

*№8. Биопотенциалдарды  
тіркейтін құралдардың  
жұмыс істеу принципі*

## *Жоспары:*

- 1. Ағзалардың электрогенезі: жүректің электрлік белсенділігі (ЭКГ), бастағы мидың электрлік белсенділігі (ЭЭГ).*
- 2. Биопотенциалдарды тіркеудің блок схемасы. Күшейткіштер мен тіркеуіш құралдар.*

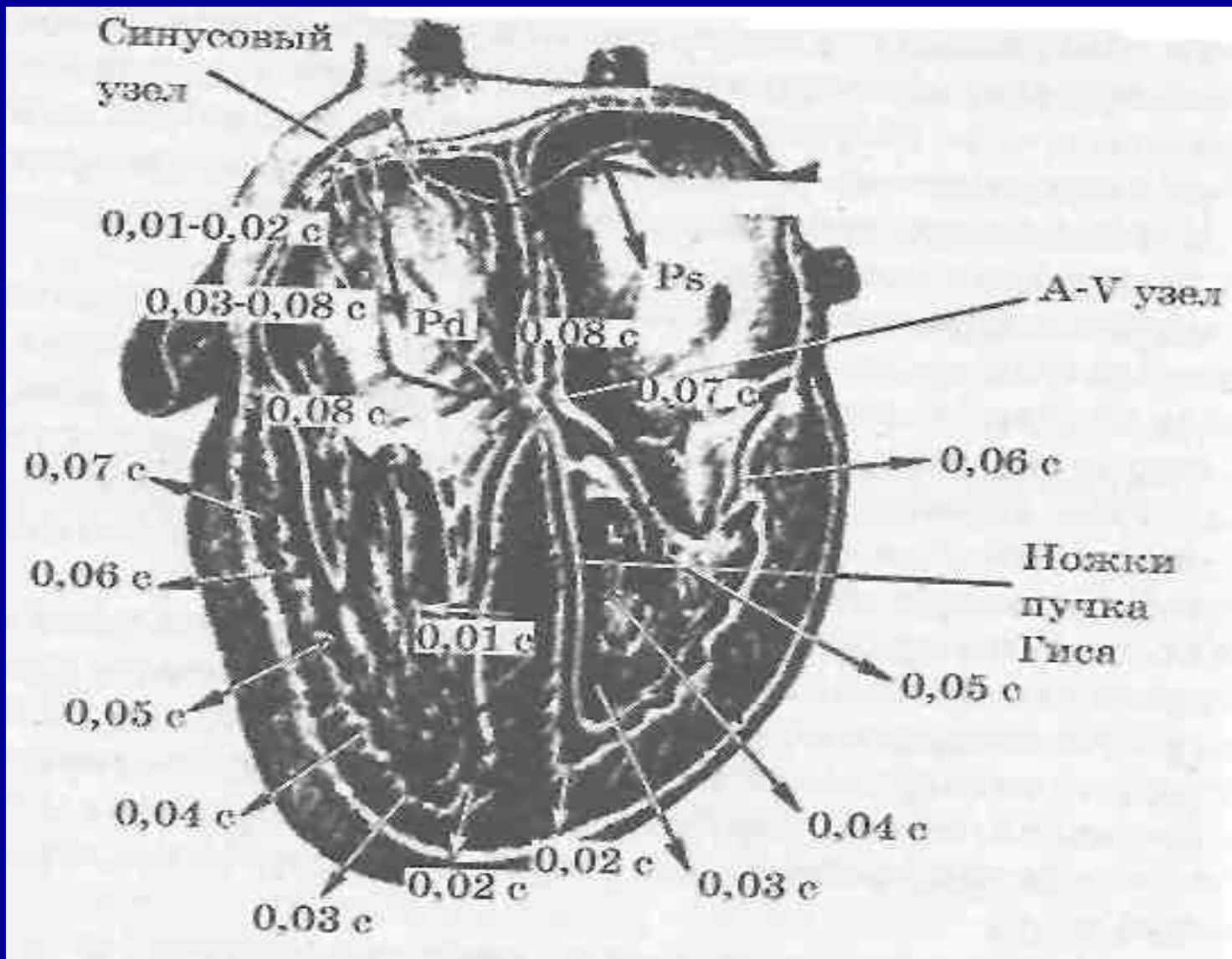
**Тірі ағза жасушалары мен мүшелерінің күйі және оның электрлік белсенділігі өзгеріп отырады. Тәжірибелік зерттеулер жүргізуде дененің беткі қабатындағы және ішкі мүшелерінің (жүрек, ми және т.б) биопотенциалдарының айырымын өлшеуге болады.**

## *Диагноз қою мақсатында:*

- Тірі ағза мен жасушалардағы биопотенциалдары тіркеу әдісі — *электрография;*
- Жүрек бұлшық еттерінің жұмыс істеу нәтижесінде пайда болатын биопотенциалдарды тіркеу — *электрокардиография д.а.*
- Ми қызметінің биоэлектрлік белсенділігін тіркеу әдісі - *электроэнцефалография;*

Медициналық практикада  
кеңінен тараған жүректің  
электрлік белсенділігін  
тіркеу —  
*электрокардиография.*

Тәжірибе нәтижелері жүректің әр бөлігімен *қозудың таралуы* күрделі екенін көрсетеді. Жүректегі *қозудың таралу жылдамдығы бағыты және шамасы бойынша анықталады.*



Жүректің бөлімдері бойынша қозудың тізбектей таралуы. Стрелкалар жүрек бұлшық етінің бөлігіне қозудың келу уақыты мен бағытын көрсетеді.

Зерттелетін және әр түрлі уақыт  
мезетінде қозатын мүшені  
*эквивалентті генератор моделі*  
ретінде қарастыруға болады.



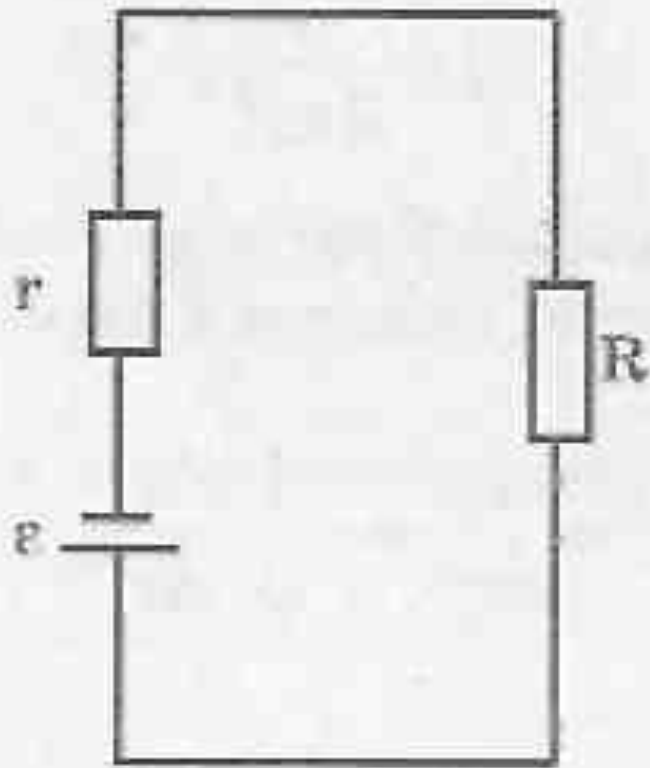
Эквивалентті генераторды ағза ішінде орналасқан және ол дененің беткі қабатында *электр өрісін тудырады* деп есептеуге болады.

