

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра молекулярної та медичної біофізики

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор з науково-педагогічної
роботи



_____ 2021 р.

Робоча програма навчальної дисципліни

БІОФІЗИКА КЛІТИНИ І ВТОРИННИХ ПОСЕРЕДНИКІВ

(назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти _____ другий (магістерський) _____

галузь знань _____ 10 Природничі науки _____
(шифр і назва)

спеціальність _____ 105 Прикладна фізика та наноматеріали _____
(шифр і назва)

освітня програма _____ «Біофізика» _____
(шифр і назва)

Спеціалізація _____
(шифр і назва)

вид дисципліни _____ обов'язкова _____
(обов'язкова / за вибором)

факультет радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем _____

2021 / 2022 навчальний рік

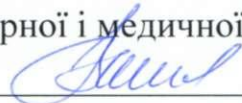
Програму рекомендовано до затвердження вченою радою факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем.
25 червня 2021 року, протокол № 8.

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

Овсяннікова Тетяна Миколаївна, кандидат біологічних наук, доцент, доцент кафедри молекулярної і медичної біофізики.


Програму схвалено на засіданні кафедри молекулярної і медичної біофізики.
Протокол від 07 червня 2021 року № 6.

Завідувач кафедри молекулярної і медичної біофізики


_____ Володимир БЕРЕЗ

Програму погоджено з гарантом освітньо-професійної програми «Біофізика».

Гарант освітньо-професійної програми «Біофізика»


_____ Володимир БЕРЕЗ

Програму погоджено методичною комісією факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем.
Протокол від 17 червня 2021 року № 6.

Голова методичної комісії факультету радіофізики, біомедичної електроніки та комп'ютерних систем


_____ Леонід ЧОРНОГОР

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни “Біофізика клітини і вторинних посередників” складена відповідно до освітньо-професійної (освітньо-наукової) програми підготовки

Другий (магістерський)

(назва рівня вищої освіти, освітньо-кваліфікаційного рівня)

галузь знань _____ 10 Природничі науки

(шифр і назва)

спеціальність _____ 105 Прикладна фізика та наноматеріали

(шифр і назва)

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Мета — вивчення сучасного стану і напрямків розвитку біофізики клітин та їхньої механічної та інформаційної взаємодії; яка дозволяє здійснювати функціонування організму як єдиного цілого; провідну роль у процесах трансдукції вторинних посередників та сигнальних шляхів.

1.2. Основні завдання вивчення дисципліни «Біофізика клітини і вторинних посередників» є

- сформувані у здобувачі вищої освіти цілісний комплекс сучасних знань з питань особливостей біофізики клітини на тлі міжклітинної трансдукції на різних рівнях функціонування організму;
- з’ясувати умови, закономірності та механізми утворення, відправлення та отримання екзогенних та ендогенних сигналів клітинами організму;
- познайомити з основними сигнальними шляхами на різних стадіях розвитку організму та їхнім значенням для утворення патологічних станів;
- сформувані навички самостійної роботи при дослідженні біофізики клітини та механізмів трансдукції в експериментах на тваринах, ізольованих органах, клітинах, моделях або на підставі дослідів, записаних у відеофільмах, кінофільмах, поданих у комп’ютерних програмах та інших навчальних технологіях; вміння аналізувати та пояснювати результати досліджень у галузі біофізики.

1.3. Кількість кредитів - 6

1.4. Загальна кількість годин - 180

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
1-й	-й
Семестр	
1-й	-й
Лекції	
48 год.	год.
Семинарські заняття	
16 год.	год.
Лабораторні заняття	
не передбачено	год.
Самостійна робота	
116 год.	год.
Індивідуальні завдання	
Реферат -1	

1.6. Заплановані результати навчання

В результаті вивчення курсу здобувачі вищої освіти повинні

знати:

- структурно-функціональні особливості соматичних, вегетативних, регуляторних, сенсорних та репродуктивної систем організму людини, основні показники їх стану та функціонування в умовах фізіологічної норми;
- умови, закономірності та механізми реалізації окремих функцій організму людини і процесів його життєдіяльності в залежності від стану організму та умов довкілля;
- фізіологічні основи поведінки, вищої нервової діяльності та механізмів адаптації; психофізіологічні основи здоров'я;
- принципи методів визначення показників функціонування органів та систем організму людини.

