



Електричні властивості біоб'єктів. Реографія.

ЕЛЕКТРИЧНИЙ СТРУМ

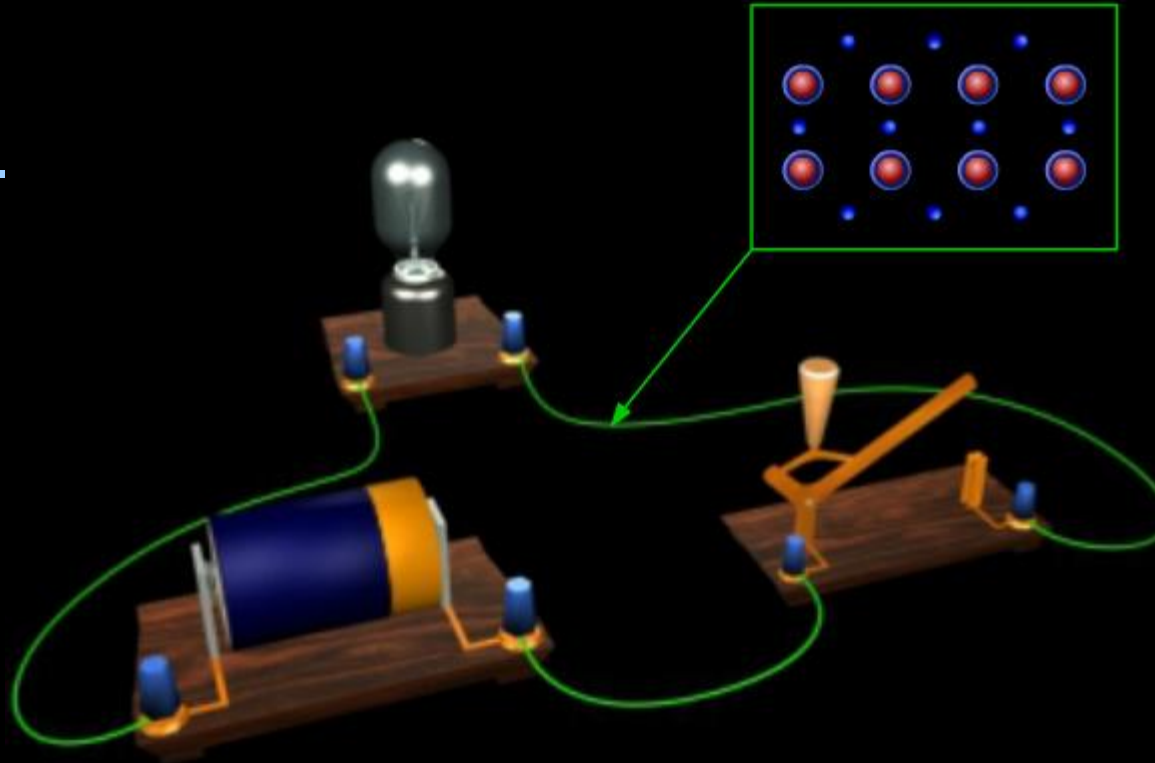
ТИПИ ПРОВІДНОСТІ

Електричним струмом називається впорядкований рух заряджених частинок. Сила струму характеризується кількістю заряду, що пройшла за одиницю часу через поперечний переріз провідника.

$$I=q/t$$

Залежно від роду провідника ці заряджені частинки різні, що визначає тип провідності:

1. Електронна провідність— спосіб провідності, властивий у більшій ступені металам і деяким з'єднанням. Для нього характерна наявність вільних заряджених частинок — електронів, за допомогою яких при певному чиннику — наявності електричного поля, — виникає електричний струм

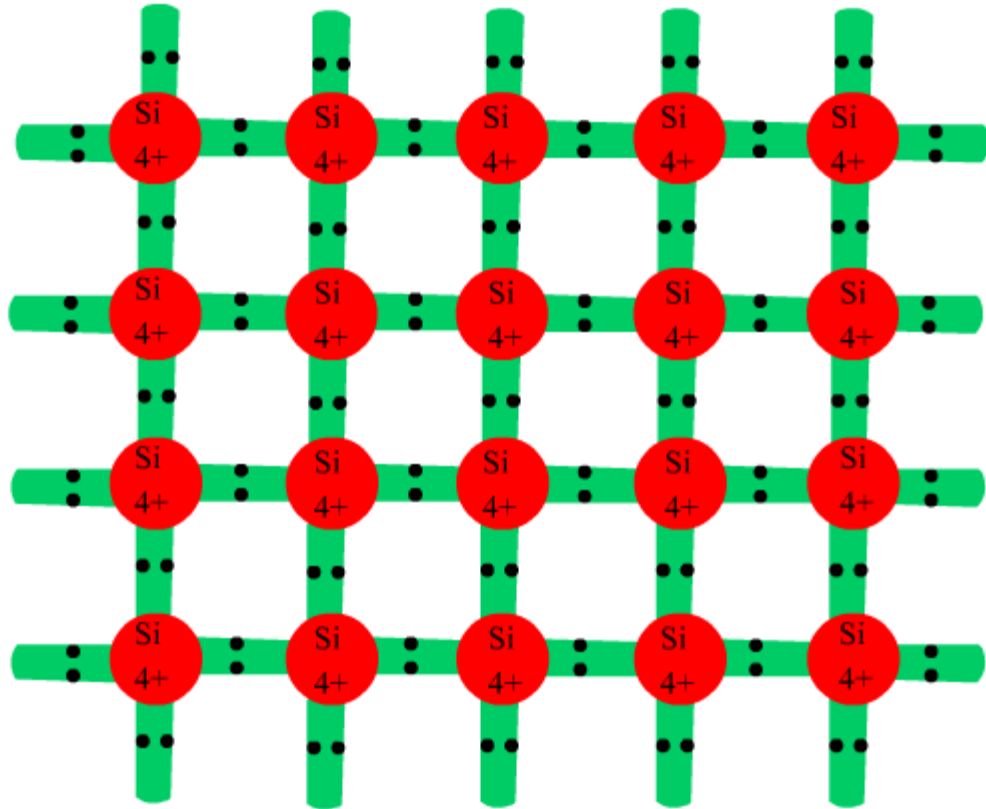


ТИПИ ПРОВІДНОСТІ

2. ЕЛЕКТРОННО-ДІРКОВА ПРОВІДНІСТЬ

Для надання певного типу провідності в напівпровідник вводять невелику кількість речовини, після чого в ньому є або надлишок електронів, або їх недолік. У першому випадку електрони стають переносниками заряду, в другому цю роль грають валентні місця — дірки.

Neutral Silicon



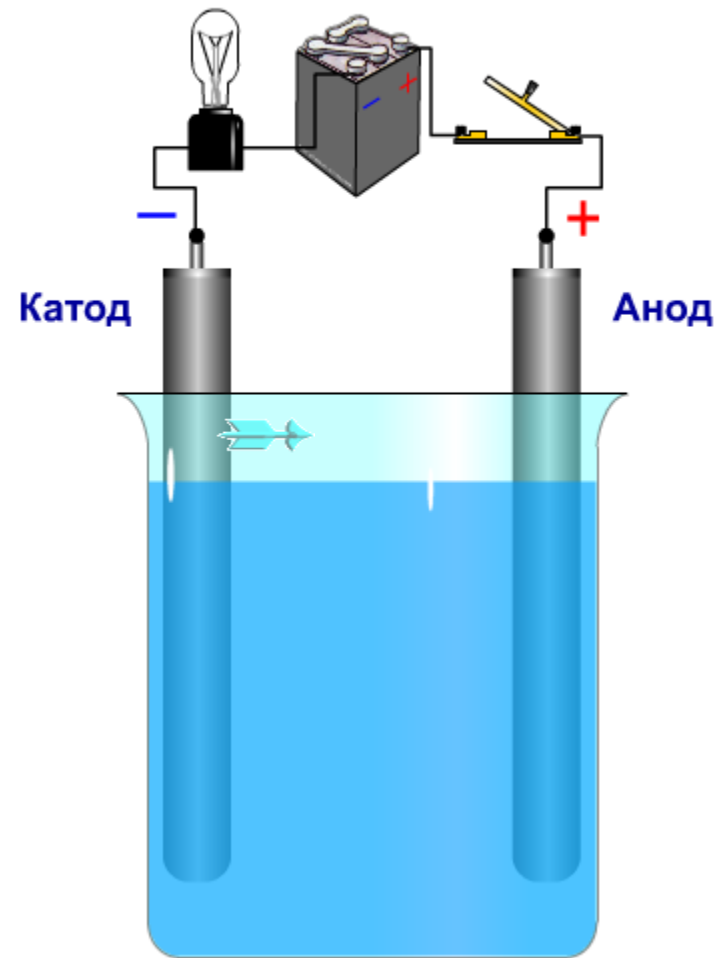
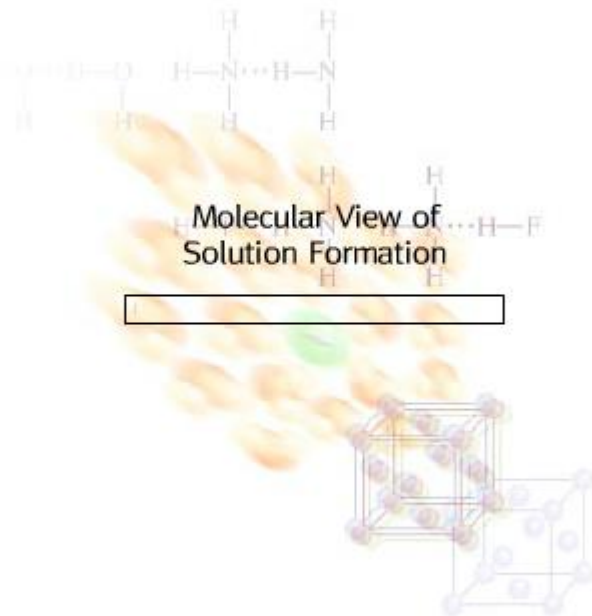
All electrons locked in covalent bonds

n-type

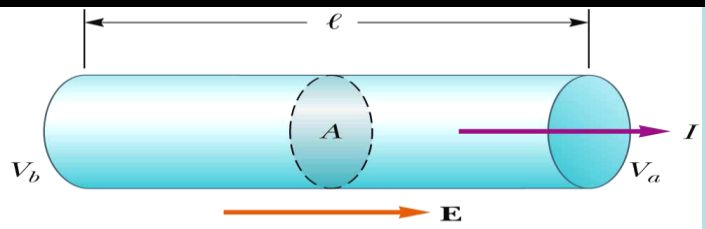
p-type

ТИПИ ПРОВІДНОСТІ

3. Йонна провідність – в розплавах і розчинах деякі речовини дисоціюють на заряджені частинки – іони. Ці іони при дії електричного поля починають рухатися направлено і впорядковано – виникає електричний струм.



ЕЛЕМЕНТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ



ОПІР – визначає протидію руху зарядів, залежить від довжини, поперечного перетину провідника і матеріалу, з якого він виготовлений

ЗАКОН ОМА
 $I = U/R$

АКТИВНИЙ
ОПІР

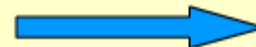
$$R = \rho l / S$$

resistance =

0.62 ohm

$$R = \frac{\rho L}{A}$$

$\Omega \text{ cm}$	cm	cm^2
0.23	10	3.7
ρ	L	A

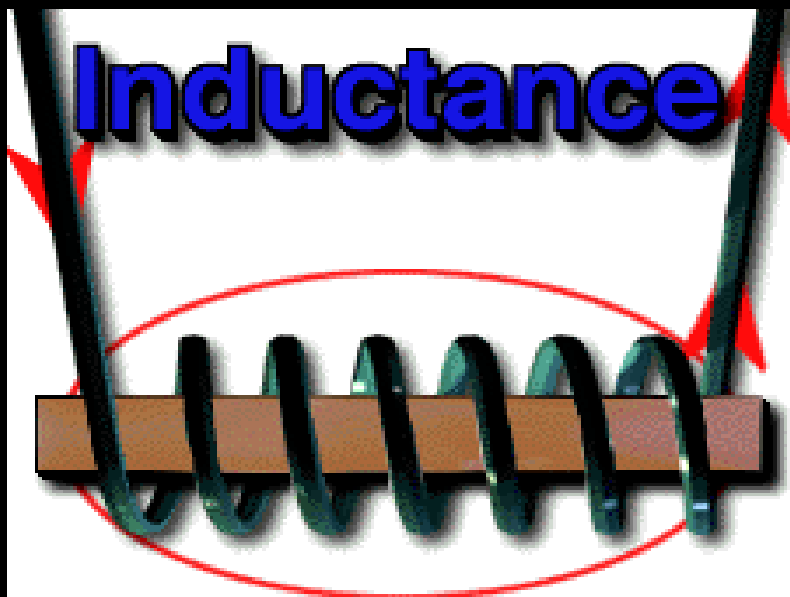
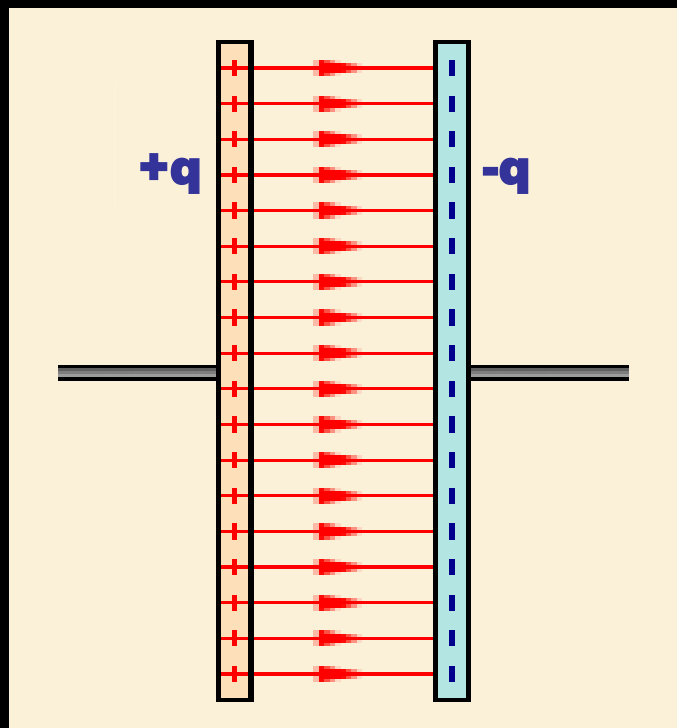


ЕЛЕМЕНТИ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЛАНЦЮГІВ

ЕЛЕКТРОЄМНІСТЬ – визначає різницю потенціалів, яка виникає між двома ізолюваними тілами, якщо на них знаходяться рівні по величині, але різні по знаку заряди. Для конденсатора ємність залежить від площі пластин, відстані між ними і діелектричної проникності матеріалу ізолятора.

$$U = q/C$$

$$C = \epsilon S/d$$



ІНДУКТИВНІСТЬ – характеризує е.р.с., яка протидіє зміні струму в ланцюзі. Для котушки індуктивність залежить від довжини котушки, числа витків, площі витка і магнітної проникності сердечника

$$U = - L \, di/dt$$

$$L = \mu N^2 S/l$$

ОПІР ЗМІННОМУ СТРУМУ

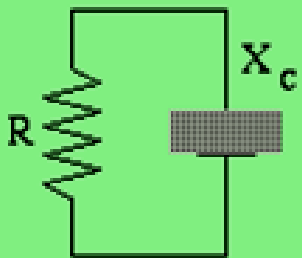
індуктивний опір $X_L = \omega L$

ємнісний опір $X_C = 1/\omega C$

ПОНЯТТЯ ІМПЕДАНСА

У зв'язку з тим, що в ланцюгах, що містять ємності, або індуктивності, опір змінному струму залежить від частоти струму, вводять поняття **імпедансу** – ефективного опору змінному струму. При пропусканні струму через живу тканину експериментально встановлено, що цей ланцюг володіє властивостями як активного опору так і ємності. Це доводиться виділенням тепла і зменшенням повного опору тканині із зростанням частоти. Властивостей індуктивності у живої тканини практично не виявляється. Таким чином, жива тканина є складним, але не повним електричним ланцюгом. Імпеданс для **RC** ланцюгів можна розглядати як для послідовного, так і для паралельного з'єднання її елементів.