Эквивалентті генератор принципіне сәйкес жүректі эквивалентті генератор тогы алмастырады. Электр қозғауыш күш  $\mathcal{E}$  генератор тогының ішкі кедергісі үлкен  $r \gg R$  десек, онда

$$I = \mathcal{E} / (r + R)$$

токтың шамасы жүктеме кедергісіне тәуелді емес

$$I = \mathcal{E} / r$$



*Ток генераторы*

Электр өрісінің потенциалын есептеу үшін эквивалентті генератор бір-бірінен  $1$  арақашықтықта орналасқан оң және теріс зарядтар жүйесінен тұратын *электр диполінің тогы* ретінде қарастырылады.

Дене бетіндегі потенциалдар айырымының өзгерісін зерттей келе жүректің диполдік моментінің проекциялары, яғни жүректің биопотенциалдары туралы айтуға болады. Бұл идея 1924 ж. голланд ғалымы *Эйнтховен* моделінің негізінде құрылған.

Эйнтховен теориясы бойынша жүрек  
*дипольдік ток* (эквивалентный  
генератор) ретінде қарастырылады.

## *Моделдің негізгі постулаттары:*

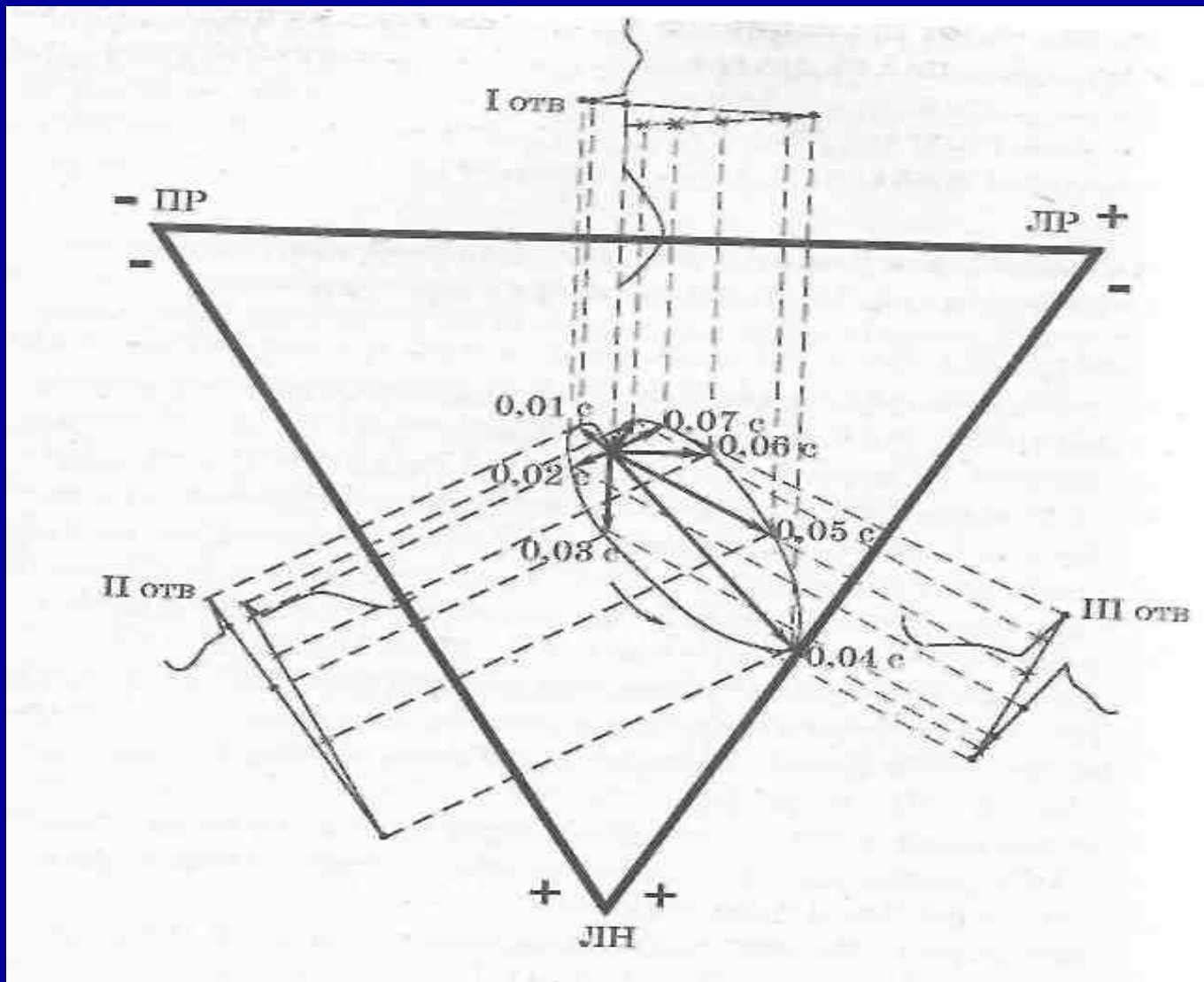
1. Жүректің электр өрісін жүректің интегральды электрлік векторы (ЖИЭВ) деп аталатын дипольдік моменті  $\mathbf{E}$  дипольдік токтың электр өрісі ретінде қарастырылады.
2. ЖИЭВ біртекті изотропты өткізгіш ортада орналасады.
3. Жүректің  $\mathbf{E}$  интегральды электрлік векторы шамасы және бағыты бойынша өзгереді.

Е векторы бастапқы да қозғалмай, атриовентрикулярлық түйінде орналасады да, біраз уақыттан кейін күрделі кеңістіктік қисықты сипаттайды. Олардың жазықтықтарға проекциялары жүректің жиырылу циклында *P, QRS* және *T* үш шыңдарын түзейді.



Жүректің бір жиырылу  
цикліндегі  $\vec{E}$  векторының  
бағыты мен шамасының  
өзгеруі *жүректегі қозудың*  
*тізбектей таралуымен*  
түсіндіріледі.

Эйнтховен тең қабырғалы  
үшбұрыштың ортасында *дипольдік*  
*ток* орналасқан деп қарастырып,  
үшбұрыштың *шыңдарынан*  
тұратын үш нүктеден *екі нүкте*  
*арасындағы потенциалдар*  
*айырымын өлшеуді ұсынды.*



*Үш стандартты тармақтағы электрокардиограмманың QRS комплексін тіркеу схемасы*

Практикада электрокардиографияның потенциалдар айырымы сол қол мен оң қол арасындағы п.а – I тармақ, сол аяқ пен оң қол арасындағы п.а – II тармақ, сол аяқ пен сол қол арасындағы п.а – III тармақ болып өлшенеді. Қол және аяқ өткізгіш ретінде қарастырылады.

