

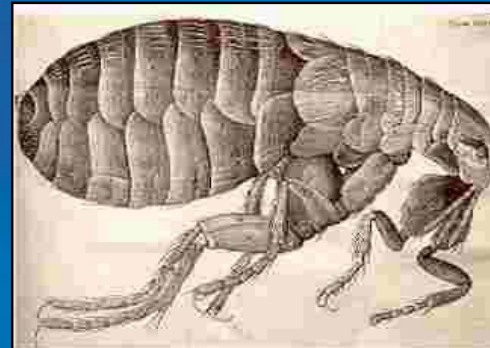
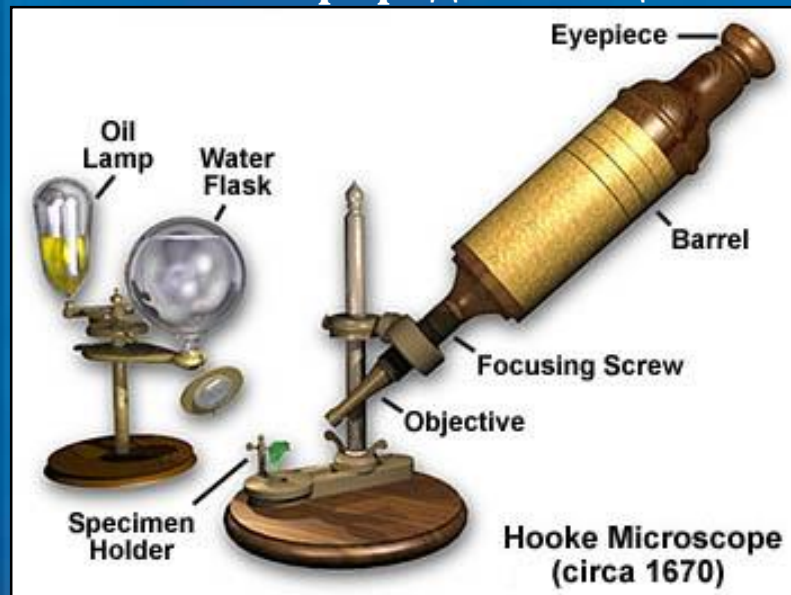
ОСНОВИ БІОФІЗИКИ МЕМБРАН



ВИНИКНЕННЯ КЛІТИННОЇ ТЕОРІЇ

Після винаходу голландським ученим Янсенем в 1590 році мікроскопа, він був вперше в 1665 році застосований для дослідження рослинних і тваринних тканин Робертом Гуком. Р.Гук відмітив, що до складу їх входить безліч дуже дрібних утворень, схожих формою на осередки бджолиних сотів, що дозволило ввести йому поняття «клітина», яке існує до теперішнього часу.

Гук Роберт (1635-1703),
англійський природознавець



MICROGRAPHIA:

OR SOME
Physiological Descriptions
OF
MINUTE BODIES
MADE BY
MAGNIFYING GLASSES
WITH
OBSERVATIONS and INQUIRIES thereupon.

By R. HOOKE, Fellow of the Royal Society

*Micrographia, sive quaedam corpora, LXXXIII.
Hucusque ab oculis tantum: LXXXIII. Lond. Ep. Lib. 6.*



LONDON, Printed by J. Moxon, and J. Allott, Printers to the
ROYAL SOCIETY, and are to be sold at their Shop at the Bell in
St. Paul's Church-yard. M DC LXV.

ХРОНОЛОГІЯ РОЗВИТКУ КЛІТИННОЇ ТЕОРІЇ

1665г - Роберт Гук - відкрив клітини, спостерігаючи зріз пробкового дерева в мікроскоп, ввів поняття "клітина"

1680г - Антоні Лівенгук - відкрив одноклітинні організми - сперматозоїди і еритроцити.

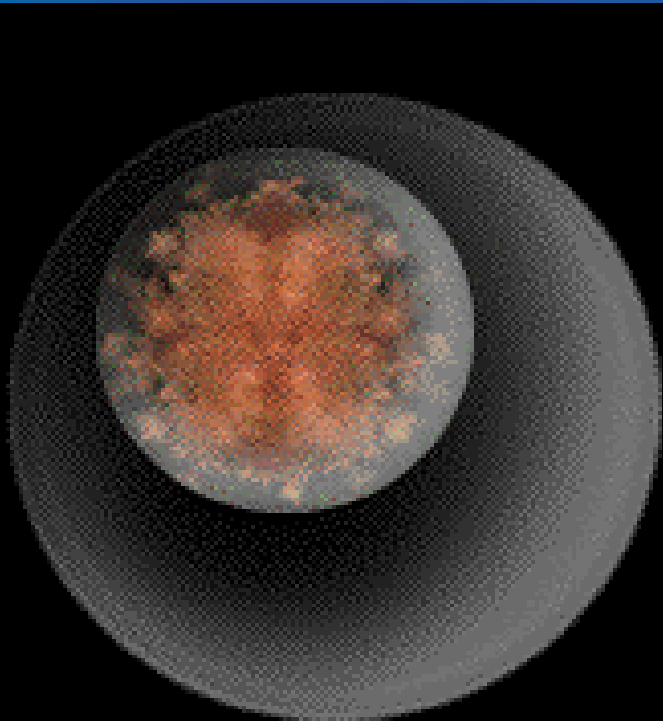
1831г - Роберт Броун - відкрив ядро в клітині

1838г - Матіас Шлейден - ядро - невід'ємна частина рослинної клітини

1839г - Томас Шванн - ядро - невід'ємна частина тваринної клітини

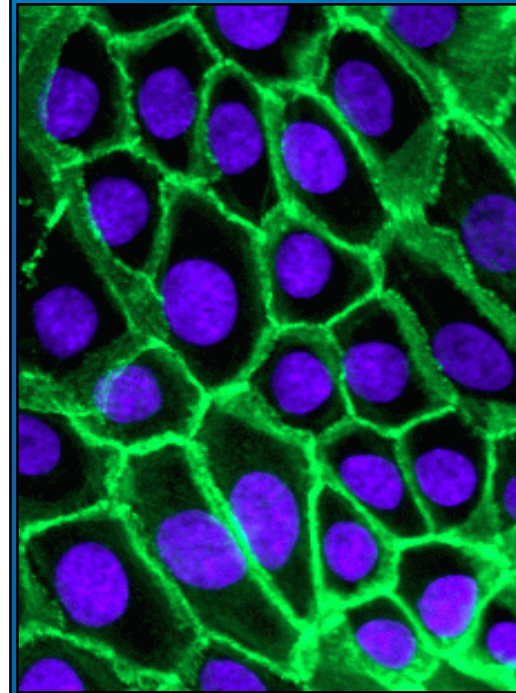
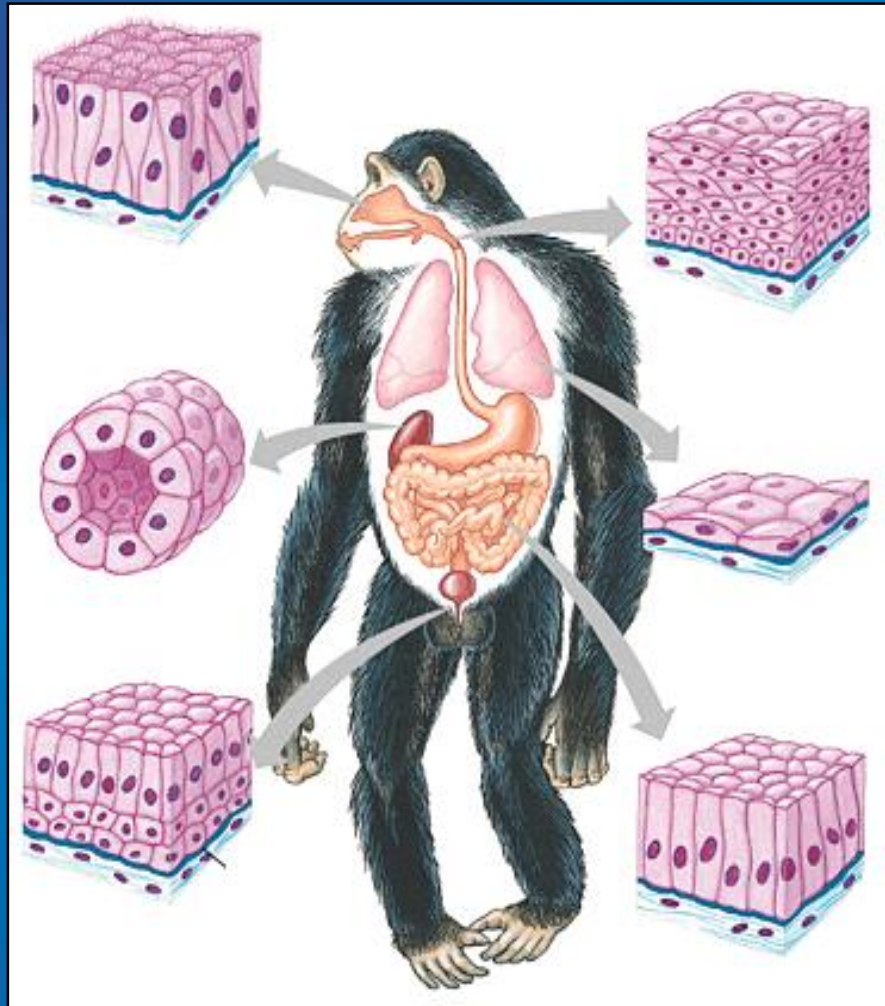
1858г - Рудольф Вірхов - суть походження клітини - ділення
("Omnis cellula ex cellula" - "Кожна клітина з клітини")

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ СУЧАСНОЇ КЛІТИННОЇ ТЕОРІЇ

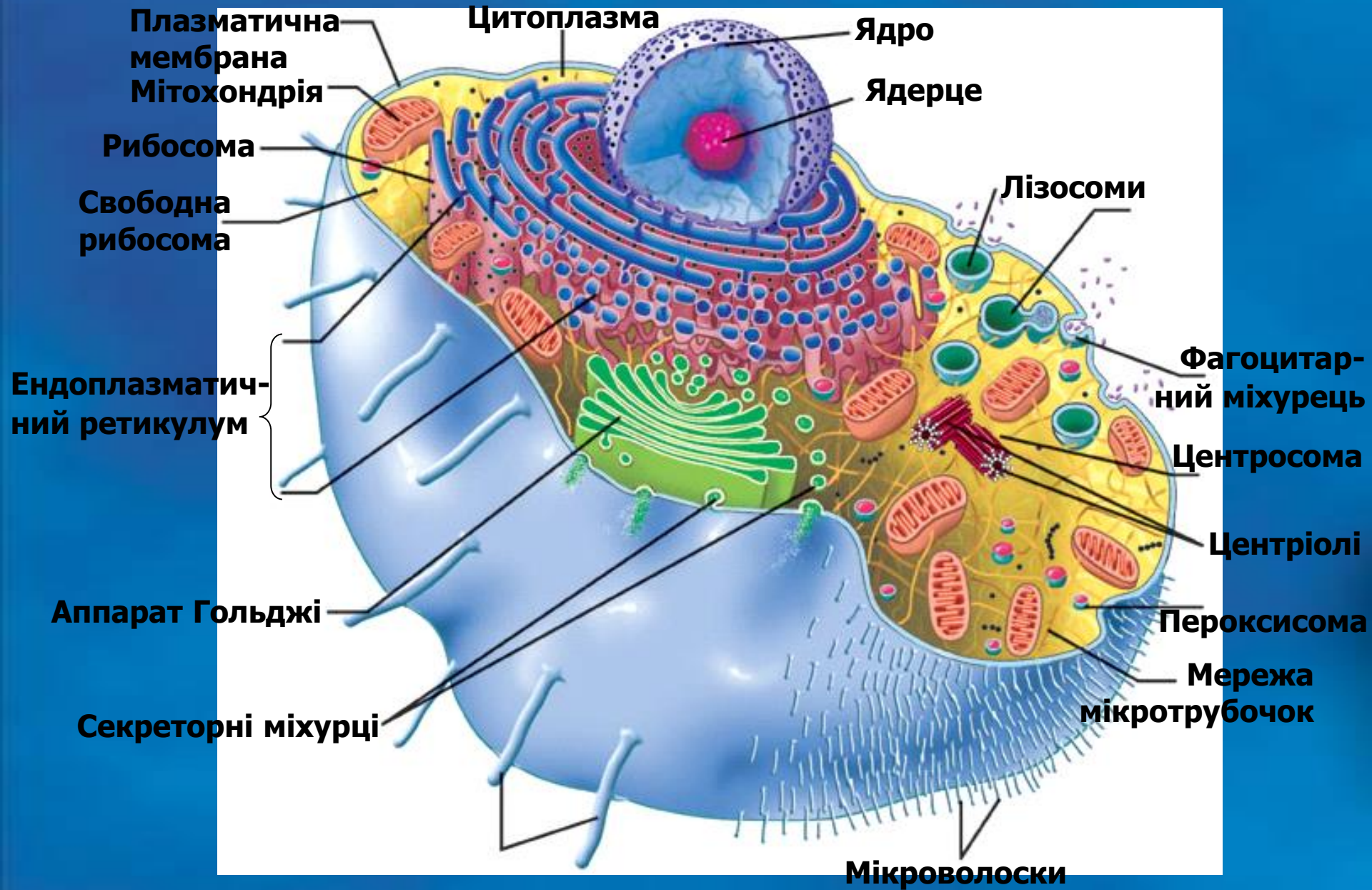


- клітина - основна одиниця будови і розвитку всіх живих організмів, найменша одиниця живого;
- клітини всіх одноклітинних і багатоклітинних організмів схожі (гомологічні) по своїй будові, складу, основним проявам життєдіяльності;
- розмноження клітин відбувається шляхом їх ділення;
- у складних багатоклітинних організмах клітини спеціалізовані по виконуваним ними функції і утворюють тканини;
- з тканин складаються органи, які тісно зв'язані між собою і підпорядковані нервовим і гуморальним системам регуляції.

ЦИТОЛОГІЯ - наука про клітину (грец. «цитос»-клітина, «логос» - наука). Предмет цитології - клітини багатоклітинних тварин і рослин, а також одноклітинних організмів. Цитологія вивчає будову і хімічний склад клітин, функції внутрішньоклітинних структур, функції клітин, розмноження, розвиток і пристосування клітин до умов навколишнього середовища.



БУДОВА КЛІТИНИ



ФУНКЦІЇ КЛІТИНИ

Жива клітина - це здібна до саморегуляції і самовідтворення ізотермічна система органічних молекул, що отримує енергію і ресурси з навколишнього середовища.

У клітині протікає велика кількість послідовних реакцій, регуляція швидкості яких здійснюється самою клітиною.