вміти:

- аналізувати та систематизувати інформацію для з'ясування біофізичних особливостей механізму трансдукції, закономірностей міжклітинного сигналіngu та використання у цьому процесі вторинних посередників;
- аналізувати результати біофізичних досліджень і робити висновки;
- використовувати знання курсу для організації та проведення біофізичних досліджень на тваринному організмі, експериментальних моделях; аналізу експериментальних даних та оцінки їх значення при вивченні механізмів життєдіяльності в умовах норми та при певних патологіях;
- застосовувати одержані знання у практиці медицини, спорту, наукової організації праці, учбової та виховної роботи, у науково-дослідних інститутах, що займаються проблемами біофізики живого організму;
- застосовувати знання біофізичних законів функціонування і розвитку організму для формування здорового способу життя.

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Загальні поняття біофізики клітини і вторинних посередників та міжклітинного сигналіngu.

Тема 1. Предмет, об'єкт та загальні поняття біофізики клітини і вторинних посередників. Міжклітинна трансдукція. Сигнальні системи. Ефект посилення у сигнальних системах. Типи сигнальних механізмів.

Тема 2. Проведення сигналу у клітину з міжклітинного простору. Функціональні класи сигналів. Молекулярні типи сигнальних молекул. Фізіологічні відгуки клітина на сигнали. Клітинно-молекулярні способи реалізації фізіологічних відгуків на сигнал. Модульні шляхи реалізації сигналу у клітинах.

Тема 3. Каскадні механізми. Ферментний каскад. Узагальнена схема клітинного відгуку клітини на дію гормону. Регулювання рівню глюкози в крові інсуліном та глюкагоном. Роль рецепторів та вторинних посередників.

Розділ 2. Механічні міжклітинні взаємодії.

Тема 4. Типи тканин тварин та людини. Епітеліальні, сполучні, м'язові, нервові тканини, особливості будови та функцій. Основні типи міжклітинних контактів як способи взаємодії клітин із позаклітинним матриксом та одна із одною.

Тема 5. Типи механічних міжклітинних контактів у різних тканинах. Спеціалізовані механічні контакти: адгезійний міжклітинний контакт, десмосома; щільний контакт, синапс. Роль трансмембранних адгезивних білків, цитозольних якірних білків, елементів цитоскелету та компонентів позаклітинного матриксу у формуванні контактів.

Розділ 3. Участь гуморальної регуляції у сигналіngі.

Тема 6. Особливості ендокринного механізму регуляції. Класифікація гормонів та шляхи реалізації їх ефектів. Принцип зворотніх зв'язків в ендокринній системі. Регуляція функцій залоз внутрішньої секреції. Гіпоталамо–гіпофізарна система.

Тема 7. Залози внутрішньої секреції та гормони. Гормони підшлункової залози. Надниркові залози. Функціональні ефекти кортикостероїдів. Фізіологічне значення катехоламінів. Гормони статевих залоз. Ендокринна функція щитоподібної залози, біологічна роль її гормонів у організмі людини та тварин. Гормональний контроль обміну катіонів кальцію в організмі людини та тварин. Внутрішня секреція аденогіпофізу: адренкортикотропний гормон, меланоцитстимулюючий гормон, β -ліпотропний гормон, пролактин та соматотропний гормон, гонадотропні гормони та тиротропний гормон.

Розділ 4. Рецептори як обов'язковий компонент сигнальної трансдукції.

Тема 8. Структура біомембрани. Ліпідні компоненти біомембран, динамічність фосфоліпідного бішару, асиметричність біомембран, молекулярні механізми ушкодження біологічних мембран активними формами кисню та роль цих структур у реалізації загибелі клітин. Поняття активних форм кисню (АФК), шляхи їх генерування в клітині.