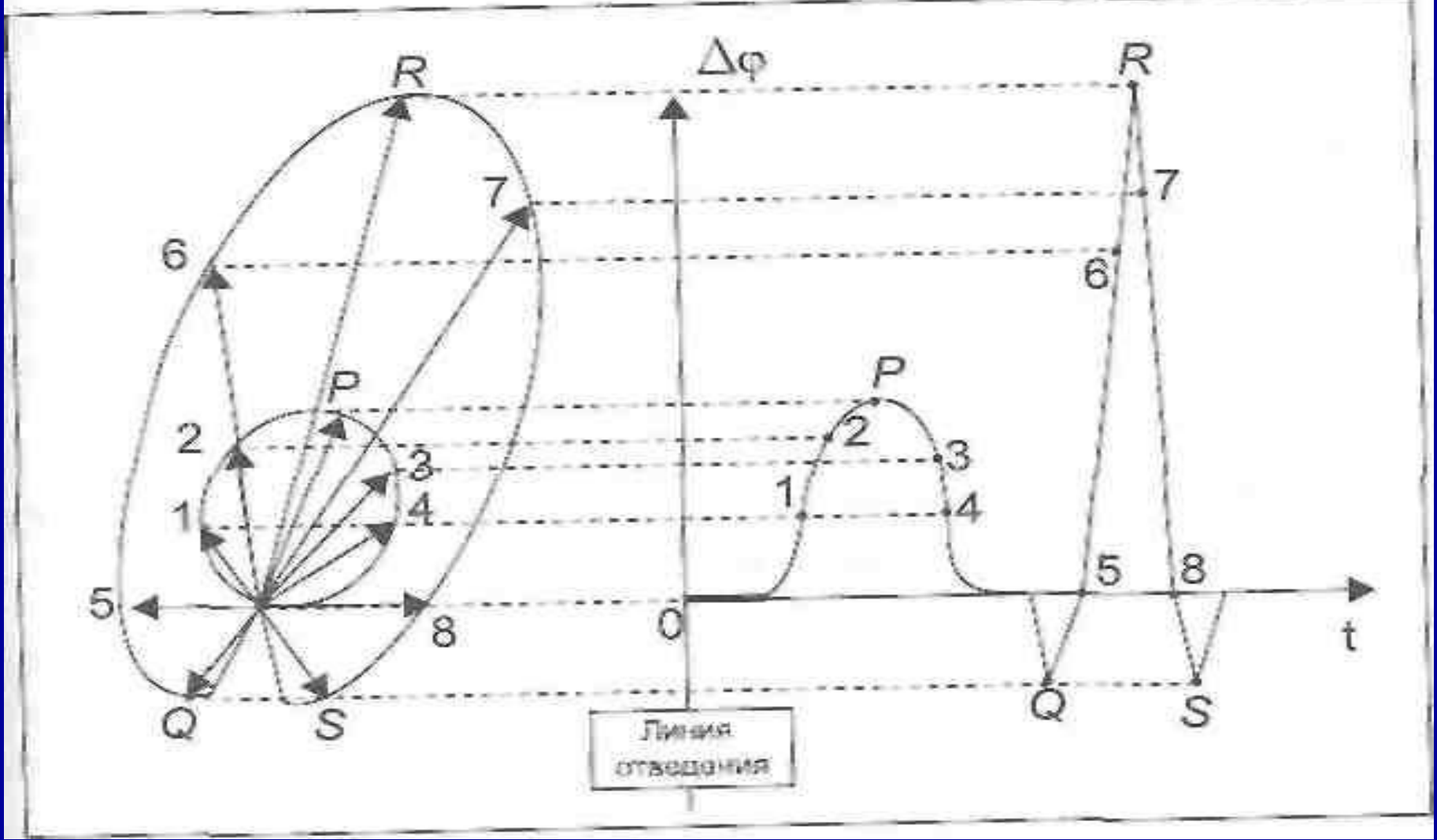
*Әр тармақ үшін потенциалдар айырымы :*

**I тармақ:**  $\Delta\varphi_I = \varphi_{\text{сол.кол}} - \varphi_{\text{оң.кол}}$

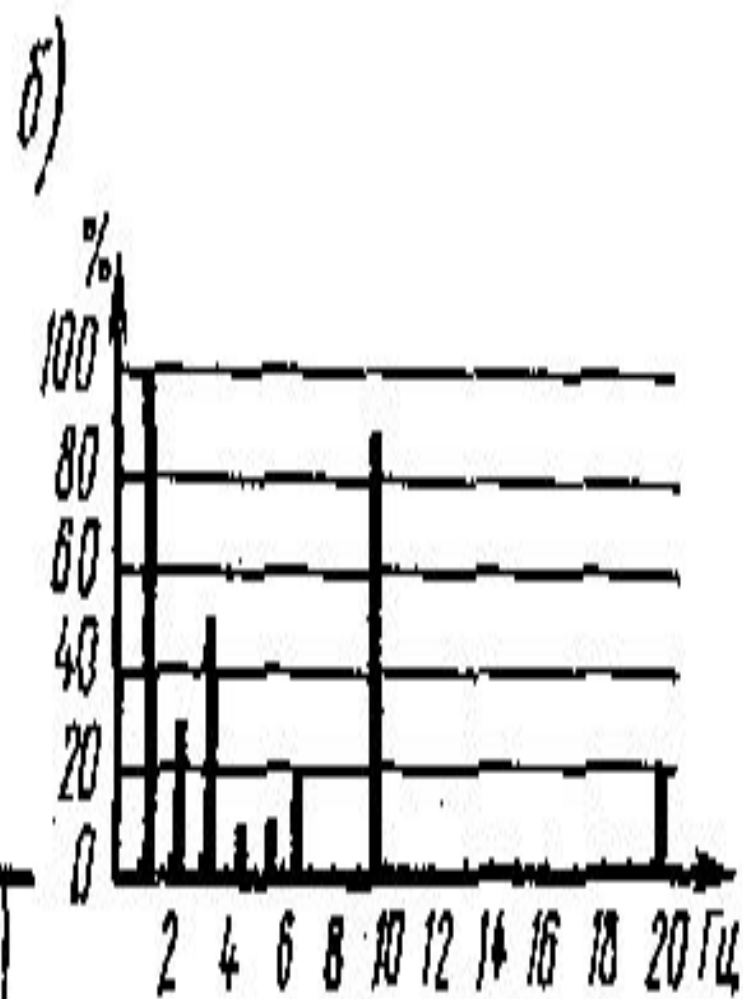
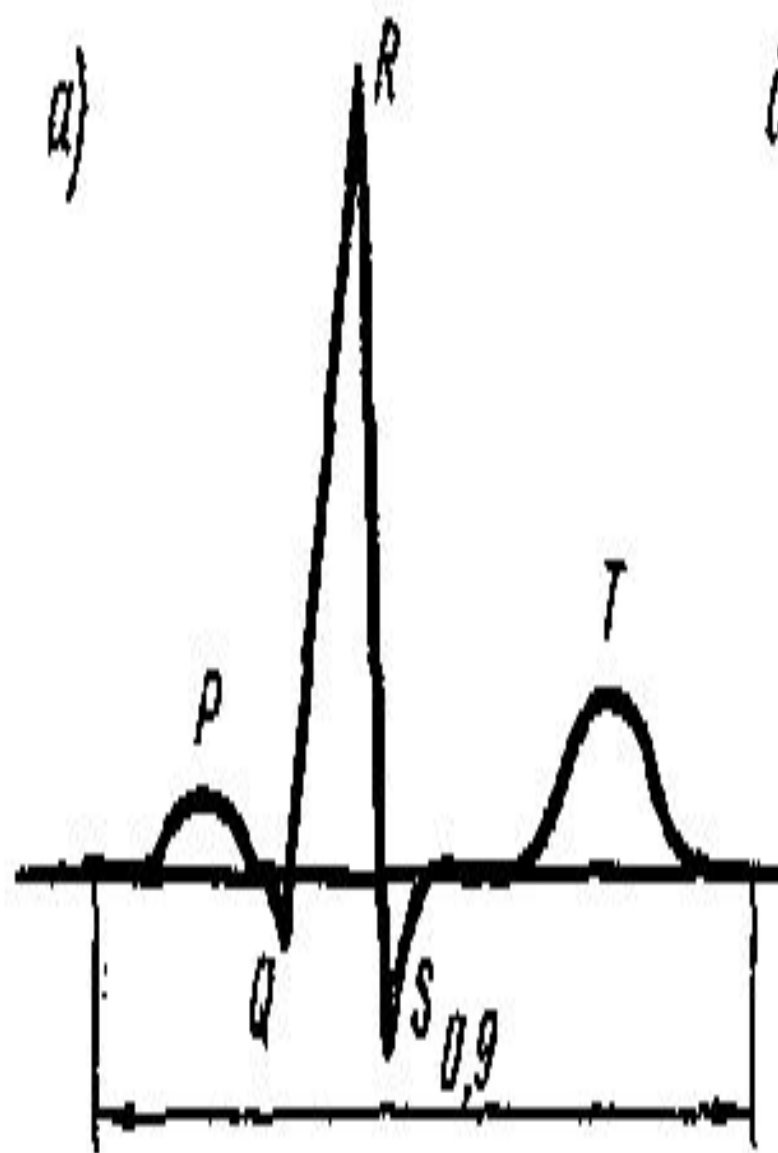
**II тармақ:**  $\Delta\varphi_{II} = \varphi_{\text{сол.аяк}} - \varphi_{\text{оң.кол}}$

**III тармақ:**  $\Delta\varphi_{III} = \varphi_{\text{сол.аяк}} - \varphi_{\text{сол.кол}}$

*Электрокардиограмма* – әр тармақтардағы потенциалдар айырымының уақытқа тәуелді графигі . *Электрокардиограмма* күрделі қисықтардан *P Q R S T* тістері және нолдік потенциалдың үш интервалдарынан тұрады. Жүректің интегральды электр векторының модулы және бағыты белгілі бір шамаға ие. Бірақ осы вектордың *үш тармаққа проекциялары* әр түрлі.



*Жүректің электр векторының тармақтарға проекциялары мен потенциалдарының айырымының арасындағы байланыс*





ЭКГ-нің I,II,III тармақтары әр түрлі амплитудалы және бірдей аттағы тістері бар әр түрлі конфигурацияларға ие болады.

Үш тармақ жүрек туралы толық ақпарат бермейді. Қазіргі уақытта кардиологияда 12 стандартты тармақтар қолданылады.

*Векторэлектрокардиография* –  
кеңістіктегі жүректің интегралдық  
электрлік векторының өзгерісі  
туралы талқылайтын әдіс. Күрделі  
кеңістіктік қисықтың  
проекциялары тіркеледі.

*Электроэнцефалография* мидың  
биоэлектрлік белсенділігін тіркеу,  
дәрілік заттарды енгізуге және  
енгізгеннен кейінгі мидың  
функционалдық күйін анықтау  
үшін қолданылады.

ЭЭГ-де тіркелген потенциалдар айырымы ЭКГ –ге қарағанда аз.