Клітина підтримує себе в стаціонарному динамічному стані, далекому від рівноваги з навколишнім середовищем.

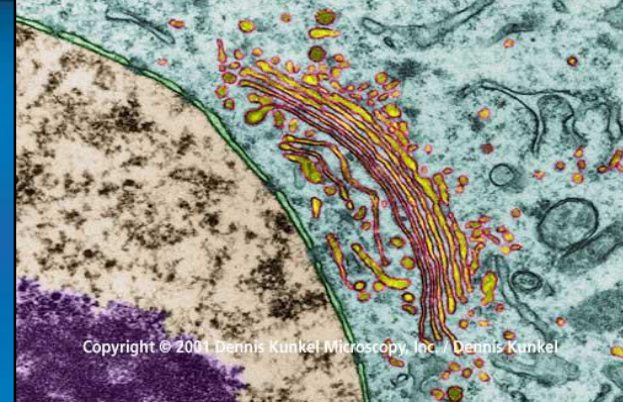
Клітини функціонують за принципом мінімальної витрати компонентів і процесів.

Клітина здатна майже точно самовідтворюватися. Всі клітини складаються з трьох основних частин:

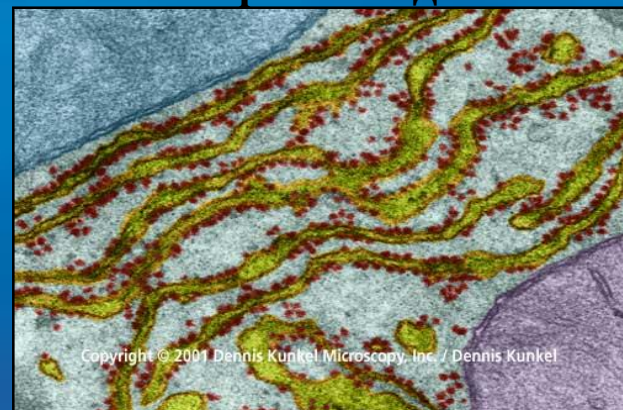
- плазматичної мембрани, що обмежує її від навколишнього середовища;

- цитоплазми, яка є колоїдною системою, що містить, разом з неорганічними іонами, продукти пластичного і енергетичного обміну, органели, а також запасні речовини і різні включення;

- ядра (або у разі прокаріот - нуклеотида), в якому знаходиться генетичний матеріал клітини.



Апарат Гольджі



Ендоплазматичний ретикулум

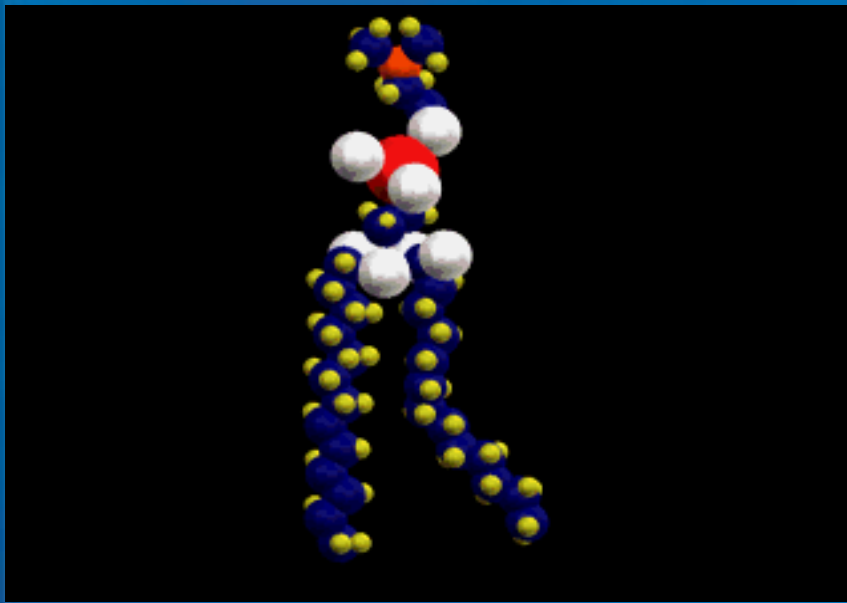
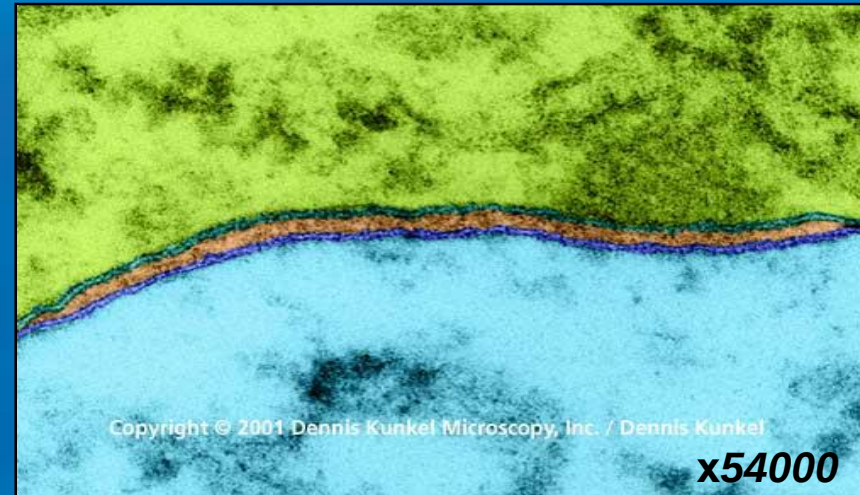


Мітохондрії

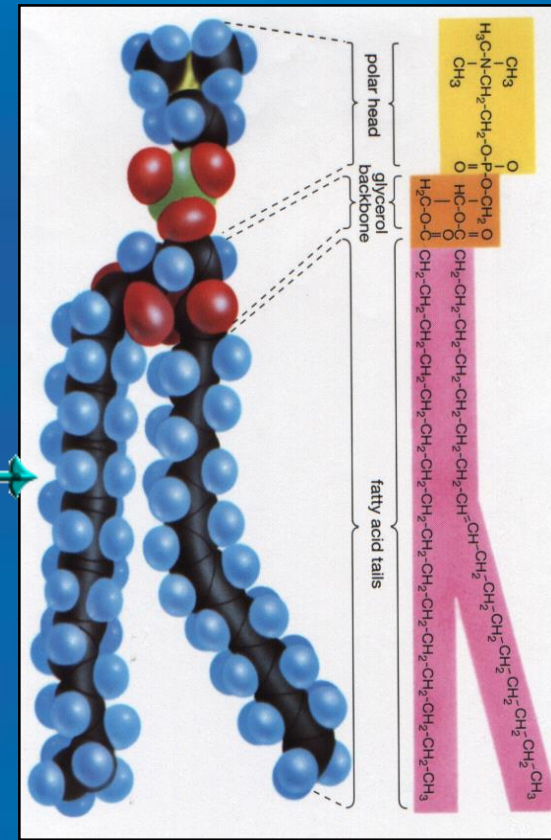
ХРОНОЛОГІЯ ВИВЧЕННЯ БІОЛОГІЧНИХ МЕМБРАН

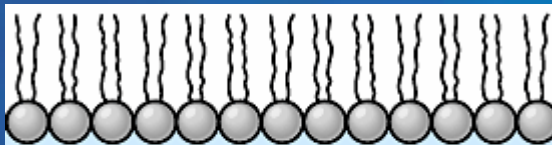
Термін **мембрани** як невидимої плівки, що оточує клітину, був вперше використаний, ботаніками фон Моєм і незалежно До. фон Негелі (1817-1891) в 1855 р.

Між 1895 і 1902 роками Е. Овертон (1865-1933) зміряв проникність клітинної мембрани для великого числа з'єднань і показав пряму залежність між здатністю цих з'єднань проникати через мембрани і їх розчинністю в ліпідах. Це було чіткою вказівкою на те, що саме **ліпіди** формують плівку, через яку проходять в клітину речовини з навколишнього розчину.



фосфоліпід





Моношар ліпідів



Гідрофільна група



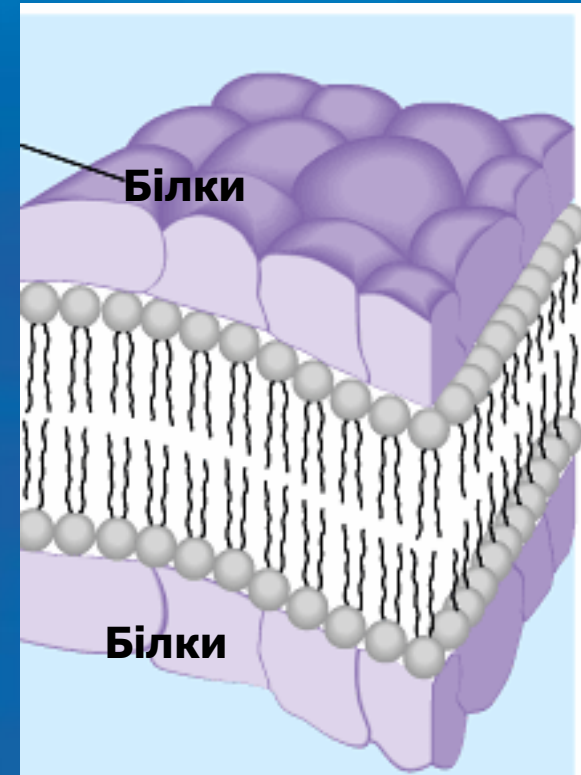
Гідрофобна група



Гідрофільна група

Бішар ліпідів

У 1902 році Ю. Бернштейн (1839-1917) запропонував для пояснення електричних властивостей живих клітин мембранну гіпотезу. У 1925 році Гorter і Грендел екстрагували ліпіди з еритроцитів і виміряли площу мономолекулярної плівки ліпідів, що утворилася. На основі результатів цих досліджень було зроблено припущення, що ліпіди в мембрані розташовуються у вигляді бімолекулярного шару. Це припущення підтвердили дослідження електричних параметрів біологічних мембран (Коул і Кертіс, 1935 р.): високий електричний опір, приблизно 10^7 Ом/м² і велика електроємність $0,5 \cdot 10^{-2}$ Ф/м².

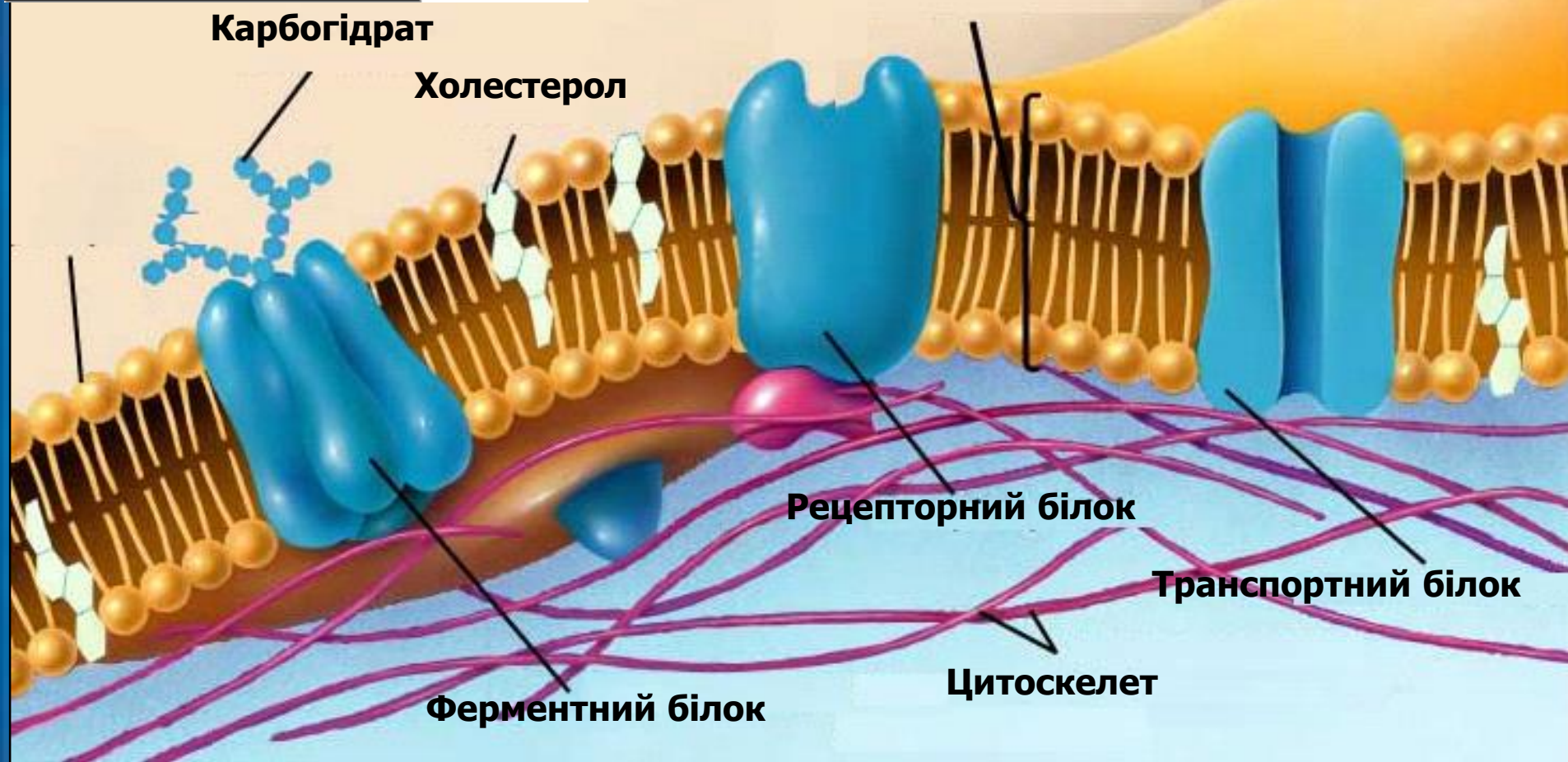
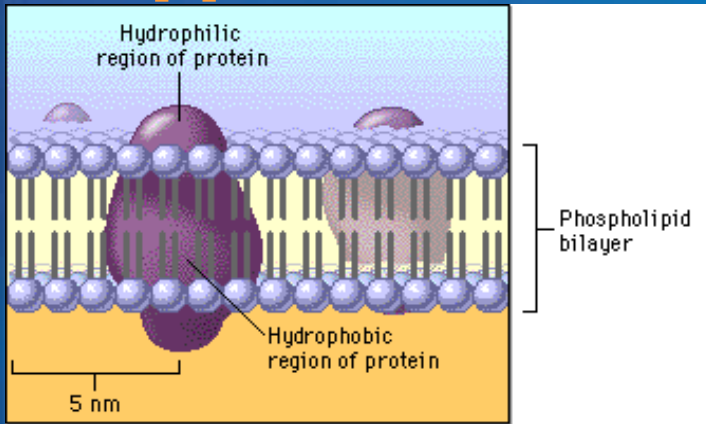


Бутербродна модель

Разом з тим були експериментальні дані, які свідчили про те, що біологічна мембрана містить в своєму складі і білкові молекули. Ці суперечності експериментальних результатів були усунені Данієллі і Давсоном, що запропонували в 1935 році так звану "бутербродну" модель будови біологічних мембран, яка з деякими неістотними змінами протрималася в мембранології на протязі майже 40 років. Згідно цієї моделі, обидві поверхні фосfolіпідного бішару в мембранах покриті суцільним шаром білків.

