

Қазақстан Республикасының білім және ғылым министрлігі  
әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті



# «Биожүйелердің электрөткізгіштігі»

**Орындаған:** Ораз Жайна  
Сағатова Салтанат  
Төлегенқызы Жансая  
Шаңдыбаева Ақбота  
**Тексерген:** Қайрат Б.Қ.

Алматы – 2019 жыл

# Жоспар

## I Кіріспе

## II Биожүйелердің электрөткізгіштігі

1. Биологиялық ұлпалардың электрөткізгіштігінің ерекшеліктері
- 2.. Поляризация түрлері
3. Гальванизация. Терапиялық
4. Айнымалы ток үшін жасушалар мен ұлпалардың электрөткізгіштігі
5. Дисперсия түрлері
6. Реография

## III Қорытынды

## Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

# Кіріспе

Дененің ұлпалары электрлік қасиеттері бойынша өте гетерогенді орта болып табылады. Ұлпалардың тығыз бөлігін құрайтын органикалық заттар (белоктар, майлар, көмірсулар және т.б.) негізінен диэлектриктер болып табылады. Алайда, ағзадағы барлық ұлпалар мен жасушалар сұйықтықтардан тұрады немесе олармен жуылады (қан, лимфа, әртүрлі тіндік сұйықтықтар). Бұл сұйықтықтардың құрамына органикалық коллоидтардан басқа электролиттердің ерітінділері енеді, сондықтан олар салыстырмалы түрде жақсы өткізгіштер болып табылады.

