

*№4.Электрқозушылық түсінігі.
Тыныштық потенциалы.*

Жоспары:

- **Электрқозушылық түсінігі.**
- **Тыныштық потенциалы.**
- **Мембраналық потенциалдарды өлшеу әдістері.**
- **Микроэлектродтық техника.**

Потенциалдар айырымы – бұл әр түрлі таңбадағы электр зарядтарының кеңістіктік бөлінуі болып табылады.

**Тірі ағза жасушаларында,
ұлпаларында пайда болатын
потенциал айырмасын –
биоэлектрлік потенциал д.а.**

**Тірі ағзада биоэлектрлік
потенциалдардың пайда болуы
жасуша мембранасында әр түрлі
физика - химиялық
градиенттердің болуына
*байланысты.***

Биопотенциалдардың генерациясы мен таралуы жасушалардың қозуы, жасушаішлік үрдістердің реттелуі, жүйке жүйелерінің жұмысы, бұлшық ет жиырылуының негізінде жатады.

Медицинада электр өрісін зерттеуде ұлпалар мен мүшелердің биопотенциалдарын тіркеуге негізделінген диагностикалық әдістер: электрокардиография,
электроэнцефалография,
электромиография.

Ерітінділерде пайда болатын потенциалдар:



электронды

ионды

- **Электронды типтегі потенциалдар** — еркін электрондардың,
- **Ион типтегі потенциалдар** — иондардың болуынан пайда болады.

Ион типті потенциалдар

```
graph TD; A[Ион типті потенциалдар] --> B[Диффузиялық]; A --> C[Мембраналық]; A --> D[Фаза аралық];
```

Диффузиялық

Мембраналық

Фаза аралық

Диффузия құбылысында
пайда болатын, араласатын
ерітінділерді аламыз.
Концентрациясы көптен
азға қарай жүреді

**Фаза (күй, екі түрлі) аралық
потенциалдар
араласпайтын екі сұйықтың
шекарасында пайда болады.**



Ағзада тіркелетін
биопотенциалдар –
мембраналық потенциал.

Осыған байланысты
мембрананың сыртқы және ішкі
беттеріндегі потенциалдар
айырымын - *мембраналық*
потенциал д. а.