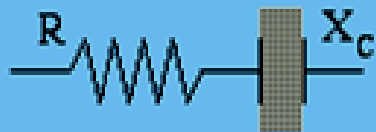
ПАРАЛЕЛЬНЕ З'ЄДНАННЯ



$$\frac{1}{Z^2} = \frac{1}{X_c^2} + \frac{1}{R^2}$$

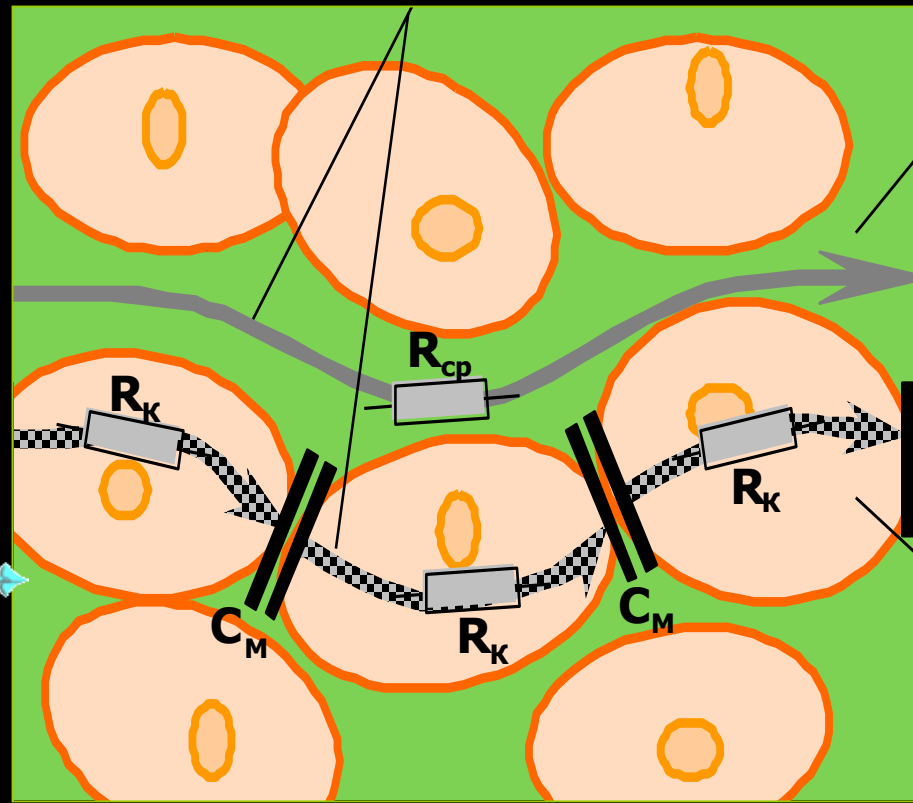
$$Z = \frac{X_c R}{\sqrt{X_c^2 + R^2}}$$

ПОСЛІДОВНЕ З'ЄДНАННЯ



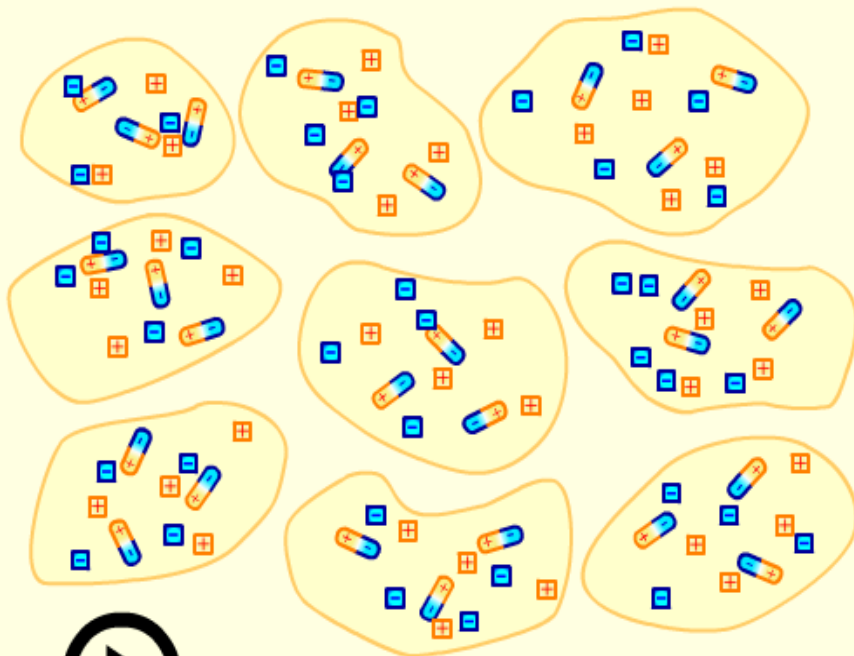
$$Z^2 = X_c^2 + R^2$$

МОЖЛИВІ
СТРУМОВІ ШЛЯХИ
В БІОЛОГІЧНИХ
ТАКАНИНАХ



КОНДЕНСАТОР В ЛАНЦЮГУ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ

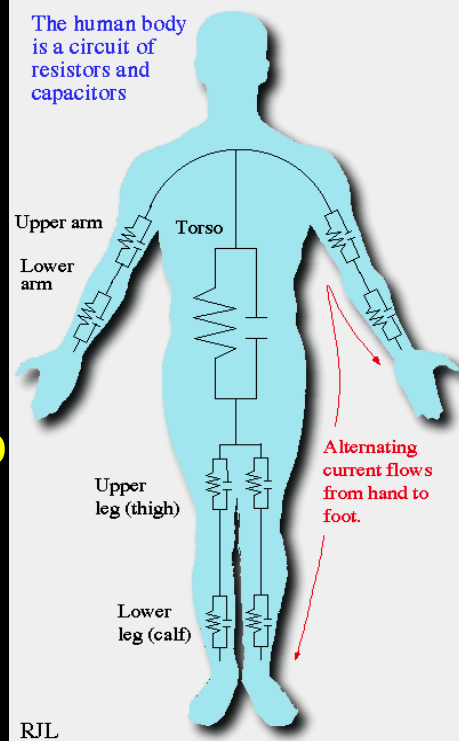
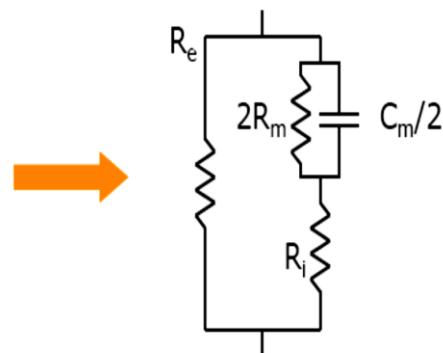
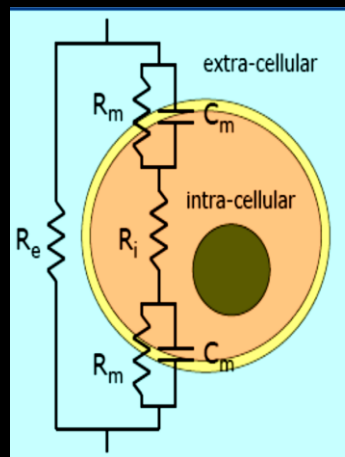
Наявність конденсатора в ланцюзі постійного струму приводить до того, що він, поступово заряджається, що створює протидіючу напругу, і, таким чином, зменшує силу струму в ланцюзі.



← клітини під дією
постійного струму

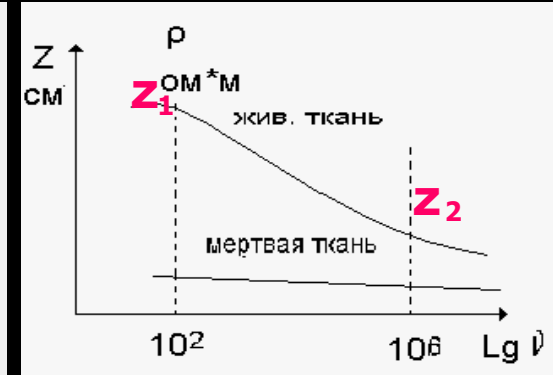
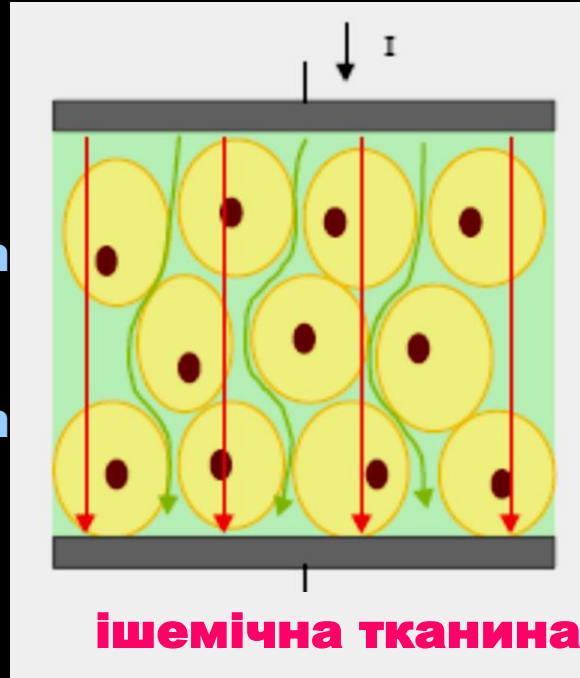
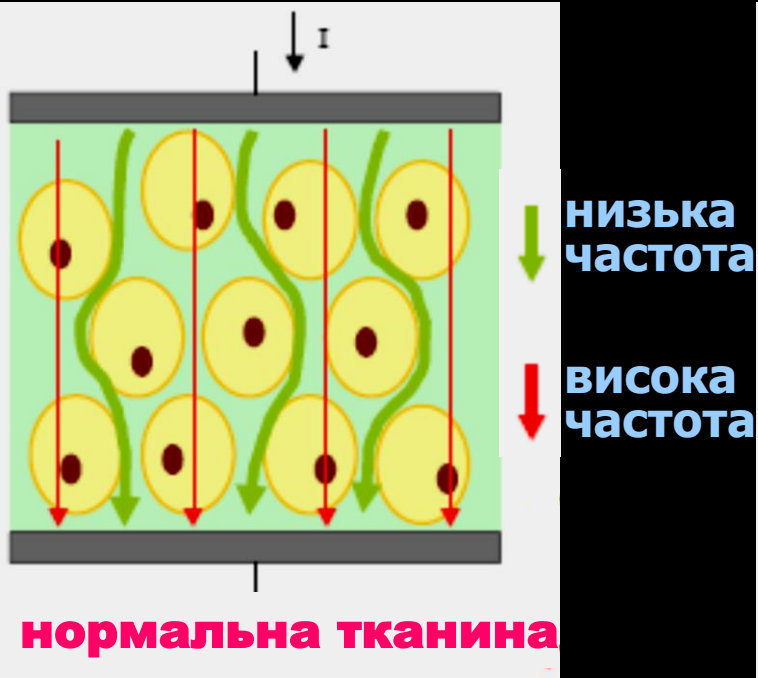
ЕКВІВАЛЕНТНА ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА ЖИВОЇ ТКАНИНИ

Еквівалентна електрична схема живої тканини – це умовна модель, що приблизно характеризує живу тканину, як провідник змінного струму. Схема дозволяє судити: якими електричними елементами володіє тканина, як сполучені ці елементи, як мінятимуться властивості тканини при зміні частоти струму. У основі схеми лежать три положення: позаклітинне середовище і вміст клітини є йонні провідники з активним опором середовища R_{sp} і клітини R_k , клітинна мембрана є діелектрик, але не ідеальний, а з невеликою іонною провідністю, а, отже, і опором мембрани R_m , позаклітинне середовище і вміст клітини, розділені мембраною, є конденсаторами C_m певної ємкості ($0,1 - 3,0$ мкФ/см²). Якщо як модель живої тканини узяти багатоклітинне середовище, то при складанні еквівалентної схеми потрібно враховувати шляхи електричного струму. Їх два: у обхід клітини, через позаклітинне середовище і через клітину. Шлях в обхід клітини представлений тільки опором середовища R_{sp} . Шлях через клітину - опором вмісту клітини R_k , а також опором і ємкістю мембрани R_m , **C_m** .



ЕЛЕКТРИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ТКАНИН ОРГАНІЗМА

Вивчення електричних властивостей тканин живих об'єктів має важливе значення для розуміння їх структури і фізико-хімічного стану, що кінець кінцем визначає функціональний стан біологічної речовини. Важливим тут є те, що такі дослідження при малих струмах не приводять до руйнування тканин. На цих міркуваннях заснований ряд діагностичних процедур.



$$K = Z_1 / Z_2$$



коефіцієнт
дисперсії

Крім того ці дослідження показали, що у ряді випадків електричний струм може спричиняти благотворний вплив на тканини. Це дозволило запропонувати цілий ряд електрофізіотерапевтичних процедур.

ЕЛЕКТРОФІЗИОТЕРАПІЯ

Гальванізація - застосування з лікувальною метою безперервного постійного електричного струму малої сили (до 50 мА) та низької напруги (30 - 80 В).
Механізм дії: поліпшення мікроциркуляції; підвищення проникності судинних стінок; підвищення обміну речовин; активація фагоцитозу; відволікаюча, знеболююча дія за рахунок роздратування рецепторів шкіри.



Фарадизація - застосування з лікувальною метою змінного струму низької частоти.

Механізм дії: зниження збудження нервових клітин – зменшення болю; підвищення обміну речовин в нервових тканинах;

Дарсонвалізація – застосування в лікувальних цілях змінного струму високої частоти; **високої** інтенсивності і невеликої сили.

Механізм дії: місцеве зниження шкірної чутливості, що доходить при достатній тривалості і інтенсивності струму майже до повної анестезії; звуження, а потім розширення шкірних судин, що сприяє поліпшенню крово- і лімфообігу, живленню тканин, збільшенню відтоку продуктів обміну речовин.



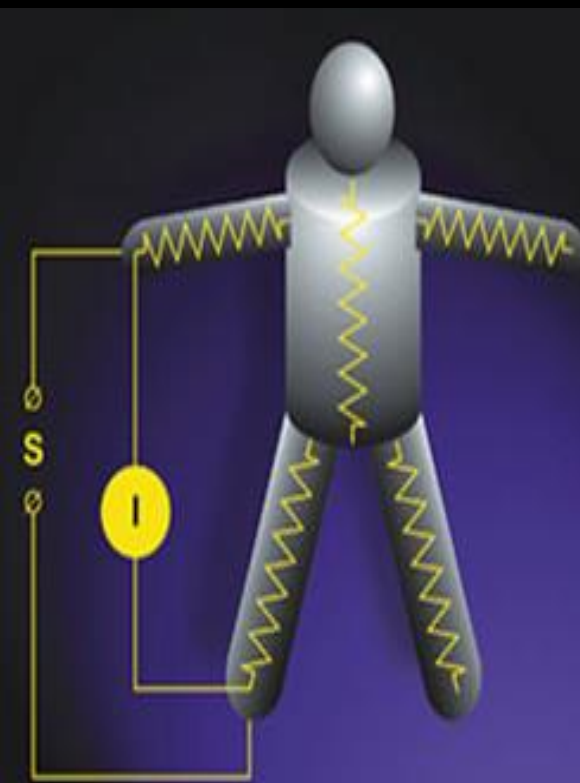
ЕЛЕКТРОФІЗИОТЕРАПІЯ

Франклінізація - застосування статичної електрики з лікувальною метою.

Механізм дії: недостатньо вивчений: маються суперечливі свідчення про вплив на артеріальний тиск, температуру тіла, обмін речовин.

Діадинамотермія - дія двома постійними низькочастотними імпульсними струмами невеликої сили (до 50 мА).

Механізм дії: анальгетичний вплив; стимуляція обмінних процесів; стимуляція фагоцитоза.



Флуктуорізація - застосування з лікувальною метою змінного, частково або повністю випрямленого струму низької напруги (до 100 В) з частотою, що хаотично змінюється (до 2000 Гц), і амплітудою (до 3 мА/см²).
Механізм дії: найменшу збудливу дію надають симетричні коливання струму, оскільки зміни концентрації іонів у напівпроникних мембран в деякій ступені згладжуються такими ж змінами концентрації іонів, що відбуваються в протилежному напрямі при зміні напрямку струму. Аперіодичність зміни виникнення піків збудження підвищує дратівливу дію і зменшує адаптацію тканин в порівнянні з дією періодичних коливань однакової амплітуди струму. Сильнішу дію надають частково випрямлені коливання і ще сильнішу - повністю випрямлені.

ЕЛЕКТРОФІЗИОТЕРАПІЯ

Електропунктура - метод впливу на біологічно активні точки організму струмами низької та високої частоти (частіше використовують імпульсні струми високої частоти)

Механізм дії: анальгезуюча дія; гіпосенсибілізуюча дія; мобілізація неспецифічних механізмів захисту організму за рахунок його адаптаційних реакцій.

Електросон – вплив імпульсними струмами малої інтенсивності з метою нормалізації функціонального стану центральної нервової системи через рецепторний апарат голови. Назва методу виявилась невдалою, так як в процесі застосування виявилось, що лікувальна дія далеко не завжди пов'язана із сном.

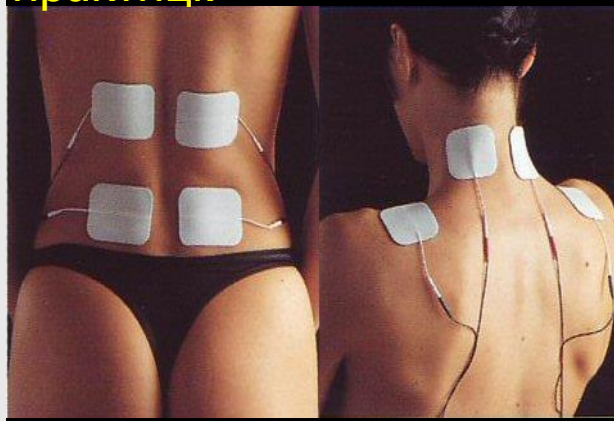


Ультрависокочастотна терапія – використання з лікувальною і профілактичною метою впливу на деякі ділянки тіла безперервного або імпульсного електричного поля ультрависокої частоти (УВЧ). В нашій країні для цього використовують частоту 40,68 МГц, зараз застосовують апарати, що працюють на частоті 27,12 МГц, яка використовується за кордоном.



ЕЛЕКТРОФІЗИОТЕРАПІЯ

Струми надтоноальної частоти. Лікувальне застосування струмів надтоноальної частоти (СНЧ) полягає у дії на організм змінним струмом високої частоти (22 кГц) при напрузі 4,5-5 кВ. По зовнішньому вигляду, техніці виконання процедур і методикам метод вельми схожий на місцеву дарсонвалізацію. Відмінність полягає в тому, що використовується не імпульсний, а безперервний струм меншої частоти і напруга і пропускається він через скляний електрод, заповнений неоном. Все це визначає і відмінності в лікувальній дії. Унаслідок безперервності струму в тканинах відбувається більше теплоутворення, хворі відчують тепло в місці дії. Менша напруга струму виключає дратівливу дію іскрового розряду, за рахунок чого метод краще переноситься пацієнтами. В зв'язку з цим його частіше використовують у педіатричній практиці.



ЕЛЕКТРОФІЗИОТЕРАПІЯ

Сантіметроволновая терапія - застосування з лікувальною метою дій електромагнітними коливаннями надвисокої частоти - 2375 МГц (довжина хвилі 12,6 см). У зарубіжних апаратах використовують частоту 2450 МГц, довжини хвилі - 12,25 см. У зв'язку з дуже високою частотою, що наближається до частот електромагнітних коливань оптичного діапазону, властивості сантиметрових хвиль (СМВ) якоюсь мірою наближаються до властивостей світлового випромінювання. Із-за великих втрат СВЧ коливання не можуть передаватися по проводах. Для їх передачі використовують кабель, в якому одним з провідників є дріт, покритий ізоляційним матеріалом, а другим - металеве обплетення. Для підведення сантиметрових хвиль до тіла використовують випромінювач з відбивачем, що нагадує лампу з рефлектором. При напрямі СМВ випромінювання на ділянку тіла енергія коливань частково поглинається, частково відбивається від поверхні тіла. У зв'язку з великою відмінністю між діелектричною проникністю повітря і шкіри з підшкірним жировим шаром віддзеркалення достатньо велике і заздалегідь не прогнозоване.



