

НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

Державна установа
«ІНСТИТУТ ХАРЧОВОЇ БІОТЕХНОЛОГІЇ ТА ГЕНОМІКИ
НАЦІОНАЛЬНОЇ АКАДЕМІЇ НАУК УКРАЇНИ»



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Директор ДУ «ІХБГ НАН України»
академік НАН України

Ярослав БЛЮМ
наказ № 10 від 12 квітня 2023 р.

**ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
АРХІТЕКТУРА ЦИТО- ТА НУКЛЕОСКЕЛЕТУ
ТА МОРФОГЕНЕЗ КЛІТИН**

для здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії
галузь знань 09 «Біологія»

спеціальність 091 «Біологія та біохімія»

профіль підготовки «Цитологія, клітинна біологія, гістологія»

Шифр за ОНП – ОК 1.5.

КИЇВ – 2023

Робоча програма навчальної дисципліни «**Архітектура цито- та нуклеоскелету та морфогенез клітин**» для здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії *галузі знань* 09 «Біологія» за *спеціальністю* 091 «Біологія та біохімія» за *профілем підготовки* «Цитологія, клітинна біологія, гістологія»
«12» квітня 2023 року – 20 с.

Розробник:

Блюм Я.Б., д.б.н., професор, академік НАН України.

Робоча програма дисципліни «**Архітектура цито- та нуклеоскелету та морфогенез клітин**» схвалена на засіданні вченої ради ДУ «ІХБГ НАН України» (протокол № 6 від «12» квітня 2023 року).

Робоча програма дисципліни «Архітектура цито- та нуклеоскелету та морфогенез клітин» розглянута на засіданні випускового відділу геноміки та молекулярної біотехнології ДУ «ІХБГ НАН України».

Завідувач відділу академік НАН України

Ярослав БЛЮМ

11 квітня 2023

© Блюм.Я.Б., 2023 рік
© _____, 20__ рік
© _____, 20__ рік

ВСТУП

Навчальна дисципліна «**Архітектура цито- та нуклеоскелету та морфогенез клітин**» є складовою освітньо-наукової програми підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії *галузі знань* 09 «Біологія» за *спеціальністю* 091 «Біологія та біохімія» за *профілем підготовки* «Цитологія, клітинна біологія, гістологія».

Дана дисципліна є обов'язковою дисципліною за *спеціальністю* 091 «Біологія та біохімія».

Викладається у 3 семестрі II курсу аспірантури **в обсязі – 90 год. (3 кредити ECTS)** зокрема: *лекції – 16 год, практичні роботи –14 год, самостійна робота – 60 год.* У курсі передбачено 2 змістових модулі. Завершується дисципліна **заліком**.

Мета дисципліни – поглиблення знань здобувачів про будову і механізми функціонування клітин, функції скелетних компонентів еукаріотичної клітини – цитоскелету та нуклеоскелету, про процеси морфогенезу клітин, їх адаптацію до умов навколишнього середовища, дослідження особливостей архітектури спеціалізованих типів клітин, участь скелетних структур у розвитку специфічних клітинних утворень тощо.

Завдання:

- 1) поглибити знання про походження і загальні закономірності еволюційного розвитку клітини та її компонентів;
- 2) розширити уявлення про сучасні методи досліджень клітини та окремих субклітинних структур;
- 3) вивчити структурно-функціональні адаптації клітинних структур до різноманітних умов довкілля;
- 4) сформувати вміння застосувати знання з клітинної біології у професійній діяльності.
- 5) сформувати здатність вирішувати стандартні завдання професійної діяльності на основі інформаційної та бібліографічної культури із застосуванням інформаційно-комунікаційних технологій;
- 6) прищепити навички самостійної роботи і аналізу отриманих результатів дослідження.

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми шляхом формування Загальних та Спеціальних компетенцій аспірант повинен:

ЗК01. Знати та розуміти предметну область та розуміти професійну діяльність.

ЗК02. Бути здатним працювати в міжнародному контексті.

ЗК03. Бути здатним розробляти та управляти проектами.

ЗК04. Бути здатним мотивувати людей та рухатися вперед.

ЗК05. Бути здатним оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт.

ЗК06. Бути здатним працювати автономно.

СК01. Бути здатним планувати і здійснювати комплексні оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у біології та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у наукових виданнях з біології та суміжних галузей.

СК02. Бути здатним усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та англійською мовами, розуміти англійські наукові тексти за напрямом досліджень.

СК03. Бути здатним застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

СК05. Бути здатним виявляти, формулювати та вирішувати проблеми дослідницького характеру в галузі біології, оцінювати та забезпечувати якість досліджень, які проводять.

СК06. Бути здатним ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в біології та дотичні до неї міждисциплінарні проекти.

СК07. Бути здатним дотримуватись етики досліджень, а також правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності.

СК08. Здатність сформулювати системний науковий світогляд та загальнокультурний кругозір.