РІДИННО-МОЗАІЧНА МОДЕЛЬ МЕМБРАНИ

Сінгер і Нікольсон, 1972г.

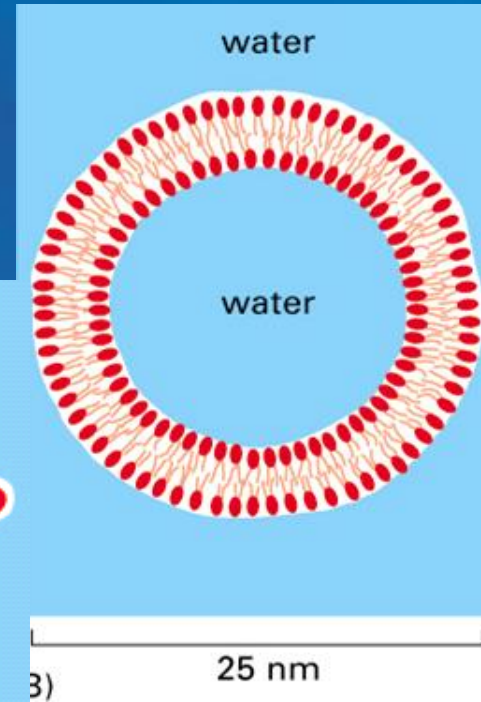
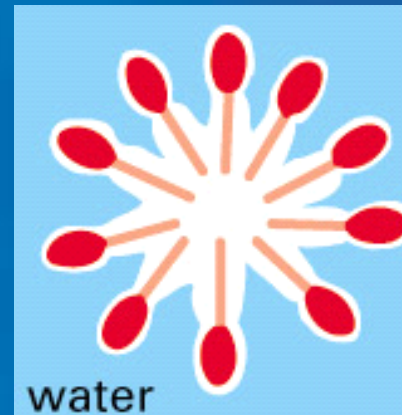


МОДЕЛЬНІ МЕМБРАНИ. ЛІПОСОМИ

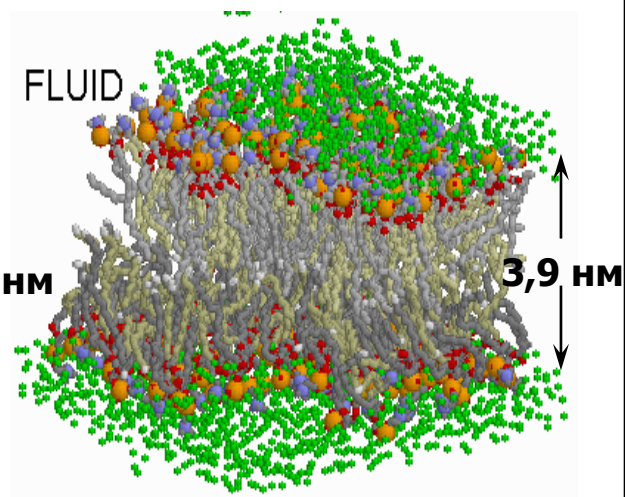
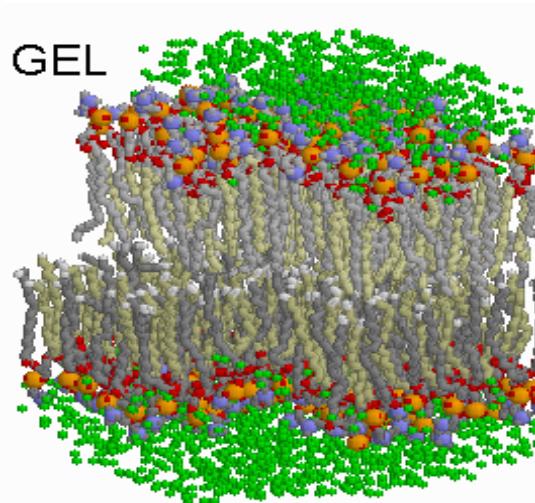
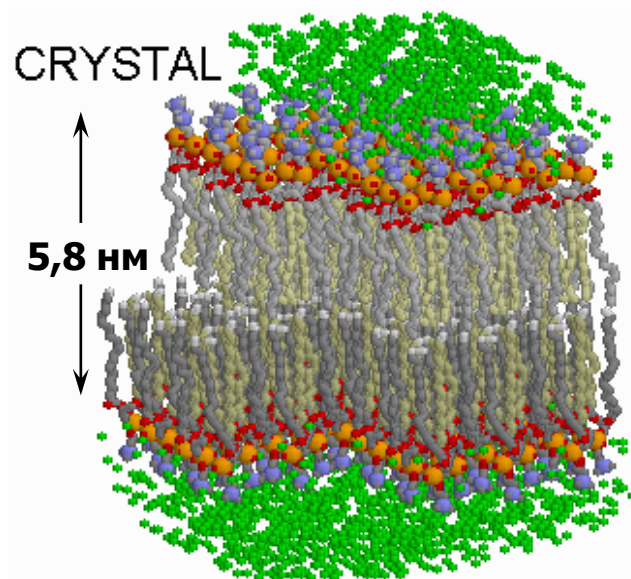
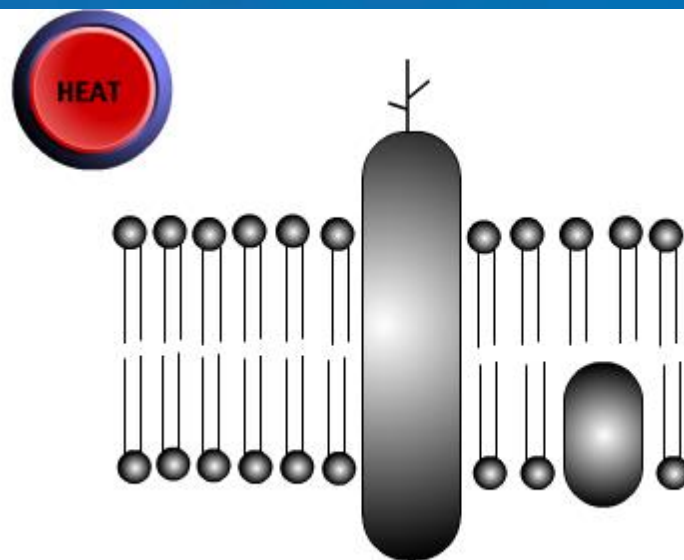
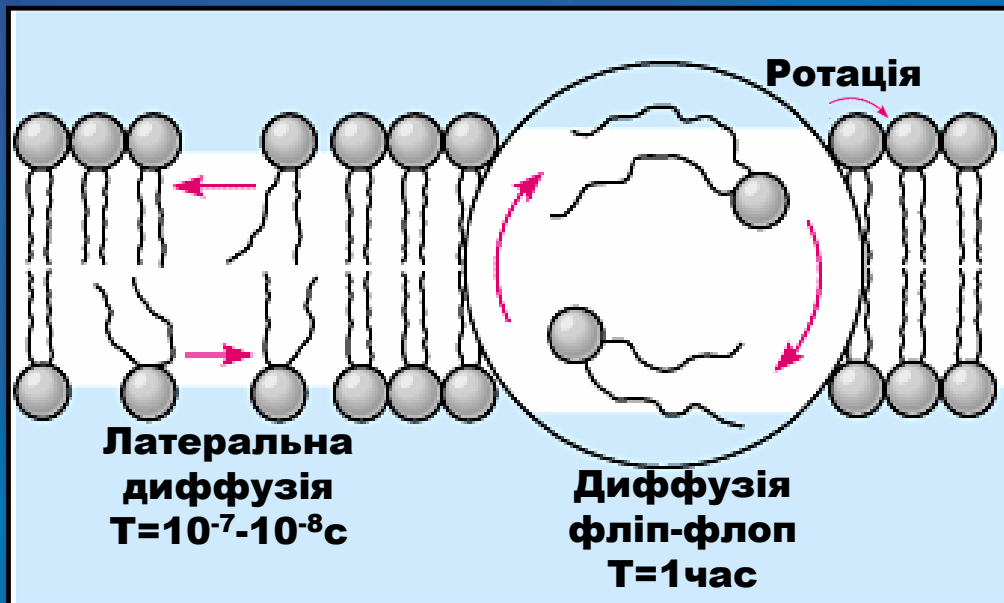
Вивчення фізичних властивостей ліпідного шару мембран здійснюється переважно на двох видах штучних мембранних структур, утворених синтетичними фосфоліпідами або ліпідами, виділеними з біологічних джерел: ліпосомах і бішарових ліпідних мембранах (БЛМ). Ліпосоми - це ліпідні везикули (бульбашки), що утворюються з фосфоліпідів у водних розчинах. Щоб отримати ліпосоми, спиртовий розчин фосфоліпідів уприскують у великий об'єм водного розчину. Фосфоліпіди, нерозчинні у воді, утворюють дрібні бульбашки, стінки яких складаються з одного ліпідного бішара (одношарові ліпосоми). Можна спочатку висушити розчин фосфоліпідів в органічному розчиннику (наприклад, хлороформі) в пробірці, додати в пробірку водний розчин і сильно потрясти пробірку. Ліпіди переходять у водний розчин, тепер уже у вигляді багатошарових ліпосом.

Суспензію ліпосом зазвичай використовують для вивчення фізичних властивостей ліпідного бішара, таких як в'язкість, поверхневий заряд або діелектрична проникність, а також для вивчення проникності для незаряджених молекул.

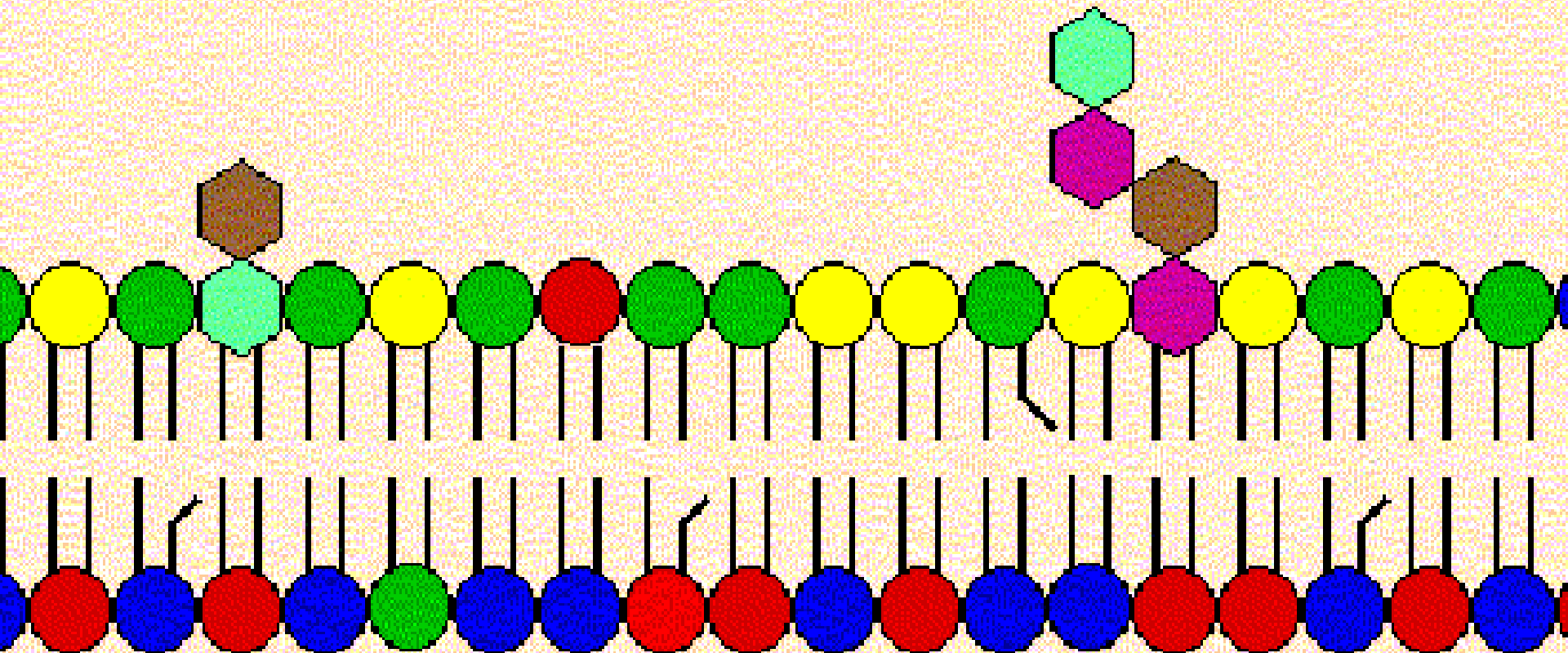
Самосборка фосфоліпідних везикул у водному розчині. У водному розчині головки виставляються назовні, а хвости ховаються всередину; виходять мембранні везикули.