$$\Delta\varphi_M = \varphi_{iшкi} - \varphi_{сырт}$$

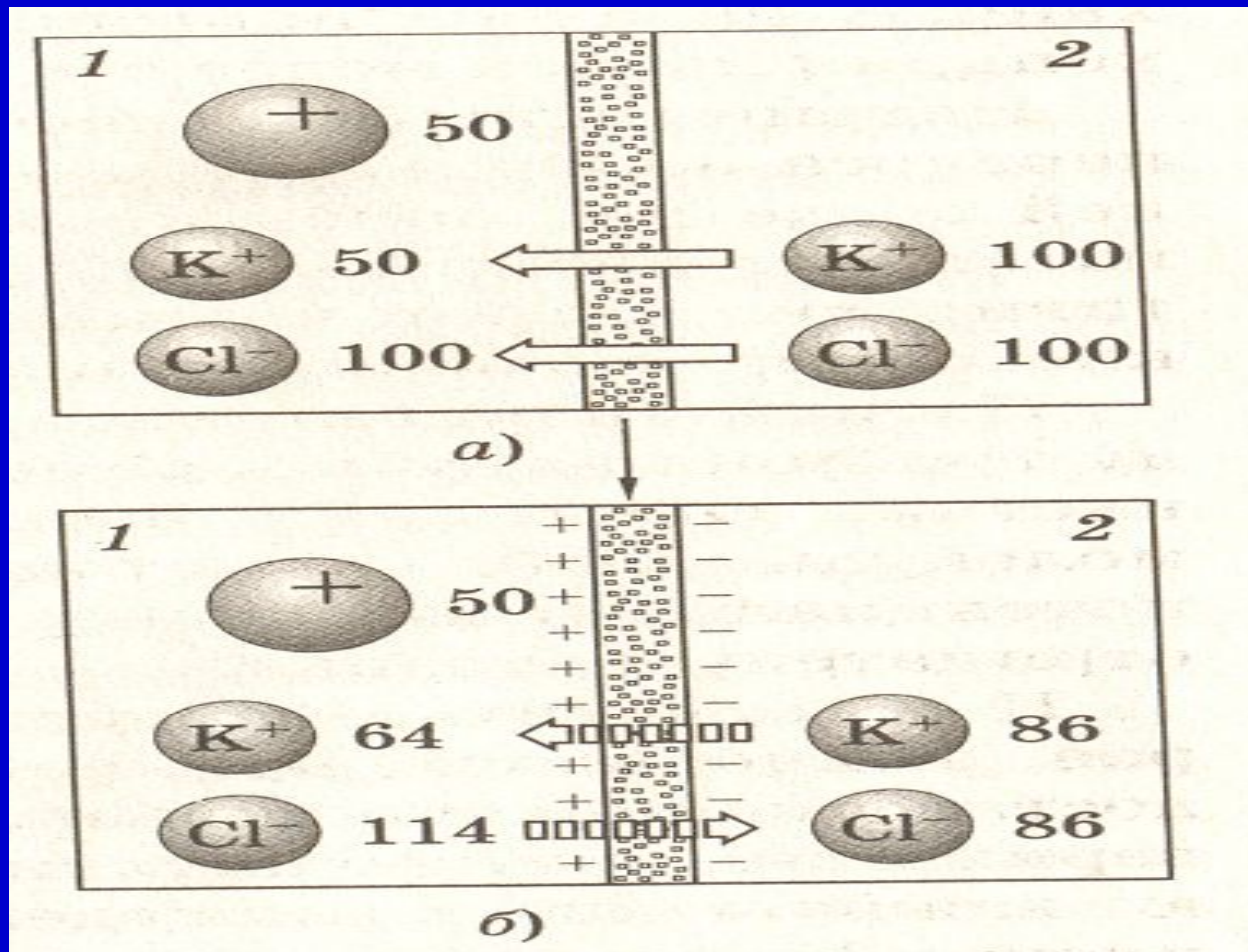
Мембраналық потенциал

- **Тыныштық күй** (қозғалыс жоқ кезде пайда болады)
- **Әрекет** *болып екіге бөлінеді*

- I. Жасушаның беттік (сыртқы) мембранасының өткізгіштігі түрлі иондар үшін бірдей емес (таңдайды)
- II. Мембрананың екі жағындағы белгілі бір иондардың концентрациясы әртүрлі

Аталған екі фактордың нәтижесінде жасушадағы цитоплазма мен қоршаған орта арасында потенциалдар айырымы пайда болады, оны тыныштық күй потенциалы (ТКП) д.а.

Мембрананың сыртқы және ішкі жағы (моделдік жүйесі)



*Иондар үшін тепе-теңдік күйге
сәйкес келетін
Нернст теңдеуі:*

$$\Delta\varphi = \varphi_M = \frac{RT}{ZF} \ln \frac{[c_2]}{[c_1]}$$

- Мұндағы R – универсаль газ тұрақтысы,
- T - абсолютті температура,
- F – Фарадей саны,
- $[C_2]$ және $[C_1]$ - мембрананың екі жақ шетіндегі иондар концентрациясы
- Z - ион заряды .

Потенциалдың мембраналық
теориясының негізін қалаушы *1902*
жылы Бернштейн болды. Яғни
калий иондарының өту
диффузиясымен түсіндіріледі.

Тірі жасушаларда *калий иондары*
жасуша аралық сұйықтарға
қарағанда біраз есе көп.

Нернст теңдеуімен есептелінген
потенциалдар айырымы тәжірибеде
жасалынған өлшеу нәтижелеріне
біршама жуық .

