

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА**

Інститут високих технологій

Кафедра молекулярної біотехнології та біоінформатики

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Заступник директора

з науково-педагогічної роботи

Галина ГРАБЧУК

« 24 » березня 2021 року

Галина Грабчук

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
Біохімія**

галузь знань 09 - Біологія
спеціальність 091 - Біологія
освітній рівень бакалавр
освітня програма Високі технології (Біологія)
вид дисципліни обов'язкова

Форма навчання денна
Навчальний рік 2021/2022
Семестр 3
Кількість кредитів ECTS 7
Мова викладання, навчання
та оцінювання українська
Форма заключного контролю іспит

Викладач: д.б.н. Данилович Ю.В.

Пролонговано: на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» __ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)


на 20__/20__ н.р. _____ (_____) «__» __ 20__ р.
(підпис, ПІБ, дата)

КИЇВ – 2021

Розробник: д.б.н. Данилович Ю.В.

ЗАТВЕРДЖЕНО

Завідувач кафедри молекулярної
біотехнології та біоінформатики


_____ Олексій НИПОРКО
(підпис)

Протокол №7 від «05» лютого 2021 р.

Схвалено науково - методичною комісією Інституту високих технологій

Протокол від «05» березня 2021 року №3

Голова науково-методичної комісії _____  Наталя РУСІНЧУК

ВСТУП

1. Мета дисципліни:

Сформувати у студентів знання стосовно закономірностей метаболізму основних органічних сполук (амінокислот, білків, нуклеїнових кислот, ліпідів, вуглеводів) в організмі тварин і людини, механізмів протікання біохімічних процесів та їх регуляції, а також забезпечити оволодіння прийомами сучасних біохімічних досліджень, навичками планування експериментів.

2. Попередні вимоги до опанування або вибору навчальної дисципліни:

Успішне опанування курсу передбачає застосування теоретичних основ фундаментальних та прикладних знань з біології, хімії, біоорганічної хімії, фізіології, інформаційних технологій, а також навички роботи з навчальною і науковою літературою.

3. Анотація навчальної дисципліни

Дисципліна забезпечує професійний розвиток студента, набуття міждисциплінарних знань в галузях біології, хімії та біофізичної хімії, а також спрямована на формування у нього компетенції у сфері розуміння ролі окремих біомолекул, метаболічних процесів та їхньої регуляції в біологічних феноменах. Особлива увага приділяється структурі та властивостям фізіологічно-активних сполук, перебігу метаболізму амінокислот, вуглеводів та ліпідів, а також регуляції процесів катаболізму та анаболізму, ролі окремих сигнальних молекул. Формуються ґрунтовні знання зі структури і функцій біомолекул. Розглядається патогенез вибраних захворювань під кутом зору дисфункції певних метаболічних шляхів, нестачі або порушення механізмів дії окремих регуляторних сполук. В курсі розглядаються питання щодо пластичного та енергетичного обміну, ферментативного каталізу, мембранного транспорту, біоенергетики, компартменталізації клітинних процесів, передачі сигналів в клітині, біохімічних механізмів реалізації генетичної інформації тощо. Аналізується зв'язок між структурою та функціями білків, амінокислот, нуклеїнових кислот, ліпідів, вуглеводів, вітамінів, гормонів та ензимів. Вивчаються основні принципи регуляції біохімічних процесів та механізми, які здійснюють інтеграцію метаболічних шляхів. Дається уявлення про основні тенденції і напрямки сучасних біохімічних і молекулярно-біологічних досліджень. З'ясовується значення біохімії в медицині та народному господарстві.

4. Завдання та навчальні цілі

Дисципліна забезпечує набуття студентом таких компетентностей:

ЗК04. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК05. Здатність спілкуватися державною мовою як усно так і письмово.

ЗК07. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК10. Здатність працювати в команді.

СК02. Здатність демонструвати базові теоретичні знання в галузі біологічних наук та на межі предметних галузей.

СК03. Здатність досліджувати різні рівні організації живого, біологічні явища і процеси.

СК07. Здатність до аналізу будови, функцій, процесів життєдіяльності, онто- та філогенезу живих організмів.

СК12. Здатність використовувати та модифікувати сучасні біотехнології для вирішення актуальних біологічних проблем.