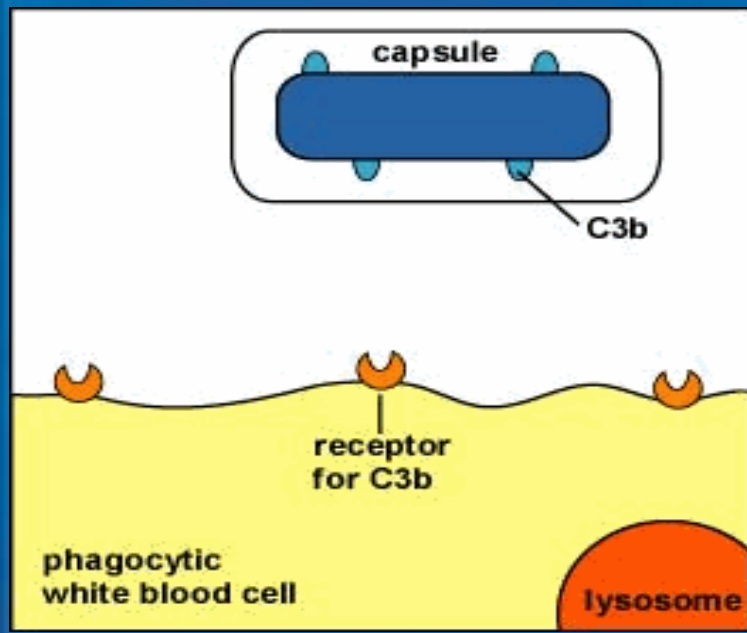
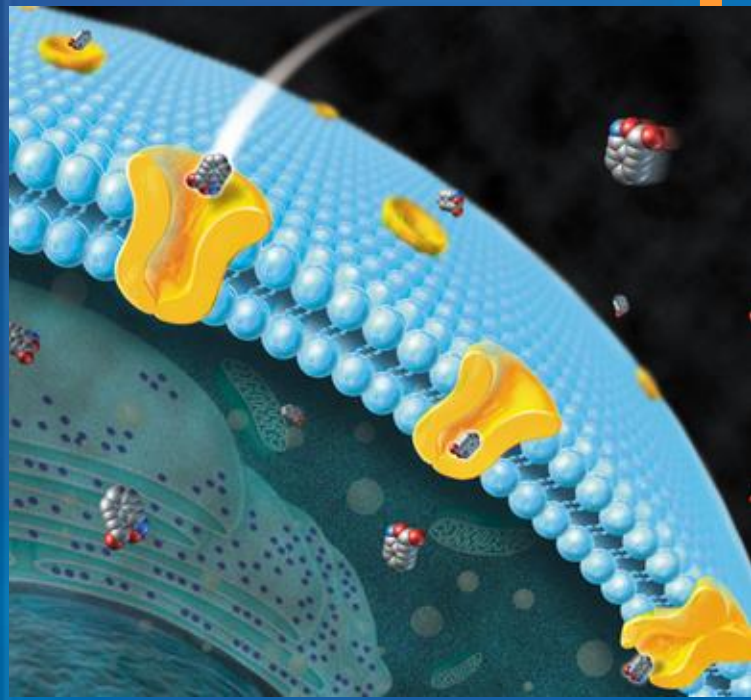
РУХОМІСТЬСТЬ ФОСФОЛІПІДНИХ МОЛЕКУЛ. ВПЛИВ ТЕМПЕРАТУРИ



ДИФУЗІЯ ФЛІП-ФЛОП



ФУНКЦІЇ БІОЛОГІЧНИХ МЕМБРАН

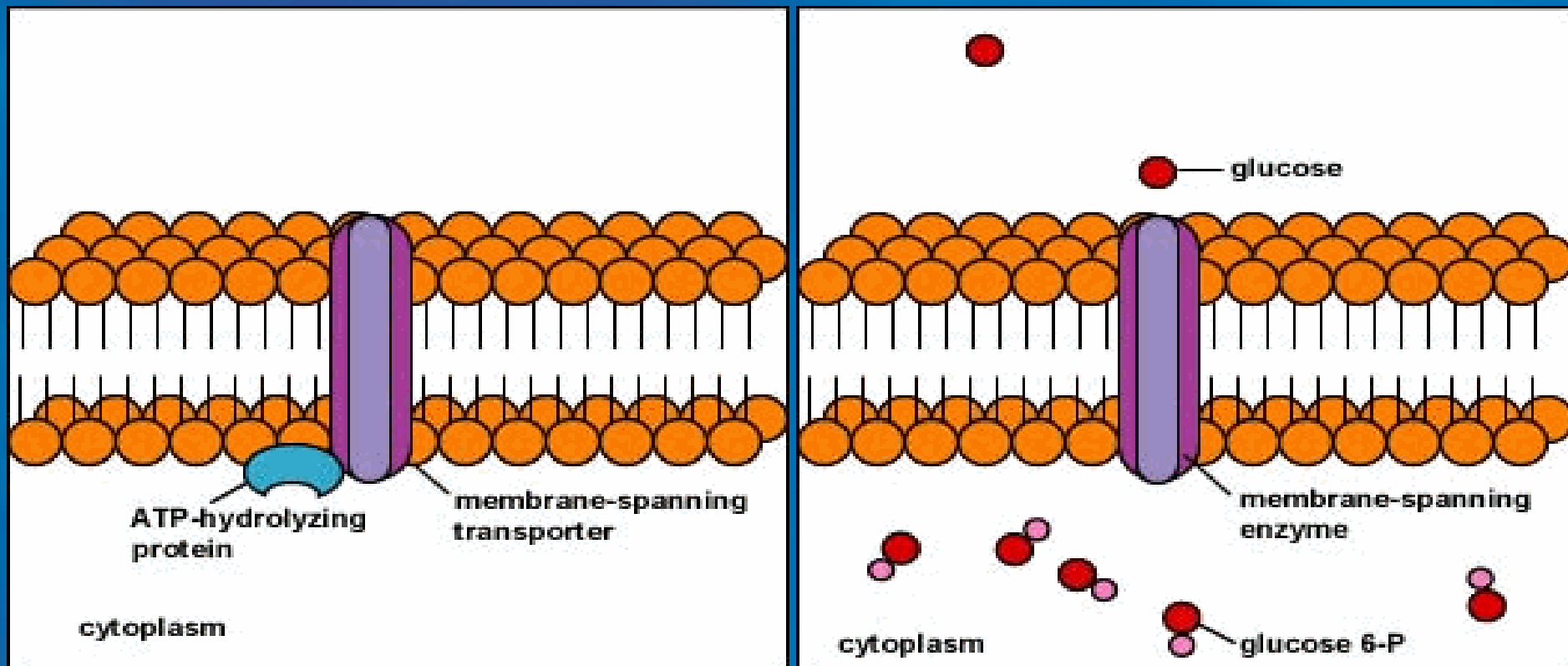


Біологічні мембрани, разом з цитоскелетом, формують структуру живої клітини (**структурна функція**). У всіх живих клітинах біологічні мембрани виконують функцію бар'єру, що відокремлює клітину від навколишнього середовища, і що розділяє внутрішній об'єм клітини на порівняно ізольовані (відсіки). Гнучка і еластична плівка, якою по суті є всі мембрани, виконує і певну **механічну функцію**, зберігаючи клітину неушкодженою при помірних механічних навантаженнях і порушеннях осмотичної рівноваги між клітиною і навколишнім середовищем. Загальна для всіх мембран функція - це функція "**монтажної плати**" або матриці, на якій розташовуються в певному порядку білки і білкові ансамблі, які створюють системи перенесення електронів, запасання енергії у формі АТФ, регуляції внутріклітинних процесів гормонами, що поступають ззовні і внутріклітинними медіаторами, розпізнавання інших клітин і чужорідних білків (**антигенна функція**), рецепції світла і механічних дій і т.д (**рецепторна функція**).

ФУНКЦІЇ БІОЛОГІЧНИХ МЕМБРАН

Але в цей ліпідний бішар вбудовані численні білкові молекули і молекулярні комплекси, одні з яких мають властивості селективних (тобто виборчих) каналів для іонів і молекул, а інші - насосів, здатних активно перекачувати іони через мембрану (**транспортна функція**). Бар'єрні властивості мембран і робота мембранних насосів створюють нерівномірний розподіл іонів між клітиною і позаклітинним середовищем, що лежить в основі процесів внутріклітинної регуляції і передачі сигналів у формі електричного імпульсу між клітинами (**електрогенна функція**).

Функція адгезії дає можливість утворення багатоклітинних структур (тканини, органи і так далі), за рахунок зчеплення клітин.



ПРОНИКНІСТЬ БІЛІПІДНОГО ШАРА

Загальні для всіх мембран функції бар'єру для іонів і молекул і матриці для білкових ансамблів забезпечуються головним чином **ліпідним бішаром**, який влаштований в принципі однаково у всіх мембранах.

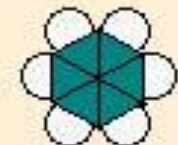
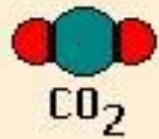
НЕВЕЛИКІ
МОЛЕКУЛИ

ВЕЛИКІ МОЛЕКУЛИ

ІОНИ

ГАЗИ

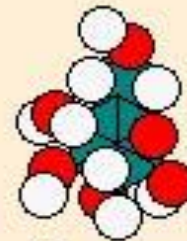
ГІДРОФОБНІ
МОЛЕКУЛИ



Benzene



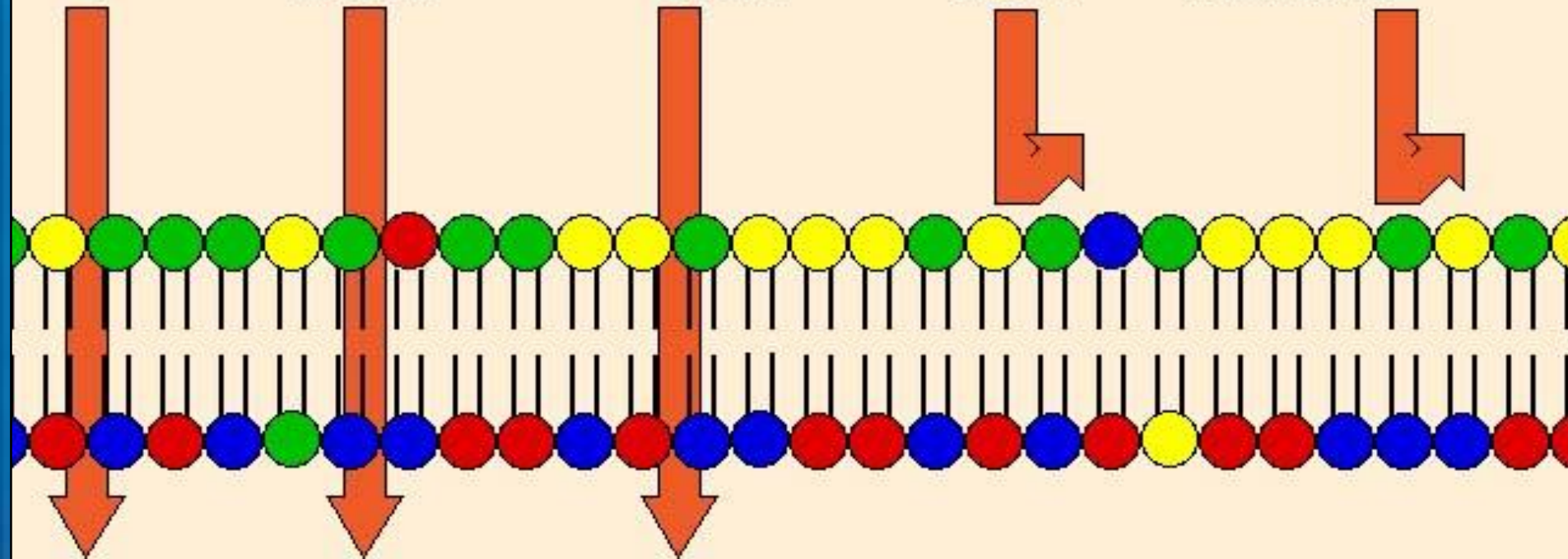
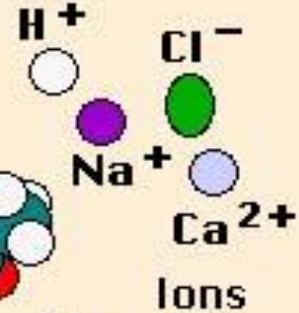
Ethanol



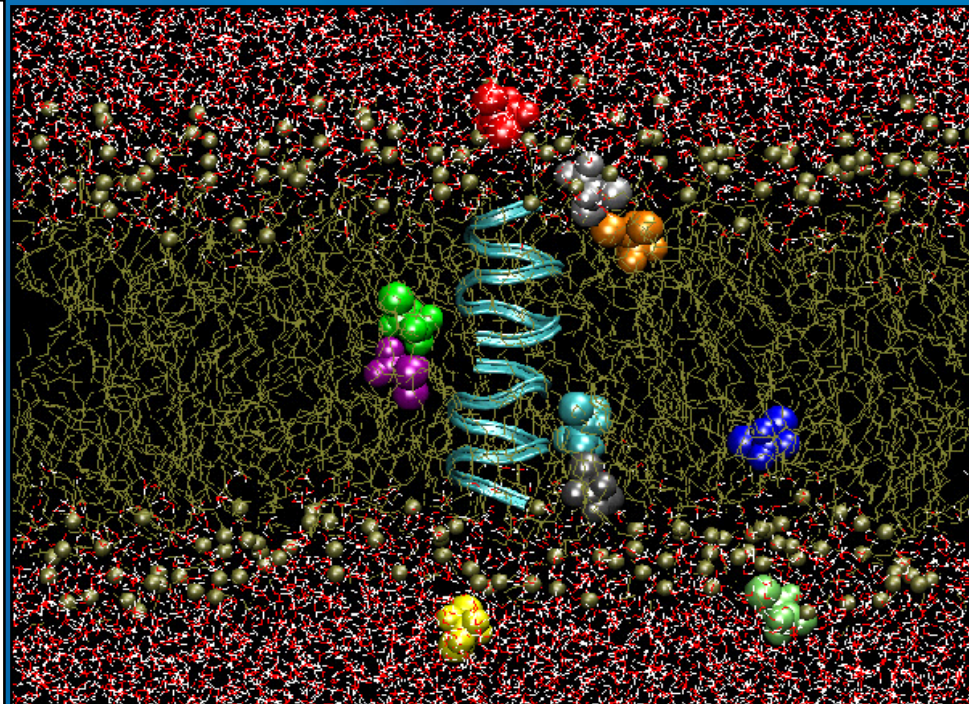
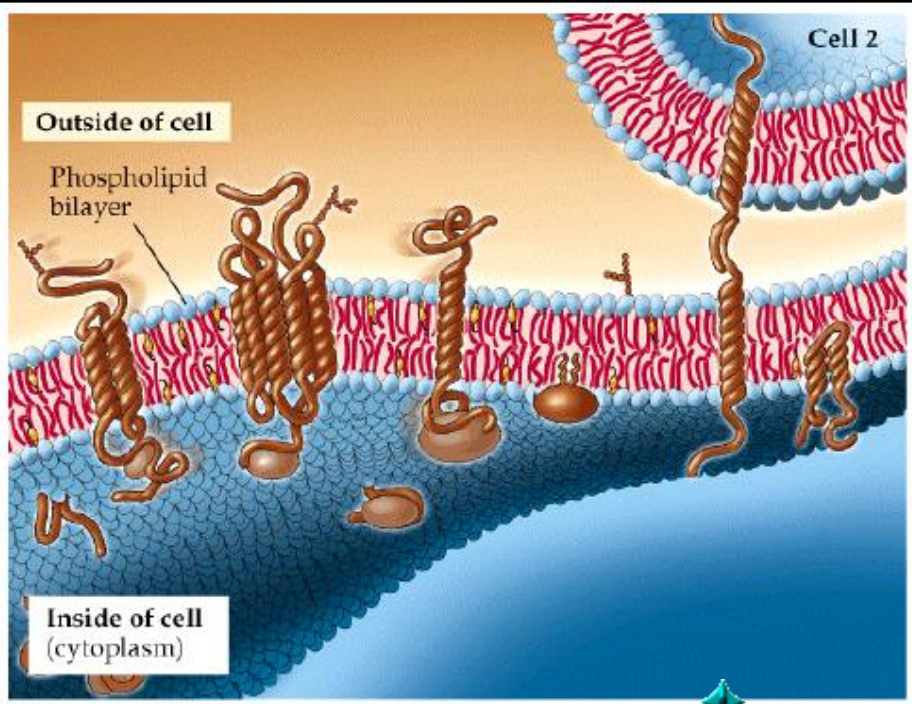
Glucose