В результаті вивчення навчальної дисципліни аспірант повинен:

РН01. Мати концептуальні та методологічні знання з біології і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні світових досягнень з відповідного напрямку, отримання нових знань та/або здійснення інновацій.

РН02. Вільно презентувати та обговорювати результати досліджень, наукові та прикладні проблеми біології державною та іноземною мовами, кваліфіковано відображати результати досліджень у наукових публікаціях у наукових виданнях.

РН03. Формулювати і перевіряти гіпотези; використовувати для обґрунтування висновків належні докази, зокрема, результати аналізу джерел літератури, експериментальних досліджень (опитувань, спостережень, експерименту) і математичного та/або комп'ютерного моделювання.

PH04. Розробляти та досліджувати концептуальні, математичні і комп'ютерні моделі процесів і систем, ефективно використовувати їх для отримання нових знань та/або створення інноваційних продуктів у біології та дотичних міждисциплінарних напрямках.

PH05. Планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з біології та дотичних міждисциплінарних напрямків з використанням сучасного інструментарію, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті всього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

PH06. Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи.

PH08. Глибоко розуміти загальні принципи та методи біологічних наук, а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері біології та у викладацькій практиці.

Місце дисципліни (в структурно-логічній схемі підготовки фахівців відповідного напрямку підготовки).

Навчальна дисципліна «Архітектура цито- та нуклеоскелету та морфогенез клітин» є обов'язковою дисципліною з підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктор філософії *галузі знань* 09 «Біологія» за спеціальністю 091 «Біологія та біохімія» за профілем підготовки «Цитологія, клітинна біологія, гістологія».

При вивченні дисципліни поглиблюються знання про особливості будови клітини як структурної, функціональної одиниці живого.

Зв'язок з іншими дисциплінами.

Основою для вивчення навчальної дисципліни «Архітектура цито- та нуклеоскелету та морфогенез клітин» є обов'язкова дисципліна «Методологія наукових досліджень» та університетські дисципліни «Цитологія», «Молекулярна біологія», «Біохімія».

Навчальна дисципліна «Архітектура цито- та нуклеоскелету та морфогенез клітин» є практично-орієнтованою для засвоєння знань та вмінь у системі професійної підготовки третього (освітньо-наукового) рівня з підготовки здобувачів вищої освіти ступеня доктора філософії за спеціальністю 091 «Біологія та біохімія» за профілем підготовки «Цитологія, клітинна біологія, гістологія».

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Структурно-функціональна характеристика скелетних структур клітини

Тема 1. Скелетні структури клітини як універсальні утворення (10 год).

Загальна структурно-функціональна характеристика клітин. Прокаріотичні та еукаріотичні клітини. Тривимірний скелет клітини - інтегральні структури клітинної стінки (позаклітинного матриксу), плазматичної мембрани, цитоплазми та ядра. Позаклітинний матрикс бактеріальних, грибних, рослинних і тваринних клітин. Основні цитоскелетні структури: мікротрубочки, актинові філаменти, проміжні філаменти. Нуклеоскелет: різні рівні укладки хромосом. Ядерний матрикс і оболонка ядра.

Тема 2. Позаклітинні скелетні структури клітини як універсальні утворення (11 год).

Клітинна стінка. Склад клітинної стінки грампозитивних та грамнегативних мікроорганізмів. Клітинна стінка грибів. Хітин. Клітинна стінка рослин. Хімічний склад клітинної стінки рослин: полісахариди, лігнін, білки, інкрустуючі речовини. Клітинні стінки нижчих і вищих рослин. Утворення і ріст клітинної стінки. Роль позаклітинного матриксу в організації тваринної клітини і регуляції її поведінки.

Сполучні елементи матриксу клітин тварин. Основні структурні елементи матриксу. Колаген: структура, утворення фібрил колагену з проколагену, їх ковалентні зшивки. Еластин. Фібронектин - ліпопротеїд, що сприяє адгезії клітин. Базальні мембрани, їх склад і функції. Ламініни.

Глікозаміноглікани. Гліколіпіди. Утворення гідратованих гелей матриксу і їх впорядкованість. Роль актинових філаментів в упорядкуванні екзоматриксу.

ТЕМА 3. Цитоскелет як опорно-рухова система клітини (11 год).

Молекулярна організація мікротрубочок. Морфологія мікротрубочок, їх їх протофіламентна організація. Тубулін: виділення, структура. Гени тубуліну. Ізотипи тубуліну, їх функції. Білки, що асоційовані з мікротрубочками (БАМ). БАМ-1, БАМ-2, тау-білки. Збирання мікротрубочок. Олігомерні форми тубуліну (інтермедіати). Нуклеація і елонгація мікротрубочок. Роль АТФ в збиранні мікротрубочок. Фосфорилування білків мікротрубочок. Ацетилювання, тирозилування і поліглутамілювання тубуліну.