# Тірі ұлпалар композициялық орта болып табылады: ұқсас компоненттердің көлемдік үйлесімі

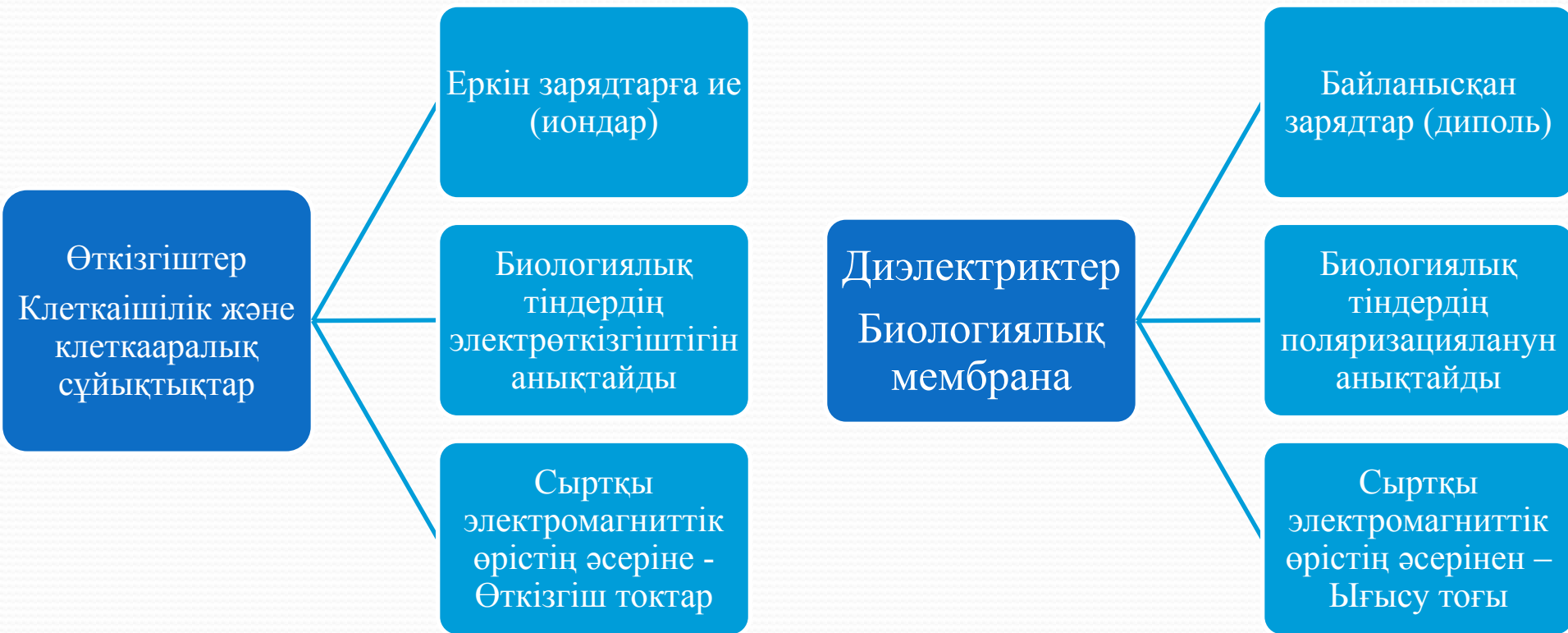
## Өткізгіштер

- бұл электр өрісінің әсерінен қозғалатын бос зарядтары бар заттар.
- өткізгіш токтар

## Диэлектриктер

- барлық зарядтар қозғалыссыз = байланысты зарядтар
- биологиялық ұлпалардың поляризациясын анықтайды

# Биологиялық ұлпалар



# Биологиялық тіңдердің электрөткізгіштік ерекшеліктері

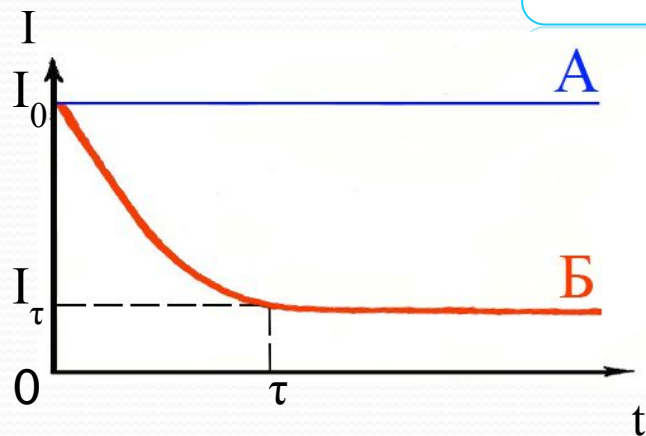
1. Қиындық және динамика.
2. Қоршаған орта жағдайларына байланысты өзгеруі.
3. Функционалды жағдайға тәуелділік:
  - Қабыну кезінде  $\Rightarrow g$
  - Ылғалдылық жоғарылағанда  $\Rightarrow g$

Биологиялық тірі ұлпалардың электр өткізгіштігі мыналармен анықталады:

1. бос иондардың болуы;
2. поляризация құбылыстары.

● **Биологиялық объектілер үшін Ом заңы қолданылмайды.**

$$I = \frac{U - \varepsilon_{\text{пол}}(t)}{R}$$



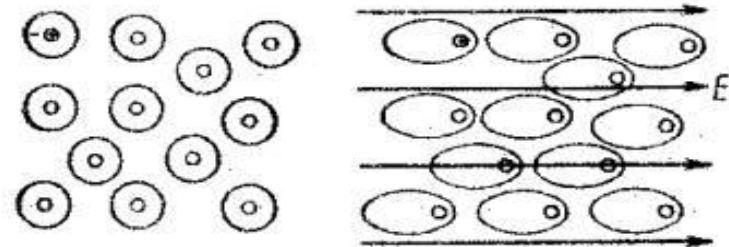
А – поляризация болмаған кездегі токтың мәні;  
Б – поляризация кезінде.