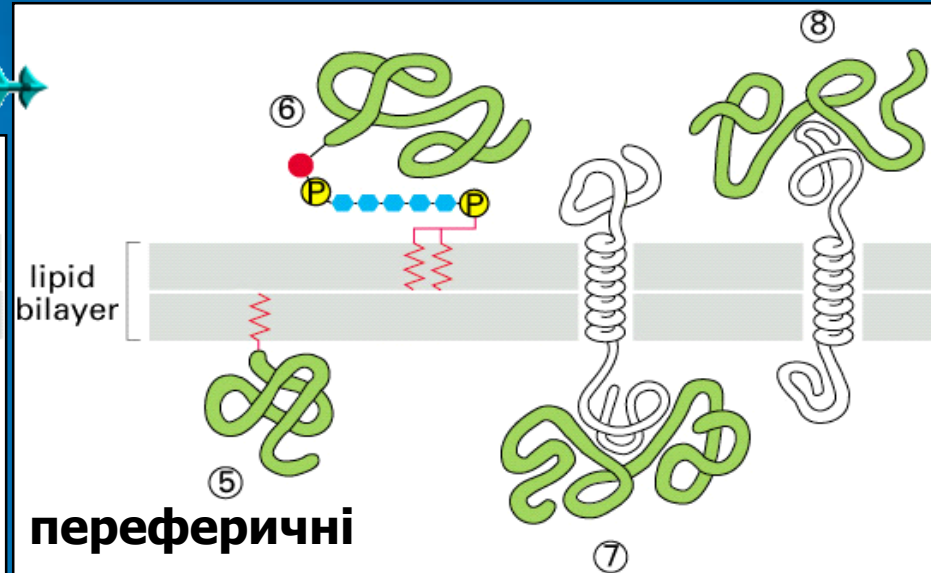
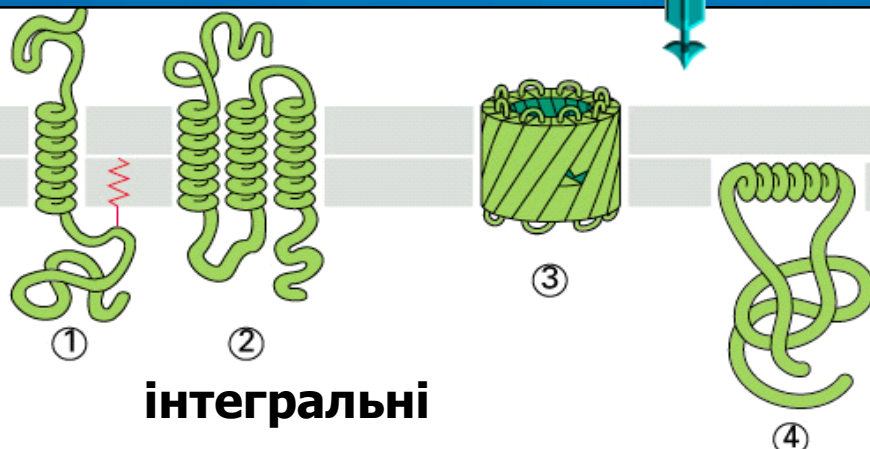
Amino acids