Тема 9. Типи рецепторів плазматичної мембрани. G-білок-сполучені (метаботропні), іонотропні, рецептори із ферментативною активністю (рецепторні тирозинові протеїнкінази, протеїнфосфатази, мембрано-зв'язана гуанілатциклаза). Ансамблі рецепторів з іонними каналами. Рецептори внутрішньоклітинних мембран (ріанодиновий рецептор та рецептор до інозитол-1,4,5- трифосфату).

Тема 10. Іонний обмін у клітині. Рецептори-каналоформери. Холінові рецептори. Синапси.

Тема 11. 7-сегментні трансмембранні рецептори. Зв'язок з синтезом вторинних месенджерів. Подсемейства β -адренергічного рецептора, секретиноподібних рецепторів та метаботропних глутаматних рецепторів.

Тема 12. Великі та малі G-білки. Структура та властивості G-білків та Ras-білків.

Тема 13. Рецептори із ферментативною активністю. Рецепторні тирозинові протеїнкінази, протеїнфосфатази, мембрано-зв'язана гуанілатциклаза).

Розділ 5. Вторинні посередники та ефекторні молекули.

Тема 14. Основні вторинні посередники. Циклічний гуанозин-3',5'-монофосфат (цГМФ), інозитол-1,4,5-трисфосфат (ІФ3), діацилглицерол (ДАГ), іон кальція.

Тема 15. Роль АФК в міжклітинній трансдукції. Ейкозаноїди як вторинні посередники та ефекторні молекули.

Розділ 6. Міжклітинна трансдукція у регуляції клітинного циклу, розвитку клітин та порушенні проліферації.

Тема 16. Регуляція поділу клітин. Регуляція мітотичного циклу. Регуляція мейозу.

Тема 17. Механізми порушення проліферації. Важливі сигнальні шляхи, каскади, ферментні системи при нормальних та порушених процесах життєвої діяльності клітин та тканин.

Тема 18. Апоптоз. Механізми регуляції апоптозу, його взаємозв'язок з клітинним циклом.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
л		сем.	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7
Розділ 1. Загальні поняття біофізики клітини і вторинних посередників та сигналіну						
Тема 1. Предмет, об'єкт та загальні поняття біофізики клітини і вторинних посередників.		1				4
Тема 2. Проведення сигналу у клітину з міжклітинного простору.		2				4

1	2	3	4	5	6	7
Тема 3. Каскадні механізми.		1				8
Разом за розділом 1		4	-			16
Розділ 2. Механічні міжклітинні взаємодії.						
Тема 4. Типи тканин тварин та людини.		2				8
Тема 5. Типи механічних міжклітинних контактів у різних тканинах.		2	2			8
Разом за розділом 2		4	2			16
Розділ 3. Участь гуморальної регуляції у сигналінгі.						
Тема 6. Особливості ендокринного механізму регуляції.		2				8
Тема 7. Залози внутрішньої секреції та гормони.		2	2			8
Разом за розділом 3		4	2			16
Розділ 4. Рецептори як обов'язковий компонент сигнальної трансдукції.						
Тема 8. Структура біомембрани.		2				8
Тема 9. Типи рецепторів плазматичної мембрани.		2				8
Тема 10. Іонний обмін у клітині.		2	2			8
Тема 11. 7-сегментні трансмембранні рецептори.		2	2			8
Тема 12. Великі та малі G-білки.		2				8
Тема 13. Рецептори із ферментативною активністю.		2	2			10
Разом за розділом 4		12	6			50
Розділ 5. Вторинні посередники та ефекторні молекули.						
Тема 14. Основні вторинні посередники.		2	2			10
Тема 15. Роль АФК в міжклітинній трансдукції.		2	2			8
Разом за розділом 5		4	4			18
Розділ 6.						
Тема 16. Регуляція поділу клітин.		2				10
Тема 17. Апоптоз.		2	1			9
Разом за розділом 6		2	1			19
Усього годин		48	16			116

4. Завдання для семінарських занять

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Тема 1. Проведення сигналу у клітину з міжклітинного простору	2
2	Тема 2. Типи механічних міжклітинних контактів у різних тканинах.	2
3	Тема 3. Особливості ендокринного механізму регуляції.	2
4	Тема 4. Структура та метаболічні функції біомембран. Роль АФК	2