дріт, покритий ізоляційним матеріалом, а другим - металеве обплетення. Для підведення сантиметрових хвиль до тіла використовують випромінювач з відбивачем, що нагадує лампу з рефлектором. При напрямі СМВ випромінювання на ділянку тіла енергія коливань частково поглинається, частково відбивається від поверхні тіла. У зв'язку з великою відмінністю між діелектричною проникністю повітря і шкіри з підшкірним жировим шаром віддзеркалення достатньо велике і заздалегідь не прогнозоване.

ЕЛЕКТРОФІЗИОТЕРАПІЯ

Електростимуляція - застосування електричного струму з метою збудження або посилення діяльності певних органів і систем. Нерідко слово "електростиуляція" використовується абсолютно неправильно для позначення будь-якої дії електричним струмом. Не дивлячись на те, що стимулювати струмами можна багато органів і систем застосуванням для цього адекватних методик і параметрів, в практичній роботі найбільш широке застосування отримали електростимуляція серця, що складає особливий розділ медицини, і електростимуляція рухових нервів і м'язів.



ПРОЦЕДУРА ДЕФІБРИЛЯЦІЇ

Електрична дефібриляція здійснюється за допомогою одиночного імпульсу струму достатньої сили і тривалості, що генерується в спеціальному апараті — дефібриляторі



МЕХАНІЗМ ДЕФІБРИЛЯЦІЇ



УВЧ - ТЕРАПІЯ

УВЧ-терапія - метод лікування, при якому на певну ділянку тіла хворого впливають неперервним або імпульсним електричним полем ультрависокої частоти. Механізм дії: під впливом УВЧ проходить зміна йонного складу крові, лимфи, м'язів, паренхіматозних органів, в результаті чого створюється змінний струм УВЧ, в тканинах -діелектриках (сполучна тканина, жирова тканина, нервові стовбури) має місце поляризація отриманого струму дії; протизапальний, бактеріостатичний ефекти; покращується кровопостачання;

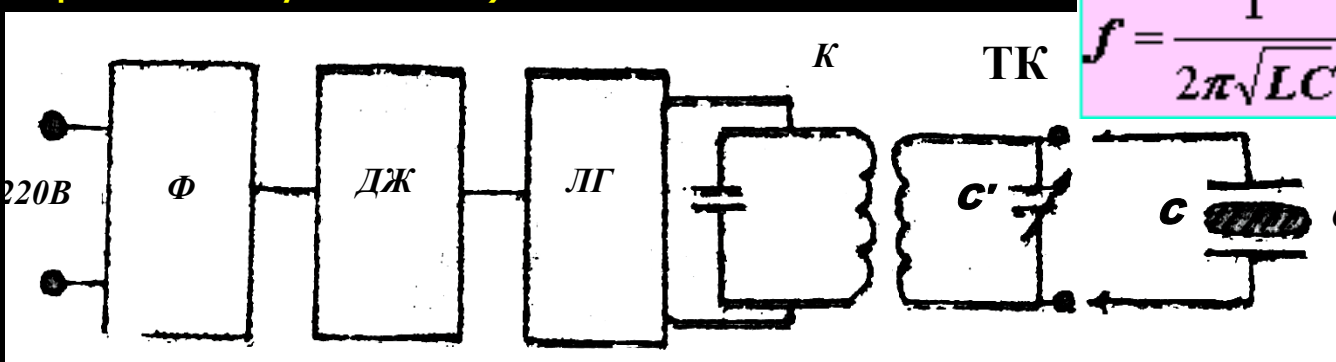


знижується

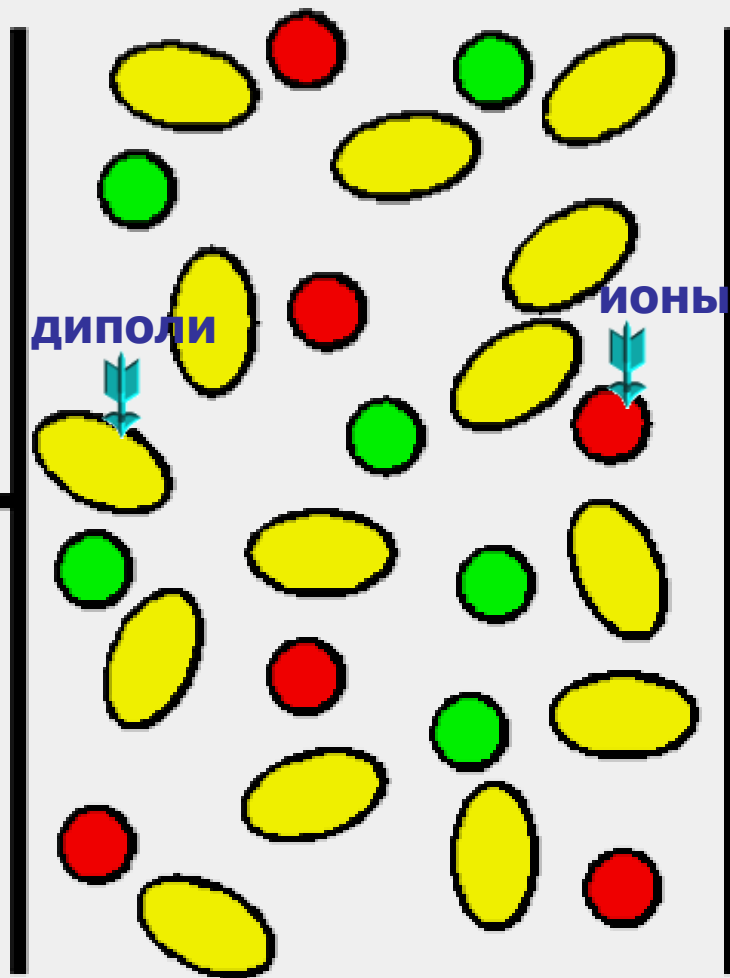
проникність судинної стінки; відбувається формування навколо вогнища запалення захисного бар'єру; рефлекторне зниження тону поперечно-смугастої і гладкої мускулатури - зменшення болів, пов'язаних з їх спазмом; інтенсифікація метаболічних процесів в міокарді; поліпшення скорочувальної функції міокарду; зниження підвищеного артеріального тиску; анальгезуючий ефект.

ПРИНЦИП ДІЇ УВЧ - ТЕРАПІЇ

Об'єкт, що піддається дії електричного поля УВЧ розміщується між пластинами конденсатора вторинного (терапевтичного) контуру без безпосереднього контакту з ним. Це, проте, не перешкоджає поглинанню об'єктом енергії, оскільки при ультрависокій частоті ємкісний опір долається і переважаючого значення набуває струм зсуву. Розподіл енергії залежить від питомої електропровідності і діелектричної постійної різних тканин об'єкту і його розташування по відношенню до силових ліній електричного поля. При дії УВЧ електрична енергія поглинається не тільки тканинами з малим опором (лімфа, кров, паренхіматозні органи і тому подібне), але і тканинами, що наближаються по своїх властивостях до діелектриків (нервова, кісткова, жирова і тому подібне).



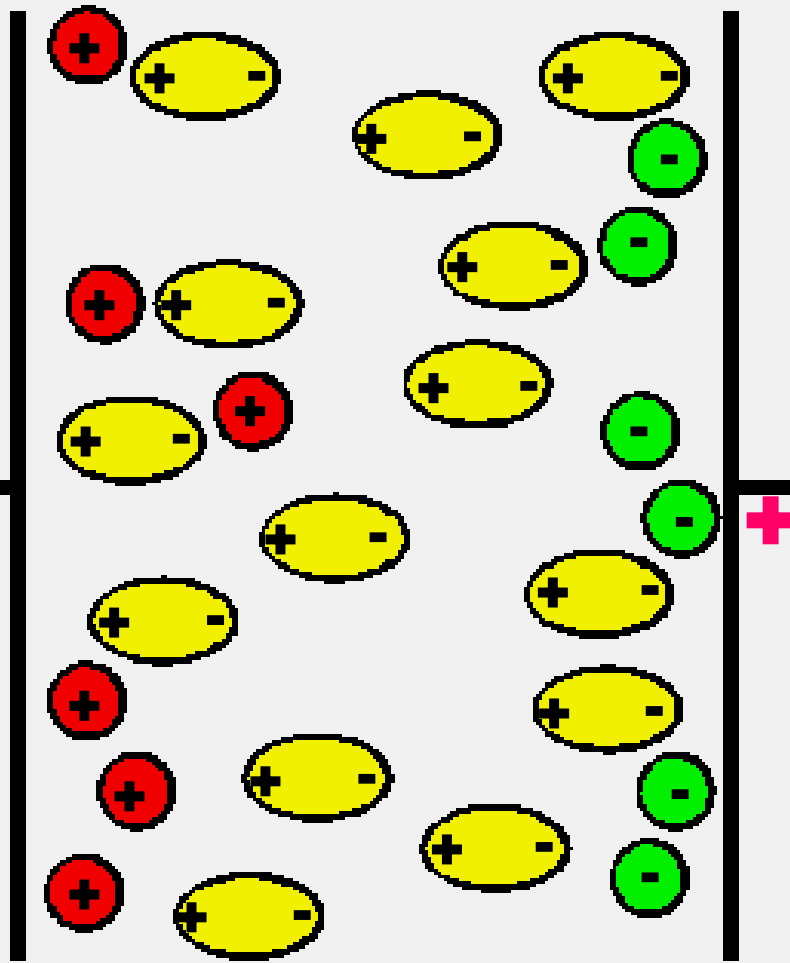
ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ В ТКАНИНАХ ПРИ УВЧ - ТЕРАПІЇ



**хаотичне розташування
диполів і іонів
за відсутності поля**

Під дією електричного поля в тканинах виникають два види струмів – струми провідності і струми зсуву. Струми провідності є результатом руху вільних зарядів, в тканинах це в основному іони. Струми провідності переважають в основному при низьких частотах. При частотах більше 500 кГц переміщення іонів за один напівперіод стає сумірним з хаотичним тепловим рухом, тому при вищих частотах переважають струми зсуви, які в тканинах біологічних об'єктів пов'язані з поляризацією молекул і їх переорієнтацією. Результатом тертя, що виникає при обертанні дипольних молекул у в'язкому середовищі є ендогенне утворення тепла, обумовлене перетворенням частини електричної енергії на теплову. При дії УВЧ можливо отримати термоселективний ефект, оскільки різні тканини в залежності від їх електричних параметрів можуть нагріватися різною мірою.

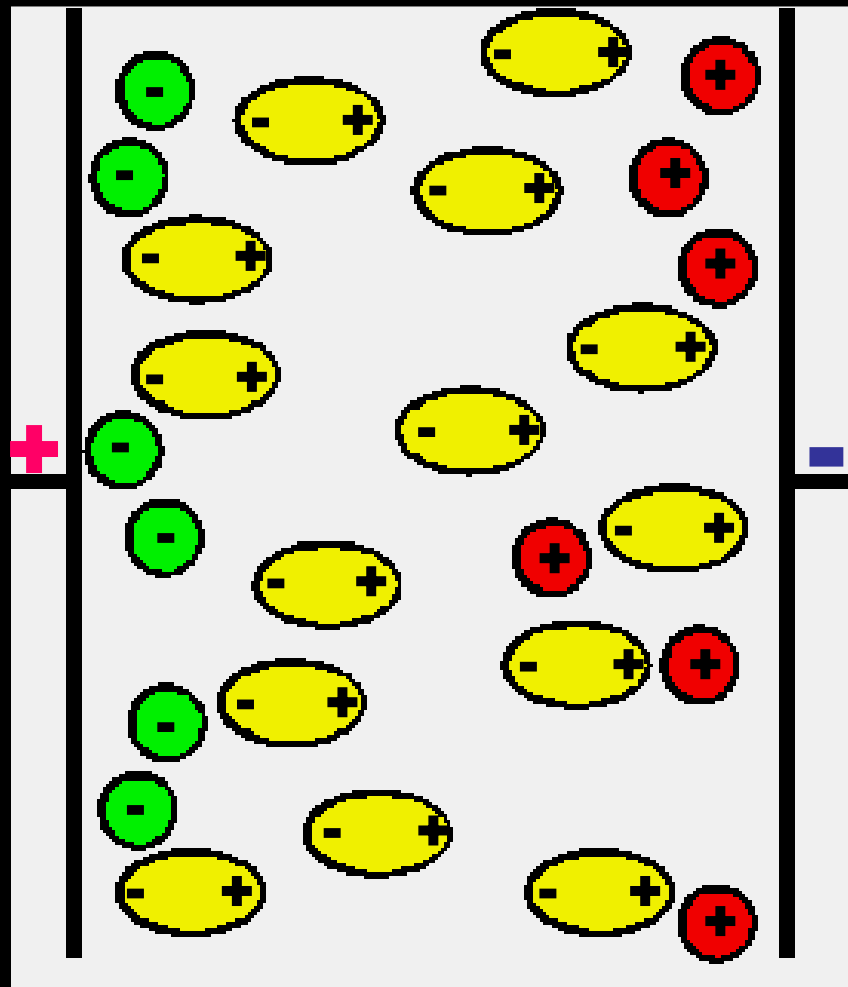
ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ В ТКАНИНАХ ПРИ УВЧ - ТЕРАПІЇ



**переорієнтація диполів
і переміщення іонів
при накладенні поля**

Під дією електричного поля в тканинах виникають два види струмів – струми провідності і струми зсуву. Струми провідності є результатом руху вільних зарядів, в тканинах це в основному іони. Струми провідності переважають в основному при низьких частотах. При частотах більше 500 кГц переміщення іонів за один напівперіод стає сумісним з хаотичним тепловим рухом, тому при вищих частотах переважають струми зсуву, які в тканинах біологічних об'єктів пов'язані з поляризацією молекул і їх переорієнтацією. Результатом тертя, що виникає при обертанні дипольних молекул у в'язкому середовищі є ендогенне утворення тепла, обумовлене перетворенням частини електричної енергії на теплову. При дії УВЧ можливо отримати термоселективний ефект, оскільки різні тканини в залежності від їх електричних параметрів можуть нагріватися різною мірою.

ФІЗИЧНІ ПРОЦЕСИ В ТКАНИНАХ ПРИ УВЧ - ТЕРАПІЇ

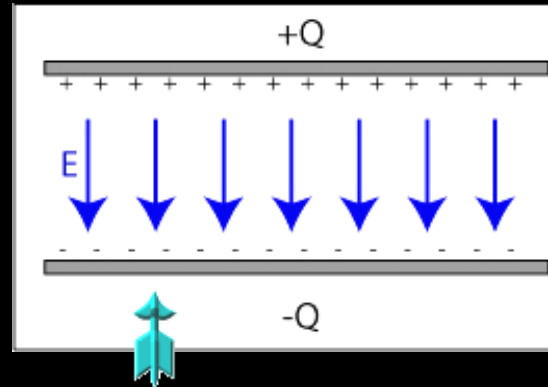


**переорієнтація диполів
і переміщення іонів
при зміні напрямку поля**

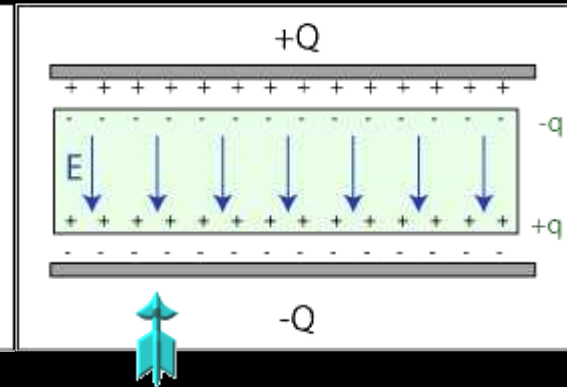
Під дією електричного поля в тканинах виникають два види струмів – струми провідності і струми зсуву. Струми провідності є результатом руху вільних зарядів, в тканинах це в основному іони. Струми провідності переважають в основному при низьких частотах. При частотах більше 500 кГц переміщення іонів за один напівперіод стає сумірним з хаотичним тепловим рухом, тому при вищих частотах переважають струми зсуви, які в тканинах біологічних об'єктів пов'язані з поляризацією молекул і їх переорієнтацією. Результатом тертя, що виникає при обертанні дипольних молекул у в'язкому середовищі є ендогенне утворення тепла, обумовлене перетворенням частини електричної енергії на теплову. При дії УВЧ можливо отримати термоселективний ефект, оскільки різні тканини в залежності від їх електричних параметрів можуть нагріватися різною мірою.

ЯВИЩЕ ПОЛЯРИЗАЦІЇ

У діелектриках за наявності електричного поля відбуваються переміщення зв'язаних зарядів, які приводять до появи усередині об'єкту ЕРС, направленої проти зовнішнього електричного поля.



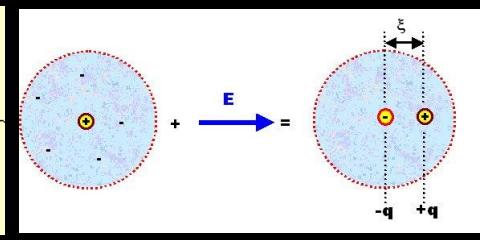
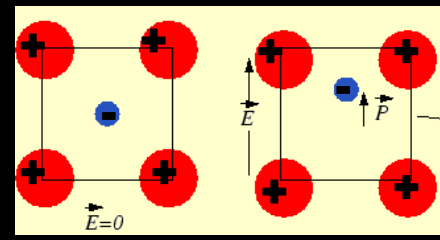
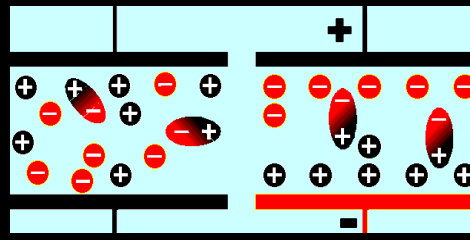
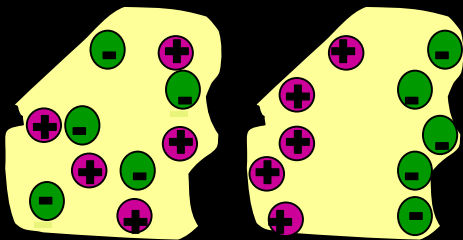
без діелектрика



з діелектриком

$E = 0$

E



Макроструктурная

Дипольная

Ионная

Электронная

$10^{-3} - 10^{-8}$

$10^{-7} - 10^{-13}$

$10^{-12} - 10^{-14}$

$10^{-14} - 10^{-16}$

час релаксації для різних типів поляризації і біологічних структур в секундах.

