродуктивний – інтенсивний ріст		
Періоди	Новонародженість (неонатальний)	Перші 28 днів (1-10 днів з біологічної точки зору)	Складний період адаптації до нових умов існування
	Грудний вік	29 днів (10 днів) - 1 рік	Організм отримує основну масу поживних речовин, деякі антитіла із грудним молоком
	Раннє дитинство	1-3 роки	Переважає тип «малої дитини» з великою головою, короткими кінцівками, мускулатура слабка.
	Перше дитинство (дошкільний)	4-7 років	Тулуб чітко не поділяється на грудний і черевний відділи, велика рухомість суглобів-«нейтральне дитинство»
	Друге дитинство (ранній шкільний)	8-12 років (♂) 8-11 років (♀)	Статеве дозрівання починається: кора наднирників продукує андрогени, які стимулюють скелетне та статеве дозрівання.
	Підлітковий вік (пубертатний)	13-16 років (♂) 12-15 років (♀)	Дозрівання системи взаємодії гіпоталамус-гіпофіз-гонади.
	Юнацький вік (ювенільний)	17-21 р. (♂) 16-20 р. (♀)	Дозріває репродуктивна функція: у ♀ встановлюються овуляторні цикли, у ♂ - циркадні ритми секреції тестостерону.
	Репродуктивний		
	Зрілий вік-I	22-35 р. (♂) 21-35 р. (♀)	Найкращий період для дітонародження.
	Зрілий вік-II	36-60 р. (♂) 36-55 р. (♀)	Період найбільш активної працездатності; починається процес старіння.
Пострепродуктивний			
Літній вік	61-74 р. (♂) 56-74 р. (♀)	Працездатність зберігається, однак процеси старіння продовжують розвиватися.	
Старечий вік	75-90 років	Помітні прояви старечих змін.	
Довгожителі	90 років і більше	Доживають переважно жінки.	

Конституційні типи людини (Черноруцький, 1927 р.)

Астеніки:  
(ектоморфний тип)

Високий зріст, вузьке струнке тіло, грудна клітка, довгі кінцівки, переважають процеси дисиміляції, мала кількість жиру, низьке АД, підвищена збудливість, тяга до самотності у важкі моменти життя.

Гіперстеніки:  
(ендоморфний тип)

Товсті кістки, широка грудна клітка, об'ємний шлунок і подовжений кишечник, великі всисні здібності, переважають процеси асиміляції, значне відкладення жиру, врівноважені, спокійні, легко спілкуються і висловлюють свої почуття.

Нормостеніки:  
(мезоморфний тип)

Пропорційна статура, помірне відкладення жиру, енергійні, рухливі, швидко і вміло діють в екстремальних ситуаціях.

Схильні до неврозів, гіпотонії, виразкової хвороби, туберкульозу.

Схильні до атеросклерозу, ожиріння, цукрового діабету, гіпертонії, хворобам нирок і жовчного міхура, абсцесу.

Схильні до склерозу коронарних судин, інфаркту міокарда, захворювань верхніх дихальних шляхів, невралгії.

Критичні періоди постнатального онтогенезу людини

Віковий інтервал	Ознаки генних впливів
1. Неонатальний	Включення власних систем терморегуляції, зовнішнього дихання, травлення, регуляція гомеостазу.
2. Пубертатний	Розвиток вторинних статевих ознак, зміна чутливості рецепторів тканин до статевих гормонів, інволюція тимусу.
3. Пострепродуктивний	Зниження адаптивних можливостей і життєздатності організму, інволюція гонад



## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Медична біологія / За ред. В. П. Пішака, Ю. І. Бажори. Підручник / Видання 3-є, перероблене і доповнене.- Вінниця: Нова книга, 2017. - 608 с.
2. Медична біологія / За ред. В.П. Пішака, Ю.І. Бажори. Підручник. / Видання 2-є, перероблене і доповнене. -Вінниця: Нова книга, 2009. – 608 с.; іл..
3. Медична біологія: Посібник з практичних занять / О.В. Романенко, М.Г. Кравчук, В.М. Грінкевич; За ред. О. В. Романенка. -2-є видання, - Київ: Медицина, 2020. 472 с.