	в міжклітинній трансдукції.	
5	Тема 5. Типи рецепторів плазматичної мембрани.	2
6	Тема 6. 7-сегментні трансмембранні рецептори. Великі та малі G-білки.	2
7	Тема 7. Рецептори із ферментативною активністю.	2
8	Тема 8. Основні вторинні посередники.	2
	Усього годин	16

5. Завдання для самостійної роботи

№ теми	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин	Форми контролю
Розділ 1. Загальні поняття біофізики клітини і вторинних посередників та сигналінгу			
1.	Типи надходження сигнальних молекул до клітин	4	Поточне тестування, розв'язування ситуаційних задач, контрольна робота, екзамен
2.	Функція позаклітинних везикул-екзосом. Роль позаклітинних везикул у канцерогенезі.	4	
3	Фосфорилування та дефосфорилування як основні механізми внутрішньоклітинної передачі сигналу.	8	
Розділ 2. Механічні міжклітинні взаємодії.			
4	Складі молекул основної речовини позаклітинного матриксу. Екзосоми – новий спосіб комунікації клітин у нервовій системі	8	Перевірка домашніх завдань, поточне тестування, розв'язування ситуаційних задач, контрольна робота, екзамен
5	Молекулярна структура і функціонування комплексу щільних контактів. Типи молекул адгезії.	8	
Розділ 3. Участь гуморальної регуляції у сигналінгу			
6	Специфічність сигналів у ендокринній системі.	8	Перевірка домашніх завдань, поточне тестування, контроль розв'язування ситуаційних задач, контрольна робота, екзамен
7	Гормони периферійних ендокринних утворень. Гормони органів змішаних функцій. Гормони дифузної ендокринної системи. Рецептори і механізми дії стероїдних і тиреоїдних гормонів. Регуляція експресії генів.	8	
Розділ 4. Рецептори як обов'язковий компонент сигнальної трансдукції.			
8	Гідроліз мінорних фосфоліпідів плазмолемі та його роль у передачі сигналу.	8	Перевірка домашніх завдань, поточне тестування, розв'язування ситуаційних задач, екзамен
9	Механізми інактивації сигналу, що використовують клітинами в процесі їхнього росту та диференціювання.	8	
10	Цитозольні кальцій зв'язувальні, "тригерні" та "буферні", білки.	8	
11	GPCR і білки-адаптери.	8	
12	Поиск эффективных и селективных регуляторов GPCR.	8	
13	Рецептори гідрофільних сигнальних молекул: типи, загальні принципи будови, стратегія участі у клітинній сигналізації.	10	

<i>Розділ 5. Вторинні посередники та ефекторні молекули.</i>			
14	МАП-кіназний сигнальний каскад.	10	Перевірка домашніх завдань, поточне тестування, розв'язування ситуаційних задач, екзамен
15	Роль G-білків у активації каскаду ефекторних молекул.	8	
<i>Розділ 6. Міжклітинна трансдукція у регуляції клітинного циклу, розвитку клітин та порушенні проліферації.</i>			
16	Екзосома-опосередкована протипухлинна імунотерапія та супресія канцерогенезу	10	Перевірка домашніх завдань, поточне тестування, розв'язування ситуаційних задач, екзамен
17	Міжклітинна сигналізація фагоцитарної регуляції гомеостазу мозка. Патології мітозу.	9	
Усього		135	

6. Індивідуальні завдання

Реферати у вигляді аналітичний огляд за різними темами (перелік додається)
Аналітичний огляд повинен складатись з 3х частин:

- 1) коротка характеристика біофізичних та молекулярних особливостей клітин, що приймають участь у процесах;
- 2) характеристика молекулярних механізмів їх взаємодії,
- 3) приклади сучасних досліджень цього типу комунікації клітин.

Оформлюється письмово: загальний обсяг – від 10 до 20 друкованих сторінок, 5-10 або більше інформаційних джерел. Подається на семінарському занятті, оцінюється максимально 10 балів, яки додаються до оцінки на екзамені.

7. Методи контролю

Самоконтроль здійснюється студентами при виконанні завдань для самопідготовки та самоконтролю по кожному розділу курсу.