Актинові філаменти різних типів клітин. Актин і актин-зв'язуючі білки. Гени актину. Міофібрили і їх скорочення. Мікрворсинки і мікрошипи. Цитоплазматичні актинові філаменти. Їх зв'язок з мембраною. Збирання і розбирання мікрофіламентів, їх тредмілінг. Механізми скорочення актинових філаментів. Посттрансляційні модифікації білків мікрофіламентів.

Проміжні (інтермедіатні) філаменти. Основні типи проміжних філаментів. Білки проміжних філаментів. Організація і експресія генів, що їх кодують. Збирання філаментів. Білки, асоційовані з декількома системами філаментів. Фосфорилування білків проміжних філаментів. Зв'язок проміжних філаментів з плазматичною мембраною. Функції проміжних філаментів у зв'язку з диференційованим станом клітини.

Скелетні структури хлоропластів та мітохондрій.

Тема 4. Архітектура та динаміка цитоскелету (12 год).

Центри організації мікротрубочок (ЦОМТи). Мітотичні ЦОМТи, базальні тільця і конективи у нижчих еукаріот. Центріолі та їх дуплікація. Мікротрубочки війок і джгутиків. Рух війок та джгутиків. Динеїн. Структуровані ЦОМТи. Біохімічний склад ЦОМТів.

Утворення мітотичного веретена. Препрофазна стрічка у рослин. Рух хромосом під час профазу і метафазу. Розділення сестринських хроматид. Їх рух під час анафазу. Анафаза А і В. Фрагмопласт. Актин у складі мітотичного веретена. Роль Ca^{2+} і кальмодуліну в регуляції веретена поділу. Зміни структури цитоскелету в залежності від функціонального стану клітини. Цитоскелет і експресія геному. Реакція цитоскелету клітини на трансформацію клітин. Цитоскелет при злитті клітин і стабільність соматичних гібридів.

Архітектура цитоскелету. Цитоскелет в спеціалізованих клітинах тваринного походження (еритроцити, тромбоцити, епітеліальні та ендотеліальні клітини). Трансформовані клітини. Клітинні стінки рослин і орієнтація мікротрубочок. Особливості організації цитоскелету в протопластах.

Хореографія цитоскелету. Руйнування, переорієнтація, стабілізація мікротрубочок під впливом специфічних сполук. Колхіцин, вінбластин, вінкристин. Гербіциди (динітроанілінові, фосфороамідні, фенілкарбаматні). Триетилсвинець. Таксол та інші сполуки, здатні стабілізувати мікротрубочки. Фалоїдин, цитохалазини. Взаємодія цитоскелету з плазматичною мембраною і позаклітинним матриксом. Регуляція форми клітини: кортикальна сітка мікротрубочок і її динамічна структура.

Цитоскелет і нем'язові форми рухомості. Механохімічні основи нем'язової рухомості. Кінезин, динамін, динактин. Регуляція руху клітини. Рух протоплазми в еукаріотичних клітинах. Внутрішньоклітинний транспорт при участі цитоскелету. Взаємодія мікрофіламентів і мікротрубочок у позиціюванні органел.

Змістовий модуль 2. Нуклеоскелетні структури

Тема 5. Ядерні компоненти і організація ядра (12 год).

Роль ядра в життєдіяльності клітини. Організація ядра еукаріотичної клітини (ядерна оболонка, хроматин, ядерця, каріоплазма і ядерний білковий матрикс). Хроматин і хромосоми. Хімічний склад хроматину: ДНК, білки (гістони, негістонові), РНК. гетерохроматин і еухроматин. Функціональні стани хромосом: інтерфазна і мітотична. Просторова локалізація хромосом в ядрі. ДНК хроматину. Унікальні, помірно- та високо- повторювані послідовності (сателітні) ДНК в кінетиці реакції ренатурації (гібридизації) ДНК, їх функціональна роль. ДНК центромерів і теломерів.

Білки хроматину: гістони і негістонові білки. Властивості і функції білків в компактизації ДНК. Рівні компактизації ДНК: нуклеосоми, нуклеомери, петльові домени, хромомери, хромосоми. Ядерний білковий матрикс. Хімічний склад (ДНК, РНК, фосфоліпіди). Структурні компоненти ядерного білкового матриксу: ядерна ламіна, компоненти ядерної оболонки, ядерця, каріоплазма. MAR-SAR, реплісоми. РНК. Сплайсосома. Ядерце. Ядерцевий організатор. Ампліфікація ядерець. Структура і типи ядерця, хімічний склад. Білки ядерець. Неканонічні функції ядерець. РНП-компоненти ядра: перихроматинові фібрили, перихроматинові гранули, інтерхроматинові гранули.

Тема 6. Організація ядерної оболонки (11 год).