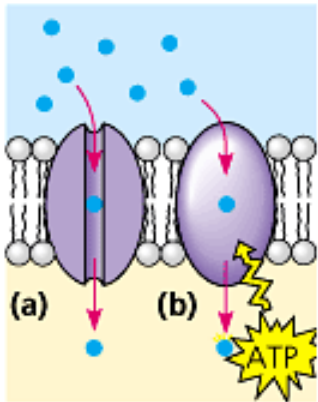
МЕМБРАННІ БІЛКИ



типи білків

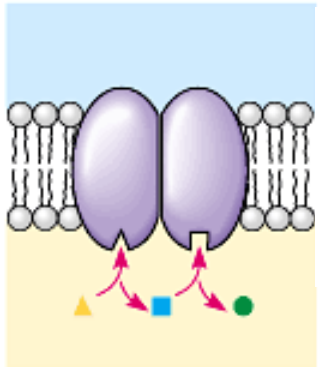


ФУНКЦІЇ МЕМБРАННИХ БІЛКІВ



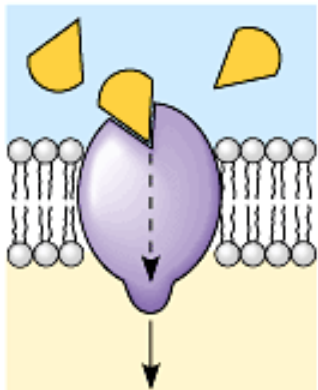
ТРАНСПОРТНА ФУНКЦІЯ

а) пасивний
транспорт;
б) активний
транспорт



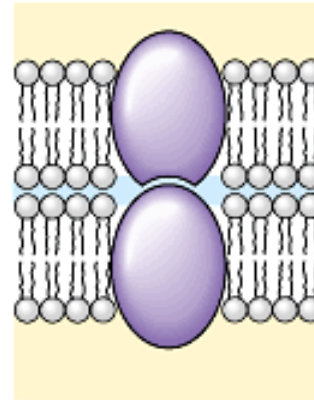
ФЕРМЕНТАТИВНА ФУНКЦІЯ

забезпечення
біохімічних реакцій



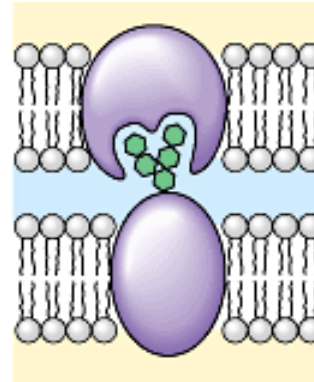
СИГНАЛЬНА ФУНКЦІЯ

обмін інформацією
між клітинами



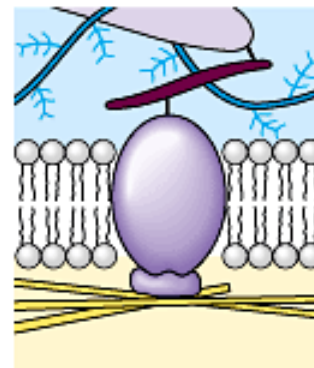
ФУНКЦІЯ АДГЕЗІЇ

утворення
багатоклітинних
організмів



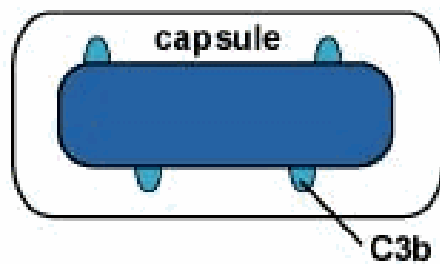
АНТИГЕННА ФУНКЦІЯ

ідентифікація клітин
для забезпечення
імунітета

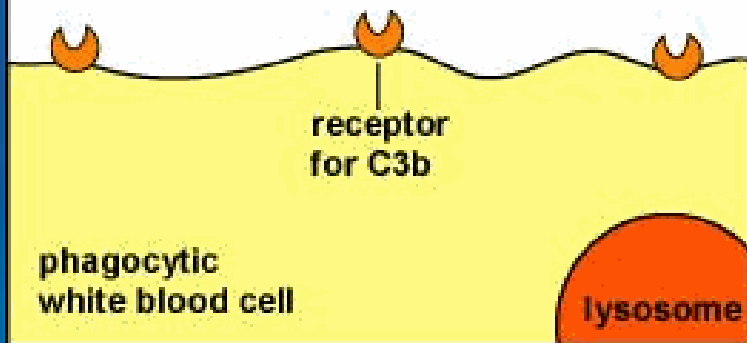


СТРУКТУРНО- МЕХАНІЧНА ФУНКЦІЯ

з'єднання
цитоскелета з
позаклітинним
матриксом



АНТИГЕННА І СИГНАЛЬНА ФУНКЦІЇ

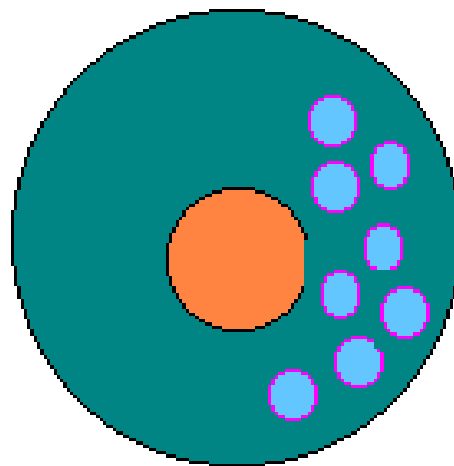


АНТИГЕННА ФУНКЦІЯ

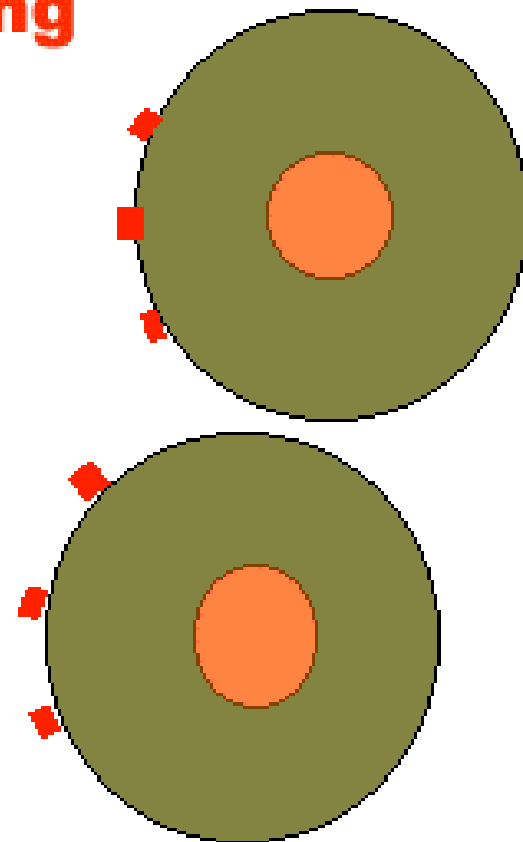
СИГНАЛЬНА ФУНКЦІЯ



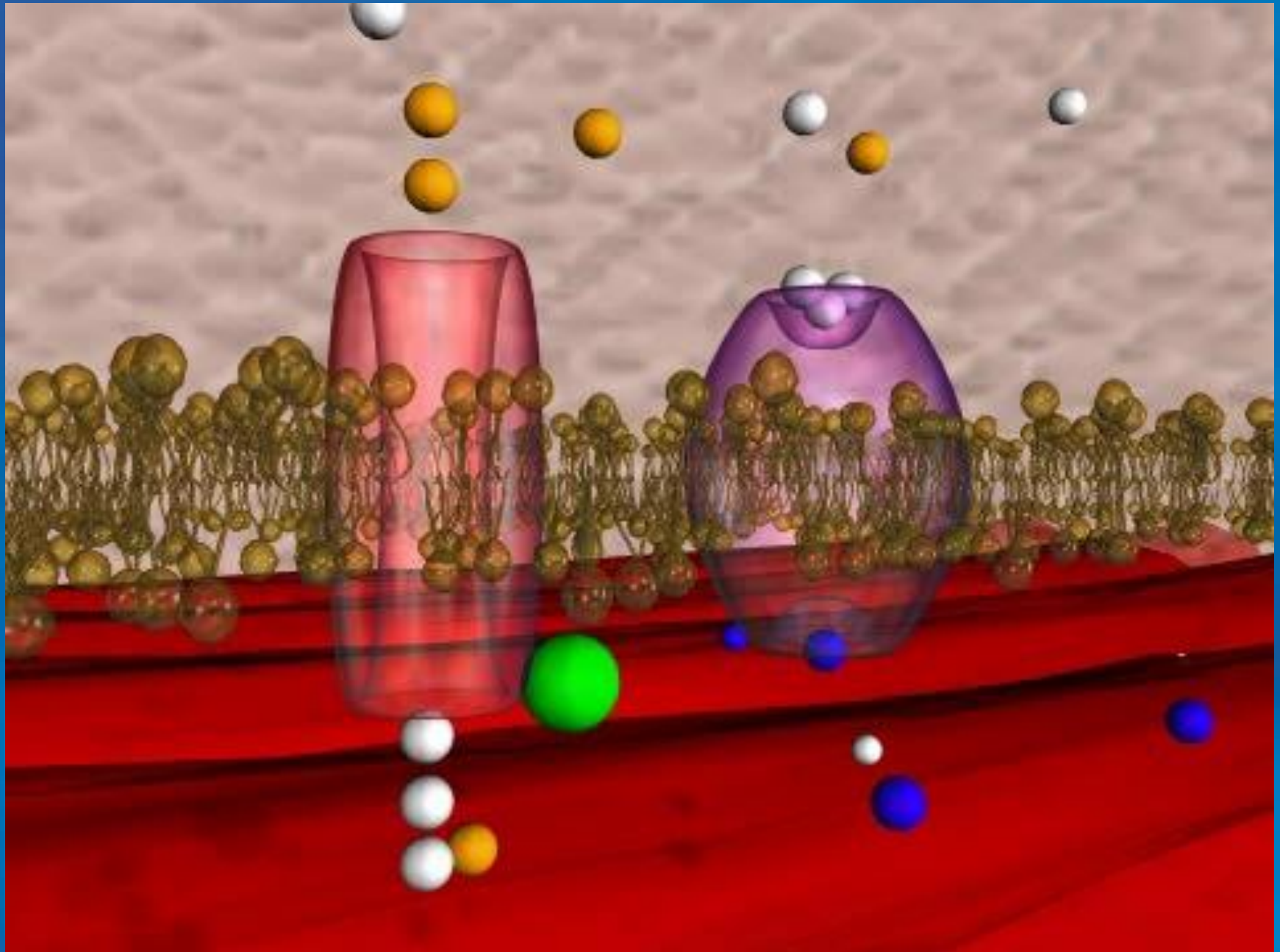
Cell Signaling



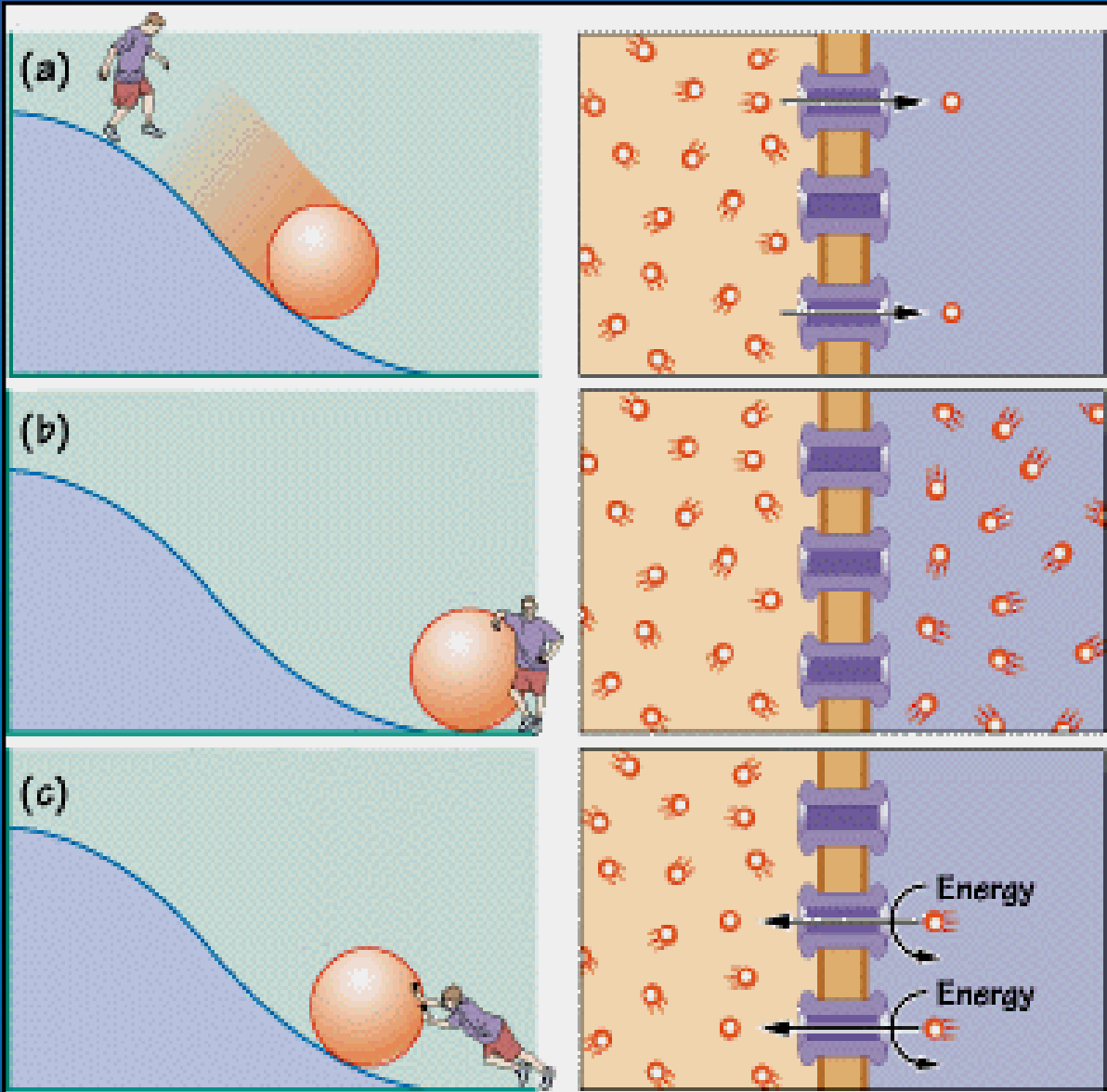
camelet@lmc



ТРАНСПОРТНА ФУНКЦІЯ



ТРАНСПОРТНА ФУНКЦІЯ МЕМБРАН



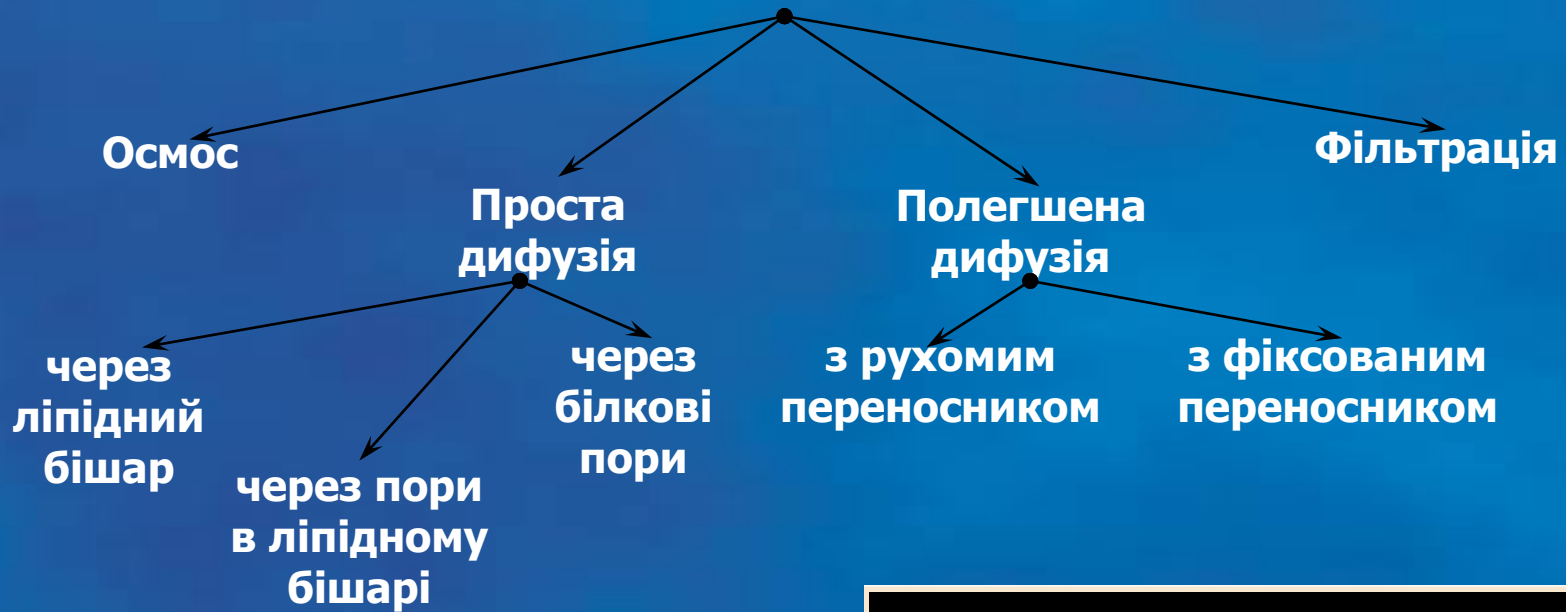
ПАСИВНИЙ ТРАНСПОРТ

Відбувається за наявності різних градієнтів (концентрації, електричного потенціалу, тиску). Приводить до зникнення градієнтів

АКТИВНИЙ ТРАНСПОРТ

Відбувається за рахунок енергії метаболічних процесів. Приводить до збільшення градієнтів

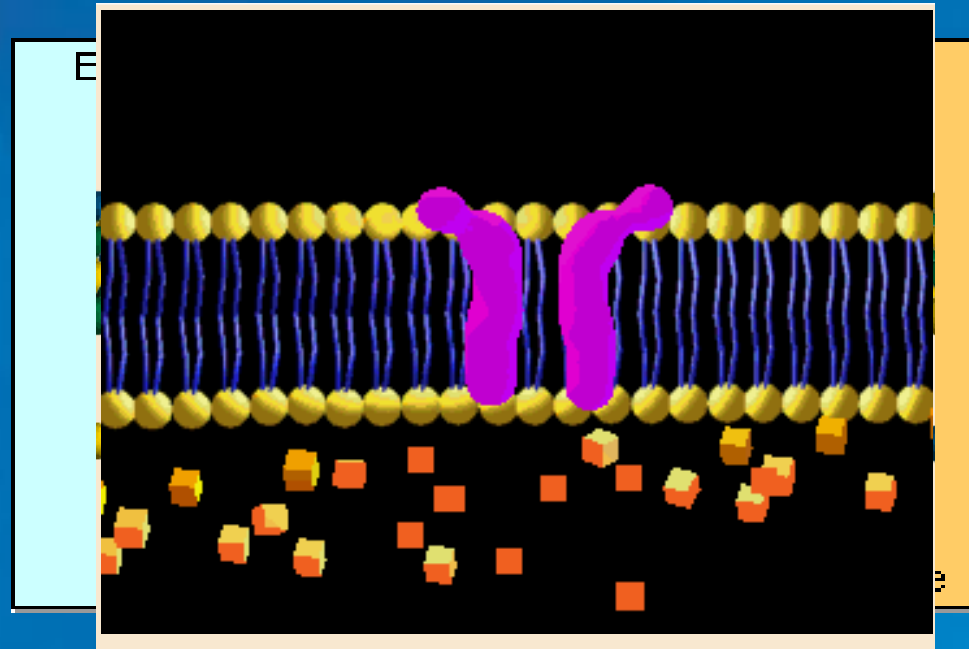
ПАСИВНИЙ ТРАНСПОРТ РЕЧОВИН



ДИФУЗІЯ – перенесення речовини з області де більша концентрація в область з меншою концентрацією.

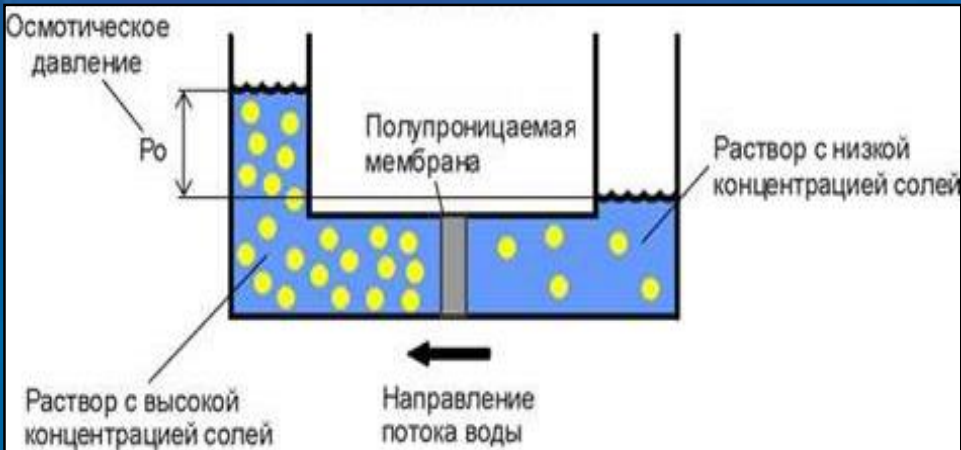
Рівняння Фіка:

$$\frac{dm}{dt} = -D \frac{dc}{dx} S$$

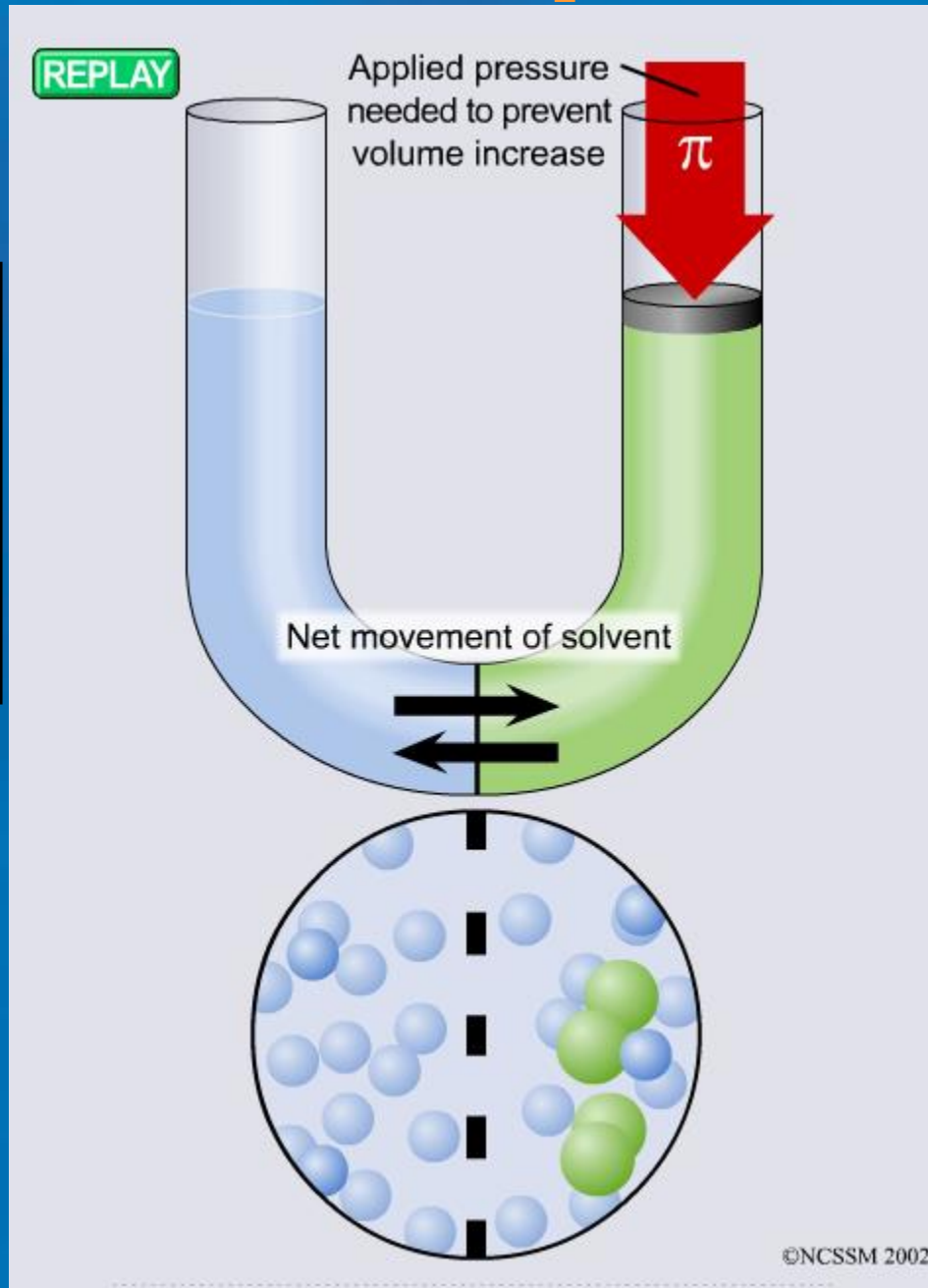
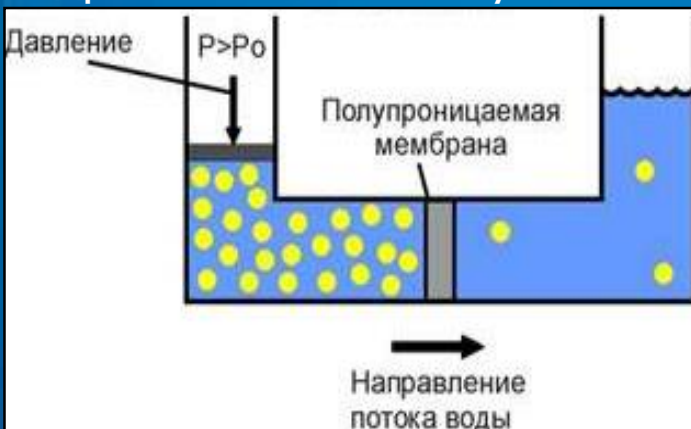