5. Результати навчання за дисципліною:

	Результат навчання (1. знати; 2. вміти; 3. комунікація; 4. автономність та відповідальність)	Форми (та/або методи і технології) викладання і навчання	Методи оцінювання та пороговий критерій оцінювання (за необхідності)	Відсоток у підсумковій оцінці з дисципліни
Код	Результат навчання			
1.1	Знати: хімічну будову і властивості біомолекул; основні фізико-хімічні закономірності функціонування молекул, що формують молекулярну логіку клітини; відповідність структури біоорганічних сполук фізіологічним функціям, які вони виконують в організмі людини і тварин, реакційну здатність біомолекул, що забезпечує їх функціональні властивості та метаболічні перетворення в організмі; основні шляхи обміну речовин та принципи побудови метаболічної мережі, шляхи інтеграції метаболізму; значення обміну речовин та його регуляції в забезпеченні функціонування клітин, біохімічні та молекулярні основи фізіологічних функцій клітин та органів; молекулярні основи процесів збереження, передачі та реалізації генетичної інформації; механізми біокаталізу, біорегуляції та біоенергетики; сучасний стан і тенденції розвитку світової і вітчизняної біохімії; фізико-хімічні, імунологічні методи та прийоми генної і клітинної інженерії, що використовуються при проведенні біологічних досліджень; методи ведення культури клітин; як добирати та застосовувати флуоресцентні барвники для підготовки біологічних об'єктів до досліджень; теоретичні основи гель-хроматографії, іонообмінної хроматографії та афінної хроматографії.	<i>Лекції Лабораторні заняття</i>	<i>Контрольні роботи Іспит</i>	60 %
2.1	Вміти:	<i>Лекції</i>	<i>Контрольні</i>	30%

	<ul style="list-style-type: none"> - <i>пояснювати</i> біохімічні та молекулярні основи фізіологічних функцій клітин та органів; - <i>передбачати та обґрунтовувати</i> на основі аналізу структури біоорганічних сполук їх фізіологічні функції; - <i>модельовати</i> зміни метаболічних станів та розробляти шляхи їх корегування; - <i>використовувати</i> знання з біохімії у вирішенні проблем біомедицини та біотехнології; - <i>використовувати</i> набуті знання для пояснення фізіологічних процесів та патологічних явищ в організмі людини і тварин; - <i>вбудовувати</i> стратегію досліджень; - <i>застосовувати</i> необхідні фізико-хімічні методи при проведенні власних досліджень; - <i>аналізувати</i> отримані результати та ставити контрольні досліди; - <i>здійснювати</i> аналіз, класифікацію та систематизацію науково-технічної інформації; - <i>здійснювати</i> планування біохімічних експериментів. 	Лабораторні заняття, студентські доповіді та презентації	роботи Реферативні роботи та звіти Іспит	
3.1	Вміти працювати в групі лабораторних заняттях.	Лабораторні заняття	Звіти	5 %
4.1	Вміти самостійно працювати з науковою та навчально-методичною літературою, використовувати комп'ютерні засоби, здійснювати пошук та узагальнення науково-технічної інформації.	Самостійна робота	Звіти Реферативні роботи	5 %

6. Співвідношення результатів навчання дисципліни із програмними результатами навчання

Програмні результати навчання (за освітньою програмою)	Результати навчання дисципліни (код)			
	1.1	2.1	3.1	4.1
ПР03. Планувати, виконувати, аналізувати дані і презентувати результати експериментальних досліджень в галузі біології.			+	+
ПР04. Спілкуватися усно і письмово з професійних питань з використанням наукових термінів, прийнятих у фаховому середовищі, державною та іноземною мовами.	+	+	+	+
ПР06. Застосовувати моделі, методи і дані фізики, хімії, екології, математики у процесі навчання та забезпечення професійної діяльності.		+		
ПР08. Знати та розуміти основні терміни, концепції, теорії і закони в галузі біологічних наук і на межі предметних галузей.	+			
ПР09. Дотримуватися положень біологічної етики, правил біологічної безпеки і біологічного захисту у процесі навчання та професійній діяльності.		+		
ПР11. Розуміти структурну організацію біологічних систем на молекулярному рівні.	+			
ПР12. Демонструвати знання будови, процесів життєдіяльності та функцій живих організмів, розуміти механізми регуляції фізіологічних функцій для підтримання гомеостазу біологічних систем.	+	+	+	+
ПР19. Застосовувати у практичній діяльності методи визначення структурних та функціональних характеристик біологічних систем на різних рівнях організації.		+	+	+
ПР20. Аргументувати вибір методів, алгоритмів планування та проведення польових, лабораторних, клініко-лабораторних досліджень, у т.ч. математичних		+		+