ЭКГ: 0,1 – 5 мВ

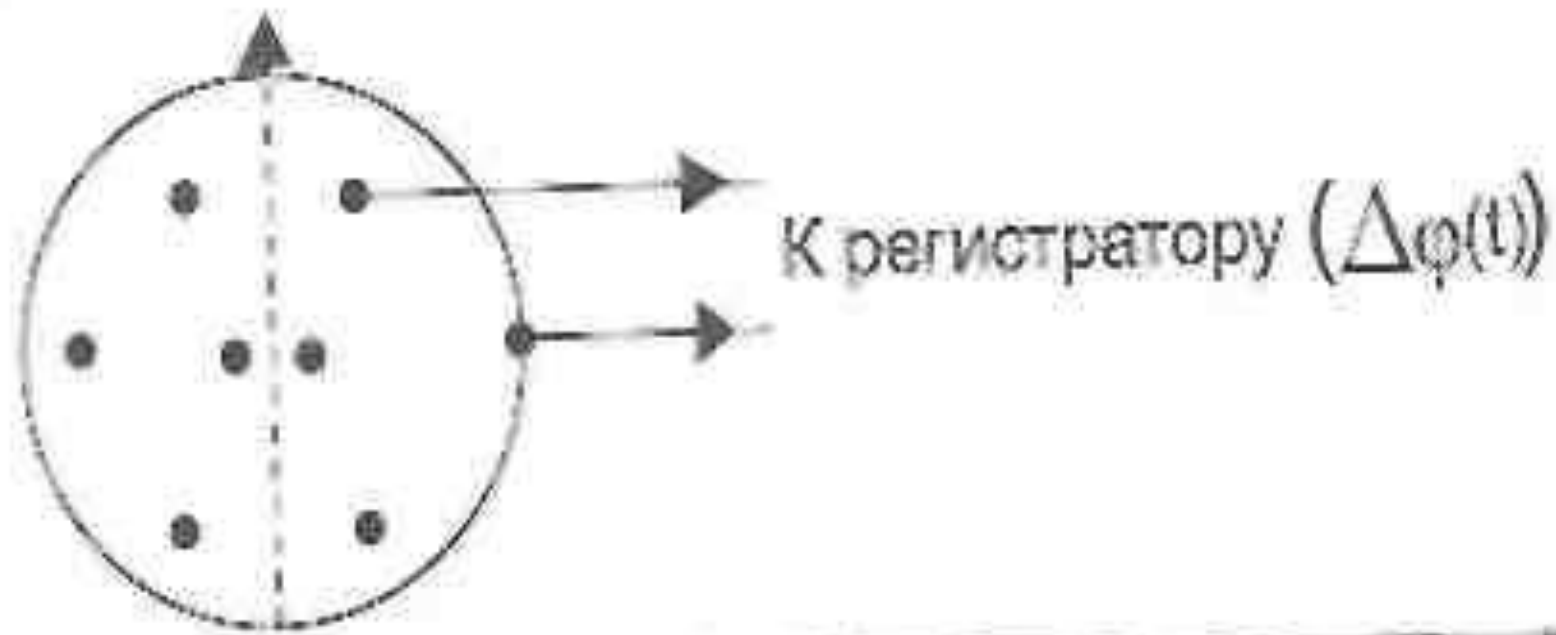
ЭЭГ: 0,001-0,05 мВ

Сондықтан ЭЭГ-нің биопотенциалдарының күшейткіштерінде күшейту коэффициенттері үлкен болуы керек.

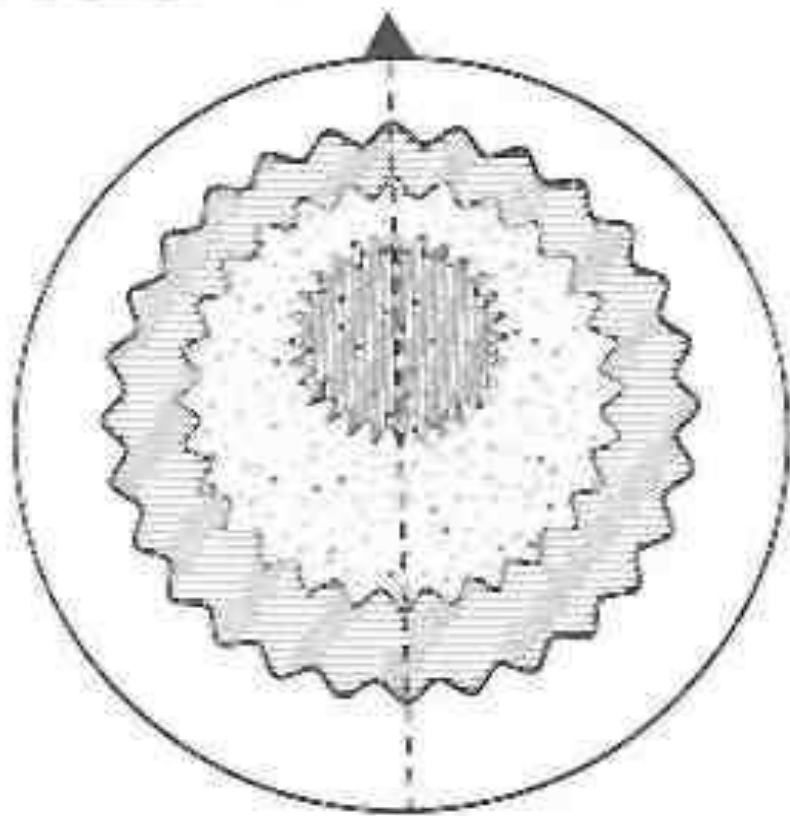
ЭКГ:  $10^3$ - $10^4$ ;      ЭЭГ:  $10^5$ - $10^6$

Электрокардиографияда алынған  
биопотенциалдар *милливольт*  
шамасында, ал  
электроэнцефалографияда  
*микровольт* шамасында болады.

Сондықтан  
электроэнцефалографияда  
биопотенциалдың шамасын  
*күшейткіштер* арқылы арттырады.

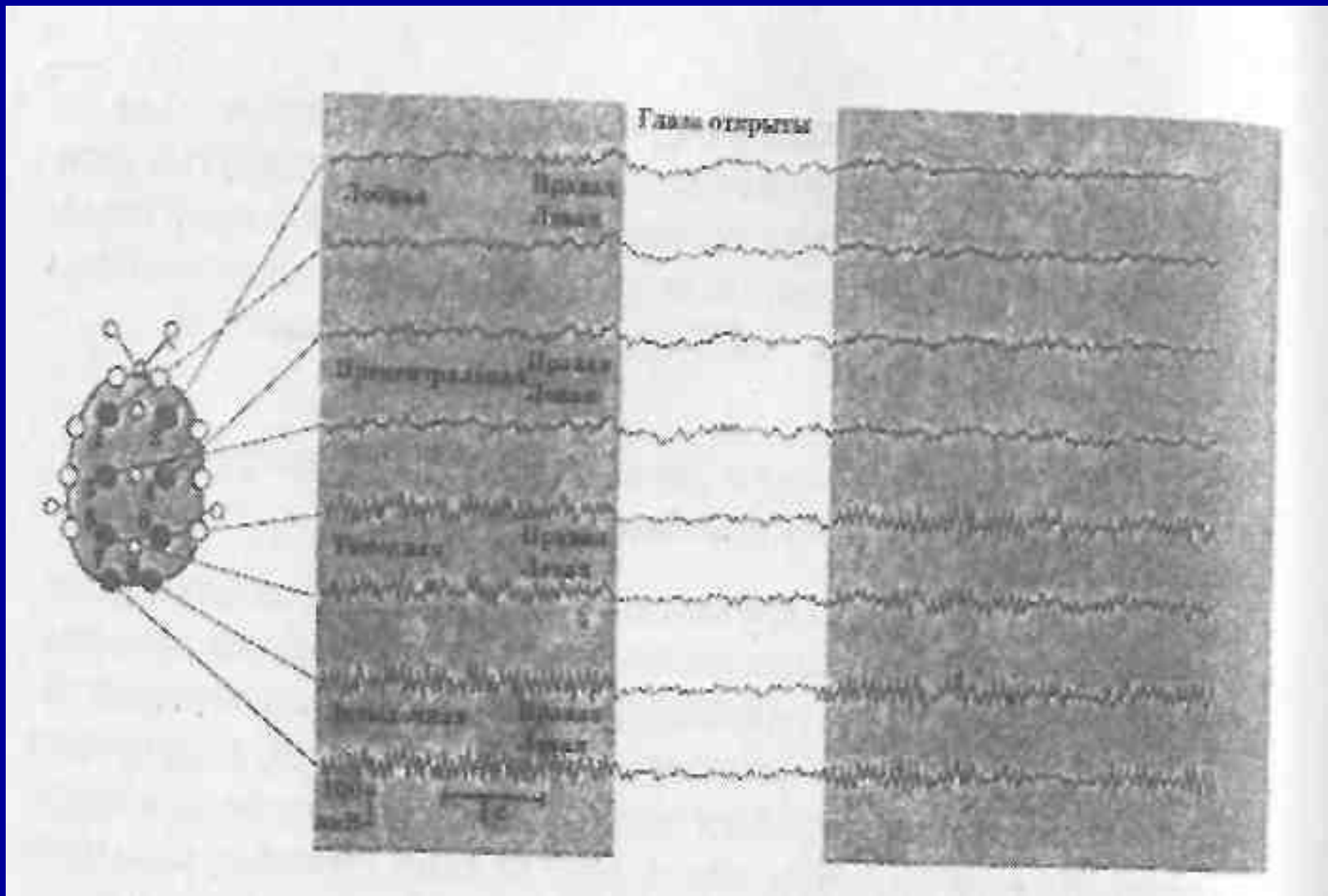


*ЭЭГ тіркеуде электродтардың пациенттің басына қойылуы.*



*Электроэнцефалограмма* – бастың  
беткі қабатының әр түрлі  
бөліктерінің арасындағы  
потенциалдар айырымының уақыт  
бойынша өзгеріс графигі.