# Поляризация және оның түрлері

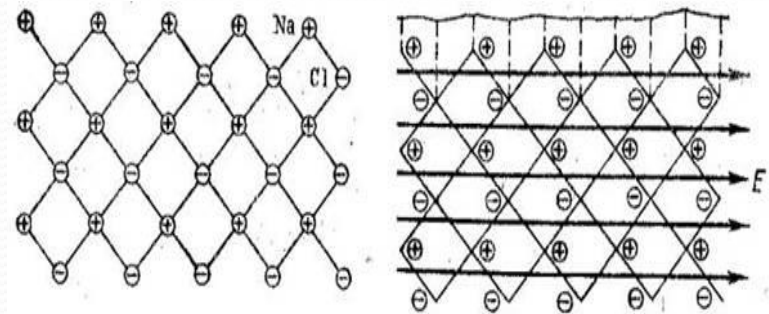
Электр өрісінің әсерінен байланысқан зарядтардың қозғалуы және олардан сыртқы өріске бағытталған электр қозғаушы күшінің пайда болу процесі **поляризация** деп аталады.

## ПОЛЯРИЗАЦИЯ ТҮРЛЕРІ

1. **Электрондардың поляризациясы** - бұл атомдардың және иондардың оң зарядталған ядроларына қатысты электрондардың орбиталарында жылжуы.

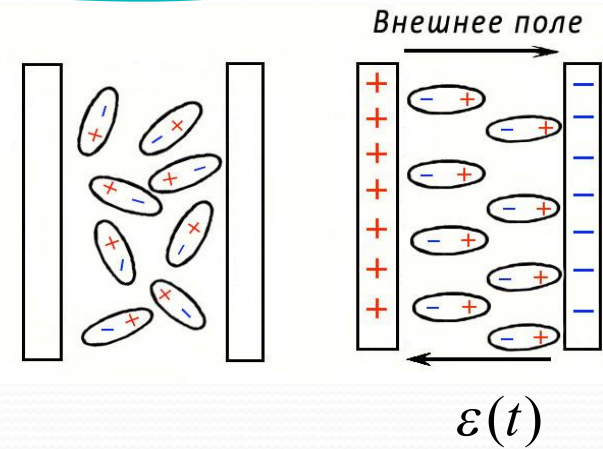


2. **Ион поляризациясы** - ионның кристалдық торға қатысты ығысуы.

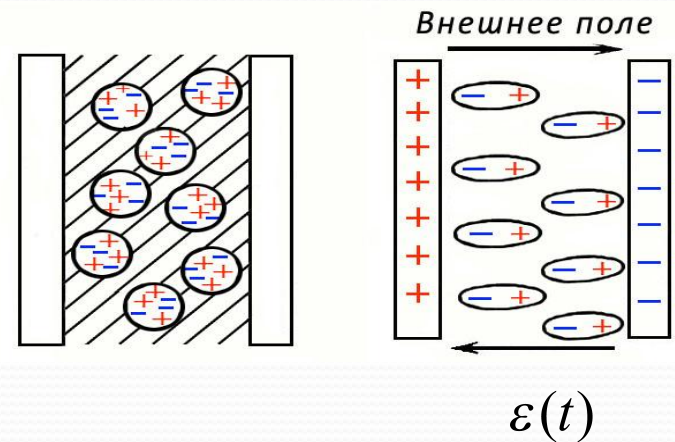




**3. Диполь (бағдар) поляризациясы.** Егер заттың құрамында полярлы молекулалар болса және бұл молекулалар бос болса, сыртқы өрістің әсерінен олар осы өріске сәйкес бағытталады.