Ткани,
суспензії
кліток

Клітки

Ядра і
внутріклітинні
органелли

Протеїни і
макромолекули

Вода і
електроліти

$10^{-1} - 10^{-3}$

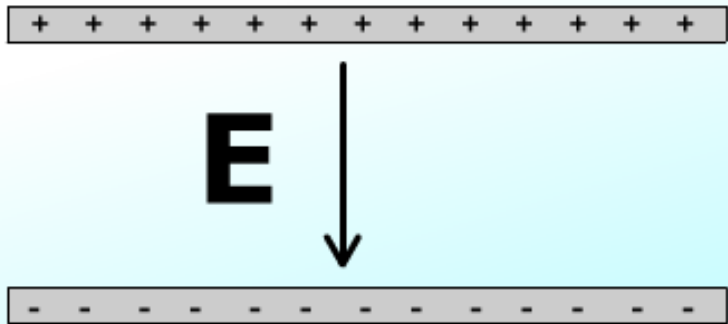
$10^{-2} - 10^{-4}$

$10^{-5} - 10^{-7}$

$10^{-6} - 10^{-8}$

10^{-11}

ПОЛЯРИЗАЦІЯ В ДІЕЛЕКТРИКАХ

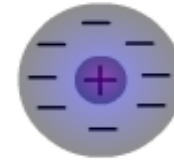


<http://www.indianetgroup.com>

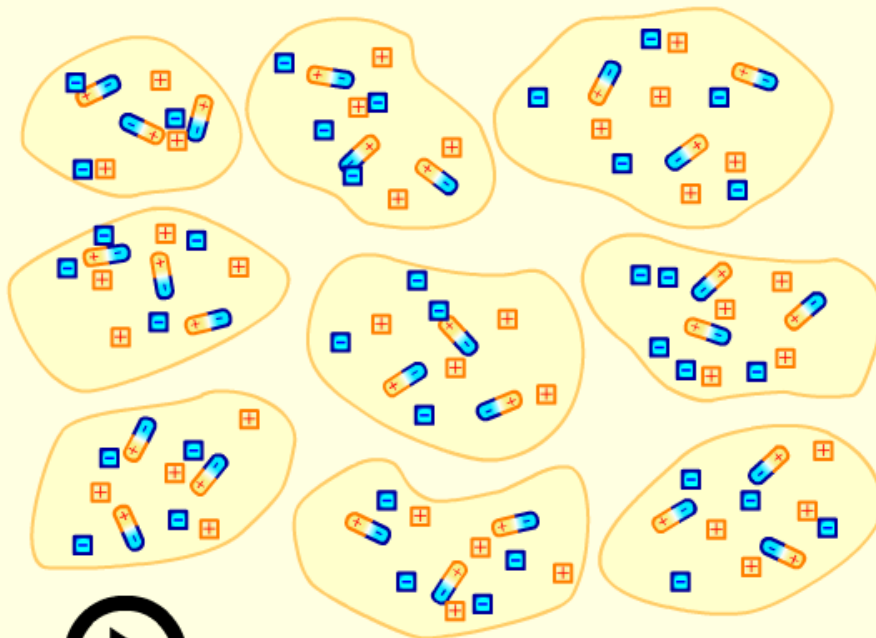
Next

Polarization Effect

A neutral atom (positive nucleus surrounded by equal and oppositely charged electron cloud)



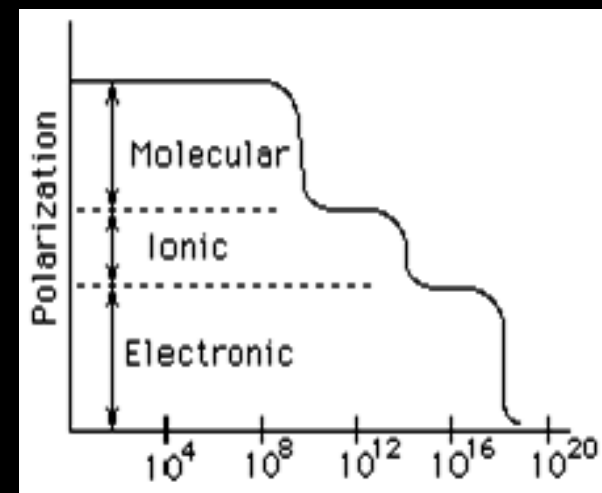
continue



ПОЛЯРИЗАЦІЯ
В КЛІТИНАХ
І ТКАНИНАХ

ПОЛЯРИЗАЦІЯ У ЗМІННОМУ ПОЛІ

У змінному електричному полі у міру збільшення частоти час релаксації для окремих типів поляризації може стати більшим ніж половина періоду коливань електричного поля. Інерційність процесів поляризації приводить до наявності характерних частот, до яких відповідний тип поляризації може реалізовуватися.



α -дисперсія

0 10^2

β -дисперсія

10^4 10^6

δ -дисперсія

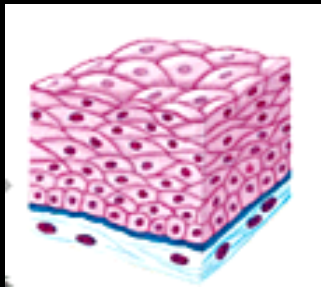
10^8 10^{10}

γ -дисперсія

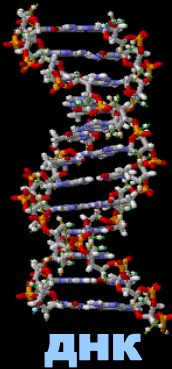
10^{12}

f, Гц

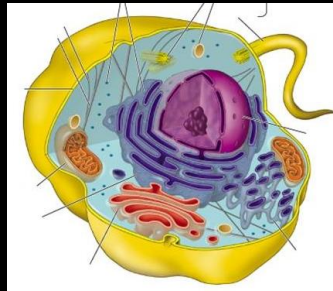
10^{14}



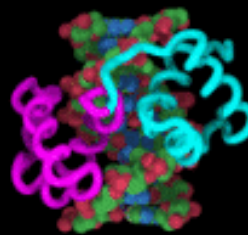
тканини



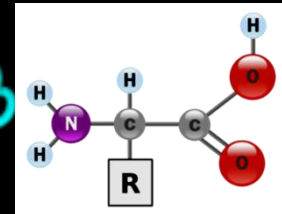
днк



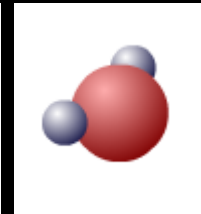
клітини



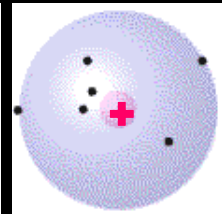
протеїни



аміно-кислоти



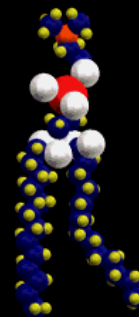
вода



атоми



рнк



ліпіди

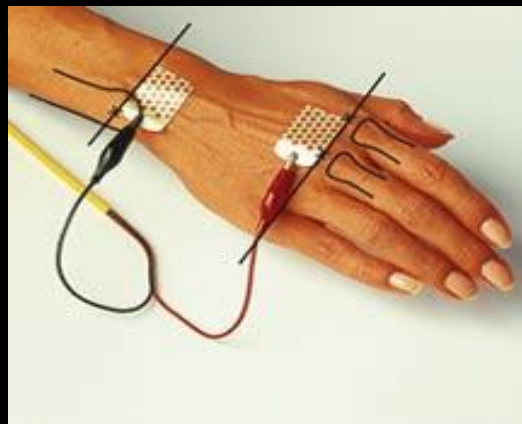
ІНДУКТОТЕРМІЯ

Метод електролікування, чинником якого, що діє, є високочастотне змінне магнітне поле. Дію енергії цього поля викликає поява наведених (індуктивних) вихрових струмів, механічна енергія яких переходить в тепло. Розширюються судини, прискорюється кровотік, знижується артеріальний тиск, поліпшується коронарний кровообіг. З теплоутворенням і посиленням кровотоку пов'язана протизапальна і розсмоктуюча дія індуктотермії. Відбувається також пониження тону м'язів, що має значення при спазмі гладкої мускулатури. Пониження збудливості нервових рецепторів обумовлює знеболюючу і седативну дію. При цьому методі лікування спостерігається підвищення змісту кальцію в тканинах, бактеріостатична дія. Показниками до призначення індуктотермії є підгострі і хронічні запальні захворювання внутрішніх органів, органів малого тазу, ЛОР-органів, захворювання і травми опорно-рухового апарату, периферичної і центральної нервової системи.



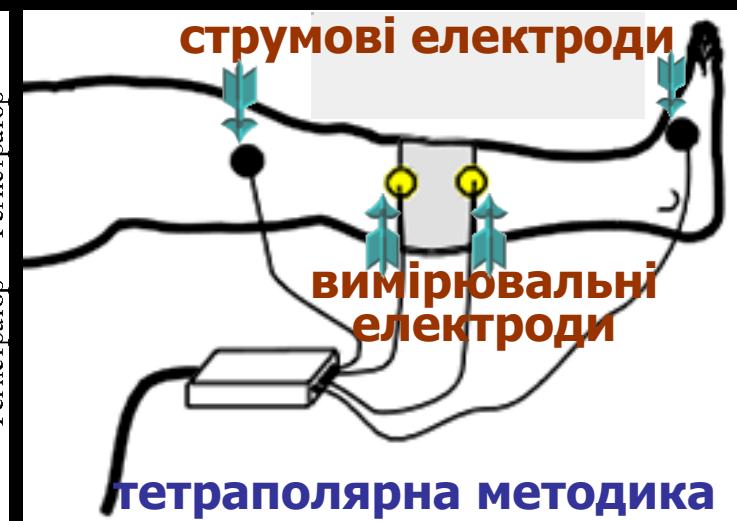
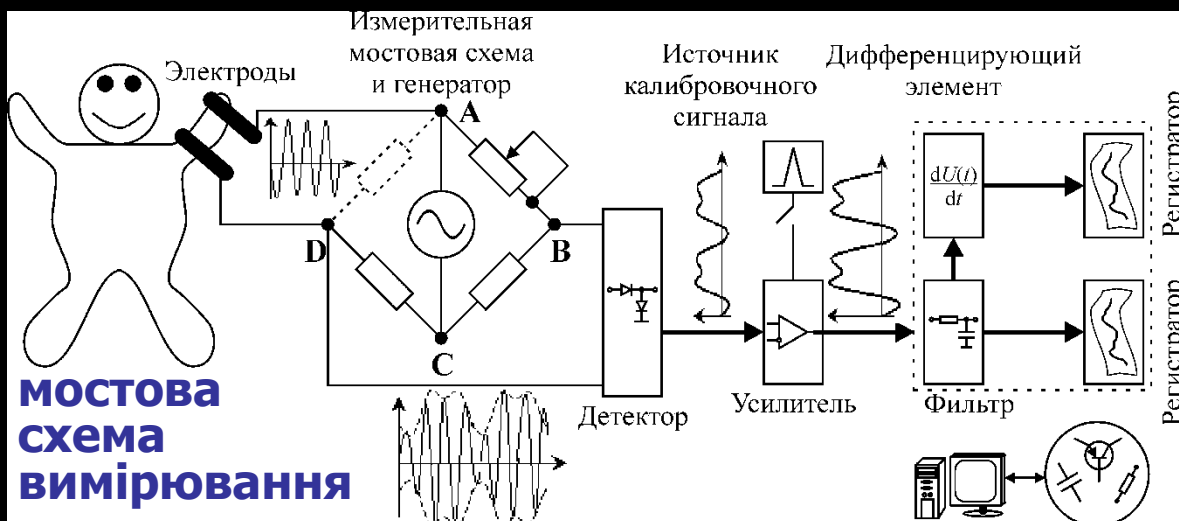
ІМПЕДАНСНА ПЛЕТИЗМОГРАФІЯ

Імпедансна плетизмографія (реографія) — неінвазивний метод дослідження кровопостачання органів, в основі якого лежить принцип реєстрації змін електричного опору тканин у зв'язку із змінним кровонаповненням. Чим більше приток крові до тканин, тим менше їх опір. Для отримання реограми через тіло пацієнта пропускають змінний струм частотою 50-100кГц, малої сили (не більше 10 мкА), який створюється спеціальним генератором. Принциповою основою методу реографії є залежність змін опору від змін кровонаповнення в ділянці тіла людини, що вивчається. Іншими словами, вивчаються пульсові коливання електричного опору. Повніше уявлення про пульсові коливання електричного опору отримують при урахуванні (співвідношенні) базового опору досліджуваної ділянки (тобто сумарного опору тіла зондуючому струму з частотою 50—100 кГц). Повний імпеданс (опір) складається з двох величин, постійний або базовий імпеданс, обумовлений загальним кровонаповненням тканин і їх опором, і змінний або пульсовою імпеданс, викликаний коливаннями кровонаповнення під час серцевого циклу. Величина пульсового імпедансу нікчемно мала і складає не більше 0,5 % загального імпедансу. Разом з тим, саме пульсовий імпеданс складає об'єкт вивчення для реографії.



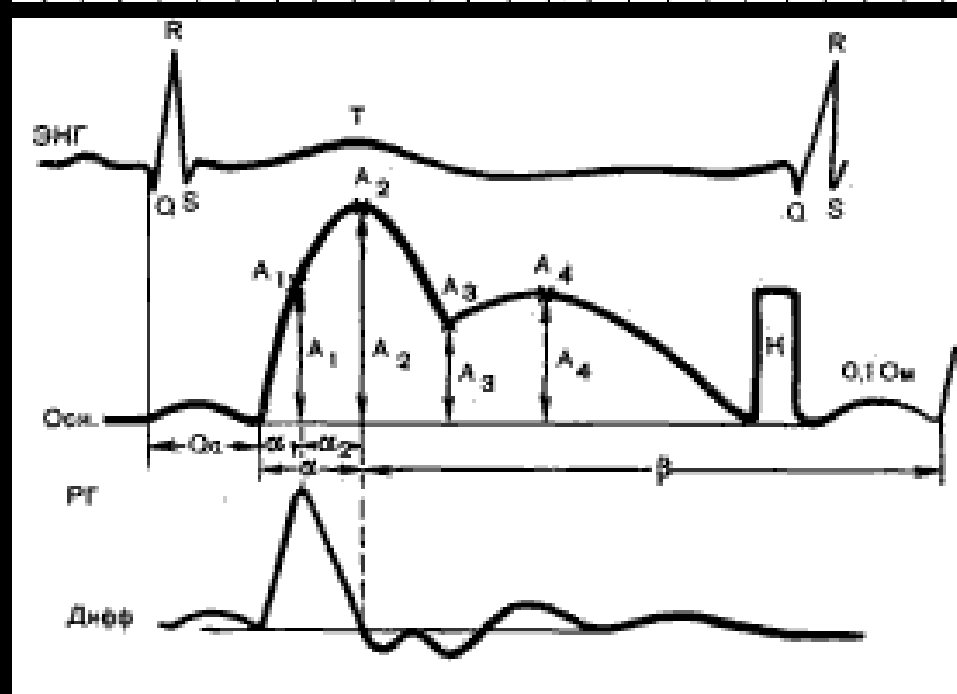
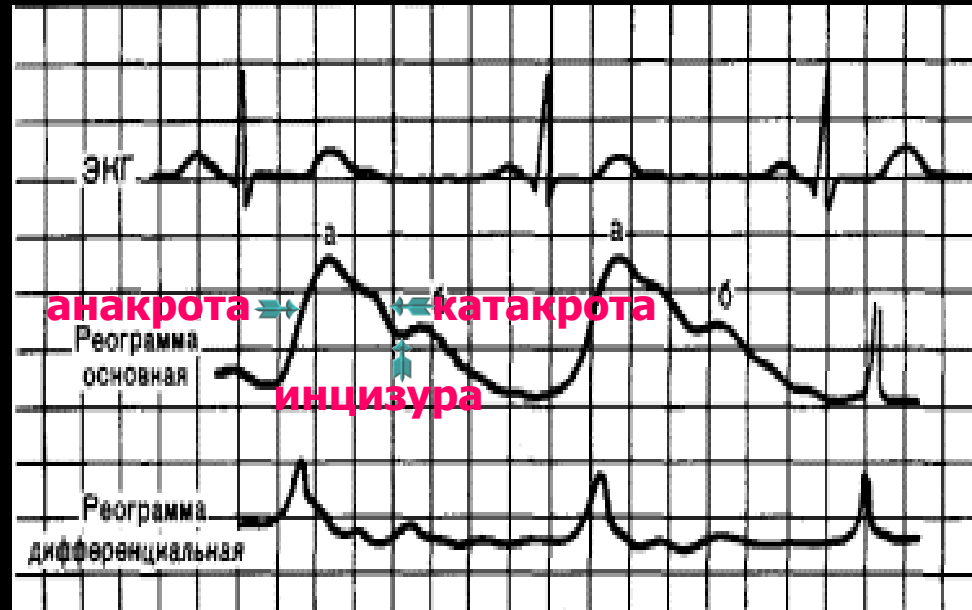
МЕТОДИКИ РЕЄСТРАЦІЇ РЕОГРАМИ

При біполярній методиці накладають 2 електроди, кожен з яких одночасно є струмовим і вимірювальним, електроди фіксують на відповідній ділянці тіла. Для зниження контактного опору між електродом і шкірою використовуються ті ж прийоми, що і при записі ЕКГ. При використанні тетраполярної методики ділянку дослідження обмежують парою вимірювальних електродів, а виниклу в них напругу знімають за допомогою іншої пари електродів, розташованих зовні по відношенню до першої (струмові). Тетраполярна методика точніша, бо різко (до мінімуму) знижується вплив контактного опору (немає необхідності накладати прокладки, змочені розчинами солей або лугів, а також користуватися електродною пастою) і електродної поляризації. Це дозволяє з високим ступенем точності виміряти імпеданс глибинних тканин. Крім того, достатньо точно отримувані відомості про базисний імпеданс дозволяють дати кількісну оцінку основним гемодинамічним показникам - ударному і хвилинному об'ємам кровообігу.