*8 электродпен алынган ЭЭГ –ні тіркеу*

Электроэнцефалограмма әр түрлі жиілікті және амплитудалы күрделі тербелістен тұрады. Әр түрлі функциональды күйдегі бас миының электрлік белсенділігін зерттеу үшін спектрлік құрастырушылар (спектральные составляющие) қолданылады.

1. Үлкен адамдарда жиілігі  $\alpha$  - ритм байқалады.  
8-13 Гц (қалыпты жағдайда)

2. Мидың белсенділігін зерттеуде жиілігі  
14- 30 Гц  $\beta$  - *ритм* (ойлану кезінде)

3. Жиілігі 30-55 Гц-тен жоғары  $\gamma$  - *ритм*  
(жүйке жүйесінің қозу кезеңінде)

4. Жиілігі 0,5 -3,5 Гц  $\delta$  - *ритм*  
(ұйықтағанда)

5. Жиілігі 4-7 Гц  $\theta$  - *ритм* байқалады  
(қысымға ұшырағанда, әсіресе сәтсіздік, үмітсіздік туылғанда)

$\beta$  төмен диапазон - 12,5-16 Гц  
өзін кең ұстап, бірақ зейіні  
шоғырланғанда

$\beta$  орта диапазон - 16,5-20 Гц  
ойлау , мәселе шешім ету күйінде

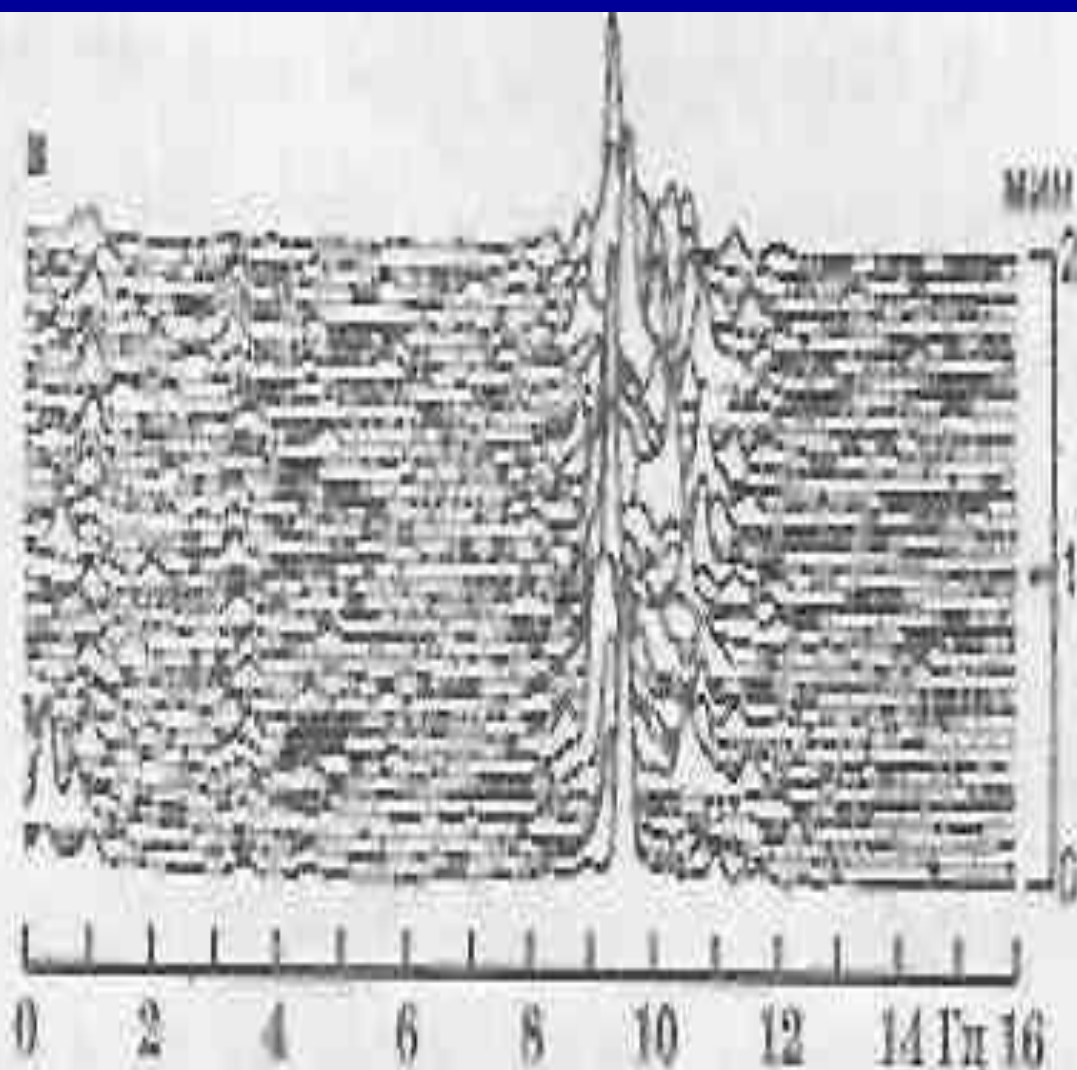
$\beta$  - жоғары диапазон - 20,5-28 Гц  
тебіреніс, абыржу