методів та програмного забезпечення для проведення досліджень, обробки та представлення результатів.				
ПР22. Поеднувати навички самостійної та командної роботи задля отримання результату з акцентом на добросесність, професійну сумлінність та відповідальність за прийняття рішень.		+	+	
ПР24. Аналізувати фізико-хімічні властивості та функціональну роль біологічних макромолекул і молекулярних комплексів живих організмів, характер взаємодії їх з іонами, молекулами і радикалами, їхню будову й енергетику процесів.	+	+	+	+

7. Схема формування оцінки.

7.1 Форми оцінювання студентів:

- семестрове оцінювання:

1. Модульна контрольна робота 1 – ПРН 8, 11, 19, 24 – 20 балів/ 12 балів
2. Модульна контрольна робота 2 – ПРН 8, 11, 12, 24 – 20 балів/ 12 балів
3. Лабораторні заняття – ПРН 12, 19, 24 – 12 балів/ 6 балів
4. Проміжний контроль ПРН 11 – 8 балів/ 5 балів

- підсумкове оцінювання: у формі іспиту

Формою проведення є усний іспит з дисципліни. Результатами навчання, які оцінюються в усному іспиті, ПРН 8, 11, 12, 24. Максимальна кількість балів, які можуть бути отримані студентом, становить 40 балів.

- умови допуску до підсумкового іспиту:

Студент допускається до іспиту за умови виконання всіх передбачених планом практичних робіт. Студент не допускається до іспиту, якщо під час семестру набрав менше ніж 20 балів.

7.2 Організація оцінювання:

Модульні контрольні роботи 1 і 2 проводяться після завершення відповідних розділів програми. Проміжне оцінювання проводиться упродовж лекційного курсу. Звіти по лабораторних роботах у формі опитування проводяться після кожної лабораторної роботи. В межах лабораторних робіт здійснюються студентські презентації та усні доповіді, захищаються реферати.

7.3 Шкала відповідності оцінок

Відмінно / Excellent	90-100
Добре / Good	75-89
Задовільно / Satisfactory	60-74
Незадовільно / Fail	0-59

8. Структура навчальної дисципліни.

Тематичний план лекцій та практичних занять

№ п/п	Номер і назва теми*	Кількість годин		
		лекції	лабораторні заняття	Самостійна робота
Розділ 1				
1	Тема 1. Амінокислоти та білки. Структура та фізико-хімічні властивості амінокислот. Значення незамінних амінокислот для людини. Методи добування і розділення, біологічне значення окремих амінокислот. Похідні амінокислот, біогенні аміни. Функції білків. Рівні структурної організації білкової молекули. Уявлення про рентгеноструктурний аналіз. Методи визначення молекулярної маси білків. Значення первинної структури, визначення первинної структури протеїнів. Фолдинг протеїнів. Досліди Анфінсена. Ферменти фолдинга, шаперони, антишаперони. Методи виділення і очищення білків (гель-фільтрація, діаліз, електрофорез, хроматографія). Властивості білків у водних розчинах. Денатурація. Колоїдні властивості білків. Класифікація простих і складних білків.	20		
	Лабораторне заняття 1 Ознайомлення з спектрометрією у видимій та ультрафіолетовій областях світла та її використанням в біохімічних дослідженнях. Інфрачервона спектрометрія. Спектрофлуориметрія.		2	
	Лабораторне заняття 2. Ознайомлення з принципами мас-спектрометрії.		2	
	Самостійна робота. Сучасні уявлення про структуру клітини.			6
2	Тема 2. Нуклеїнові кислоти. Біосинтез білка. Структура, види та значення ДНК. Комплементарність, правила Чаргаффа. Структура, види та значення РНК. Фізико-хімічні властивості нуклеїнових кислот. Загальні уявлення про біосинтез білка. Фактори транскрипції, окремі приклади регуляції транскрипції. Структура АТР, уявлення про макроергічні сполуки і макроергічні зв'язки. Похідні нуклеотидів: циклічні нуклеотиди, нуклеотиди, які входять до складу дегідрогеназ, НАД(Р), ФАД, ФМН.	8		
	Лабораторне заняття 3. Набування уявлень про електрофоретичні методи дослідження. Вестерн-блот аналіз.		2	
	Лабораторне заняття 4. Ознайомлення з радіоізотопними методами дослідження. Уявлення про радіоімуний аналіз.		2	