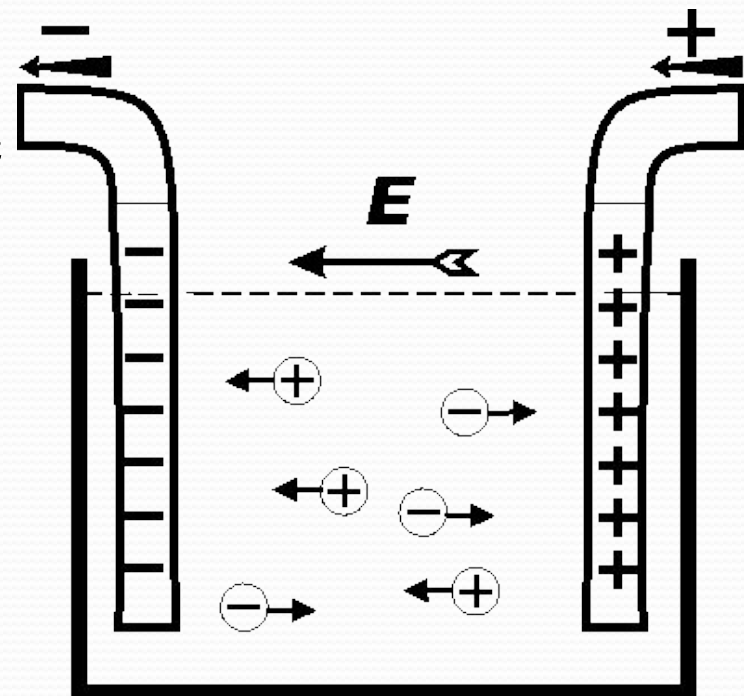


**4. Макроқұрылымның поляризациясы** электр өрісінің әсерінен заттың электр қасиеттерінің гетерогенділігіне байланысты жүреді.



5. **Беттік поляризация** екі қабатты электр қабаты бар беттерде жүреді. Сыртқы өріс қолданылған кезде қос электр қабатының диффузиялық бөлігінің иондары қайта бөлінеді: дисперсті фазаның бөлшектері бір бағытқа, ал екіншісінде диффузиялық қабат иондары басқа бағытқа ығысады.

6. **Электролит поляризациясы** электролит ерітіндісіне түскен электродтар арасында электр тогын өткізген кезде пайда болады.



# Диэлектрлік өтімділік

$$\varepsilon = \frac{E_0}{E}$$

$E_0$

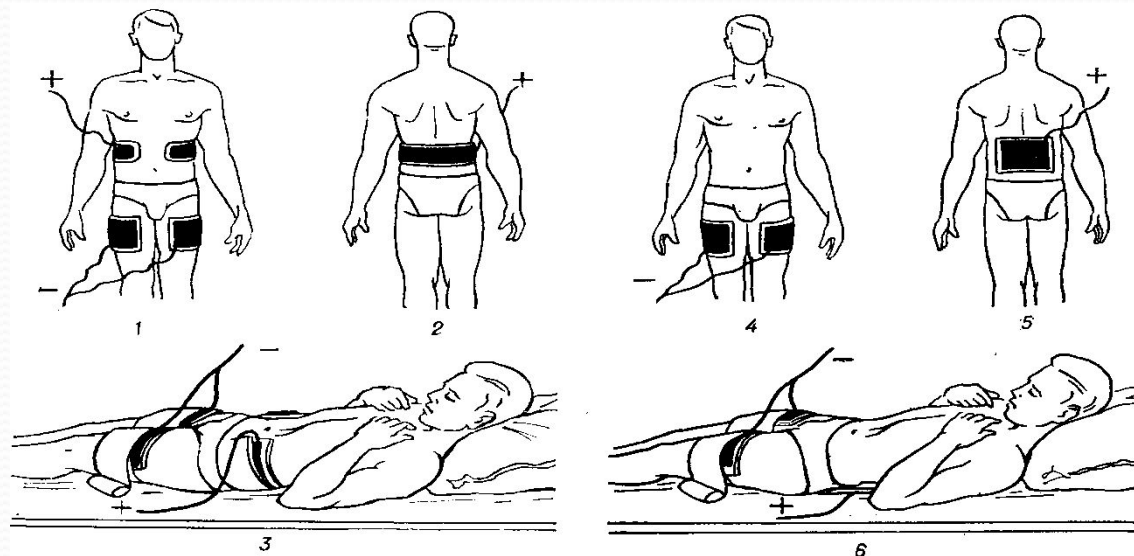
-Вакуумдағы электр өрісінің кернеу модулі

$E$

- диэлектрик ішіндегі электр өрісінің кернеу модулі

$\varepsilon$  поляризация нәтижесінде диэлектрик ішіндегі электр өрісінің өлшемі мендеуі көрсетеді.