ТКП-ның болуына

Na^{+} , K^{+} және Cl^{-}

иондары себеп болады. Бұл иондар
ағынының қосындылық
тығыздығы:

$$J = J_{Na^{+}} + J_{K^{+}} - J_{Cl^{-}}$$

$$P_{Na}^{\psi} \frac{[Na^{+}]_i - e^{\psi} [Na^{+}]_o}{e^{\psi} - 1} + P_K^{\psi} \frac{[K^{+}]_i - e^{\psi} [K^{+}]_o}{e^{\psi} - 1} + P_{cl}^{\psi} \frac{[Cl^{-}]_i - e^{\psi} [Cl^{-}]_o}{e^{\psi} - 1} = 0$$

P- өтімділік коэффициенті

$$\varphi_M = \frac{RT}{F} \ln \frac{P_{Na} [Na^+]_i + P_K [K^+]_i + P_{Cl} [Cl^-]_0}{P_{Na} [Na^+]_0 + P_K [K^+]_0 + P_{Cl} [Cl^-]_i}$$

Гольдман-Ходжкин-Катц тендеуі

Иондар өтімділігі ағзаның күйіне байланысты болады. *ТК-гі* физиологиялық шарттарға байланысты түрлі иондардың өтімділік коэффициенттерінің қатынастары төмендегідей:

$$P_k : P_{Na} : P_{Cl} = 1 : 0.04 : 0.45$$

**ТКП-на тек ғана К және Na
иондары ғана үлестерін қосады.
Мысалы, 30 град.С-ғы потенциал
шамасы:**

$$\varphi_M = \frac{8,3 \cdot 303}{9,6 \cdot 10^4} \ln \frac{340 + 0,45 \cdot 592}{10,4 + 0,45 \cdot 114} \approx 59,7 \text{ мВ}$$

Гольдман-Ходжкин-Катц
формуласымен есептелінген
тыныштық күй потенциалы
~~60~~**мВ болды.**

Гольдман теңдеуімен есептелінген
мембраналық потенциал мәні
Нернст теңдеуімен есептелінген
потенциалдан біршама аз.

Нернст және Гольдман теңдеулерінде иондардың мембрана арқылы активті тасмалдануы ескерілмеген. Мембраналық потенциалды есептеуде электрогендік иондық насостың жұмысы есебімен 1972 ж. Томас теңдеуі алынды:

$$\varphi_M = -\frac{RT}{F} \ln \frac{mP_k [K^+]_i + P_{Na} [Na^+]_i}{mP_k [K^+]_o + P_{Na} [Na^+]_o}$$

Мұндағы m — мембрана арқылы иондық насоспен тартылған натрий иондары мөлшерінің калий иондарының мөлшеріне қатынасын көрсетеді.

m > 1 мембраналық потенциалды құруда калий концентрациясы градиентінің енгізілуін күшейтеді.