Структурна організація зовнішньої і внутрішньої ядерної мембран. Архітектура і біохімічний склад ядерного порового комплексу (тонка будова, хімічний склад і функції). Ядерний цитоплазматичний транспорт (пасивний і активний). NLS - послідовності амінокислот білків, що транспортуються в ядро; NES - послідовності амінокислот білків, що транспортуються через ядерну оболонку в цитоплазму. Ядерна мембрана у мітотичному циклі. Комплекс пор як молекулярне сито. Регульований імпорт в ядро і експорт РНК з ядра. Структура ядерної пластинки. Експресія ламінів при диференціюванні і розвитку. Зв'язок ядерної пластинки з мембранами. Зв'язок хроматину з ядерною мембраною. Синтез компонентів ядерної мембрани. Її взаємодія з цитоскелетом і перебудова під час мітозу.

Тема 7. Гістони як скелет хроматину (10 год).

Гістони: їх типи, амінокислотна послідовність, гістонові гени. Консервативність гістонів. Протаміни. Загальна характеристика негістонових білків: структурні білки, ферменти, рецептори гормонів. Лабільно- і міцно- зв'язані негістонові білки. HMG-білки: первинна структура. Властивості, поширення і специфічність. Ліпіди, нуклеїнові кислоти. Гістон-гістонові взаємодії. Утворення кору нуклеосоми. Укладка гістонів, розміри і форма кору. Центральна роль тетрамеру (H3-H4). Структура і укладка ДНК в корі нуклеосоми. Z-форма ДНК. Взаємодія гістон-ДНК в нуклеосомі. Роль N-

кінців гістонів. Порядок розташування гістонів вздовж ДНК. Взаємодія з нуклеосомами гістонів H1 і HMG-білків. Дія на ДНК нуклеаз.. Характеристика отриманих типів нуклеосом.

Динамічні властивості гістонового скелету. Посттрансляційні модифікації гістонів: фосфорилування, ацетилювання, АДФ-рибозилування і метилювання. Роль убіхітину в хроматині. Вплив метилювання ДНК на її взаємодію з гістонами. Фейзинг нуклеосом, їх позиціювання і спейсинг.

Тема 8. Вищі рівні організації хроматину, ядерний матрикс, транскрипція та реплікація (12 год.).

Утворення хроматинових ниток. Роль гістону H1 в підтримці наднуклеосомних рівнів в організації хроматину. Моделі вищих рівнів структури хроматину. Укладка хроматинових ниток в метафазних хромосомах. Петельні домени ДНК і модель для структури хромосом. Політенні хромосоми. Хромосоми типу лампових щіток. Хромосоми зрілих сперматозоїдів. Перебудова хромосом і спеціалізація клітин. Взаємодія хромосом з веретенном поділу.

Ядерний матрикс і його функції. Методи виділення і вивчення ядерного матриксу. Морфологія. Біохімічний і поліпептидний склад. Дисульфідні зв'язки між специфічними ядерними поліпептидами. Молекули, що беруть участь в укладці ДНК. ДНК-топоізомерази. Ядерний матрикс і синтез ДНК. Доля матриксу в мітозі. Рецептори гормонів, зв'язані з ядерним матриксом.

Транскрипція і реплікація хроматину. Нуклеазна і електронно-мікроскопічна характеристика активного хроматину. Ділянки, гіперчутливі до нуклеаз. Їх білковий склад. Енхансерні елементи і структура хроматину. Збирання та транскрипція актинового хроматину. Ядерний матрикс і транскрипція. Ядерце - центр утворення рибосом. Структура ядерця, його формування після мітозу. Реплікація хроматину.

**СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН ЛЕКЦІЙ,
ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ, САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ**

№ з/п	Назва лекції	Кількість годин		
		лекції	практичні	СРС
Змістовий модуль 1 <i>Структурно-функціональна характеристика скелетних структур клітини</i>				
1	Тема 1. Скелетні структури клітини як універсальні утворення	2		8
2	Тема 2. Позаклітинні скелетні структури клітини як універсальні утворення	2	2	7
3	Тема 3. Цитоскелет як опорно-рухова система клітини	2	2	7
4	Тема 4. Архітектура та динаміка цитоскелету	2	2	8
Разом за змістовим модулем 1		8	6	30
Змістовий модуль 2 <i>Нуклеоскелетні структури</i>				
5	Тема 5. Ядерні компоненти і організація ядра	2	2	8
6	Тема 6. Організація ядерної оболонки	2	2	7
7	Тема 7. Гістони як скелет хроматину	2	2	7
8	Тема 8. Вищі рівні організації хроматину, ядерний матрикс, транскрипція та реплікація	2	2	8
Разом за змістовим модулем 2		8	8	30
ВСЬОГО		16	14	60

Загальний обсяг – **90 год.**(3 кредити ECTS), у тому числі:

Лекцій – **16 год.**

Практичні заняття – **14 год**

Самостійна робота – **60 год.**

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1

Структурно-функціональна характеристика клітин

Тема 1. СКЕЛЕТНІ СТРУКТУРИ КЛІТИНИ ЯК УНІВЕРСАЛЬНІ УТВОРЕННЯ (10 год.)