**Гальванизация** - бұл тұрақты ток 50 мА дейін және кернеуі 80 В дейінгі тірі ағзаның тіндеріне әсер ету әдісі. Тұрақты ток, терапевтік фактор ретінде қан мен лимфа айналымын, көмірсулар мен азот алмасуын жақсартады, жүйке мен зақымдалған тіндерді қалпына келтіреді, ауырсынуды басатын құралға ие.



## Емдік электрофорез

Тұрақты ток арқылы дәрілік заттарды теріге немесе шырышты қабыққа енгізу.

$$U = 60 \div 80V$$

$$I - \text{до } 50 \text{ mA}$$

Емдік электрофорездің ерекшелігі - дәрілерді электрлік белсенді күйде енуі және тікелей токпен сәйкестілігі. Бұл басқарылатын дәрілік заттардың фармакологиялық тиімділігінің жоғарылауына әкеледі.

# Айнымалы ток сипаттамасы

Айнымалы ток - бұл синус немесе косинус заңына сәйкес көлемі мен бағыты бойынша өзгертін ток. Айнымалы ток келесі теңдеумен сипатталады:

$$I = I_{\max} \sin(\omega t) \text{ немесе } I = I_{\max} \cos(\omega t)$$

Егер ауыспалы кернеу  $U$  кедергісі  $R$ , индукторы ( $L$ ) және сыйымдылығы ( $C$ ) бар тізбекті жалғанған резистордан тұратын тізбекте қолданылса, онда тізбекте ток пайда болады:

$$I = U/Z$$

мұндағы  $Z$  - айнымалы ток тізбегінің кедергісі немесе импедансы.

Дене ұлпаларының импедансы - тірі заттардың айнымалы токқа толық қарсылығы. Бұл тірі жасушалардың белсенді және сыйымдылықты кедергісінің геометриялық қосындысы.

Тізбекті

қосылғанда:

$$Z = \sqrt{R^2 + \frac{1}{\omega^2 C^2}},$$

Параллель

қосылғанда:

$$Z = \frac{1}{\sqrt{\frac{1}{R^2} + \omega^2 C^2}}$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

*Белсенді кедергі*

*Реактивті кедергі*

# **Биологиялық объектілерге айнымалы электр өрісімен әсер еткен кезде келесі заңдылықтар орындалады:**

- ✓ - биологиялық құрылымдардың айнымалы токқа тұрақтылығы тұрақты токқа қарағанда төмен;
- ✓ - кедергі ток шамасына байланысты болмайды, егер бұл мән физиологиялық нормадан аспаса;
- ✓ - токтың белгіленген жиілігінде, егер оның физиологиялық жағдайы өзгермесе, биологиялық құрылымның кедергісі тұрақты болады;
- ✓ - физиологиялық күйдің өзгеруімен кедергі айтарлықтай өзгереді, мысалы, өлім кезінде, кедергі бірнеше реттік деңгейге түседі;
- ✓ - биологиялық объектілердің электр өткізгіштігі жиілігі жоғарлаған сайын артады;
- ✓ - электр өткізгіштіктің дисперсиясы, сонымен қатар поляризация мүмкіндігі тек тірі жасушаларға ғана тән.



# Статикалық сыйымдылық ( $C_{ст}$ ):

жасуша цитоплазмасы және ұлпалық сұйықтық - биомембранамен бөлінетін электролиттер.

$$C_{ст} = \frac{q}{U}$$

$$C_{ст} = 1 \frac{\text{мкФ}}{\text{см}^2}$$

$C_{ст}$

ұлпаның функционалды жағдайына тәуелсіз

# Поляризациялық сыйымдылық ( $C_{\text{пол}}$ ):

токтың өту сәтінде пайда болады (иондар - БМ жанында жиналады, диполдар - ығыстырылып, қайта бағытталады).

$$C_{\text{пол}} = \frac{\Delta q}{\Delta \varphi} = \frac{\int_0^{\tau} I dt}{R(I_0 - I_{\tau})}$$

$$C_{\text{пол}} = 0,1 \div 10 \frac{\text{мкФ}}{\text{см}^2}$$

$C_{\text{пол}}$  Ұлпаның функционалды жағдайына тәуелді (тірі зақымдалмаған ұлпаларда  $C_{\text{пол}}$  жоғары болады)

Биологиялық объектілердің кедергісі мен сыйымдылығының жиіліктік тәуелділіктерін зерттеу кезінде үш дисперсиялық аймақ анықталды.