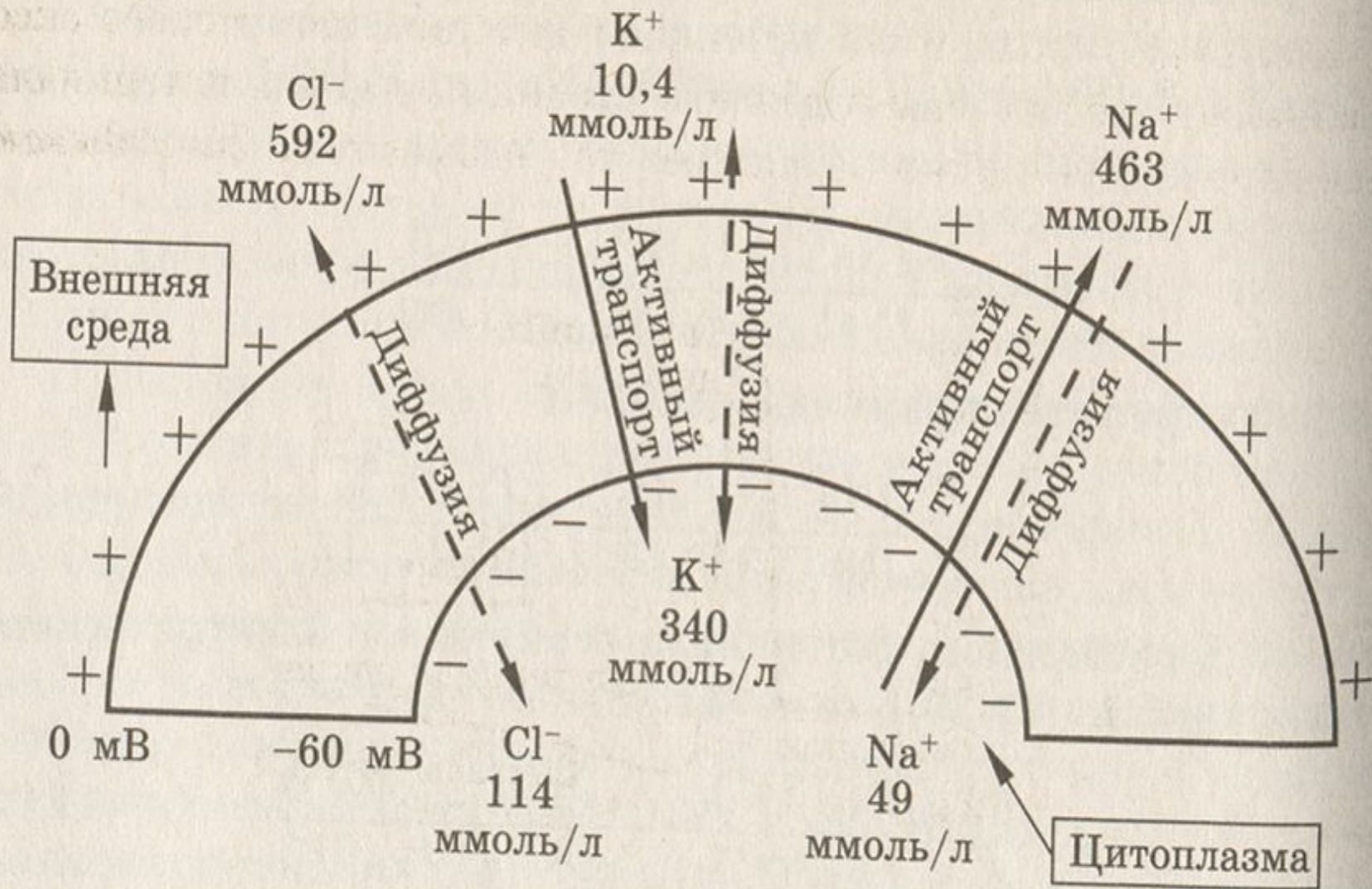
Сондықтан *Томас теңдеуімен* есептелінген мембраналық потенциалдың мәні *Гольдман теңдеуі* бойынша есептелінген потенциалдан үлкен және оның мәні ұсақ жасуша үшін жүргізілген тәжірибе мәніне жуық.

Жасушадағы биоэнергетикалық процесстердің және Na^{+} , K^{+} насосының жұмысының бұзылуы потенциалдың азаюуына ықпал етеді. Мұндай жағдайда мембраналық потенциал *Гольдман* теңдеуімен сипатталады.

Мембраналық потенциал
температураға және мембрана
арқылы өтетін иондар
концентрациясы градиентіне тәуелді

Тәжірибе жүзінде тыныштық күй
потенциалының *температуралық*
коэффициенті есептелінген:
1,033-1,100 (теориялық мәні: 1,035).