АНАЛІЗ РЕОГРАМИ

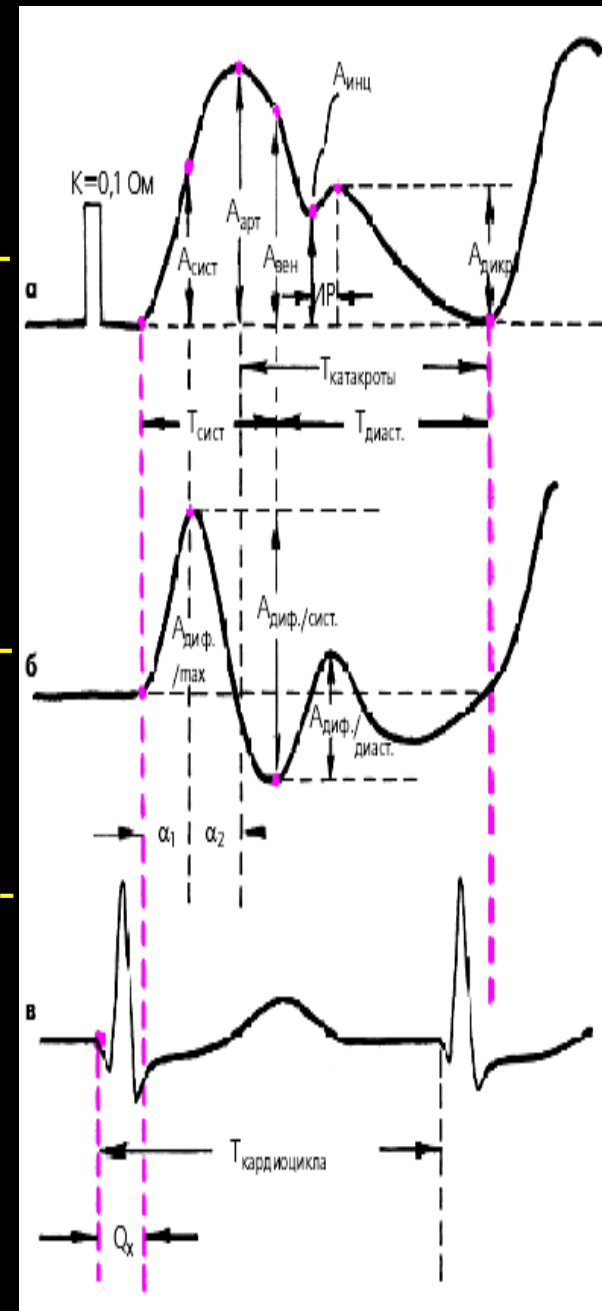
На реограмі розрізняють систолічну (**анакрота**) і діастолічну (**катакрота**) частини. Перша обумовлена при током крові, друга пов'язана з венозним відтоком. Проміжний мінімум на спадаючій частині називається **інцизурою**. Якісна і кількісна оцінка реограм зводиться до вимірювання і опису амплітудних і часових відрізків кривої, які відображають стан тонусу судин, їх еластичність, величину ударного об'єму. Крім того, обчислюються спеціальні реографічні показники. При якісному аналізі враховується форма кривої, характер анакроти, катакроти і інцизури, рельєф вершини (закруглена, загострена, платоподібна, сідловидна і ін.), вираженість і кількість додаткових хвиль, їх розташування на низхідній частині кривої, наявність або відсутність передсистолічної хвилі.



АНАЛІЗ РЕОГРАМИ

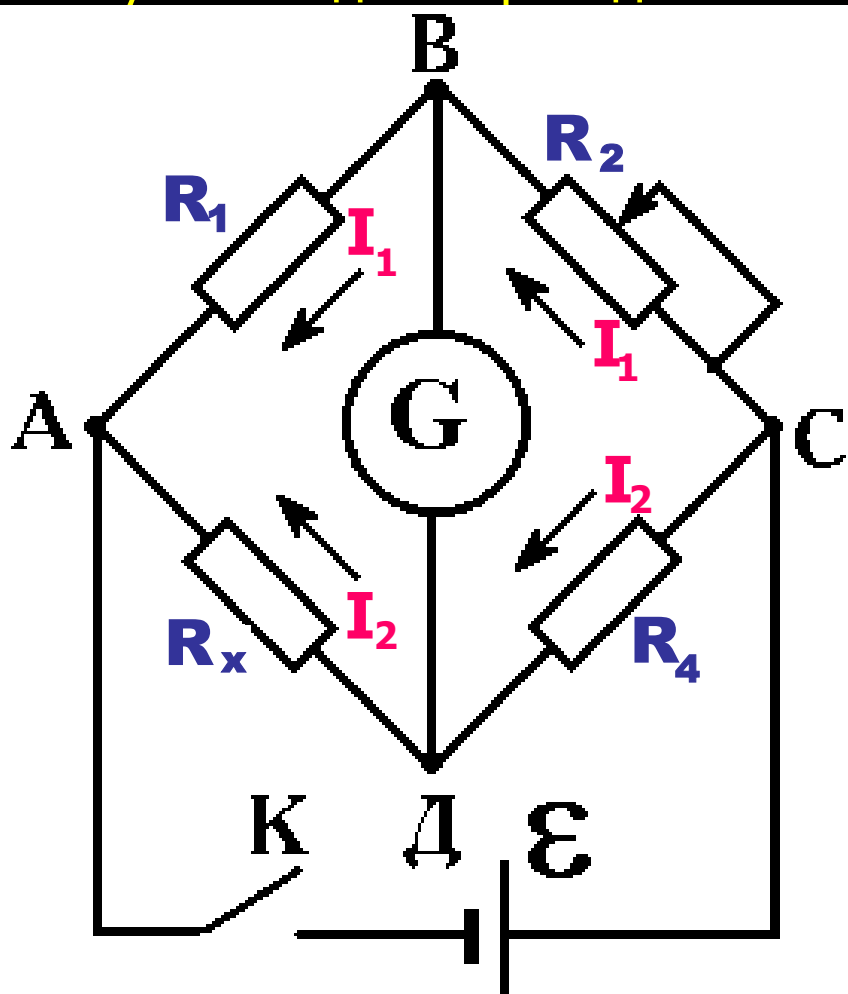
Кількісна оцінка реографічної кривої:

1. **Реографічний індекс (PI)** — відношення амплітуди систолічної хвилі до висоти калібрувального імпульсу ($A_{арт}/k$). Цей показник характеризує величину сумарного кровонаповнення.
2. **Амплітуда реограми** у момент досягнення максимальної швидкості підйому кривої ($A_{сист}$), а також її відношення до часу цього підйому ($A_{сист}/\alpha_1$). Ці два показники відображають величину і швидкість кровонаповнення артерії ділянки тіла, що вивчається.
3. **Максимальна амплітуда першої похідної реограми** ($A_{диф}/\max$).
4. **Систоло-діастолічний показник** — відношення амплітуди систолічної хвилі реограми до амплітуди її діастолічної частини ($A_{арт}/A_{дикр}$). Цей показник характеризує стан венозного відтоку.
5. **Індекс еластичності (IE)** — відношення амплітуди систолічної хвилі до її амплітуди в кінці періоду наповнення судинної області ($A_{арт}/A_{вен}$). Це відношення є показником еластичності судинної стінки.
6. **Індекс тонусу (IT)** — відношення амплітуди реограми в нижній точці інцизури до амплітуди систолічної хвилі ($A_{інц}/A_{арт}$) відображає величину тонусу судинної стінки і корелює з величиною загального периферичного опору.
7. **Часовий інтервал Q_x** (час від початку комплексу QRS ЕКГ до початку анакротичного підйому систолічної хвилі), характеризує швидкість розповсюдження пульсової хвилі.



МІСТ УІТСТОНА

Існує достатньо велика кількість методів вимірювання опору, як постійному, так і змінному струму. У кожного з них є свої переваги і недоліки. Одним з найширше використовуваних в практиці завдяки своїй простоті і точності є метод, запропонований в 1843 році англійським ученим Чарльзом Уїтстоном, який увійшов до історії під назвою міст Уїтстона.



При зміні змінного опору R_2 можна досягти ситуації, при якій струм через гальванометр текти не буде. В зв'язку з цим можна стверджувати, що через перший і другий опори тече однаковий струм I_2 , а через четвертий і невідомий опори тече однаковий струм I_1 . Враховуючи, що за відсутності струму потенціали точок В і Д рівні, і записавши закон Ома для кожного з чотирьох опорів, можна отримати співвідношення між цими опорами

$$R_1/R_2 = R_x/R_4,$$

з якого, для невідомого опору слідує

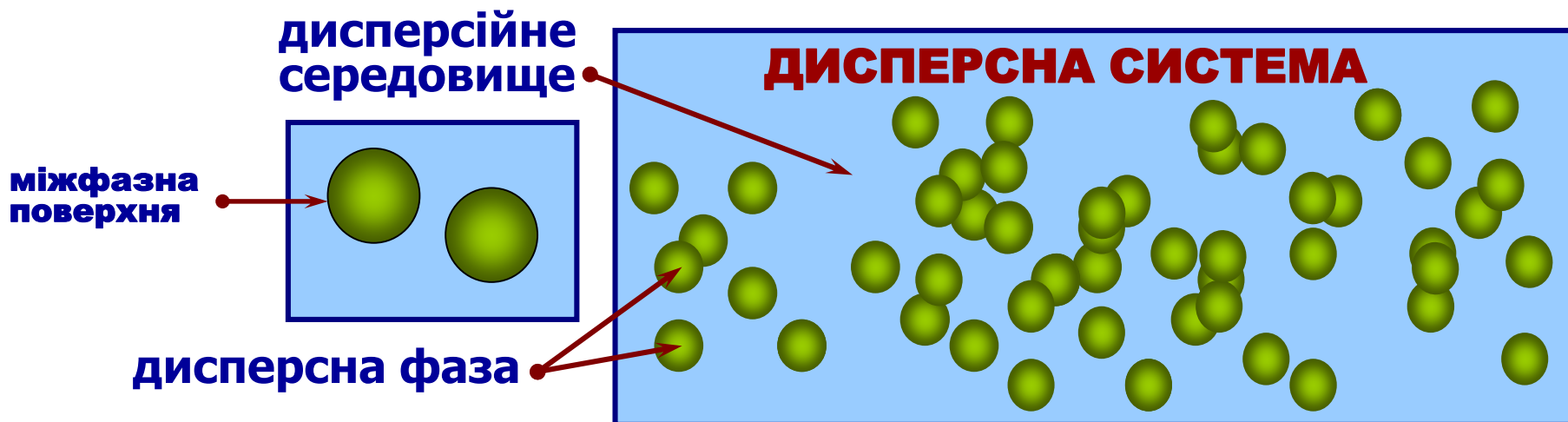
$$R_x = R_1 R_4 / R_2$$

ЕЛЕКТРОКІНЕТИЧНІ ЯВИЩА



КОЛОЇДНА ХІМІЯ ДИСПЕРСНІ СИСТЕМИ ПОВЕРХНЕВІ ЯВИЩА

Колоїдна хімія – фізична хімія **дисперсних систем і поверхневих явищ**. До поверхневих явищ відносять процеси, що відбуваються на межі розділу фаз. Найнаочніше поверхневі явища виявляються в об'єктах з високо розвинутою поверхнею. До таких об'єктів відносять поверхневі шари, нитки, плівки, капіляри, дрібні частинки. Сукупність цих дисперсій разом з середовищем, в якому вони розподілені складає **дисперсну систему**. Дві найбільш істотні ознаки таких об'єктів – **гетерогенність** і **дисперсність**. Гетерогенність припускає наявність міжфазної поверхні, а дисперсність визначається характерними розмірами дрібнішої фази. Таким чином дисперсна система складається як мінімум з двох фаз, одна з яких називається **дисперсійним середовищем**, а інша **дисперсною фазою**.



ПРЯМІ ЕЛЕКТРО-КІНЕТИЧНІ ЯВИЩА

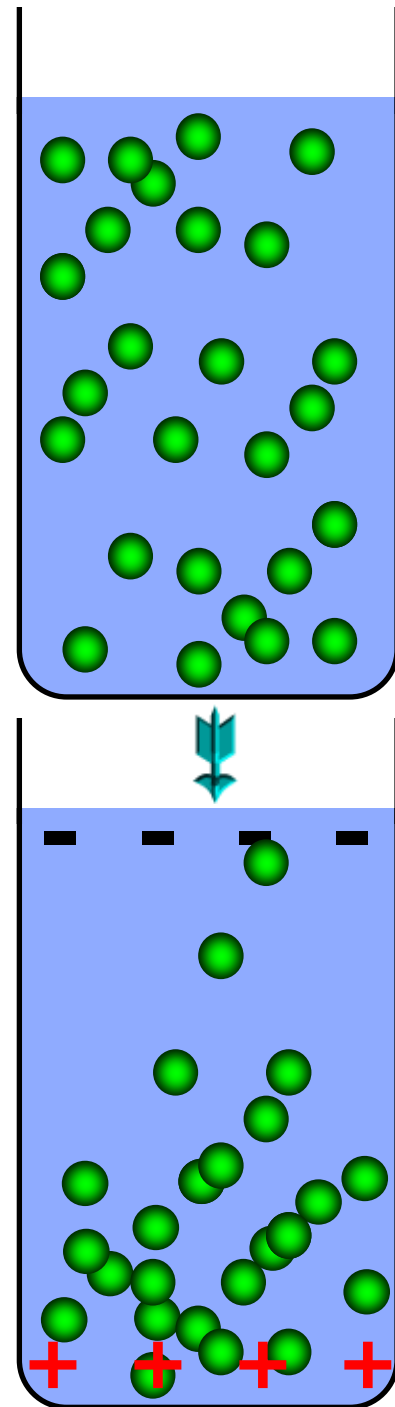
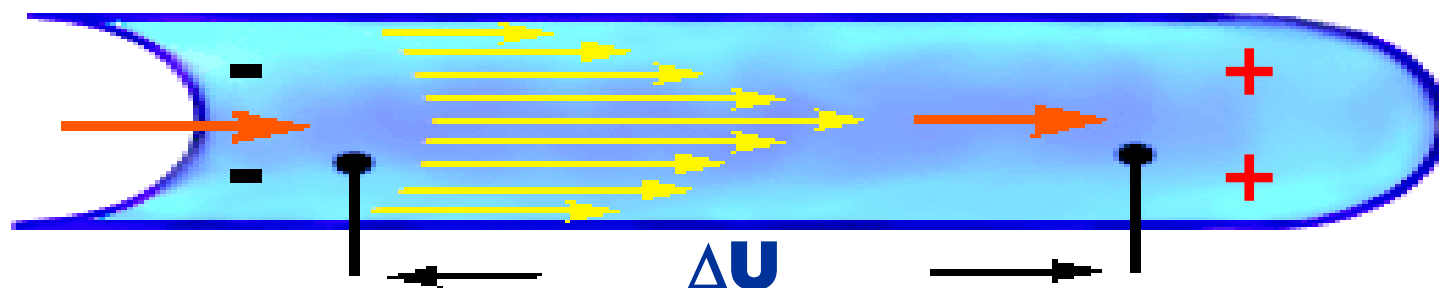
Під дією електричного поля в колоїдних системах виникають декілька явищ, які отримали назву **електро-кінетичних явищ** і виявляються в русі дисперсійного середовища щодо дисперсної фази – **електроосмос**, або русі дисперсної фази щодо дисперсійного середовища – **електрофо-рез**. Електроосмос і електрофорез відкриті **Рейссом** в 1809 році, який спостерігав викликане зовнішнім електричним полем переміщення рідини в U-подібній трубці, перегородженій в нижній частині мембраною з кварцевого піску, і рух глинистих частинок в рідині, що покоїться, при накладанні електричного поля.