Дисперсияның 3 аймағы бар, бұл әртүрлі жиілік диапазонындағы ұлпалардың поляризация механизмдерінің айырмашылығын көрсетеді.

### $\alpha$ -дисперсия

- 1 кГц-ке дейінгі төмен жиілікті аймақты алады. Мұндағы беттік поляризацияның әсері күшті:  $c \uparrow v$  қатысты алып дипольдердің айналуы кейінге қалдырылады.

### $\beta$ -дисперсия

- Жиілігі –  $10^4 - 10^8$  Гц (радиожиіліктер). Нәруыздардың макромолекулаларының дипольды поляризациясының әсері күшті. Бұрылып үлгермейді.

### $\gamma$ -дисперсия

- 1000 МГц жоғары жиіліктерде байқалады. Осы диапазондағы өткізгіштіктің төмендеуі су дипольдерінің әсерінен поляризация әсерінің әлсіреуіне байланысты.

## Дисперсия Диэлектрлік өтімділігінің төмендеуіне әкелетін фактор түрлері

- $\alpha$  Жасуша бетінің поляризациясының әсерін азайту, өйткені берілген жиіліктегі электр тогы тек жасушааралық кеңістік арқылы өтеді және жасушалардың төмен жиіліктегі токқа төзімділігі жоғары.
- $\beta$  Электр өрісінің әсерінен диполь молекулаларының бағытталуы осы жиілік диапазонында диэлектрик тұрақтысының үлкен мәндерін тудырады. Көбею жиілігімен дипольдердің өрістен кейін бұрылуға уақыты болмайды, бұл азаяды.
- $\gamma$  Су дипольдерінен туындаған поляризация әсерінің әлсіреуі. Мұның мәні зерттелетін ұлпаларда бос судың құрамына байланысты.

	$\alpha$ -дисперсия	$\beta$ -дисперсия	$\gamma$ -дисперсия
Электролиттер және су	-	-	20 ГГц
Протеиндер мен суспензиялық макромолекулалар	-	1-10 МГц	20 ГГц
Жасушаішілік бөліктер (митохондрия, ядро)	-	1-10 МГц	20 ГГц
Ұлпалар, жасуша суспензиялары	0,1-10 кГц	0,1-10 МГц	20 ГГц

# Реография

**Реография** - импульстік толқын арқылы пайда болатын тіндердің электрлік кедергісінің өзгеруін графикалық есепке алуға негізделген жалпы және аймақтық қан айналымын зерттеу әдісі. Реографияда электр кедергісінің импульстік тербелісі зерттеледі.



- Тіндерге баратын қан ағымы неғұрлым көп болса, соғұрлым олардың төзімділігі азаяды.
- Реограмма алу үшін 50 - 100 кГц жиіліктегі, 10 мкА аспайтын төмен қуаттылықта айнымалы токты науқастың денесінен өткіземіз.





- Реограмма жасау үшін реографтар қолданылады.
- Соңғылары жоғары жиілікті генератордың, “импеданс – кернеудің” түрлендіргішінің, детектордың, күшейткіштің, калибрлеу құрылғысының және дифференциалды тізбектің элементтерінен тұрады.