3	Лабораторне заняття 5. Застосування електрохімічних методів досліджень в біохімічних лабораторіях: полярографія, потенціометрія, кондуктометрія.		2	
	Лабораторне заняття 6. Ознайомлення з методами імуноферментного аналізу.		2	
	Тема 3. Вітаміни. Загальні уявлення, біологічне значення. Гіповітаміноз, гіпервітаміноз, авітаміноз; характерні ознаки, біохімічні механізми дії вітамінів. Структура та біологічні властивості: вітаміну А (ретинолу), вітаміну В ₁ (тіаміну), вітаміну Д (кальциферолу), вітаміну В ₂ (рибофлавіну), вітаміну Е (токоферолу), нікотинової кислоти (вітаміну РР), вітаміну К (філохінону), вітаміну В ₆ (піридоксину), вітаміну С (аскорбінової кислоти), біотину (вітаміну Н) та вітаміноподібних сполук. Вітамінодефіцитні захворювання.	6		
	Лабораторне заняття 7. Ознайомлення з хроматографічними методами досліджень.		2	
	Лабораторне заняття 8. Ознайомлення з основними методами клітинної та генної інженерії.		2	
	Тема 4. Ферменти. Регуляція метаболізму. Загальні уявлення про ферменти. Будова та властивості ферментів. Механізм дії ферментів. Принципи і етапи ферментативного каталізу. Моделі фермент-субстратної взаємодії. Особливості ферментативного каталізу; уявлення про кислотно-основний каталіз. Каталітична дія хімотрипсина. Основи ферментативної кінетики, уявлення про інгібітори. Класифікація ферментів; оксидоредуктази, трансферази та гідролази. Регуляція активності ферментів. Аlostеричні регулятори, ковалентна модифікація. Уявлення про ключові регуляторні ензими метаболічних шляхів. Основні принципи регуляції метаболізму. Регуляторні молекули, первинні та вторинні месенджери. Структура цАМР, цГМР, циклічні нуклеотиди як сигнальні і регуляторні молекули. Роль іонів Са та циклічних нуклеотидів в регуляції клітинних процесів. Біоенергетика. Уявлення про окисне фосфорилування та тканинне дихання. Роботи Мітчела, Енгельгардта, Беліцера. Структура і	10		

	функціонування електронно-транспортного ланцюга внутрішньої мітохондрійної мембрани.			
	Лабораторне заняття 9. Оволодіння основними принципами лазерної скануючої конфокальної мікроскопії.		1	
	Самостійна робота. Нокаут ензимів і спричинені ним захворювання. Застосування нокаута та нокдауна в наукових дослідженнях.			20
	Лабораторне заняття 10. Ознайомлення з використанням методу фотонної кореляційної спектроскопії в біологічних дослідженнях.		1	
	Лабораторне заняття 11. Очищення ензимів. Ознайомлення з методами висолювання, гель-фільтрації, іонообмінної хроматографії на DEAE-Sephadex, афінної хроматографії та SDS-PAGE електрофорезу.		2	
	Самостійна робота. Ензимопатії. Використання ферментів у медицині.			20
	Тема 5. Обмін вуглеводів. Моносахариди. Структура, вибрані фізико-хімічні характеристики, окремі представники. Похідні моносахаридів (аміноцукри, нейрамінова кислота, сіалові кислоти). Олігосахариди. Структура і роль в живій природі. Полісахариди. Структура і значення гомополісахаридів (крохмаль, глікоген, целюлоза). Структура і значення гетерополісахаридів (гіалуронова кислота, гепарин, хондроїтинсірчана кислота). Пектинові речовини. Вуглеводи м'яса і молока. Загальні принципи обміну речовин. Різниця між реакціями катаболізму та анаболізму. Перетравлювання та всмоктування вуглеводів. Глікогенна функція печінки. Основні закономірності тканинного перетворення вуглеводів. Реакції, ферменти та регуляція гліколізу (глікогенолізу). Уявлення про молочнокисле та спиртове бродіння, енергетика цих процесів. Аеробне перетворення вуглеводів, тканинне дихання. Структура і регуляція піруватдегідрогеназного комплексу. Значення коензиму А для метаболізму. Хімічні перетворення, ензими та регуляція циклу трикарбонних кислот (циклу Кребса). Біоенергетика катаболізму глюкози. Вторинні шляхи катаболізму глюкози, їхнє значення для клітини. Уявлення про апотомічне перетворення гексоз (пентозофосфатний шунт) та гліюксилатний цикл. Значення УДР-глюкози та УДР-глюкуронату. Біосинтез вуглеводів (глюконеногенез); шляхи протікання і основні відмінності від процесу розкладу цукрів.	8		