ЗВОРОТНІ ЕЛЕКТРОКІНЕТИЧНІ ЯВИЩА

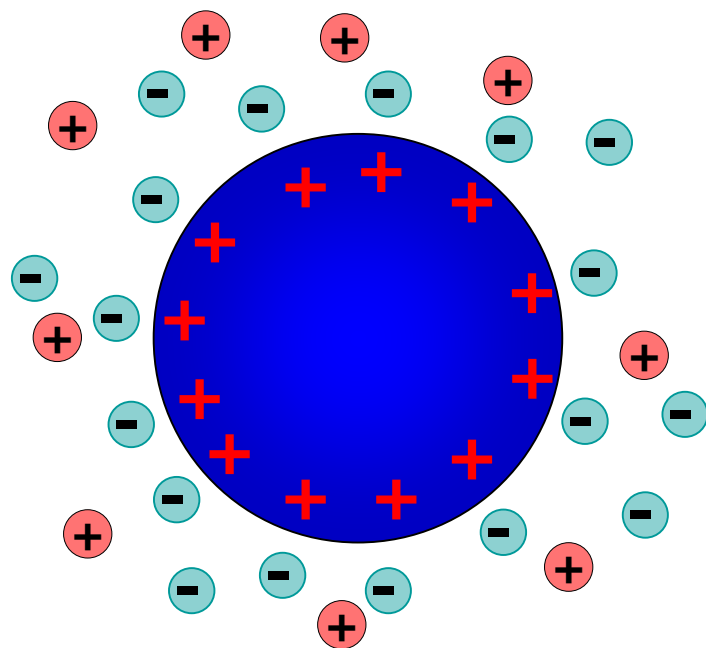
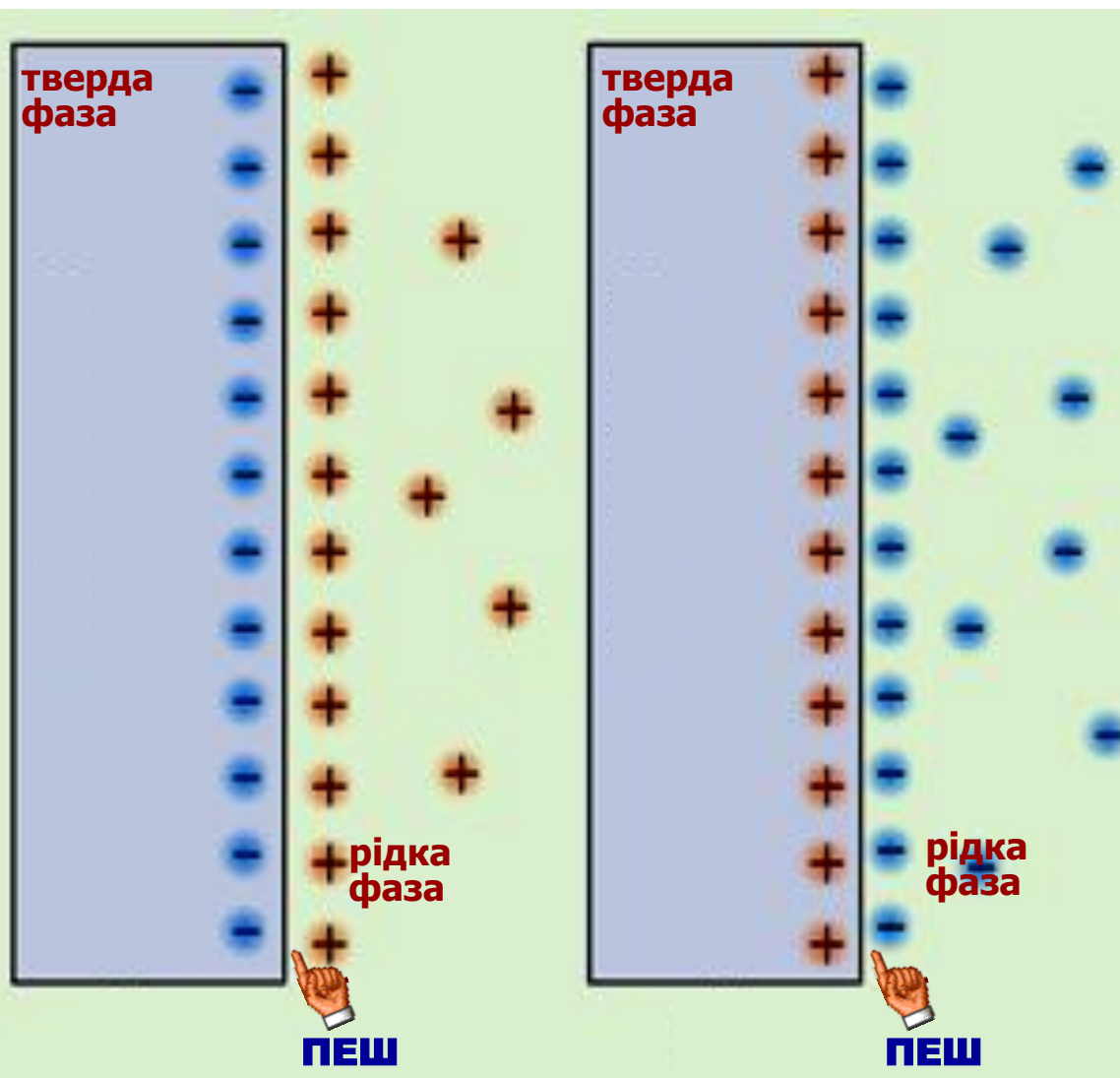
Потенціал осідання (потенціал седиментації) виникає між верхніми і нижніми шарами дисперсної системи при осіданні (седиментації) частинок дисперсної фази, якщо її густина вище за густина дисперсійного середовища. Вказане явище, відкрите **Дорном** в 1880 році, зворотне явищу електрофорезу.

Потенціал течії, відкритий **Квінке** в 1859 році, виникає або на кінцях капіляра, по якому тече рідина, що містить дисперсні частинки, або між перегородженими напівпроникною мембраною судинами при фільтрації через цю мембрану такої ж рідини. Це явище зворотне явищу електроосмосу.

Вказані явища називаються зворотними електрокінетичними явищами тому, що причина і наслідок міняються місцями, а саме – механічний рух фаз приводить до появи електричної різниці потенціалів, а не навпаки, як в прямих електрокінетичних явищах.



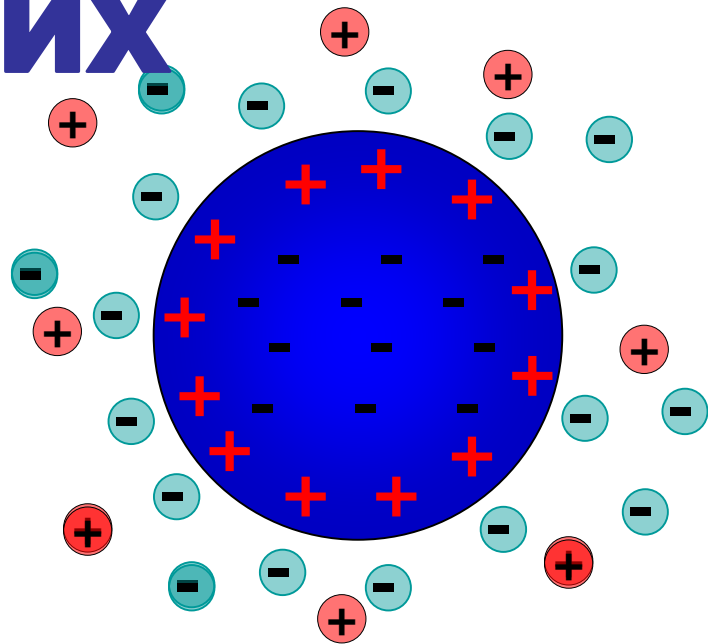
ПОДВІЙНИЙ ЕЛЕКТРИЧНИЙ ШАР



Прагнення гетерогенної системи до зменшення поверхневої енергії викликає певне орієнтування полярних молекул і іонів в поверхневих шарах, внаслідок чого дотичні фази набувають заряди протилежного знаку, але рівні по величині. Таким чином на міжфазній межі утворюється **подвійний електричний шар (ПЕШ)**.

ПРИРОДА ЕЛЕКТРОКІНЕТИЧНИХ ЯВИЩ

Подвійний електричний шар грає головну роль у виникненні електрокінетичних явищ. Зовнішнє електричне поле, направлене уздовж межі розділу фаз, викликає зсув одного з іонних шарів, що створюють подвійний електричний шар, по відношенню до іншого, що приводить до відносного переміщення фаз, тобто до електроосмосу або електрофорезу. Аналогічним чином при відносному русі фаз, що викликається механічними силами, відбувається переміщення іонних шарів подвійного електричного шару, що приводить до просторового розділення зарядів (поляризації) у напрямі руху і до перепаду електричного потенціалу (потенціал течії, потенціал седиментації).



ВИЗНАЧЕННЯ ζ -ПОТЕНЦІАЛА

При відносному переміщенні фаз відбувається розрив ПЕШ по площині ковзання, яка, як правило, проходить по дифузному шару. В результаті дисперсійне середовище і дисперсна фаза виявляються протилежно зарядженими. Потенціал, що виникає при цьому на межі називається **електрокінетичний потенціал або ζ -потенціал**. Швидкість руху частинок дисперсної фази при електрофорезі, а також швидкість руху дисперсного середовища при електроосмосі прямо пропорційні напруженості електричного поля E , діелектричній проникності дисперсійного середовища ϵ і обернено пропорційне в'язкості середовища η . Швидкість руху частинок дисперсної фази при електрофорезі V пов'язана з величиною ζ -потенціала **рівнянням Гельмгольца - Смолюховського** (K – постійна, залежна від форми частинок дисперсної фази; для сферичних частинок $K = 6$):

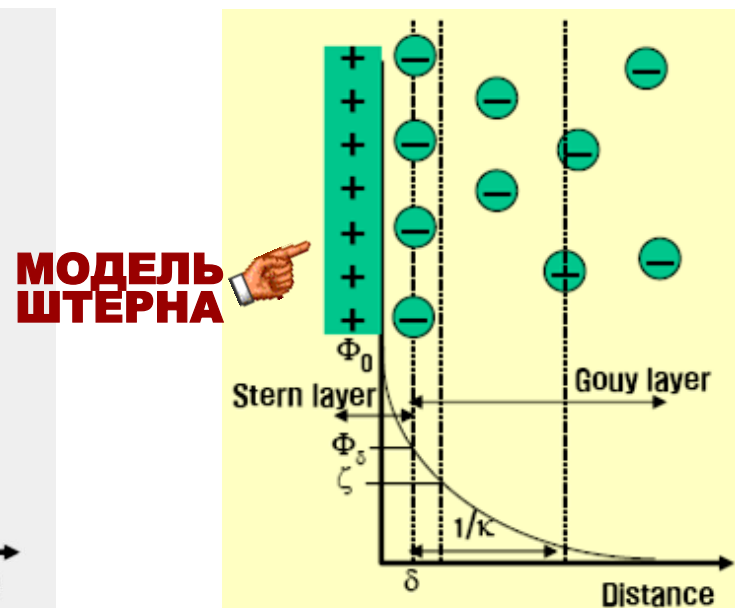
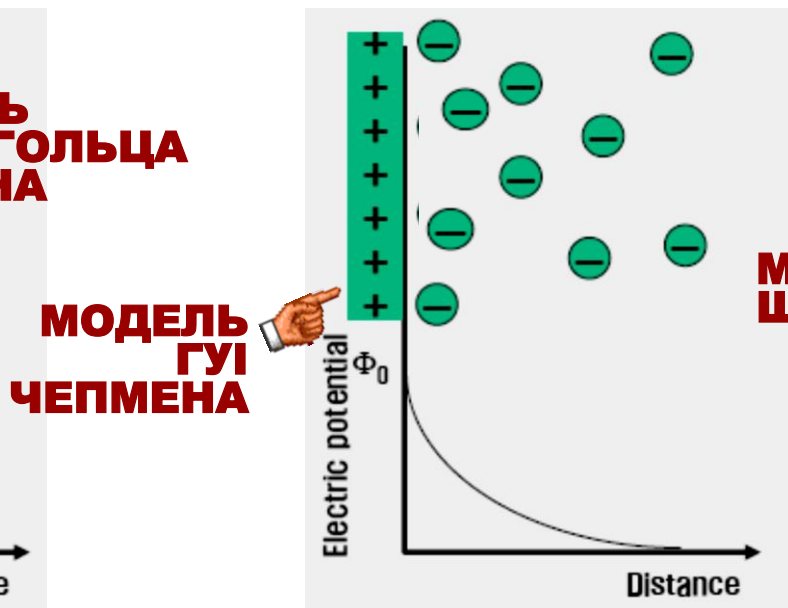
ζ -потенціал  $\zeta = K\pi\eta v / \epsilon E$

У зв'язку з тим, що вимірювання ζ -потенціала в прямому експерименті неможливо тому, що він виявляється на атомних відстанях, не-прямим чином його можна визначити по рівнянню Гельмгольца - Смолюховського.

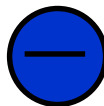
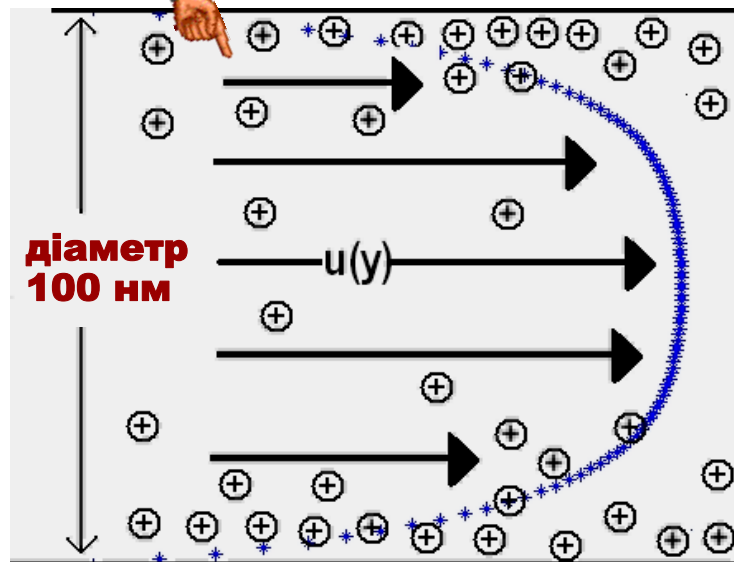
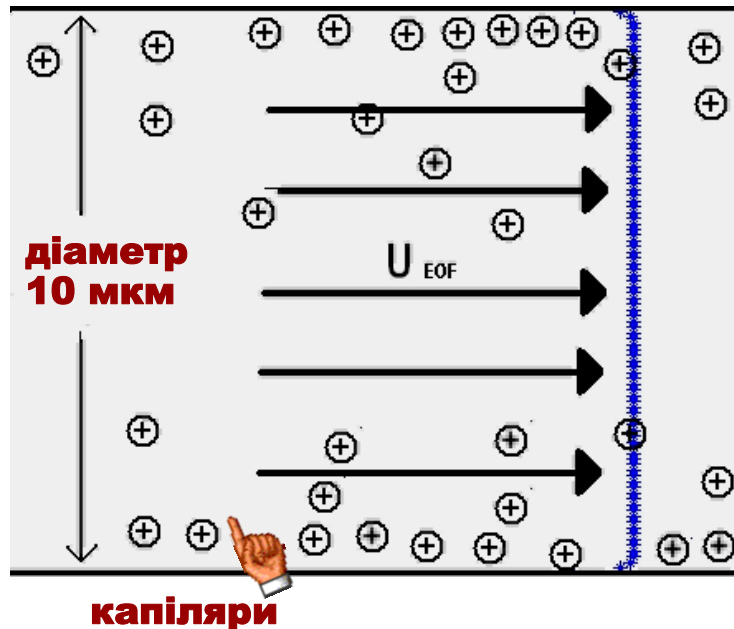


ПРИРОДА ПЕШ

Перша теорія будови ПЕШ була розвинена Гельмгольцом і Перреном; у їх уявленні ПЕШ подібний до плоского конденсатора, внутрішня обкладинка якого знаходиться в твердій фазі, а зовнішня – в рідині паралельно поверхні на відстані приблизно діаметру іона. Потенціал електричного поля усередині ПЕШ Φ в цьому випадку лінійно зменшується із збільшенням відстані від поверхні r . Пізніше Гуї і Чепмен запропонували іншу модель, згідно якої протийони, завдяки тепловому руху, утворюють поблизу твердої поверхні дифузну йонну атмосферу. Зменшення електричного потенціалу ПЕШ Φ із збільшенням відстані r в цьому випадку відбувається нелінійно. Запропонована Штерном модель будови ПЕШ об'єднує ранні моделі, враховуючи як адсорбцію протийонів, так і їх тепловий рух. Згідно цієї моделі, що є в даний час загальноприйнятною, частина протийонів знаходиться на відстанях порядку діаметру іона від поверхні, утворюючи так званий шар Гельмгольца (адсорбційний шар протийонів), а інша частина утворює дифузний шар (так званий шар Гуї).

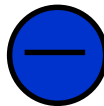


ДЕМОНСТРАЦІЯ РОЛІ ДИСПЕРСНОСТІ



При русі рідини по капілярах частка рідини, яка бере участь у формуванні абсорбційного і дифузного шарів тим більше, чим тонше капіляр. В зв'язку з цим ефекти обумовлені електрокінетичними явищами виявлятимуться значно сильніше саме в більш тонкому капілярі.

Якщо діаметр сферичної дисперсної частинки зменшити, наприклад, в 100 раз, то площа бічної поверхні частинки зменшиться в 10000 раз, а об'єм, а значить і маса, в 1000000 раз. Як і в попередньому прикладі, це означає, що частка відповідних шарів на одиницю маси зросте. Наприклад сила, яка буде діяти на таку частинку з боку електричного поля буде менше в 10000 раз, проте за рахунок меншої маси частинка придбає під дією цієї сили в 100 раз більше прискорення.



ЛІКАРСЬКИЙ ЕЛЕКТРОФОРЕЗ

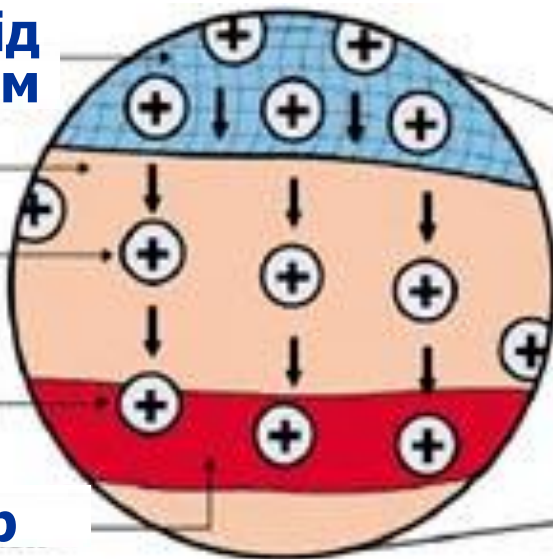
Електрокінетичні явища лежать в основі одного з найширше використовуваних методів введення лікарських речовин – лікарського електрофорезу. Метод заснований на тому, що в розчині, як і в тканинній рідині, багато лікарських речовин розпадаються на іони і залежно від їх заряду вводяться з того або іншого електроду. Цей різновид методу називається іонофорезом. Якщо ж таким чином вводяться лікарські речовини у вигляді частинок, колоїдів, крапельок, то – катафорезом. Електрофорез лікарський - це один з методів фізіотерапії, який полягає в одночасній дії на організм постійного електричного струму і лікарських речовин, що вводяться при цьому (через шкіру або слизові оболонки). Доведено, що при електрофорезі підвищується чутливість рецепторів до лікарських речовин, які повністю зберігають свої фармако-логічні властивості.