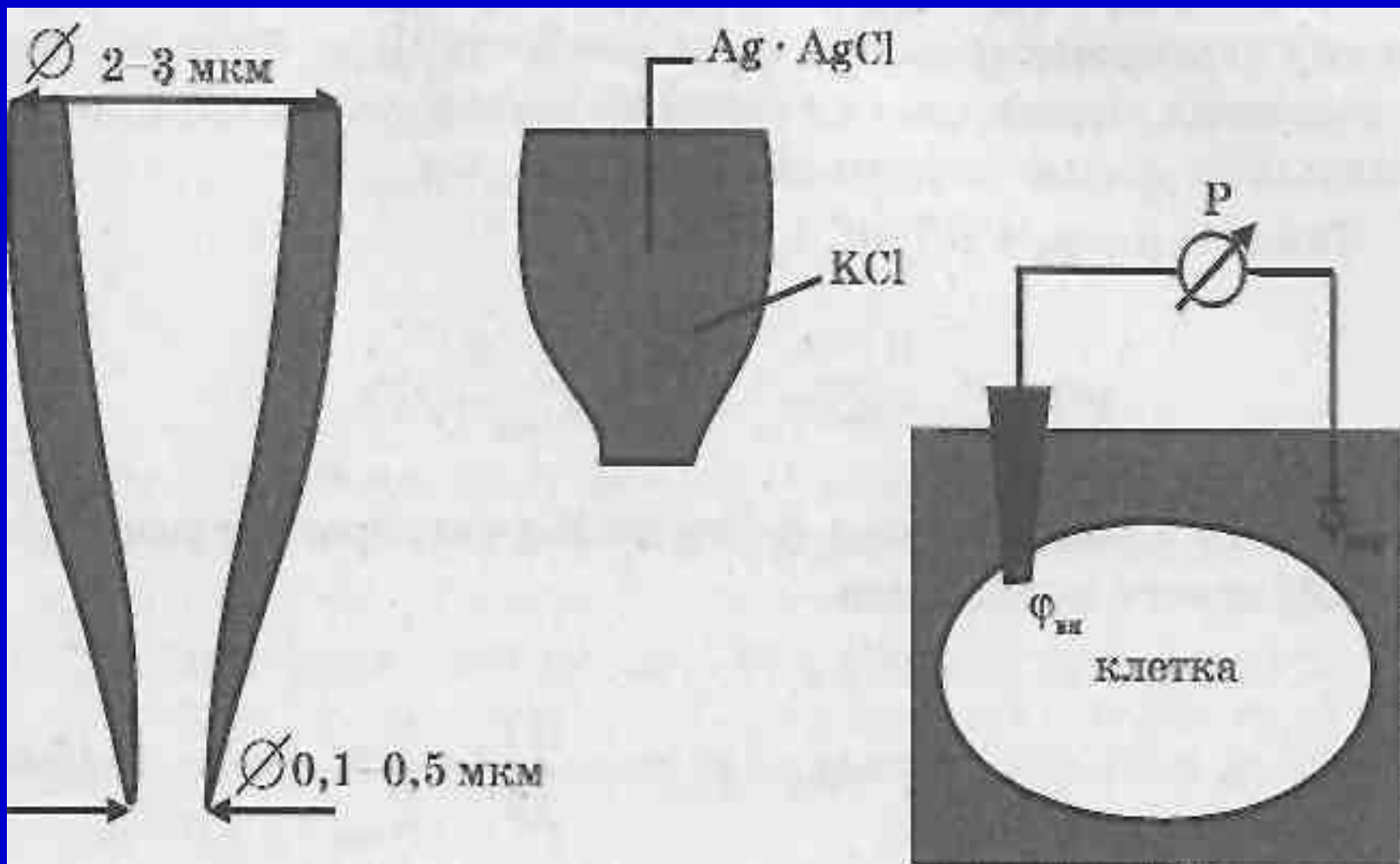
**Жасушаның ішіндегі және
сыртындағы иондар
концентрациясының әр түрлі
болуына *иондық насостар,*
яғни активті транспорт
жүйесі себеп болады.**



ИОН	1кг H_2O құрамындағы м*моль	
	Жасуша ішінде	Жасушаның сыртында
K^+	340	10,4
Na^+	49	463
Cl^-	114	592

Мембраналық биопотенциалдарды зерттеу:

1. Микроэлектрод әдісімен жасушаішілік потенциалды өлшеу.
2. Биопотенциалды күшейткіш
3. Зерттеу объектісі ретінде ірі жасушалы калмар аксоны алынады
4. Калмар аксонына микроэлектрод салынады.
5. Шыны микроэлектрод өте жіңішке ұштары бар микропипеткадан тұрады.



Биопотенциалды өлшеу микроэлектрод әдісі

Әдебиеттер:

1. Тиманюк В.А., Животова Е.Н. Биофизика, Киев, 2004ж. 357- 388 беттер
2. А.Н. Ремизов «Медицинская и биологическая физика» М. Дрофа, 2004ж.195-207 беттер
3. Самойлов В.О. Медицинская биофизика, С-П,2007ж. 273-276 беттер
4. Антонов В.Ф. Биофизика, М., 2006 ж.

Бақылау сұрақтары (кері байланыс):

- 1.Электрқозушылық дегеніміз не
- 2.Тыныштық потенциалының пайда болуының механизмі қандай?
- 3.Мембраналық потенциалдарды өлшеу әдістері қандай?
- 4.Микроэлектродтық техника дегеніміз не?