Поточний контроль. Контроль знань студентів включає поточне експрес-опитування, семестрова теоретична письмова контрольна робота, тестові завдання, рішення ситуаційних задач; аналіз результатів експериментальних та лабораторних досліджень:

- **усне опитування:** здійснюється перед та під час лекції, лабораторного заняття з метою контролю засвоєння теоретичних положень
- **диктант з загальних термінів, понять та деяких теоретичних положень курсу:** проводиться у формі експрес-контролю та слугує для перевірки засвоєння студентами певних теоретичних положень курсу;
- **тестування:** проводиться у формі експрес-контролю за тестовими завданнями: слугує для контролю **за самостійною роботою студентів;**
- **розв'язування ситуаційних задач:** призначено для контролю здатності узагальнювати знання, набуті під час вивчення відповідної теми, розділу курсу, для контролю здатності трактування, аналізу та оцінки результатів досліджень, параметрів, що характеризують функціональний стан організму, його систем та органів;
- **контрольна робота:** передбачає письмову відповідь на поставлені теоретичні питання; аналіз результатів лабораторних досліджень з використанням відповідної термінології, а також уміння характеризувати, передбачати та аналізувати наслідки порушень окремих процесів міжклітинної трансдукції;
- контроль практичних навичок та техніки безпеки у ході проведення лабораторних досліджень.

Підсумковий семестровий контроль проводиться у формі екзамену і передбачає письмову відповідь на поставлені питання, розв'язування ситуаційних задач.

8. Схема нарахування балів

Приклад для підсумкового семестрового контролю при проведенні семестрового екзамену роботи

Розподіл балів для оцінки знань за окремими темами для поточного контролю, самостійної роботи, індивідуальних завдань та експрес-опитування									Екзамен (письмова робота)	Сума
Розд 1	Розд 2	Розд 3	Розд 4	Розд 5	Розд 6	Контрольні роботи за планом, (2)	Реферат	Разом		
4	4	4	10	4	4	20	10	60	40	100

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка
	для чотирирівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно
70 - 89	добре
50 - 69	задовільно
1 - 49	незадовільно

Критерії оцінки успішності студентів при семестровому контролі та виконанні письмових робіт

Оцінку «відмінно» (5 балів – за завдання; 90-100 балів за курс у цілому) отримує студент, якщо він:

- міцно засвоїв зміст навчальної дисципліни, наукових першоджерел і рекомендованої літератури;
- вміє повністю, глибоко і всебічно розкрити зміст матеріалу, поставленого завдання чи проблеми; комплексно вирішувати поставлені завдання чи проблему; правильно застосовує одержані знання з різних дисциплін для вирішення завдань чи проблем; послідовно і логічно викладає матеріал;
- висловлює обгрунтоване власне ставлення до тих чи інших проблем;
- чітко розуміє зміст і вільно володіє спеціальною термінологією; встановлює взаємозв'язок основних понять;
- грамотно ілюструє відповіді прикладами;
- вільно використовує набуті теоретичні знання для аналізу практичного матеріалу; демонструє високий рівень набутих практичних навичок.

Допускається декілька неточностей у викладенні матеріалу, які не приводять до помилкових висновків і рішень.

Оцінку «добре» (4 бали – за завдання; 70-89 балів за курс у цілому) отримує студент, якщо він:

- добре засвоїв основний зміст навчальної дисципліни, основні ідеї наукових першоджерел і рекомендованої літератури;
- аргументовано, правильно та послідовно розкриває основний зміст матеріалу;
- висловлює власні міркування з приводу тих чи інших проблем;
- точно використовує термінологію;
- має практичні навички з аналізу матеріалу.

Допускається декілька неточностей у використанні спеціальної термінології, похибок у логіці викладу теоретичного змісту або аналізу практичного матеріалу, несуттєвих та не грубих помилок у висновках та узагальненнях, що не впливають на конкретний зміст відповіді. Найвні неточності та помилки враховуються при визначенні оцінки за 100-бальною шкалою та відповідної літери В або С.