прокладка під
електродом

шкіра

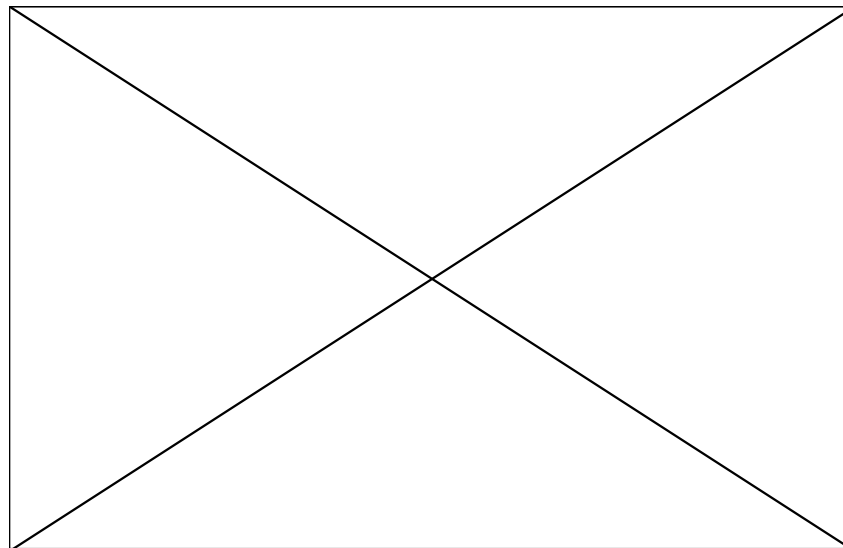
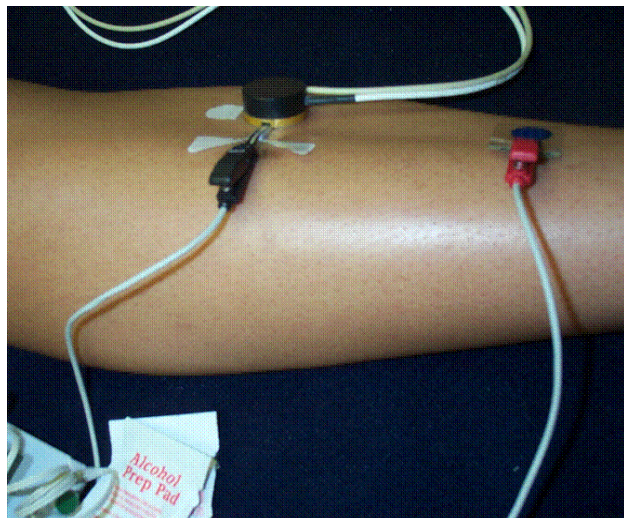
йони
лікарської
речовини

капіляр



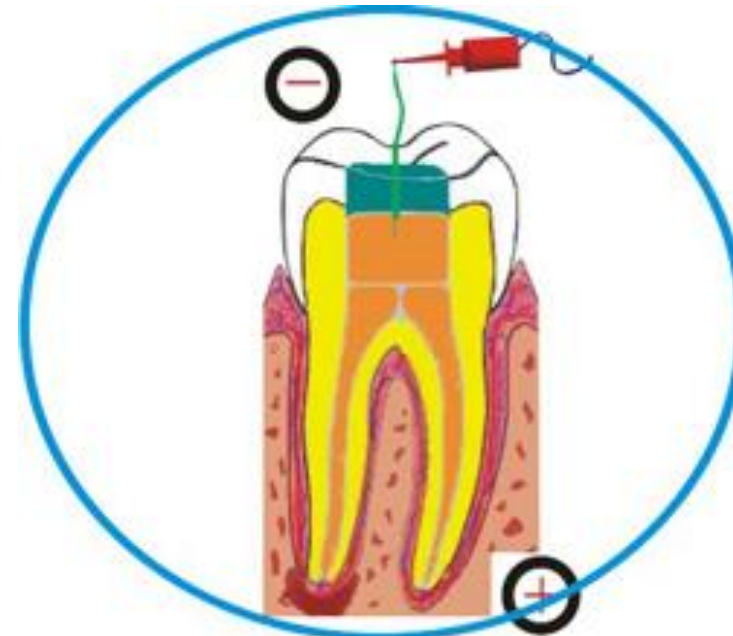
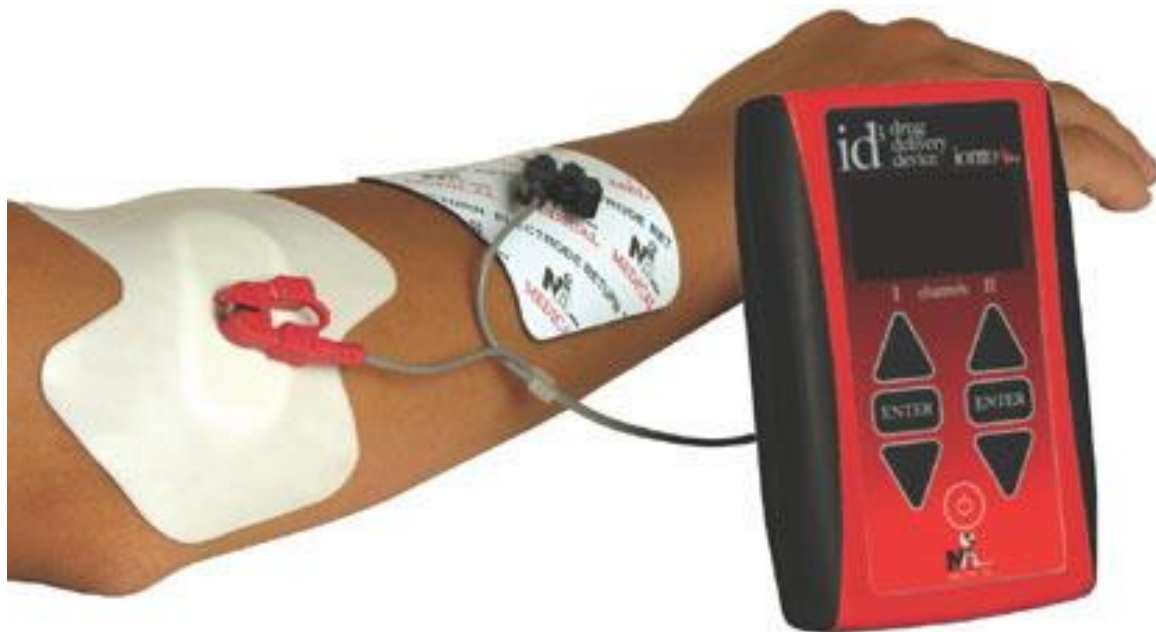
ЛІКАРСЬКИЙ ЕЛЕКТРОФОРЕЗ

У ряді випадків для електрофорезу ви-користовують також імпульсний струм пос-тійного напрямку, що підвищує лікувальний ефект методу. Для електрофорезу обидва електроди з прокладками, змоченими роз-чином лікарської речовини, розташовують на шкірі або один з них поміщають в порожнини носа, вуха, в піхву і тому подібне; в деяких випадках замість прокладки ви-користовують ванну з розчином лікарської речовини, в яку опущений вугільний елек-трод.



ЛІКАРСЬКИЙ ЕЛЕКТРОФОРЕЗ

Електрофорез застосовують при захворюваннях центральної і периферичної нервової системи, опорно-рухового апарату, гінекологічних захворюваннях, захворюваннях серцево-судинної системи, в онкологічній практиці, при стоматологічних патологіях, при лікуванні туберкульозу і так далі. Крім того, широко використовують електрофорез ліків з розчинів, заздалегідь введених в порожнинні органи.



ЛІКАРСЬКИЙ ЕЛЕКТРОФОРЕЗ

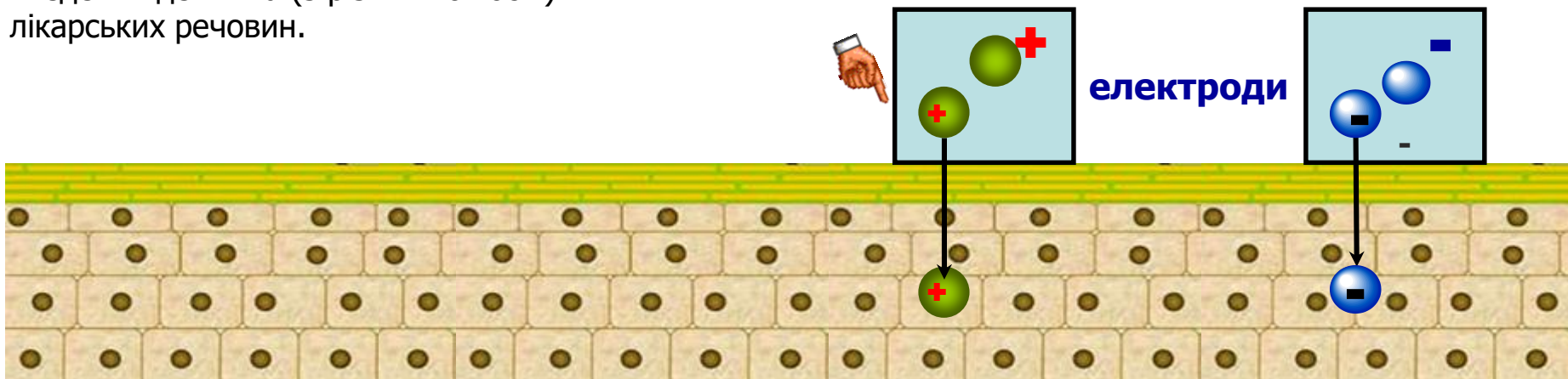
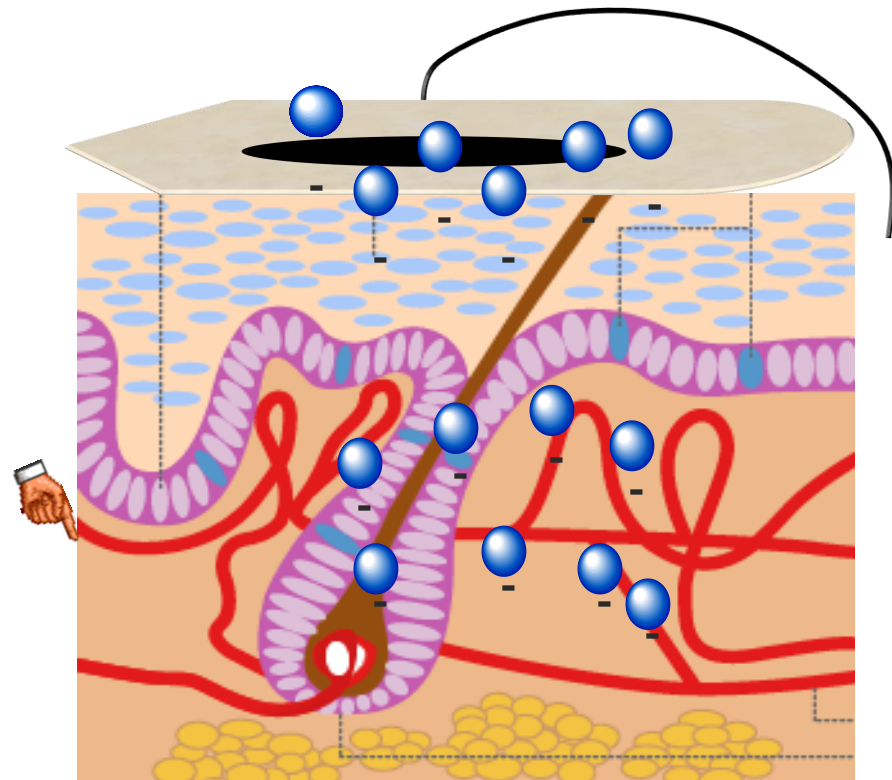
Проте не всі лікарські речовини можуть бути використані для електрофорезу. Деякі лікарські засоби під дією струму змінюють свої фармакологічні властивості, можуть розпадатися або утворювати з'єднання, що надають шкідливу дію. Тому, при необхідності використовувати для лікарського електрофорезу яку-небудь речовину, заздалегідь вивчають її здатність проникати через шкіру під дією гальванічного струму, визначають оптимальну концентрацію розчину лікарської речовини для електрофорезу, особливості розчинника. Так, знайшов практичне застосування універсальний розчинник диметилсульфоксид (ДМСО), який, не змінюючи фармакологічних властивостей лікарської речовини, сприяє проникненню її через шкіру. Концентрація більшості лікарських розчинів, вживаних для електрофорезу, складає 1-5 %.



ПЕРЕВАГИ ЕЛЕКТРОФОРЕЗУ

Введення лікарських речовин методом електрофорезу має ряд переваг в порівнянні із звичайними способами їх використання:

1. лікарська речовина діє на фоні зміненого під впливом гальванічного струму електрохімічного режиму клітин і тканин;
2. лікарська речовина поступає у вигляді іонів, що підвищує її фармакологічну активність;
3. утворення "шкірного депо" збільшує тривалість дії лікарського засобу;
4. висока концентрація лікарської речовини створюється безпосередньо в патологічному осередку;
5. не дратується слизова оболонка шлунково-кишкового тракту;
6. забезпечується можливість одночасного введення декілька (з різних полюсів) лікарських речовин.



ЕЛЕКТРОКІНЕТИЧНІ ЯВИЩА В ОРГАНІЗМІ

Електрокінетичні явища, що відбуваються в складних гетерофазних системах – клітинах і тканинах живих організмів, як в нормі, так і в патології, обумовлені фізико-

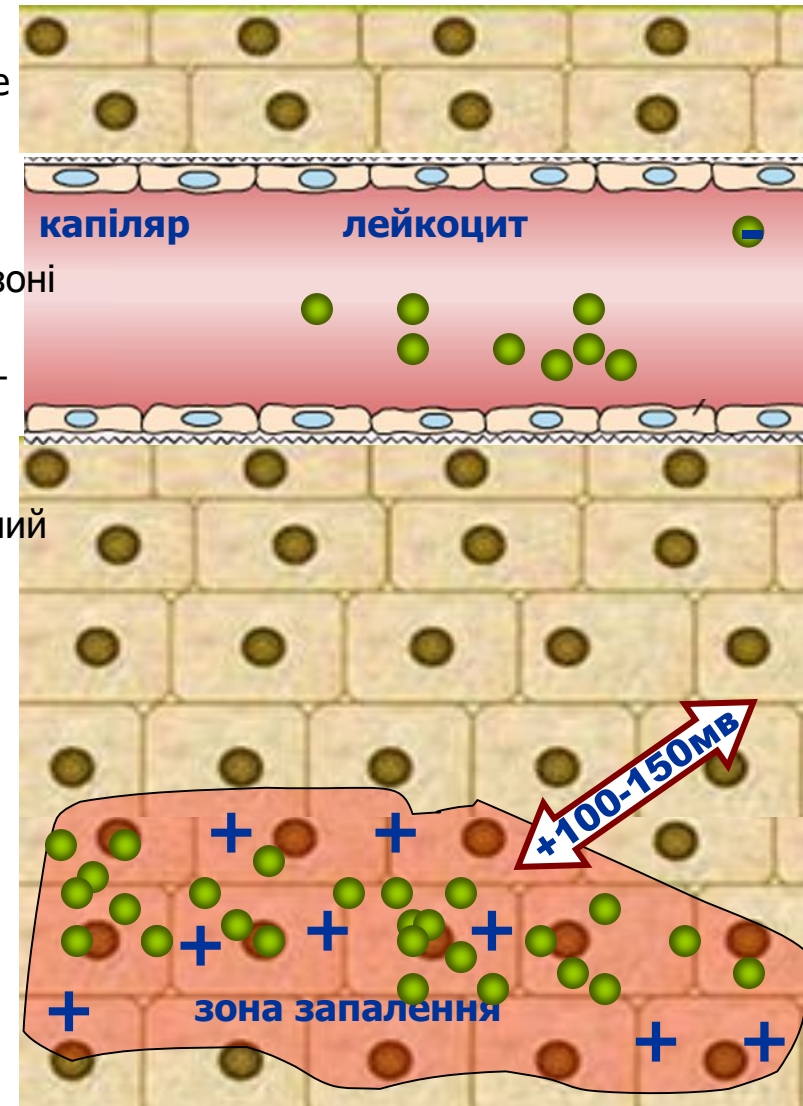
хімічними властивостями поверхні біосубстратів. Ці явища грають важливу роль в багатьох біологічних процесах. Нижче ми розглянемо декілька прикладів таких процесів.

Процеси руйнування білків, вуглеводів і так далі

у зоні запалення приводять до накопичення іо-

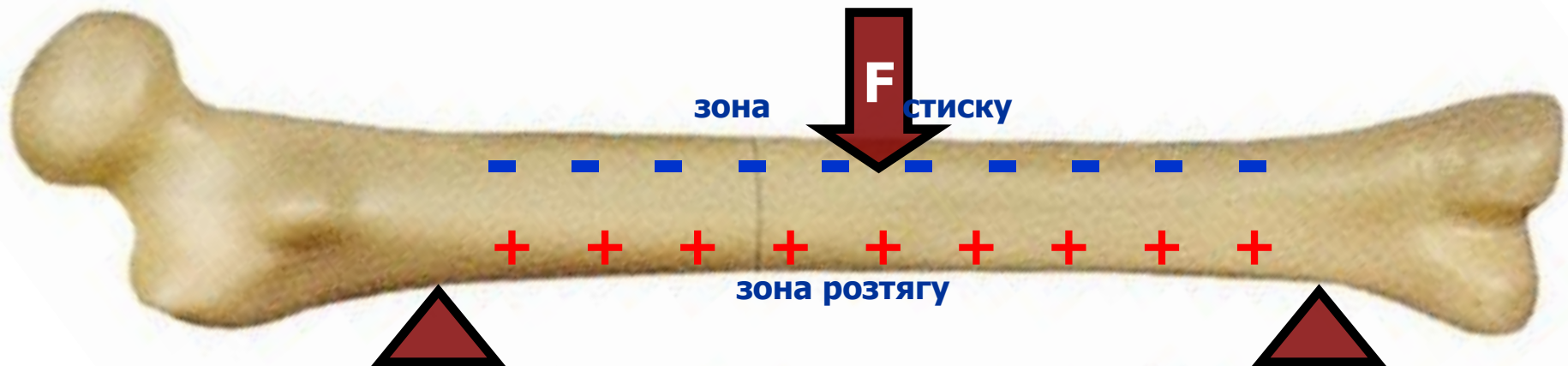
нів калія і органічних кислот, в результаті чого тканина в цій зоні набуває позитивного потенціалу по відношенню до непошкодженої ділянки, величина якого може досягати (100 – 150) мВ.

Це приводить до прискореної електрофоретичної міграції лейкоцитів, що мають негативний електрокінетичний потенціал, з капілярів до вогнища запалення. Тут лейкоцити поглинають мікроби, залишки зруйнованих матеріалів і за допомогою внутріклітинних ферментів піддають їх переварюванню (процес фагоцитозу).