Лекція 1. СКЕЛЕТНІ СТРУКТУРИ КЛІТИНИ ЯК УНІВЕРСАЛЬНІ УТВОРЕННЯ (2 год.)

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

Особливості прокаріотичних клітин.

Особливості еукаріотичних клітин.

Клітинні стінки нижчих рослин.

Клітинні стінки вищих рослин.

Основні цитоскелетні структури.

Нуклеоскелет.

Контрольні запитання та завдання:

1. Структурно-функціональна характеристика клітини.

2. Тривимірний скелет клітини.

3. Клітинна стінка (позаклітинний матрикс) бактеріальних клітин.

4. Клітинна стінка грибів.

5. Клітинні стінки вищих і нижчих рослин.

6. Основні речовини позаклітинного матриксу тваринних клітин.

7. Ламініни. Глікозаміноглікани. Гліколіпіди.

8. Основні цитоскелетні структури: мікротрубочки, актинові філаменти, проміжні філаменти.

Рекомендована література:

[4, 6, 9, 11]

ТЕМА 2. ПОЗАКЛІТИННІ СКЕЛЕТНІ СТРУКТУРИ КЛІТИНИ ЯК УНІВЕРСАЛЬНІ УТВОРЕННЯ (11 год).

Лекція 2. ПОЗАКЛІТИННІ СКЕЛЕТНІ СТРУКТУРИ КЛІТИНИ ЯК УНІВЕРСАЛЬНІ УТВОРЕННЯ (2 год).

Практичне заняття 1 (2 год.)

Склад клітинної стінки грампозитивних та грамнегативних мікроорганізмів. Клітинна стінка грибів.

Завдання для самостійної роботи (7 год.)

Клітинна стінка грампозитивних та грамнегативних мікроорганізмів.

*Клітинна стінка грибів.
Клітинна стінка рослин.*

Контрольні запитання та завдання:

1. Склад клітинної стінки грампозитивних мікроорганізмів.
2. Склад клітинної стінки грамнегативних мікроорганізмів.
3. Хімічний склад клітинної стінки рослин.
4. Клітинні стінки вищих і нижчих рослин.
5. Утворення і ріст клітинної стінки.
6. Сполучні елементи матриксу клітин тварин.
7. Основні речовини матриксу.
8. Роль актинових філаментів в упорядкуванні екзоматриксу.

Рекомендована література:

[1-10]

Тема 3. ЦИТОСКЕЛЕТ ЯК ОПОРНО-РУХОВА СИСТЕМА КЛІТИНИ (11 год.)

Лекція 3. ЦИТОСКЕЛЕТ ЯК ОПОРНО-РУХОВА СИСТЕМА КЛІТИНИ (2 год.)

Практичне заняття 2 (2 год.)

Актинові філаменти в різних типах клітин.

Завдання для самостійної роботи (7 год.)

*Тонка будова проміжних філаментів, мікрофіламентів, мікротрубочок.
Ізотипи тубуліну, їх функції.
Актин і актин-зв'язуючі білки.
Білки проміжних філаментів.
Центри організації мікротрубочок.*

Контрольні запитання та завдання:

1. Типи філаментів: проміжні, мікрофіламенти, мікротрубочки.
2. Тонка будова проміжних філаментів, мікрофіламентів, мікротрубочок.
3. Морфологія мікротрубочок.
4. Збирання мікротрубочок.
5. Нуклеація і елонгація мікротрубочок.
6. Роль АТФ в збиранні мікротрубочок.
7. Тирозилування, ацетилування, фосфорилування білків мікротрубочок.
8. Мікрофіламенти (актинові філаменти) в різних типах клітин.
9. Цитоплазматичні актинові філаменти.
10. Посттрансляційні модифікації білків мікрофіламентів.
11. Основні типи проміжних (інтермедіатних) філаментів.
12. Фосфорилування білків проміжних філаментів.

13. Функції проміжних філаментів в зв'язку з диференційованим станом клітини.
14. Центри організації мікротрубочок.
15. Клітинний центр: будова, функції.
16. Препрофазна стрічка і фрагмопласт у рослин.
17. Скелетні структури хлоропластів та мітохондрій.

Рекомендована література:

[11-16]

Тема 4. АРХИТЕКТУРА ТА ДИНАМІКА ЦИТОСКЕЛЕТУ (12 год.)

Лекція 4. АРХИТЕКТУРА ТА ДИНАМІКА ЦИТОСКЕЛЕТУ (2 год.)

Практичне заняття 3 (2 год)

Зміни структури цитоскелету в залежності від функціонального стану клітини.

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

Методи візуалізації цитоскелету.

Особливості організації цитоскелету в протопластах.

Взаємодія цитоскелету з плазматичною мембраною і позаклітинним матриксом.