ОСМОС І ФІЛЬТРАЦІЯ

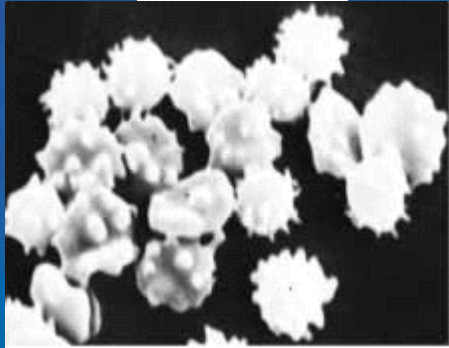
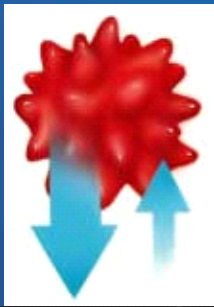
ОСМОС – перенесення розчинника з області з меншою концентрацією розчиненої речовини в область з більшою концентрацією розчиненої речовини за рахунок осмотичного тиску.



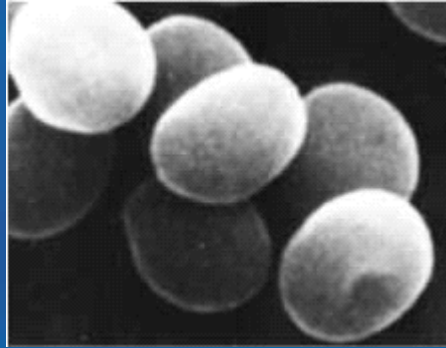
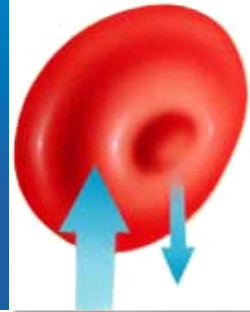
ФІЛЬТРАЦІЯ (ЗВОРОТНИЙ ОСМОС) – перенесення розчинника за рахунок гідростатичного тиску.



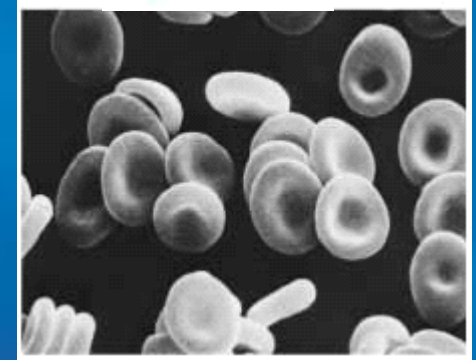
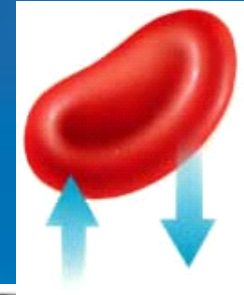
ПРОЯВ ОСМОСУ В ЕРИТРОЦИТАХ



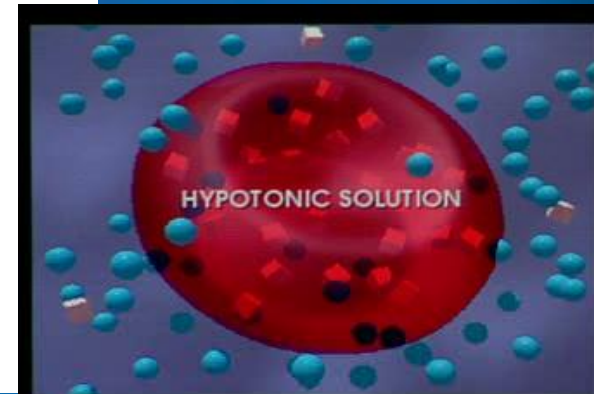
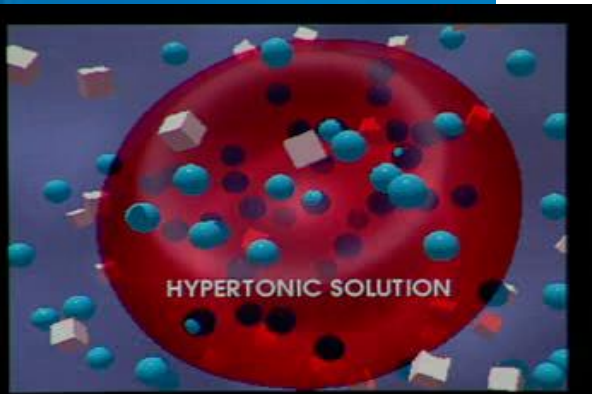
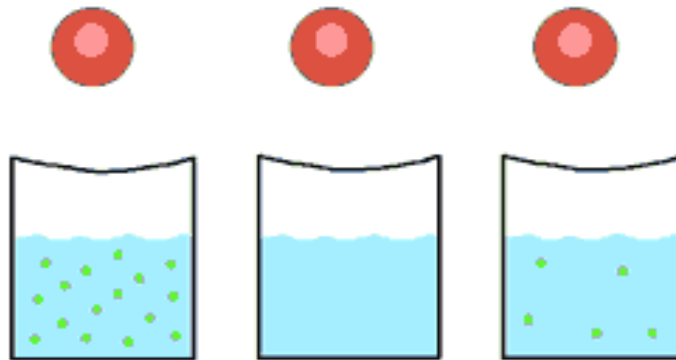
гіпертонічний розчин



гіпотонічний розчин



ізотонічний розчин



АКТИВНИЙ ТРАНСПОРТ РЕЧОВИН

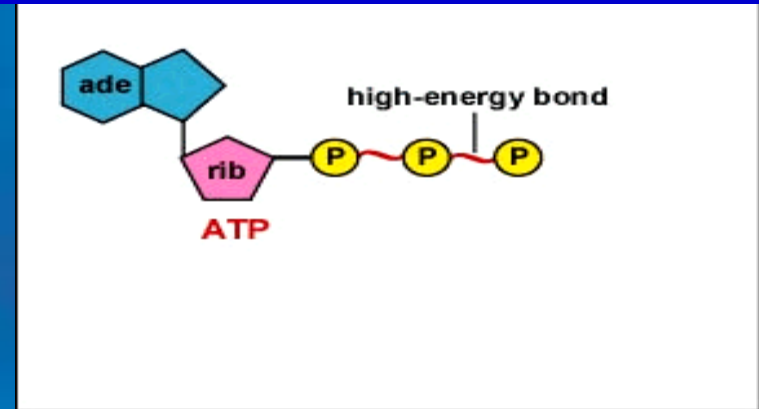
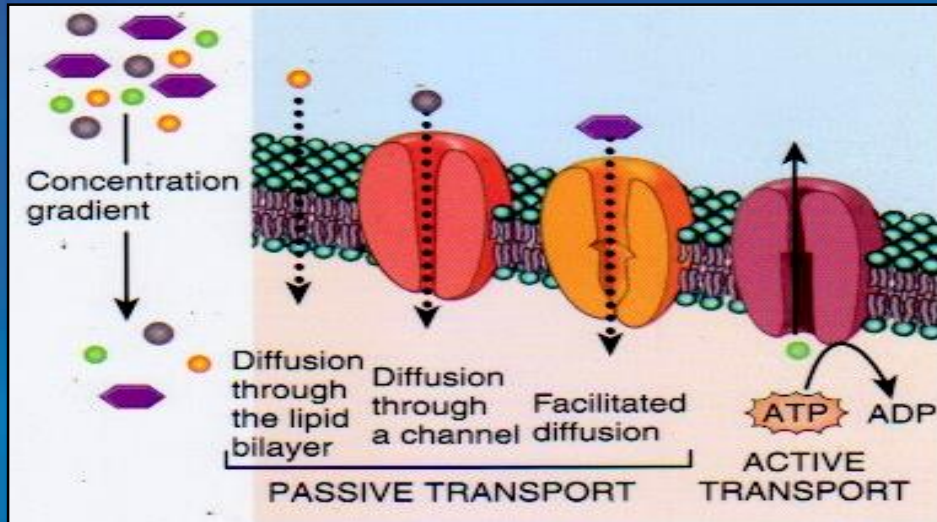
Електрогенні
іонні насоси

Вторинний
транспорт іонів

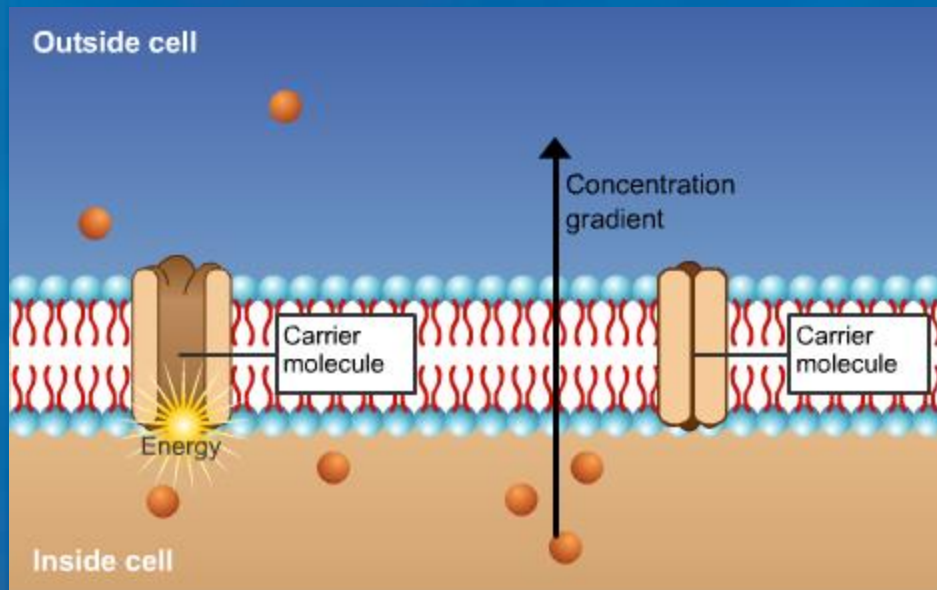
Ендоцитоз

Екзоцитоз

АКТИВНИЙ ТРАНСПОРТ – не може йти мимоволі, а тільки в сполученні з процесом гідролізу аденозинтрифосфорної кислоти (АТФ), тобто за рахунок витрати енергії макроергічних зв'язків АТФ.



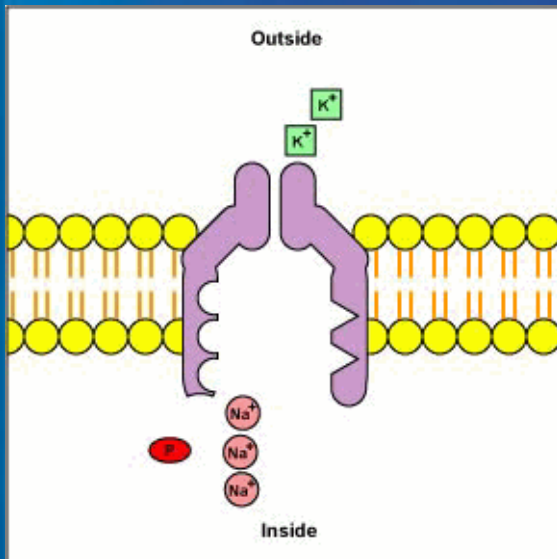
За рахунок активного транспорту в клітині створюються градієнти концентрації, електричних потенціалів, тиску і так далі, які підтримують життєві процеси, тобто з погляду термодинаміки активне перенесення підтримує клітину в нерівноважному стані, тобто забезпечує її функціонування, а значить і функціонування всього організму.