Оцінку «задовільно» (3 бали – за завдання; 50-69 балів за курс у цілому) студент отримує, якщо:

- у відповіді суть запитання в цілому розкрита, але зміст питання викладено частково; студент невпевнено орієнтується у змісті наукових першоджерел та рекомендованої літератури;
- матеріал викладений не завжди послідовно, висновки не ув'язані між собою;
- не вміє обґрунтовано оцінювати факти та явища, пов'язувати їх з майбутньою професійною діяльністю;
- при викладенні матеріалу, поясненні термінології та вирішенні практичних питань зроблені суттєві помилки.

Оцінку «незадовільно» (менше 50 балів) студент отримує, якщо:

- основний зміст завдання не розкрито; студент майже не орієнтується у наукових першоджерелах та рекомендованій літературі; не знає наукових фактів та визначень;
- допущені суттєві помилки у висновках;
- студент слабо володіє спеціальною термінологією;
- наукове мислення та практичні навички майже не сформовані.

Теми рефератів

1. МАП-кіназний сигнальний каскад.
2. Кальцій-зв'язуючі білки в клітині, структура і функції.
3. Клатрін-залежний ендоцитоз
4. GPCR і білки-адаптери.
5. Toll-подібні рецептори, структура і функції.
6. Основні міжклітинні взаємодії при активації T-клітин у відторгненні трансплантатів.
7. Роль білків Notch в процесах канцерогенезу.
8. Сигнальний шлях Hedgehog.
9. Ліганди RAGE-білків: роль в міжклітинній комунікації та патогенезі запалення.
10. Молекулярна структура і функціонування комплексу щільних контактів.
11. Сигнальний шлях Wnt (Уинт).
12. Зв'язок апоптозу з зовнішніми і внутрішніми сигналами.
13. Сигнальна система JAK-STAT.

9. Рекомендована література

Основна література

1. Біологічні мембрани та основи внутрішньоклітинної сигналізації. Теоретичні аспекти : навч. посіб. / Л. І. Остапченко, Т. Б. Синельник, І. В. Компанець. – К. : ВПЦ "Київський університет", 2016. – 639 с.

2. Lodish H., Berk A., Zipursky S.L., Matsudaira P., Baltimore D., Darnell J.E. Molecular Cell Biology, 4th ed, New York, 2007. Chapter 6. Integrating cells into tissues, Pp. 197-243.
3. Gomperts B.D., Kramer I.M., Tatham P.E.R. Signal transduction, 2002.
4. Остапченко Л.І., Михайлик І.В. Біологічні мембрани: методи дослідження структури і функцій / навчальний посібник . - К.: Видавничо-поліграфічний центр „Київський університет”. - 2006. -215 с.
5. Остапченко Л.І., Синельник Т.Б., Рибальченко Т.В., Рибальченко В.К. Біохімічні механізми апоптозу (навч. посібник з грифом МОН). // ВПЦ «Київський університет», 2010. – 310с.

10. Допоміжна література

1. Cell Physiology Sourcebook: A Molecular Approach: Academic Press, Third Edition, 2001. Chapter Calcium as an Intracellular Second messenger: Mediation by calcium-binding proteins, p.167-177.
2. Scott JD, Pawson T. Cell communication: the inside story // Sci Am.-2000.-V.282.-N 6.-P. 72-79.
3. Feng Ye, Chungo Kim, Mark H. Ginsberg Molecular Mechanism of Inside-out Integrin Regulation // J Thromb Haemost. 2011.- V.9.-N 1.-P. 20–25.
4. Ratheesh A., Yap A. S. A bigger picture: classical cadherins and the dynamic actin cytoskeleton //Nat. Rev. Mol. Cell Biol.-2012.-V. 13.-P. 673-679.

11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті

1. <http://www.biochemweb.org/>
2. http://www.biology.arizona.edu/CELL_BIO/cell_bio.html
3. <http://www.biochem4schools.org/>
4. <http://cellbio.utmb.edu/CELLBIO/>
5. <http://sites.google.com/site/scienceprofonline/cellbiologyhelp>
6. http://biology.univ.kiev.ua/images/stories/Upload/Kafedry/Biochimiya/biblioteka_new/Biomembranes_Ostapchenko/HBOOK005_BioMembranes_Ostapchenko_book.pdf