Взаємодія мікрофіламентів і мікротрубочок в позиціюванні органел.

Зміни структури цитоскелету в залежності від функціонального стану клітини.

Контрольні запитання та завдання:

1. Цитоскелет в спеціалізованих клітинах тваринного походження (еритроцити, тромбоцити, епітеліальні та ендотеліальні клітини).
2. Клітинні стінки рослин і орієнтація мікротрубочок.
3. Особливості організації цитоскелету в протопластах.
4. Руйнування, переорієнтація, стабілізація мікротрубочок під впливом специфічних сполук.
5. Колхіцин, вінбластин, вінкрисин. Гербіциди (динітроанілінові, фосфороамідні, фенілкарбаматні).
6. Триетилсвинець. Таксол та інші сполуки, здатні стабілізувати мікротрубочки.
7. Фалоїдин, цитохалазини.
8. Кінезин, динеїн, динамін, динактин.
9. Внутрішньоклітинний транспорт за участі цитоскелету.
10. Препрофазна стрічка і утворення мітотичного веретена.
11. Рух хромосом під час профазі і метафазі.
12. Рух хромосом під час анафазі.

13. Цитоскелет і експресія геному.

14. Цитоскелет при злитті клітин і стабільність соматичних гібридів.

Рекомендована література:

[1-16]

ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2

Нуклеоскелетні структури

Тема 5. ЯДЕРНІ КОМПОНЕНТИ І ОРГАНІЗАЦІЯ ЯДРА (12 год.)

Лекція 5. ЯДЕРНІ КОМПОНЕНТИ І ОРГАНІЗАЦІЯ ЯДРА (2 год.)

Практичне заняття 4 (2 год)

Клітинне ядро і його основні компоненти.

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

Ядерні компоненти прокариотів.

Організація ядра еукаріотичної клітини.

Гетерохроматин і еухроматин.

Білки хроматину.

Структурні компоненти ядерного білкового матриксу.

Контрольні запитання та завдання:

1. Ядерні компоненти прокариотів.

2. Організація ядра еукаріотичної клітини (ядерна оболонка, хроматин, ядерця, каріоплазма і ядерний білковий матрикс).

3. Хроматин і хромосоми.

4. Хроматин.

5. Просторова локалізація хромосом в ядрі.

6. Білки хроматину: гістони і негістонові білки.

7. Рівні компактизації ДНК.

8. Ядерний білковий матрикс.

9. Ядерце.

10. Ядерцевий організатор.

11. РНП-компоненти ядра.

Рекомендована література:

[19-24]

Тема 6. ОРГАНІЗАЦІЯ ЯДЕРНОЇ ОБОЛОНКИ (11 год.)

Лекція 6. ОРГАНІЗАЦІЯ ЯДЕРНОЇ ОБОЛОНКИ (2 год.)

Практичне заняття 5 (2 год)

Робота з сайтами:

<https://www.ascb.org/> Американського товариства клітинних біологів

http://www.cellnucleus.com/education_main.htm відділення онкології

Університету Альберти

<https://web.archive.org/web/20061112023405/http://cellimages.ascb.org/cdm4/browse.php?CISOROOT=%2Fp4041coll6> рисунки та відеоматеріали про ядро

Завдання для самостійної роботи (7 год)

Структурна організація ядерної мембрани.

Ядерна пора.

Ядерна мембрана у мітотичному циклі.

Структура ядерної пластинки.

Синтез компонентів ядерної мембрани.

Контрольні запитання та завдання:

1. Структурна організація зовнішньої ядерної мембрани.
2. Структурна організація внутрішньої ядерної мембрани.
3. Архітектура і біохімічний склад ядерного порового комплексу (тонка будова, хімічний склад і функції).
4. Ядерний цитоплазматичний транспорт (пасивний і активний).
5. Ядерна мембрана у мітотичному циклі.
6. Регульований імпорт в ядро і експорт РНК з ядра.
7. Структура ядерної пластинки.
8. Зв'язок ядерної пластинки з мембранами.
9. Зв'язок хроматину з ядерною мембраною.
10. Взаємодія ядерної мембрани з цитоскелетом і перебудова під час мітозу.

Рекомендована література:

[1, 4, 6, 10]

ТЕМА 7. ГІСТОНИ ЯК СКЕЛЕТ ХРОМАТИНУ (11 год.)

Лекція 7. ГІСТОНИ ЯК СКЕЛЕТ ХРОМАТИНУ (2 год.)

Практичне заняття 6 (2 год)

Фракціонування гістонів методом гель-електрофорезу

Завдання для самостійної роботи (7 год.)