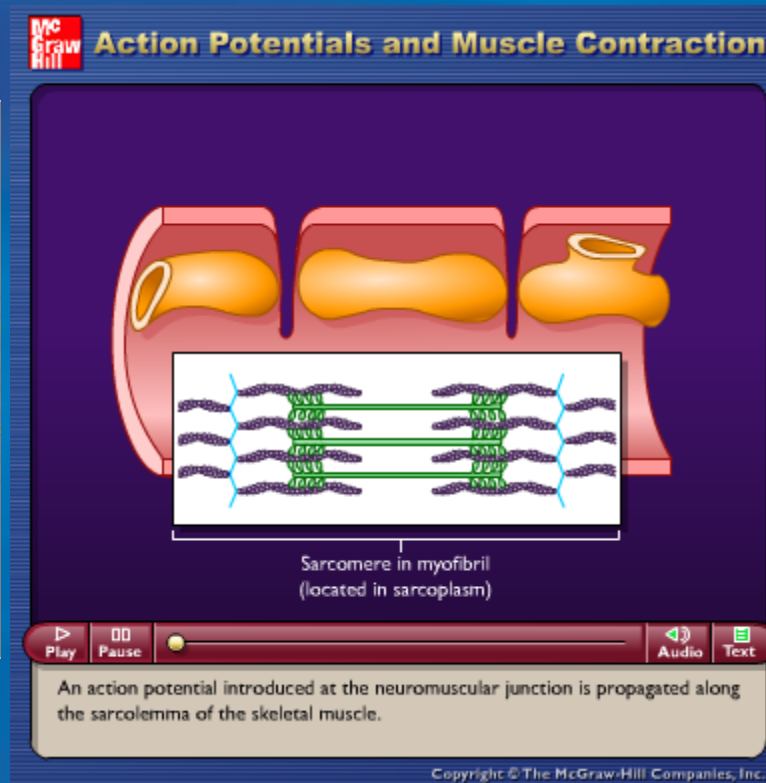
ЕЛЕКТРОГЕННІ ІОННІ НАСОСИ

працюють за рахунок вільної енергії гідроліза АТФ

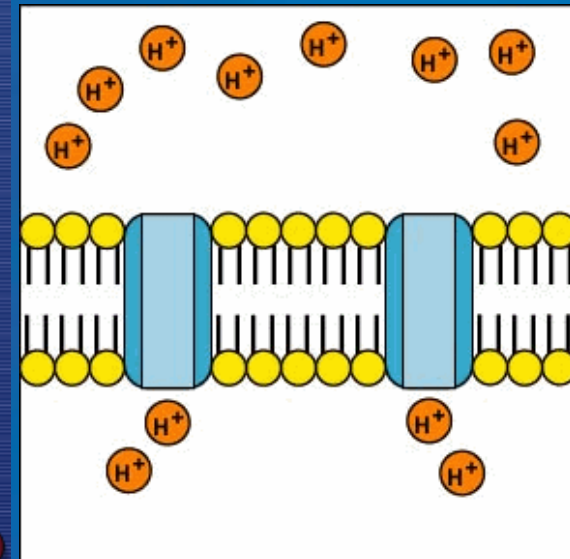
K^+-Na^+ насос



Ca^{2+} насос

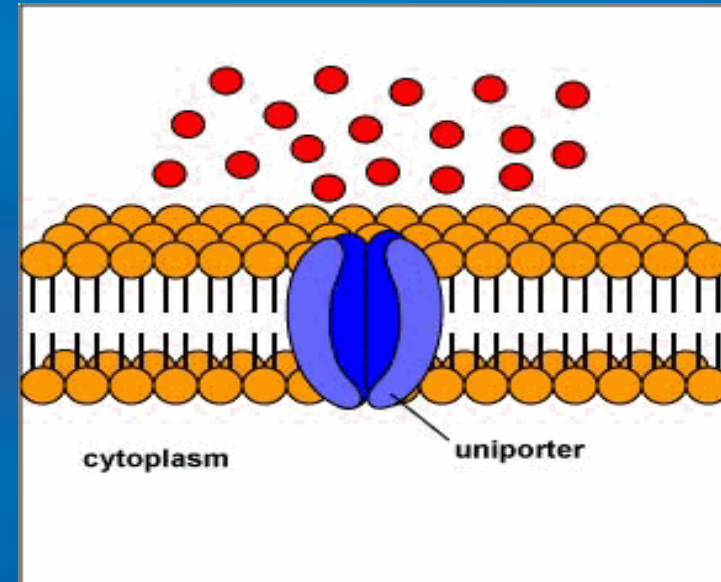
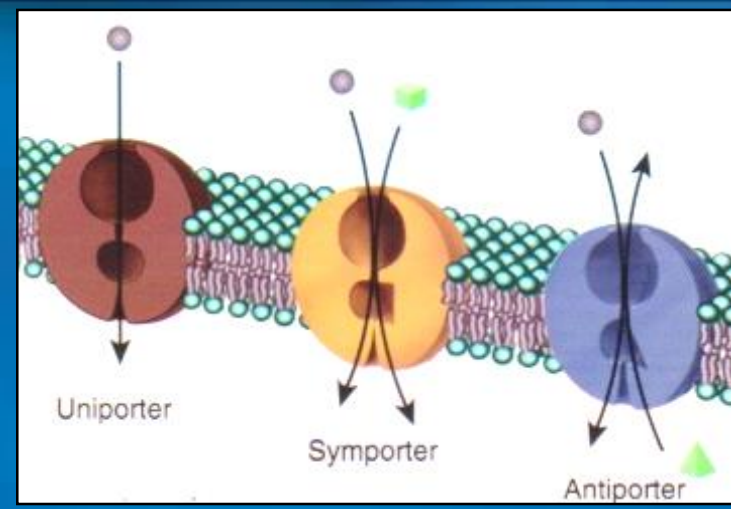
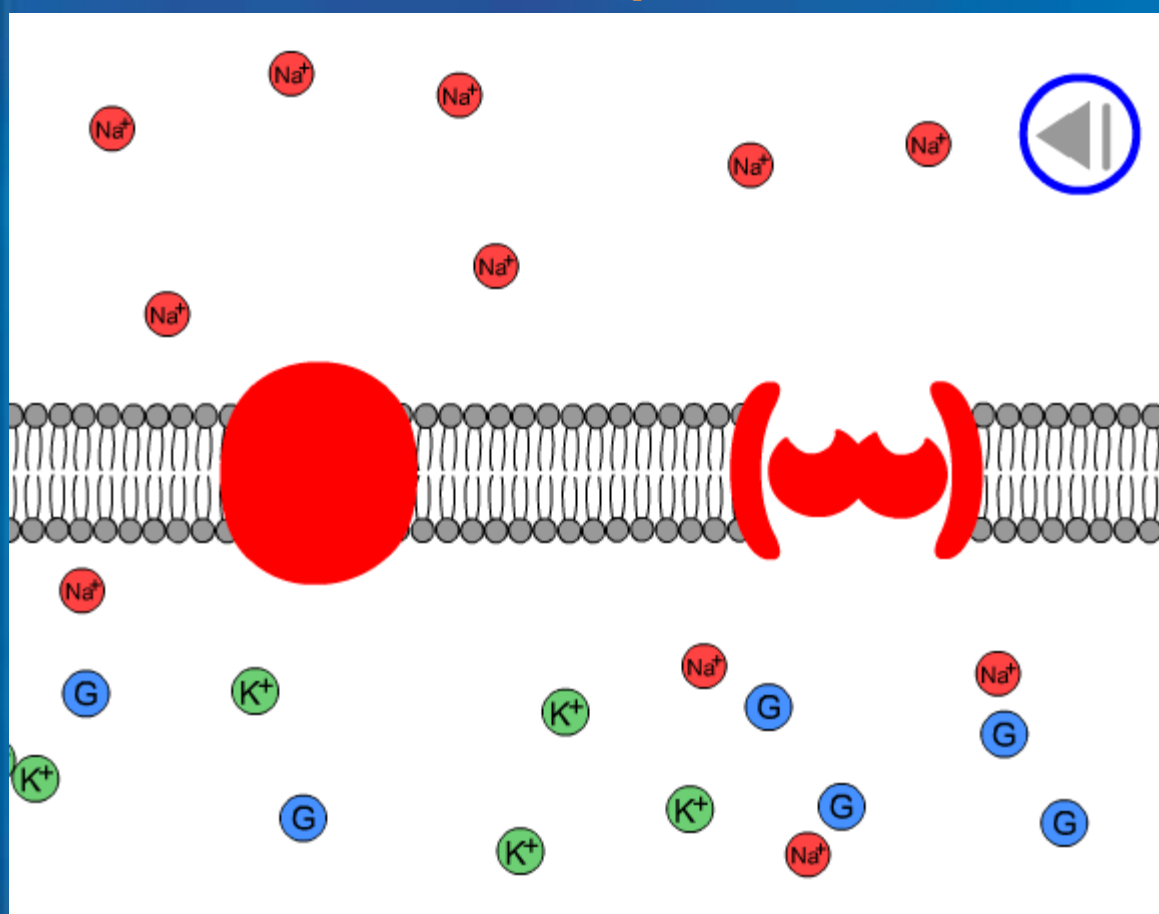


H^+ або протонний
насос



ВТОРИННО АКТИВНИЙ ТРАНСПОРТ
або ЗВ'ЯЗАНИЙ - джерелом енергії слугує
 не безпосередньо АТФ або енергія окислю-
 вально-відновних реакцій, а градієнт концен-
 трації інших речовин

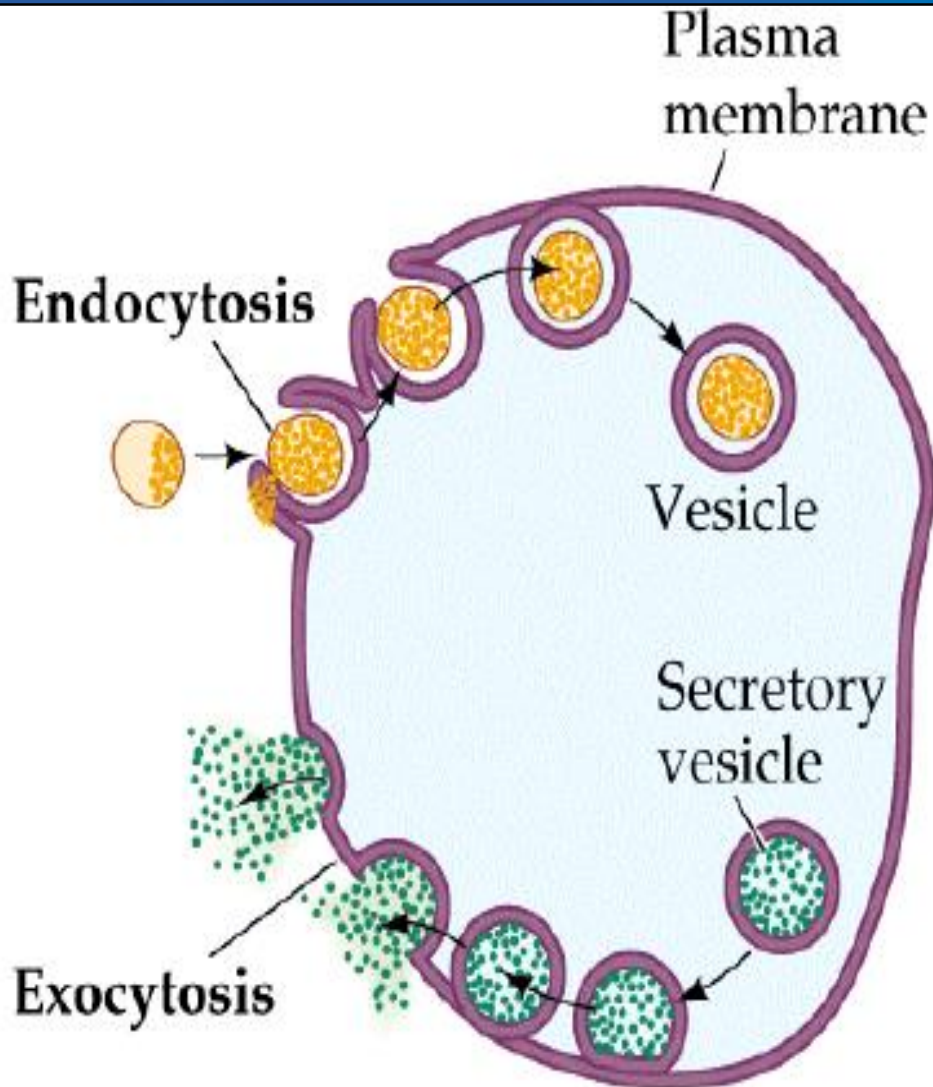
уніпорт симпорт антипорт



Антипорт - транспорт одного
 виду іонів по градієнту
 концентрації, а другого
 протилежно зарядженого
 градієнту електричного
 потенціалу, створеного
 транспортом першого

ЕНДО- І ЕКЗОЦИТОЗ

перенесення крупних частинок через мембрану всередину клітини (ендоцитоз) і назовні (екзоцитоз)



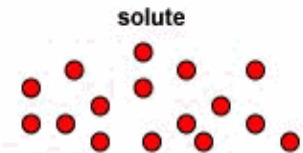
ВИДИ ЕНДОЦИТОЗА

ФАГОЦИТОЗ-
тверда фаза

lysosome

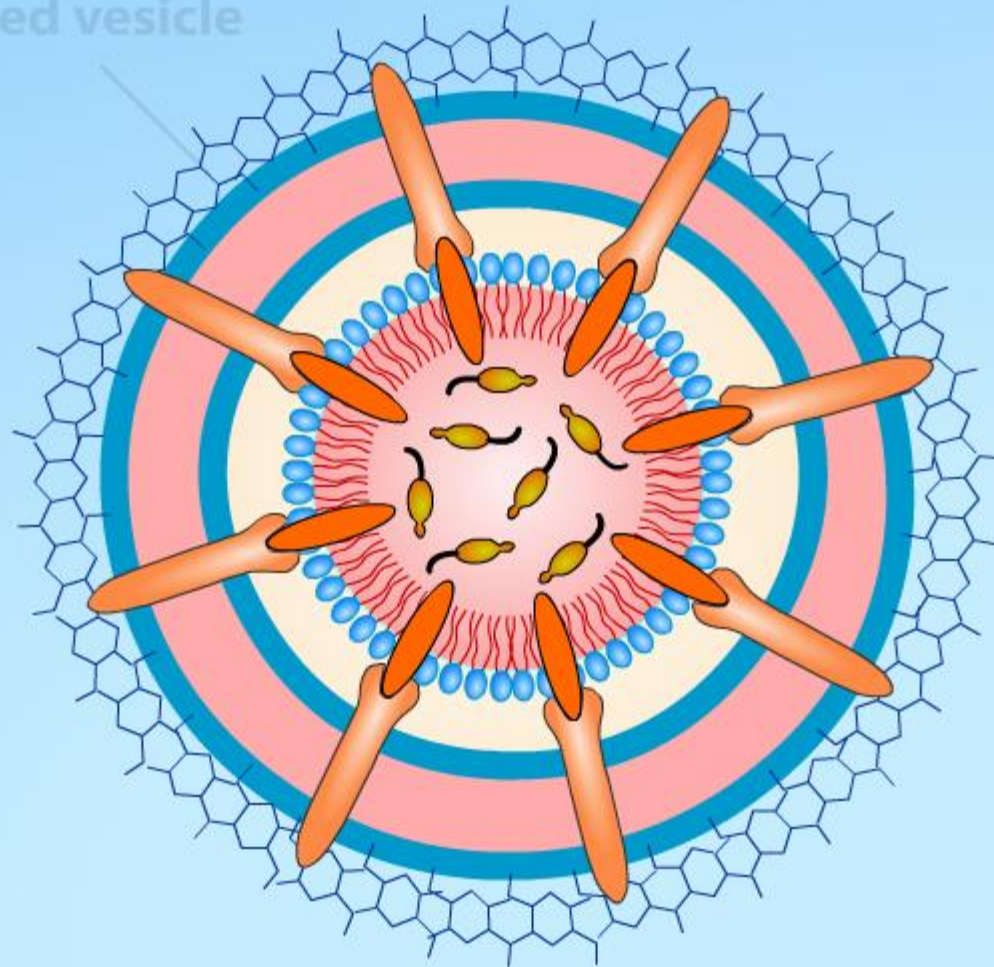


ПІНОЦИТОЗ-
рідка фаза



ЕНДОЦИТОЗ

coated vesicle



< STEP

REWIND

PLAY

PAUSE

STEP >

АДГЕЗІЯ КЛІТИН

забезпечує з'єднання клітин між собою, клітин до матриксу