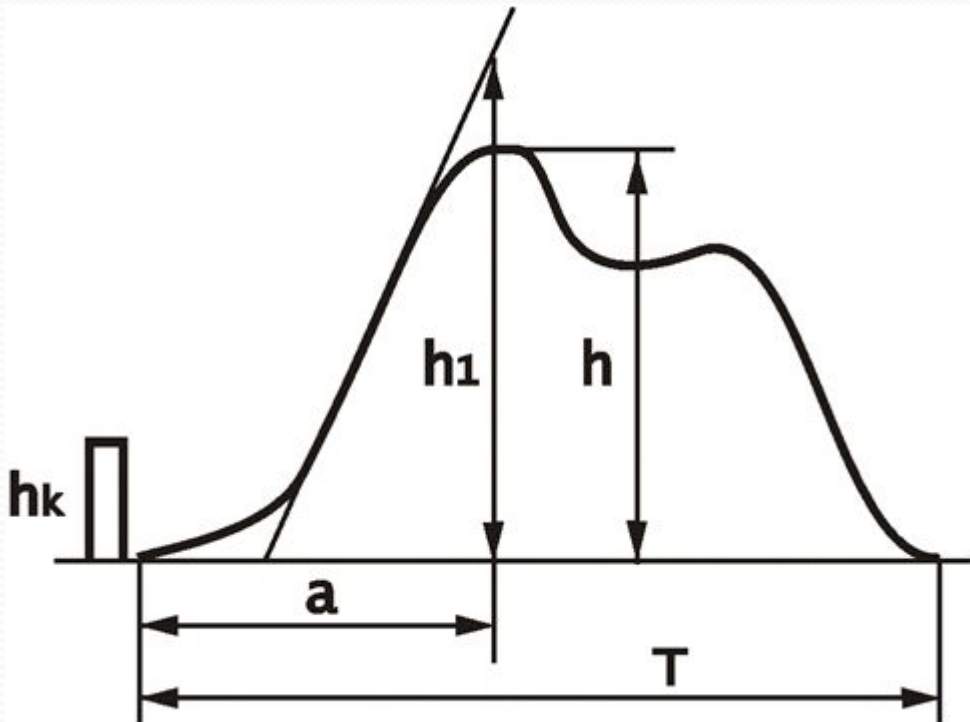
# Реографияның шығу тарихы

Реографиялық техниканың дамуына 1937 жылы Н.Манн өз үлесін қосқан. Кейіннен А.Кедров пен Т.Ю.Либерманның және т.Б еңбектерінде реография әдістері (электр плетизмографиясы, импеданс плетизмографиясы) жазылып, реография дами бастады.

Реография әдісін клиникалық тәжірибеге енгізу в.Хольцер, К. Польцер және А.Марко есімдерімен байланысты. Сонымен қоса, олар 1946 жылы шығарған “реокардиография” атты монографиясында әдістің техникалық жақтарын бөліп көрсетті, жүрек - тамыр жүйесінің әртүрлі ауруларында реографияны клиникалық қолдану нәтижелерін ұсынды.

# Реографияның физикалық негізі

Кедров формуласы  $\frac{\Delta V}{V} = -\frac{\Delta Z}{Z}$



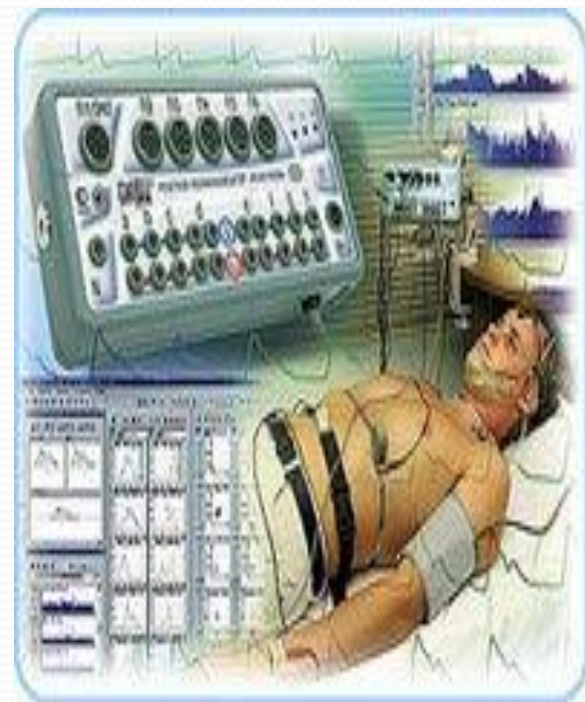
$h$ —реограммы амплитудасы;  
 $h_1$ —қанның ұру көлемін есептеу амплитудасы;  
 $a$  — реограмма бөліктерінің өсу ұзақтығы;  
 $T$ —реограмма периоды ;  
 $h_k$ — стандартты калибрленген импульстың биіктігі.