*Консервативність гістонів.
Властивості і специфічність.
Укладка гістонів, розміри і форма кору.
Порядок розташування гістонів вздовж ДНК.*

Контрольні запитання та завдання:

1. Гістони: їх типи, амінокислотна послідовність.
2. Гістонові гени.
3. Загальна характеристика негістонових білків: структурні білки, ферменти, рецептори гормонів.
4. Лабільно- і міцно- зв'язані негістонові білки.
5. Гістон-гістонові взаємодії.
6. Укладка гістонів, розміри і форма кору.
7. Структура і укладка ДНК в корі нуклеосоми.
8. Порядок розташування гістонів вздовж ДНК.
9. Дія на ДНК нуклеаз.. Характеристика отриманих типів нуклеосом.

Рекомендована література:

[1, 2, 10, 14, 16]

ТЕМА 8. ВИЩІ РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ ХРОМАТИНУ, ЯДЕРНИЙ МАТРИКС, ТРАНСКРИПЦІЯ ТА РЕПЛІКАЦІЯ (12 год.)

Лекція 8. ВИЩІ РІВНІ ОРГАНІЗАЦІЇ ХРОМАТИНУ, ЯДЕРНИЙ МАТРИКС, ТРАНСКРИПЦІЯ ТА РЕПЛІКАЦІЯ (2 год.)

Практичне заняття 7 (2 год)

Транскрипція і реплікація хроматину

Завдання для самостійної роботи (8 год.)

*Посттрансляційні модифікації гістонів.
Моделі структури хроматину.
Політенні хромосоми.
Хромосоми типу лампових щіток.*

Контрольні запитання та завдання:

1. Посттрансляційні модифікації гістонів: фосфорилування, ацетилювання, АДФ-рибозилування і метилювання.
2. Роль убіхітину в хроматині.
3. Вплив метилювання ДНК на її взаємодію з гістонами.
4. Фейзинг нуклеосом, їх позиціонування і спейсинг.
5. Роль гістону H1 в підтримці наднуклеосомних рівнів в організації хроматину.

6. Рівні структури хроматину.
7. Петельні домени ДНК і модель для структури хромосом.
8. Політенні хромосоми.
9. Хромосоми типу лампових щіток.
10. Перебудова хромосом і спеціалізація клітин.
11. Взаємодія хромосом з веретеном поділу.

Рекомендована література:

[1, 2, 10, 14, 16]

Контроль знань і розподіл балів, які отримують здобувачі

Контроль здійснюється за модульно-рейтинговою системою.

У змістовий модуль 1 (ЗМ1) входять теми 1-4, у змістовий модуль 2 (ЗМ2) – теми 5-8.

Види контролю – поточний і підсумковий.

Поточний контроль здійснюється під час проведення навчальних занять і має на меті перевірку засвоєння студентами навчального матеріалу. Форма проведення поточного контролю під час навчальних занять: усне опитування, письмовий контроль, тестовий, самооцінювання, перевірка практичних навичок.

Обов'язковим для заліку є відпрацювання всіх практичних занять. У випадку відсутності студента, він може відпрацювати пропущене заняття у позааудиторний час (пропущених занять не може бути більше половини від загальної кількості занять).

Оцінювання за формами поточного контролю:

Коефіцієнт – 2,85

	ЗМ1		ЗМ2	
	<i>Min. – 23 балів</i>	<i>Max. – 44 балів</i>	<i>Min. – 37 балів</i>	<i>Max. – 56 балів</i>
Практична робота	„3” x 3 = 9	„5” x 3 = 15	„3” x 4 = 12	„5” x 4 = 20
Доповнення	1	2	1	2
Виступ	2	2	2	2
³⁶ – мінімальна/максимальна оцінка, яку може отримати студент. ¹ – мінімальна/максимальна залікова кількість робіт чи завдань.				

Для здобувачів, які набрали сумарно меншу кількість балів ніж *критично-розрахунковий мінімум 60 балів*, для здачі заліку обов'язкове проходження додаткового тестування.

Підсумковий контроль проводиться на останньому практичному занятті і складається із суми балів усіх змістових модулів.

При простому розрахунку отримаємо:

	Змістовий модуль 1	Змістовий модуль 2	Залік (підсумкова оцінка)
Мінімум	23	37	60
Максимум	44	56	100

При цьому, кількість балів:

- **1-34** відповідає оцінці «незадовільно» з обов'язковим повторним вивченням дисципліни;
- **35-39** відповідає оцінці «незадовільно» з можливістю повторного складання;
- **40-60** відповідає оцінці «задовільно» («достатньо»);
- **61-69** відповідає оцінці «задовільно»;
- **70 - 80** відповідає оцінці «добре»;
- **81 - 89** відповідає оцінці «добре» («дуже добре»);
- **90 - 100** відповідає оцінці «відмінно».

Шкала оцінювання академічної успішності аспіранта

Рівень досягнень, % /Marks, (бали за освітню діяльність)	Оцінка ЄКТС/ECT	Оцінка за національною шкалою (National grade)
	S	
90 – 100	A	відмінно (Excellent)
82 – 89	B	добре (Good)
74 – 81	C	
64 – 73	D	задовільно (Satisfactory)
60 – 63	E	
35 – 59	FX	незадовільно (Fail) з можливістю повторного складання
1 – 34	F	незадовільно (Fail) з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Методи навчання

Пояснювально-ілюстративні, частково-пошукові, проблемного навчання, дослідницькі.