### Додаткова література:

1. Барціховський В. В. Медична біологія: підручник / В. В. Барціховський, П. Я. Шерстюк.- К.: ВСВ Медицина, 2017.- 312 с.
2. Генофонд і здоров'я населення: можливості сімейного лікаря в контексті профілактики захворювань/ О.І.Тимченко, О.В. Линчак, Т.М. Поканевич, О.В. Процюк, А.М. Приходько. - К., 2012. - 71с.
3. Збірник завдань для підготовки до ліцензійного тестового екзамену з природничо-наукових дисциплін «Крок-1. Загальна лікарська підготовка» / Кол. авт.; За заг. ред. проф. В. Ф. Москаленка, проф. О. П. Волосовця, проф. І. Є. Булах, проф. О. П. Яворського, проф. О. В. Романенка, доц. Л. І. Остапук. К.: Медицина, 2004. 368 с.; С. 9-41.
4. Збірник завдань для підготовки до ліцензійного тестового екзамену з природничонаукових дисциплін «Крок-1. Загальна лікарська підготовка» / Кол. авт.; За заг. ред. проф. В. Ф. Москаленка, проф. О. П. Волосовця, проф. І. Є. Булах, проф. О. П. Яворського, проф. О. В. Романенка, доц. Л. І. Остапук. К.: Медицина, 2004. 368 с.; С. 9-41.
5. Медична біологія: зб. тестових завдань для аудиторної та позааудиторної роботи та підготовки до ліцензійного іспиту КРОК-1 для студ. І курсу мед. ф-тів спец. "Стоматологія" / О. Б. Приходько, Т. І. Ємець, А. П. Попович, В. І. Павліченко, Г. Ю. Малєєва, К. В. Гавриленко, О. О. Андрєєва, Т. С. Вальчук.– Запоріжжя: [ЗДМУ], 2018. – 140 с.
6. Медична біологія: Посібник з практичних занять / О.В. Романенко, М.Г. Кравчук, В.М.Грінкевич; За ред. О. В. Романенка. -2-є видання, - Київ: Медицина, 2020. 472 с.
7. Медична генетика: Підручник / За ред. чл.-кор. АМН України, проф.О.Я. Гречаніної, проф. Р.В. Богатирьової, проф. О.П. Волосовця. Київ: Медицина, 2007. 536 с.
8. Павліченко В.І., Пішак В.П., Булик Р.Є. Основи молекулярної біології: Навчальний посібник. Чернівці: Мед університет, 2012. 388 с.
9. Пішак В. П., Захарчук О.І. Медична біологія, паразитологія та генетика. Практикум.; Вид. 2-є. Чернівці: БДМУ, 2012. 632 с.
10. Приходько О. Б. Біологія з основами генетики: навч. посібник / О. Б. Приходько, Т. І. Ємець, В. І. Павліченко [та ін.]- Запоріжжя: ЗДМУ, 2016.-145 с.
11. Смірнов О.Ю. Медична біологія: Енциклопедичний довідник. – Суми: СумДУ, 2015. - 322 с.
12. Сучасні проблеми молекулярної біології [Текст] : підруч. для студентів ВНМЗ України III-IV рівнів акредитації / Дубінін С. І. [та ін.] ; Держ. установа "Центр. метод. каб. з вищ. мед. освіти М-ва охорони здоров'я України", ВДНЗ України "Укр. мед. стоматол. акад.". - Полтава : Укрпромторгсервіс, 2016. - 395 с. : рис. - Бібліогр.: с. 386-394.
13. Medical Biology / Vazhora Yu. I., Bulyk R. Ye., Chesnokova M. M. [et al.]. – 2nd ed. – Vinnytsia: Nova Knyha, 2019. – 448 p. :il.

### Інформаційні ресурси:

1. Центр тестування при МОЗ України – база ліцензійних тестових завдань «Крок-1»: <http://testcentr.org.ua/>
2. Nauka. ua: <https://www.nauka.ua/>
3. OMIM (Online Mendelian Inheritance in Man) – An Online Catalog of Human Genes and Genetic Disorders <http://omim.org/>

## ЗМІСТ

Вступ.....	3
Тема 1: Рівні організації та фундаментальні властивості живого. Морфологія клітини еукаріот.....	4
Тема 2: Біологічні мембрани. Транспорт речовин через плазмалему.....	14
Тема 3: Структурні компоненти ядра. Морфологія хромосом. Каріотип людини.....	22
Тема 4: Молекулярні основи спадковості. Будова гена про- і еукаріот.....	31
Тема 5: Організація потоку інформації в клітині. Етапи синтезу білка.....	39
Тема 6: Життєвий цикл клітини. Поділ клітини. Регуляція мітотичного циклу.....	50
Тема 7: Мейоз. Гаметогенез. Запліднення.....	57
Тема 8: Особливості пренатального періоду онтогенезу та передумови виникнення природжених вад розвитку людини.....	66
Тема 9: Постнатальний період онтогенезу.....	77
Список літератури.....	87

Підписано до друку 20.02.2023  
Формат 60X90/16. Обсяг 3,7 друк. арк  
Тираж 200 прим.  
Друкарське підприємство «ЕКСПРЕС-РЕКЛАМА»  
м. Одеса, вул. Пастера 26  
тел.: 723-69-74 e-mail. [expressreklama@ukr.net](mailto:expressreklama@ukr.net)