ЕЛЕКТРОКІНЕТИЧНІ ЯВИЩА В ОРГАНІЗМІ

Кісткові клітини – остеоцити – розташовані порівняно далеко від кровоносних судин, по яких доставляються живильні речовини для їх будівництва. Крім того власні канали в кістці складають лише 3% площі поперечного перетину, що також утруднює дифузію живильних речовин. Як виявилось, істотну допомогу в доставці живильних речовин надають електрокінетичні явища, обумовлені п'єзоелектричними властивостями кістки. Ці властивості полягають в тому, що при деформації кістки в зоні стиску виникає негативний потенціал, а в зоні розтягу – позитивний. Позитивні іони і позитивно заряджені молекули живильних речовин притягуються до негативно зарядженої області, забезпечуючи її необхідним будівельним матеріалом. Фізіологічні деформації скелета, які постійно виникають при його функціонуванні служать таким чином своєрідним насосом для доставки необхідних матеріалів. Вказане явище можна використовувати і для стимулювання створення кісткової мозолі в місці перелому, шляхом штучного створення відповідного потенціалу.



ЕЛЕКТРОФОРЕЗ НА НОСІЄВІ

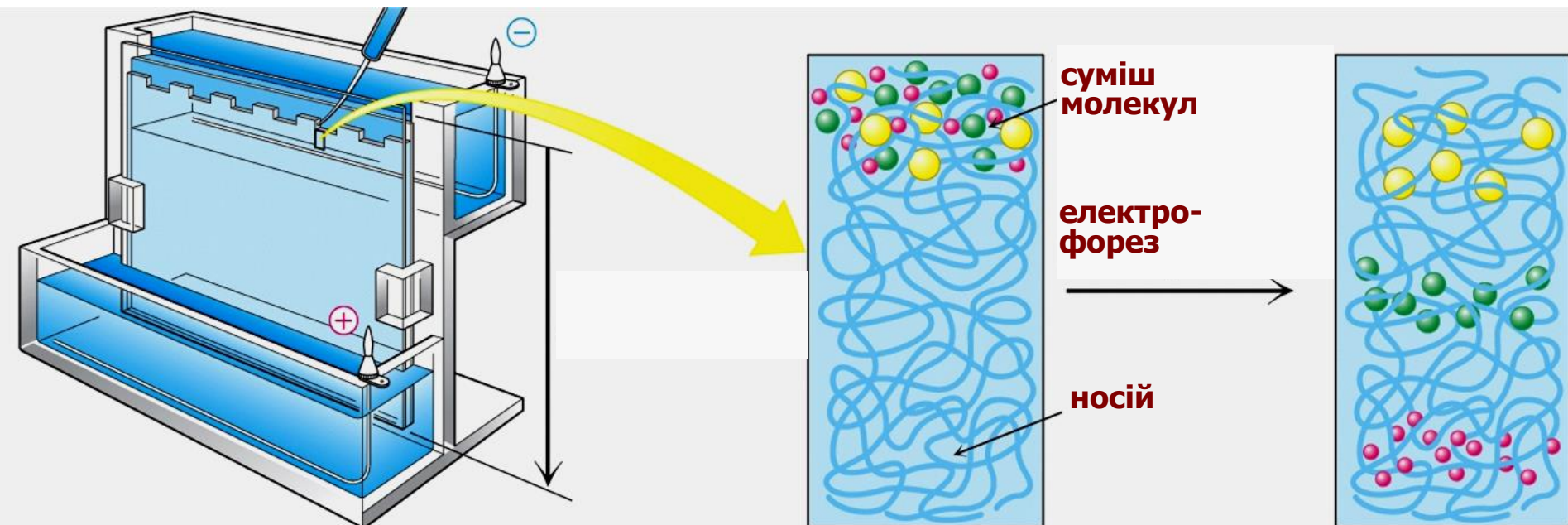
Білки і інші заряджені макромолекули можна розділяти методами електрофорезу. У плазмі крові людини міститься біля 100 різних білків. По рухливості при електрофорезі їх можна розділити на п'ять фракцій: альбумін, α_1 -, α_2 -, β - і γ -глобуліни. Серед різних електрофоретичних методів найбільш простим є електрофорез на носіїв, особливо на ацетилцеллюлозній плівці. При цьому білки, які із-за наявності надмірного негативного заряду рухаються до анода, розділяються на п'ять вищезазначених фракцій. Після розділення білки можна забарвлювати за допомогою фарбників і оцінювати кількість білків в отриманих забарвлених смугах. При певних захворюваннях змінюються концентрації окремих білків (так звані диспротеїнемії).

sample
liquid



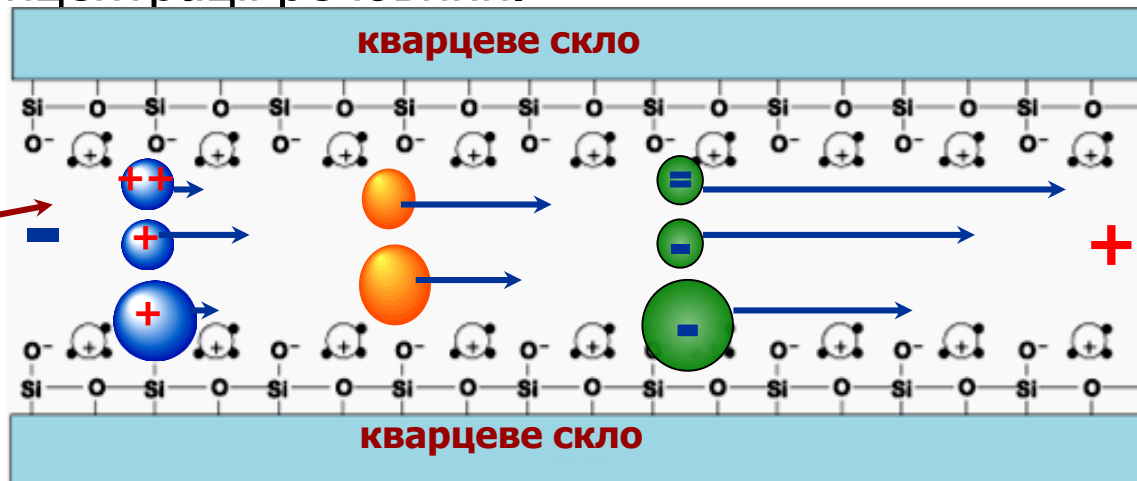
gel or
capillary

elec
fie



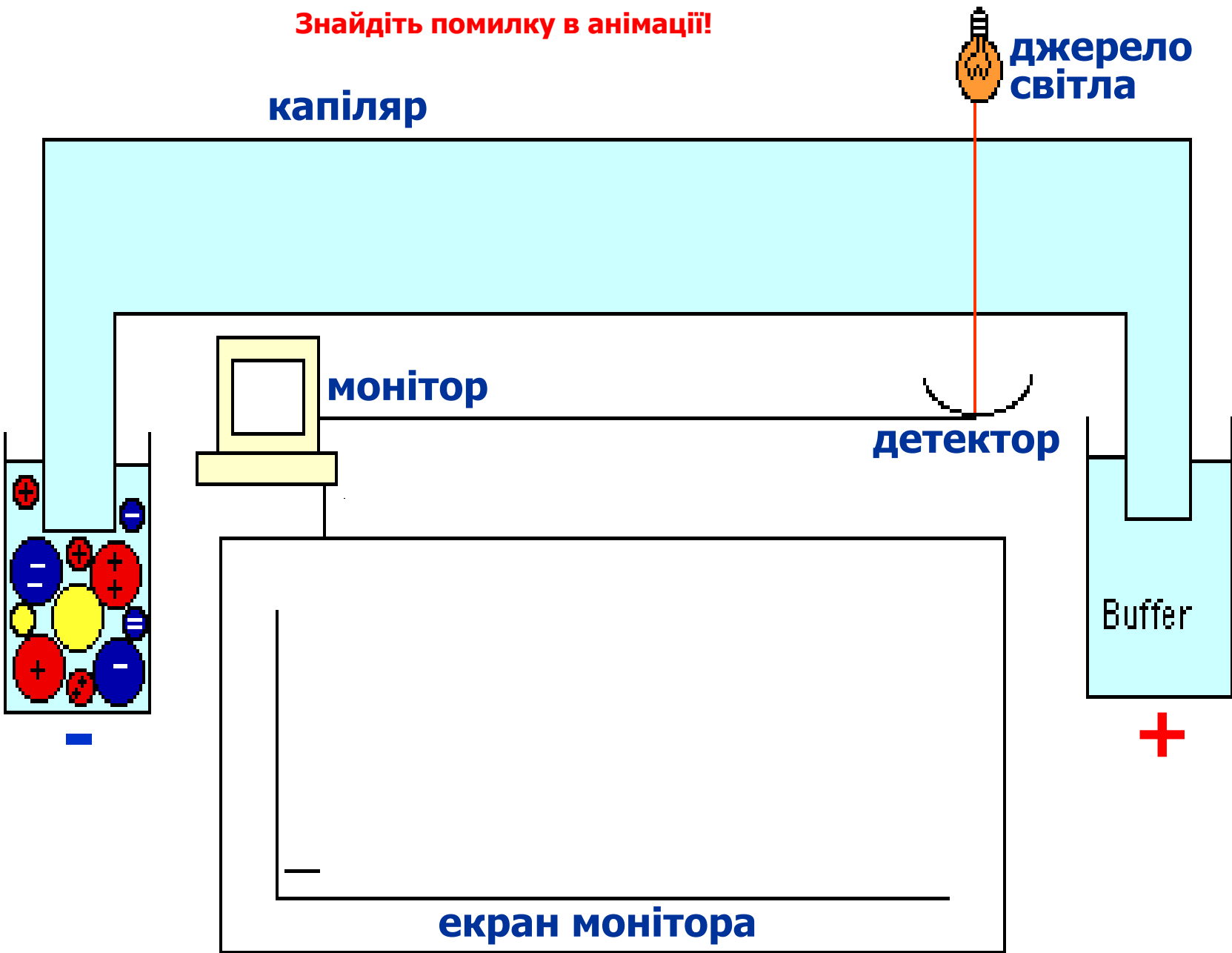
КАПІЛЯРНИЙ ЕЛЕКТРОФОРЕЗ

Метод капілярного електрофорезу заснований на розділенні компонентів складної суміші в кварцевому капілярі під дією електричного поля. Мікрооб'єм досліджуваного розчину вводять в капіляр, заповнений електролітом. Під дією високої напруги (до 30 кВ), компоненти суміші починають рухатися по капіляру з різною швидкістю, залежною від знаку і величини заряду і величини іонного радіусу і в різний час досягають зони детектування. Швидкість конкретного компоненту визначається напрямом електроосмотичного потоку (загального потоку рідини) і електрофоретичного потоку (залежного від знаку заряду відповідного компоненту). В зв'язку з цим з найбільшою швидкістю рухаються ті компоненти, для яких ці напрями співпадають, нейтральні компоненти відстають і ще більш відстають компоненти з протилежним напрямом цих потоків. Певне значення має також маса частинки, що рухається. Зареєстрована детектором послідовність піків називається електрофореграмою, при цьому якісною характеристикою речовини є час міграції, тобто час досягнення детектора, а кількісною – величина піку, яка пропорційна концентрації речовини.

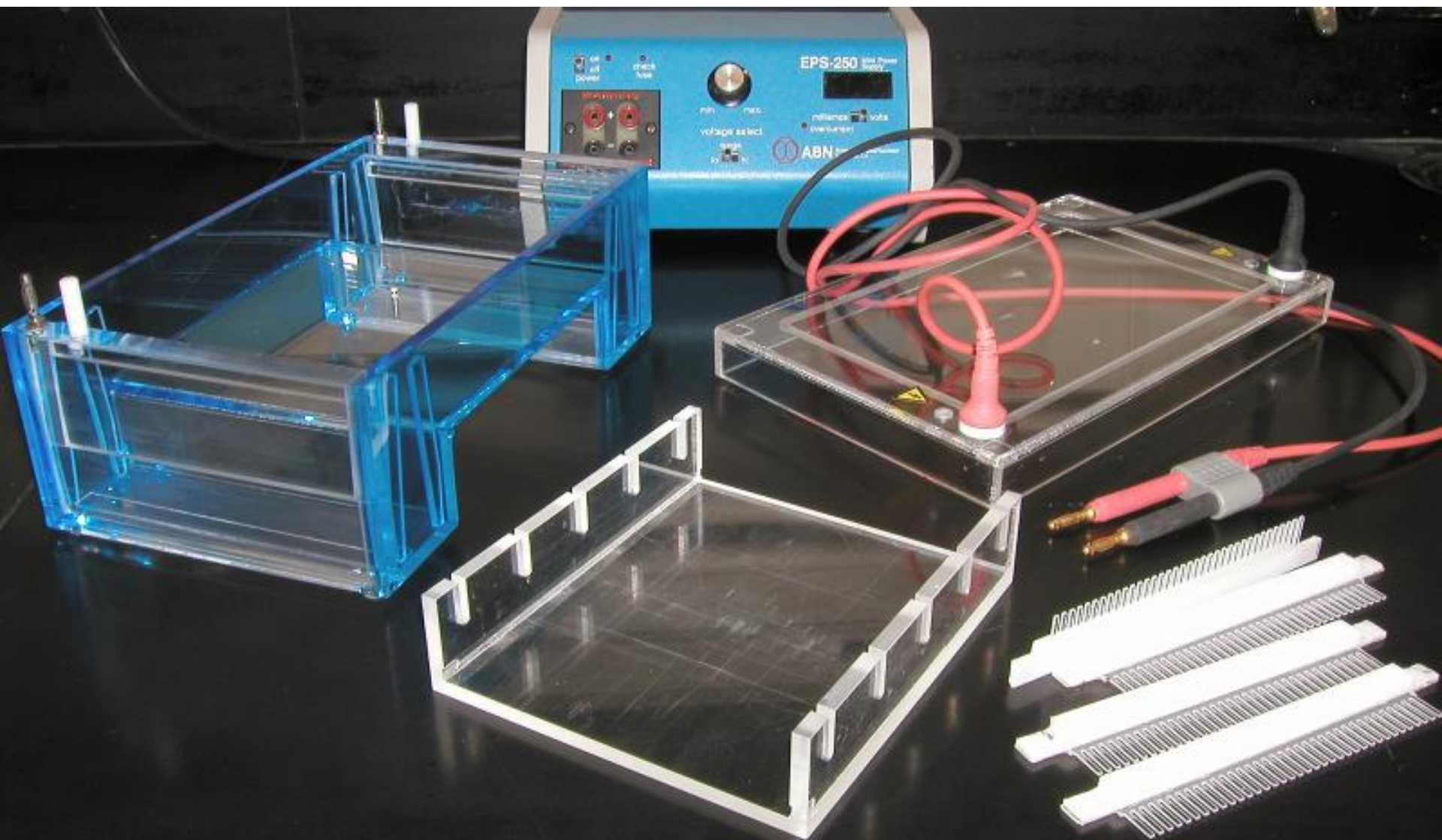


КАПІЛЯРНИЙ ЕЛЕКТРОФОРЕЗ

Знайдіть помилку в анімації!

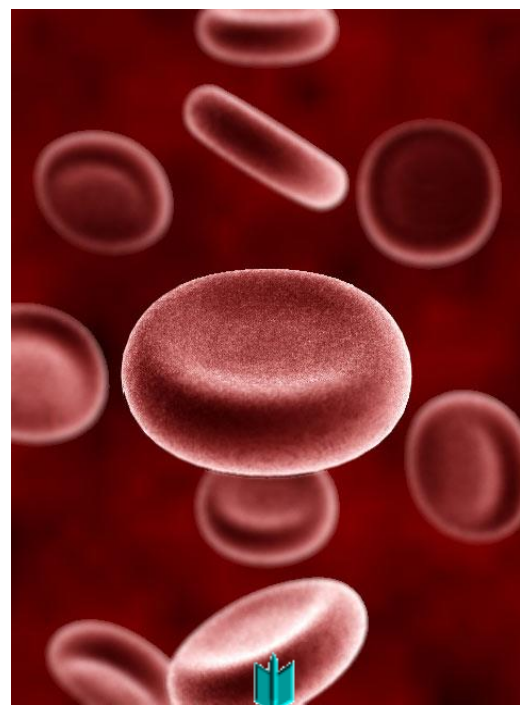


УСТАНОВКА ДЛЯ ЭЛЕКТРОФОРЕЗУ



ШВИДКІСТЬ ОСІДАННЯ ЕРИТРОЦИТІВ

Густина еритроцитів перевищує густину плазми, тому вони поволі осідають на дно пробірки. Швидкість, з якою відбувається осідання еритроцитів в основному визначається ступенем їх агрегації, тобто їх здатністю злипатися разом. Через те, що при утворенні агрегатів зменшується відношення поверхні частинок до їх об'єму, опір агрегатів еритроцитів тертю виявляється менше ніж сумарний опір окремих еритроцитів; у зв'язку з цим швидкість осідання збільшується. Агрегація еритроцитів залежить від їх електричних властивостей і білкового складу плазми крові. У нормі еритроцити несуть негативний заряд і відштовхуються один від одного. Ступінь агрегації (а значить і ШОЕ) підвищується при збільшенні концентрації в плазмі т.з. білків гострої фази — маркерів запального процесу. Навпаки, ШОЕ знижується при збільшенні концентрації альбуміну. ζ -потенціал еритроцитів обумовлений дисоціацією кислотних груп молекул мембранних фосфоліпідів і не залежить від адсорбції. У нормі він рівний 16,3 мВ і не залежить ні від групи крові, ні від статі, ні від віку, ні від ступеня гемолізу. Міняється він тільки в тому випадку, якщо відбуваються зміни фізико-хімічного складу самої клітини. Це спостерігається при деяких захворюваннях, наприклад при лімфосаркомі і гемобластозі. Таким чином вимірювання ζ -потенціалу еритроцитів дозволяє діагностувати зазначені патології.



ЕЛЕКТРОФОРЕЗ БІЛКІВ

Знак заряду, який набуває молекула білка залежить від типу розчину. Так в кислому розчині молекула білка набуває позитивного заряду, а іони Cl^- переходять в розчин і визначають його надмірний заряд. У лужному розчині молекула білка набуває негативного заряду, а надмірний заряд розчину пов'язаний з позитивними іонами Na^+ .



КИСЛИЙ РОЗЧИН



ЛУЖНИЙ РОЗЧИН

Рухливість молекул білка в електричному полі визначається, як типом білка, тобто масою молекули, так і ступенем його полімеризації, тобто довжиною білкової молекули.



Peptide bond