Технічні засоби навчання

Проектор мультимедійний Epson EMP-S42, 2, рік введення в експлуатацію – 2004; ноутбук, екран, Zoom/Google Meet — сервіси для дистанційного навчання та он-лайн консультацій.

Матеріальне забезпечення дисципліни

Аудиторії, лабораторії клітинної біології та біотехнології, біоінформатики, молекулярної генетики.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Держинський М.Е., Скрипник Н.В, Гарматіна С.М. та інші. Загальна цитологія та гістологія. Частина I: Загальна цитологія: Навчальний посібник, К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2006, 275 с.
2. Alberts B., Johnson A., Lewis J., Morgan D., Raff M., Roberts K., Walter P., Wilson J.H., Hunt T.. 2015. *Molecular Biology of the Cell* (6th ed.), NY: Garland Science, 1342 p. ISBN 978-0-8153-4432-2 (hardcover); ISBN 978-0-8153-4464-3 (paperback)
3. Lodish H., Berk A., Zipursky S. L., Matsudaira P., Baltimore D., Darnell J. *Molecular Cell Biology* (6th ed.), NY: Freeman and Company, 2018, 1084 p.
4. Hussey P.J., Wang P. *The Plant Cytoskeleton: Methods and Protocols*. Humana Press, 2023, ISBN: 1071628666,9781071628669
5. Pollard T., Earnshaw W., Lippincott-Schwartz J., Johnson G. *Cell Biology*, Elsevier, 2022, 944 p. eBook ISBN: 9780323758024; Paperback ISBN: 9780323758017; Hardcover ISBN: 9780323758000
6. Wilson J., Hunt T. *Molecular Biology of the Cell* (6th ed.) *The Problems Book*, 2015; NY: Garland Science, ISBN 978-0-8153-4453-7; <http://www.garlandscience.com>
7. Pratap Sahi V., Baluška F. *The Cytoskeleton: Diverse Roles in a Plant's Life*, Springer Intl Publ., 2019 ISBN: 978-3-030-33527-4,978-3-030-33528-1
8. *The Actin Cytoskeleton*, B. M. Jockusch (eds.), Springer Intl Publ., 2017, ISBN: 978-3-319-46369-8, 978-3-319-46371-1
9. Lavelle C., Victor, J.-M. *Nuclear architecture and dynamics*. Vol. 2, Academic Press, 2018, ISBN: 9780128034804,0128034807

Додаткова література

1. Держинський М.Е., Вороніна О.К., Скрипник Н.В., Гарматіна С.М., Пазюк Л.М. *Загальна цитологія. Практикум: навчальний посібник /;* (упорядкування Н.В. Скрипник), К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2011, 126 с.
2. Blume Ya.B., Krasylenko Yu.A., Yemets A.I. *The role of plant cytoskeleton on phytohormone signaling under abiotic and biotic stresses*. In: *Mechanism of Plant*

- Hormone Signaling Under Stress: A Functional Genomic Frontier. Vol. 2 (G. Pandey, Ed.). Wiley-Blackwell, 2017 127-185.
3. Kreis T., Vale R. Guidebook to the extracellular matrix, anchor, and adhesion proteins, Oxford Univ. Press, 1998, 540 p.
 4. Kreis T., Vale R. Guidebook to the cytoskeletal and motor proteins (Second Edition), Oxford Univ. Press, 1999, 551 p.
 5. Laskin, A.I. Handbook of Microbiology: Condensed Edition (1st ed.). CRC Press, 1974. <https://doi.org/10.1201/9781351072939>
 6. Smertenko A., Blume Ya.B., Viklicky V., Opatrny Z., Draber P. Posttranslational modifications and multiple isoforms of tubulin in *Nicotiana tabacum* cells., *Planta*, 1997, V. 201, P. 349-358.
 7. Szeverenyi, I., Cassidy, A.J., Chung, C.W., Lee, B.T.K., Common, J.E.A., Ogg, S.C., Chen, H., Sim, S.Y., Goh, W.L.P., Ng, K.W., Simpson, J.A., Chee, L.L., Eng, G.H., Li, B., Lunny, D.P., Chuon, D., Venkatesh, A., Khoo, K.H., McLean, W.H.I., Lim, Y.P. and Lane, E.B. The Human Intermediate Filament Database: comprehensive information on a gene family involved in many human diseases. *Hum. Mutat.*, 2008, 29: 351-360. <https://doi.org/10.1002/humu.20652>
 8. The Plant Cytoskeleton: Key Tool for Agro-Biotechnology (Eds Blume YaB, Baird W.V., Yemets AI, Breviario D.), Springer, 2008