Дельта<sup>4</sup> Тета<sup>8</sup> Альфа<sup>12</sup> Гц<sup>16</sup>

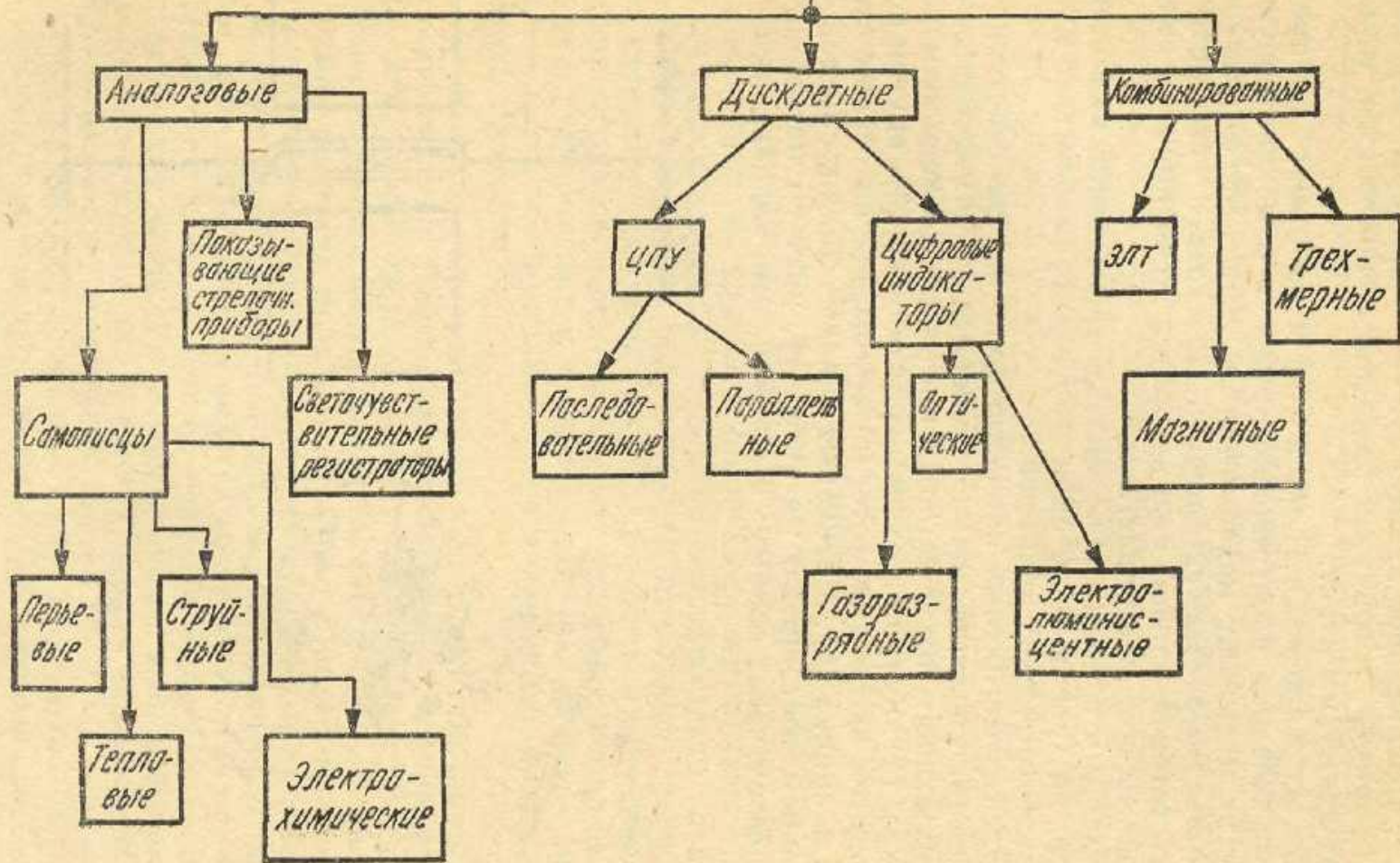
Аномальные ритмы

Норми

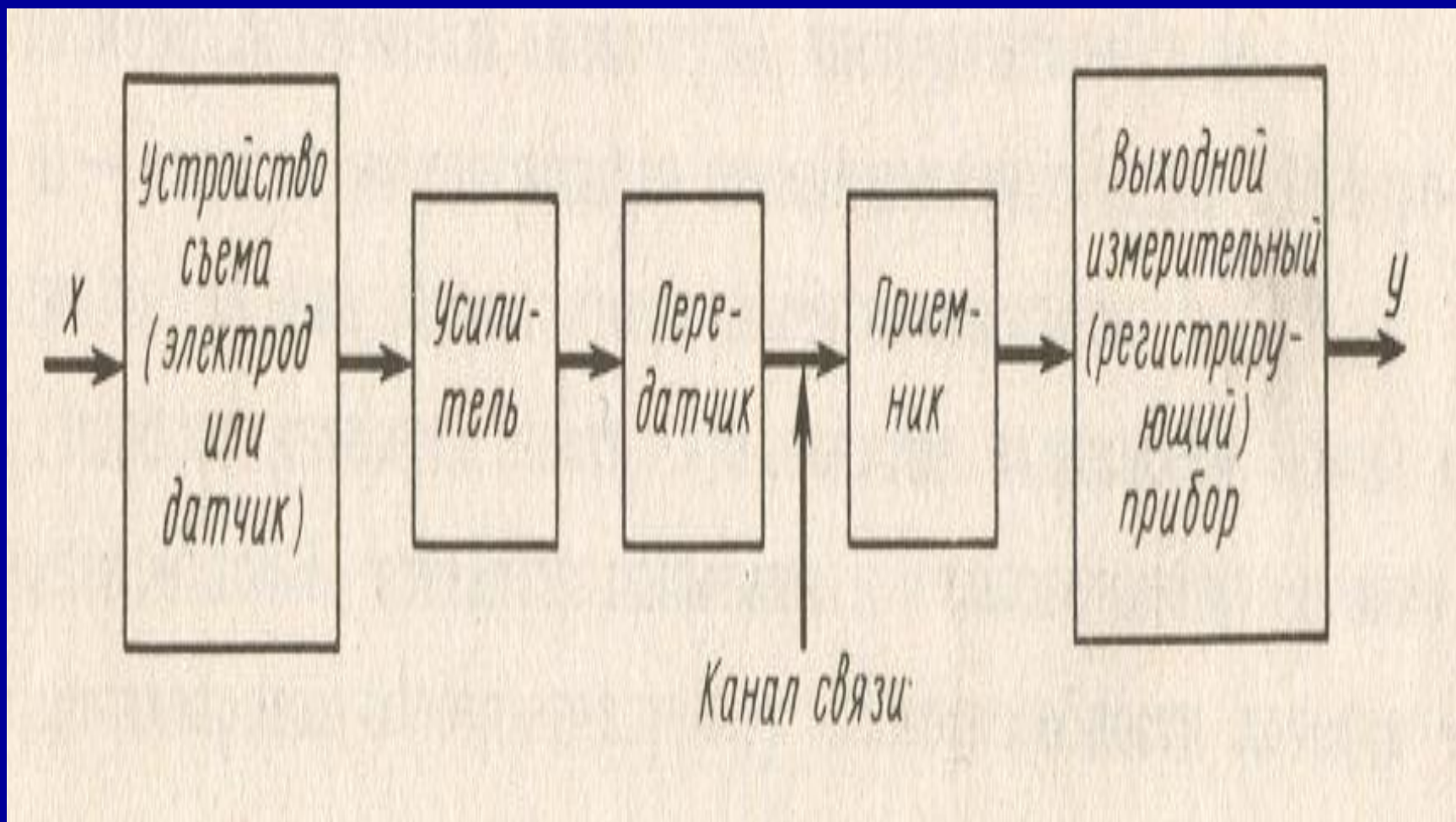




Устройства регистрации и отображения мед. информации



# Өлшеуіш тізбектің құрылымдық схемасы



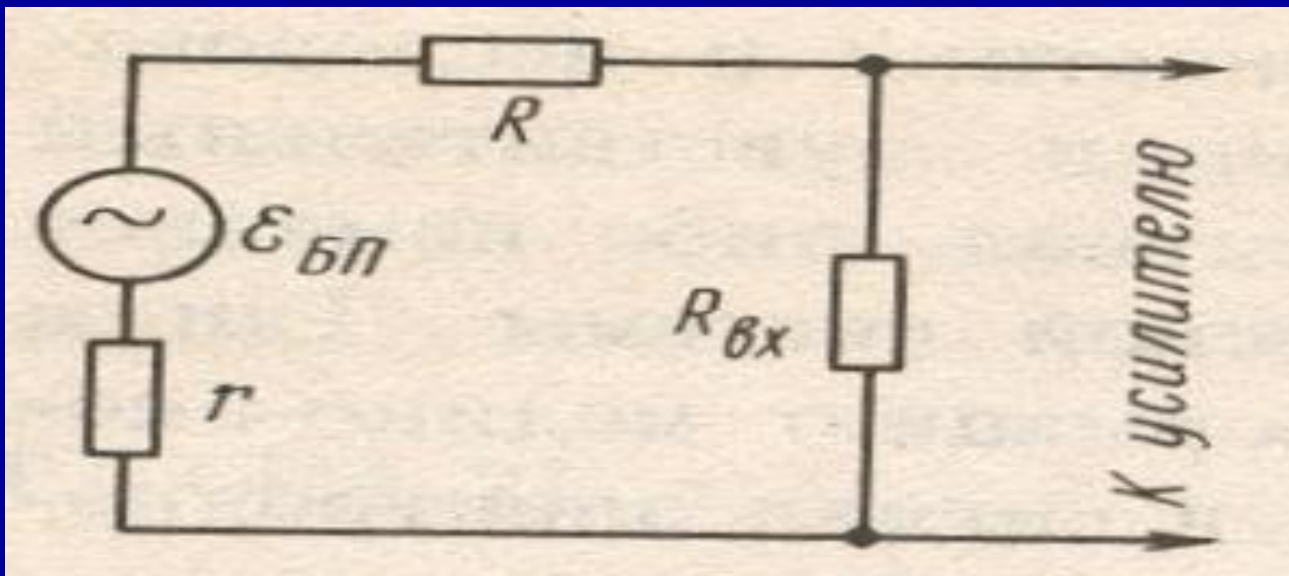
- 1. Ақпаратты алу қондырғысы**
- 2. Күшейткіш**
- 3. Таратқыш (беруші)**
- 4. Қабылдағыш**
- 5. Ақпаратты тіркеуші (өлшегіш құрал)**