	Лабораторне заняття 12. Мутації в екзоні та їх дослідження.		2	
	Лабораторне заняття 13. Дослідження властивостей ензимів та їх інгібіторів. Методи визначення основних кінетичних констант (K_m , V_{max} , K_i) та енергії активації. Типи інгібування.		2	
	Самостійна робота. Геноміка, протеоміка, білкова інженерія.			20
	Тема 6. Обмін ліпідів. Ліпіди. Класифікація і біологічне значення окремих представників. Значення стеридів. Роль складних ліпідів в клітині (фосфоліпіди, сфінголіпіди, гліколіпіди). Уявлення про перекисне окислення ліпідів, антиоксиданти. Вторинні ліпідні месенджери як сигнальні і регуляторні молекули (лейкотрієни, простагландини, тромбоксани). Сигнальна і регуляторна роль фосфатидилінозитол-4,5-бісфосфату, інозитол-1,4,5-трисфосфату, діацилгліцеролу тощо. Перетравлювання та всмоктування ліпідів. Структура та значення жовчних кислот. Розпад ліпідів з виділенням енергії. Основні реакції та ензими β -окислення жирних кислот. Кетонові тіла. Особливості катаболізму ненасичених жирних кислот та жирних кислот з непарною кількістю вуглецевих атомів. Окислення гліцерину. Синтез нейтральних жирів. Структура та механізм функціонування синтази жирних кислот, значення малоніл-КоА. Уявлення про метаболізм фосфоліпідів та холестеролу.	6		
	Лабораторне заняття 14. Визначення вмісту естрадіолу радіоімунним методом.		2	
	Самостійна робота. Генна діагностика та терапія людини: молекулярно-генетичний метод у генній діагностиці; техніка генної терапії.			20
	Тема 7. Обмін амінокислот. Значення білків в харчуванні людини, перетравлювання білків. Приклади розпаду окремих амінокислот за дії мікроорганізмів, гниття в товстому кишечнику. Схема розпаду амінокислот, процеси дезамінування та декарбоксілування. Окислювальне дезамінування і переамінування. Механізм дії амінотрансфераз, роль піридоксальфосфату. Зв'язування в периферійних тканинах і транспорт аміаку до печінки. Орнітиновий цикл синтезу сечовини. Кінцеві продукти обміну азоту в організмі ссавців. Принципи біосинтезу амінокислот. Амінокислоти як попередники біологічно-активних речовин (тканинні гормони,	4		