# *Реограмма көрсеткіштері*

- **Реографиялық индекс (RI)** - реограмма амплитудасының  $h$  стандартты калибрлеу импульсінің  $h_k$  мәніне қатынасы. RI импульсті қанмен қамтамасыз етудің көлемін сипаттайды.
- **Реограмма бөліктерінің өсу ұзақтығы (a)** - тамырдың толық ашылуымен сипатталады.
- **Реограмма периоды (T)** жүрек циклінің ұзақтығына сәйкес келеді
- **Реографиялық коэффициент (PK)** - көтерілген бөлік ұзақтығының реограмма кезеңіне қатынасы Қалыпты жағдайда ол - 10% - 15% тең.

# Реография түрлері

- **Реоэнцефалография (REG)** - мидағы қан тамырларын зерттеу.
- **Реовазография** - тамырлардың тонусының өзгеруінен, серпімділікпен, артериялардың тарылуынан пайда болатын перифериялық тамыр ауруларын зерттеу.
- **Реогепатография** - бауырдағы қан ағымын зерттеу. Бауырдың тамырлы жүйесінде болатын процестерді бағалауға мүмкіндік береді: қанмен қамтамасыз ету, зақымдану, әсіресе жедел және созылмалы гепатит пен цирроз кезіндегі процестер
- **Реомиография** - бұлшық еттердің қанмен қамтамасыз етілуін зерттейді



# *Интегралдық реография*

Интегралдық реография - жүректің систоласын анықталады. Бүкіл дене үшін немес белгілі бір аймақтардағы базалық импеданс өлшенеді.

Аймақтық импедансты анықтауда зертелінетін жерлерге электродтар қойылады. Бұл кезде хоффер әдісі (1970) қолданылады



# Қорытынды

Биологиялық ұлпалар мен органдар - бұл электр тогының әсерінен өзгеруі мүмкін әр түрлі электрлік кедергісі бар гетерогенді түзілімдер. Бұл тірі биологиялық жүйелердің электрлік кедергісін өлшеуді қиындатады.

Дененің беткейінде орналасқан электродтар арасында орналасқан дененің аудандарының электр өткізгіштігі терінің және тері астындағы қабаттардың тұрақтылығына байланысты. Дененің ішінде ток көбінесе қан мен лимфа тамырлары, бұлшық еттер және жүйке тамырларының қабықтары арқылы таралады.

Сонымен, пассивті электрлік қасиеттер - кедергі мен сыйымдылық (өткізгіштік) биологиялық объектілерге тән. Биологиялық объектілер өткізгіштердің де, диэлектриктердің де қасиеттеріне ие. Жасушалар мен ұлпаларда бос иондардың болуы олардың өткізгіштігін анықтайды. Биологиялық нысандардың диэлектрлік қасиеттері және диэлектрлік константасы құрылымдық компоненттермен және поляризация құбылыстарымен анықталады.

# Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

- Н.И.Губанов, А.А.Утепбергенов. Медицинская биофизика. Москва «Медицина», 1978. 211-226 б.
- Г.К.Ильич, В.Г.Лещенко. Электрические и магнитные свойства биологических тканей. Минск, 2007. 3-15 б.
- [https://www.ismu.baikal.ru/src/downloads/6a38e8b2\\_elektridinamika.pdf](https://www.ismu.baikal.ru/src/downloads/6a38e8b2_elektridinamika.pdf)
- <https://studopedia.info/6-84138.html>
- А.Б.Рубин. Биофизика. М,ВШ. 1987, 2 том
- <https://lektsii.org/18-19838.html>