	<p>нейромедіатори, поліаміни). Синтез оксиду азоту з аргініну, його значення як сигнальної та регуляторної молекули. Синтез креатину і креатинфосфату, значення в функціонуванні м'язової тканини.</p> <p>Обмін пуринів і піримідинів. Метаболізм порфіринів.</p>			
	<p>Тема 8. Гормони. Гормони як біологічно-активні речовини і регулятори метаболізму. Окремі приклади дії гормонів на процеси обміну речовин. Гормони гіпоталамусу та гіпофізу. Патології пов'язані із порушенням функціонування цих структур. Гормони щитовидної залози, шляхи синтезу, біохімічні механізми дії та приклади гормональної дисфункції. Гормони кори наднирників та катехоламіни. Механізми впливу катехоламінів на обмін глюкози. Передача клітинного сигналу за участі епінефрину, аденілатциклазний месенджерний каскад, глікогенфосфорилаза. Гормони підшлункової залози, інсулін, глюкагон. Біохімічні механізми дії інсуліну на клітині-мішені, шляхи трансдукції сигналу за дії інсуліну. Цукровий діабет як патологія цілісного організму. Різниця між діабетом I та II типів, лабораторні моделі цукрового діабету. Метаболічний синдром. Структура та значення статевих гормонів. Рецептори стероїдних гормонів. Значення естрадіолу та прогестерону в менструальному циклі та виношуванні плоду.</p> <p>Універсальна сигнальна і регуляторна роль Ca^{2+} в клітині. Значення кальмодуліну як внутрішньоклітинного рецептора Ca^{2+}, Ca^{2+}-кальмодулін залежні процеси в клітині. Системи пасивного і енергозалежного транспорту Ca^{2+} в субклітинних мембранних структурах. Просторово-часові характеристики Ca^{2+} сигналу.</p> <p>Інтеграція метаболізму. Взаємозв'язок обміну вуглеводів, ліпідів, амінокислот. Субклітинна локалізація (компартменталізація) метаболічних процесів. Регулююча та інтегруюча роль біомембран.</p>	6		
	<p>Лабораторне заняття 15. Діагностика на системний червоний вовчак імуноферментним методом (ELISA).</p>		2	
	<p>Лабораторне заняття 16. Ідентифікація бактеріального зразку методом ПЛР.</p>		2	
	<p>Лабораторне заняття 17. Дослідження електронно-транспортного ланцюга в мітохондріях та процесу окисного фосфорилування за допомогою електроду</p>		1	

	Кларка.			
	Лабораторне заняття 18. Дослідження синтезу сечовини гепатоцитами.		1	
	Самостійна робота. Генно-інженерні підходи до створення вакцин: генно-інженерні вакцини; ДНК-вакцини. Лікувальні засоби на основі олігонуклеотидів.			20

Загальний обсяг 210 год., в тому числі:

Лекції – 68 год.

Лабораторні – 32 год.

Консультації - 4 год.

Самостійна робота - 106 год.

9. Рекомендовані літературні джерела:

Основна: (Базова)

1. Нельсон Д.Л., Кокс М.М. Основи біохімії за Ленінджером. Переклад з англ. за ред. Комісаренко С.В., 2016. – 1280 с.
2. Стайер Л. Биохимия: в 3-х т., ред. С.Е. Северина. – М.: Мир, Т.1, 1984. – 232 с.; Т. 2, 1985. – 312 с.; Т. 3, 1985. – 400 с.
3. Біохімія: підручник, ред. Л.І. Остапченко. – К.: ВПЦ «Київський університет», 2012. – 796 с.
4. Губський Ю.І. і інш. Біологічна хімія (Т. 2). – К.: Медицина, 2017. – 544 с.
5. Кучеренко М.Є., Бабенюк Ю.Д., Васильєв О.М. і інш. Біохімія: Підручник. – К.: Видавничо-поліграфічний центр «Київський університет», 2002. – 480 с.
6. Кучеренко М.Є., Бабенюк Ю.Д., Войціцький В.М. Сучасні методи біохімічних досліджень: підручник. - К. : Фітосоціоцентр, 2001. – 424 с.
7. Карпов О.В., Демидов С.В., Кир'яченко С.С. Клітинна та генна інженерія: підручник. - К.: Фітосоціоцентр, 2010. – 208 с.

Додаткова:

1. Маршалл В.Дж. Клиническая биохимия. – М.: Бином, 2015. – 408 с.
2. Мушкамбаров Н.Н., Кузнецов С.Л. Молекулярная биология: Учебное пособие для студентов медицинских вузов. – М.: ООО «Медицинское информационное агенство», 2007. – 536 с.
3. Столяр О.Б. Молекулярна біологія: навчальний посібник. – К.: КНТ, 2017. – 224 с.
4. Боечко Ф.Ф. Біологічна хімія: навчальний посібник. – К.: Вища шк., 1989. – 407 с.
5. Виноградова Р.П., Цудзевич Б.А., Храпунов С.Н. Физико-химические методы в биохимии: пособ. - К. : Вища школа, 1983. - 288 с.
4. Бережнов А.В., Зинченко В.П., Федотова Е.И., Яшин В.А. Применение флуоресцентной микроскопии в исследованиях динамики Ca^{2+} в клетках. – Пушино, 2007. - www.veuk.ru/download.php?d=19&is=doc.
5. Лебедев А.Д., Левчук Ю.Н., Ломакин А.В., Носкин В.А. Лазерная корреляционная спектроскопия в биологии. – К.: Наук. думка, 1987. – 256 с.