**Таратқыш – алынған ақпаратты тасмалдаудың немесе таратудың 2 түрі бар**

- 1. Өткізгіш сымдар**
- 2. Радиотолқындар**



*Биологиялық жүйеден және электродтан тұратын контурдың эквиваленттік схемасы*



$\varepsilon_{\text{БП}}$  - биопотенциал көзінің э.қ.к.

$r$  - ішкі ұлпаның кедергісі

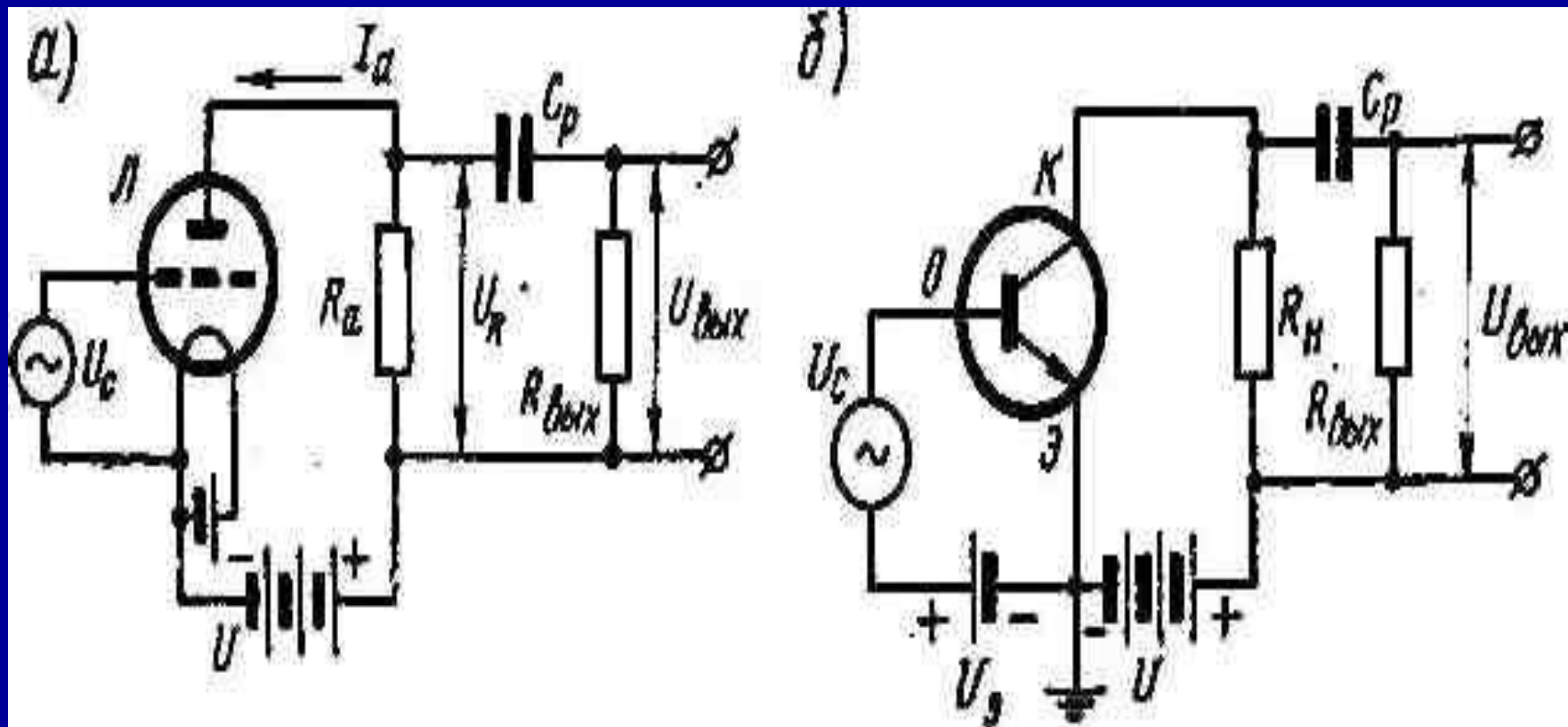
$R$  - тері мен электрод арасындағы кедергі

$R_{\text{вх}}$  - биологиялық жүйенің кірісі

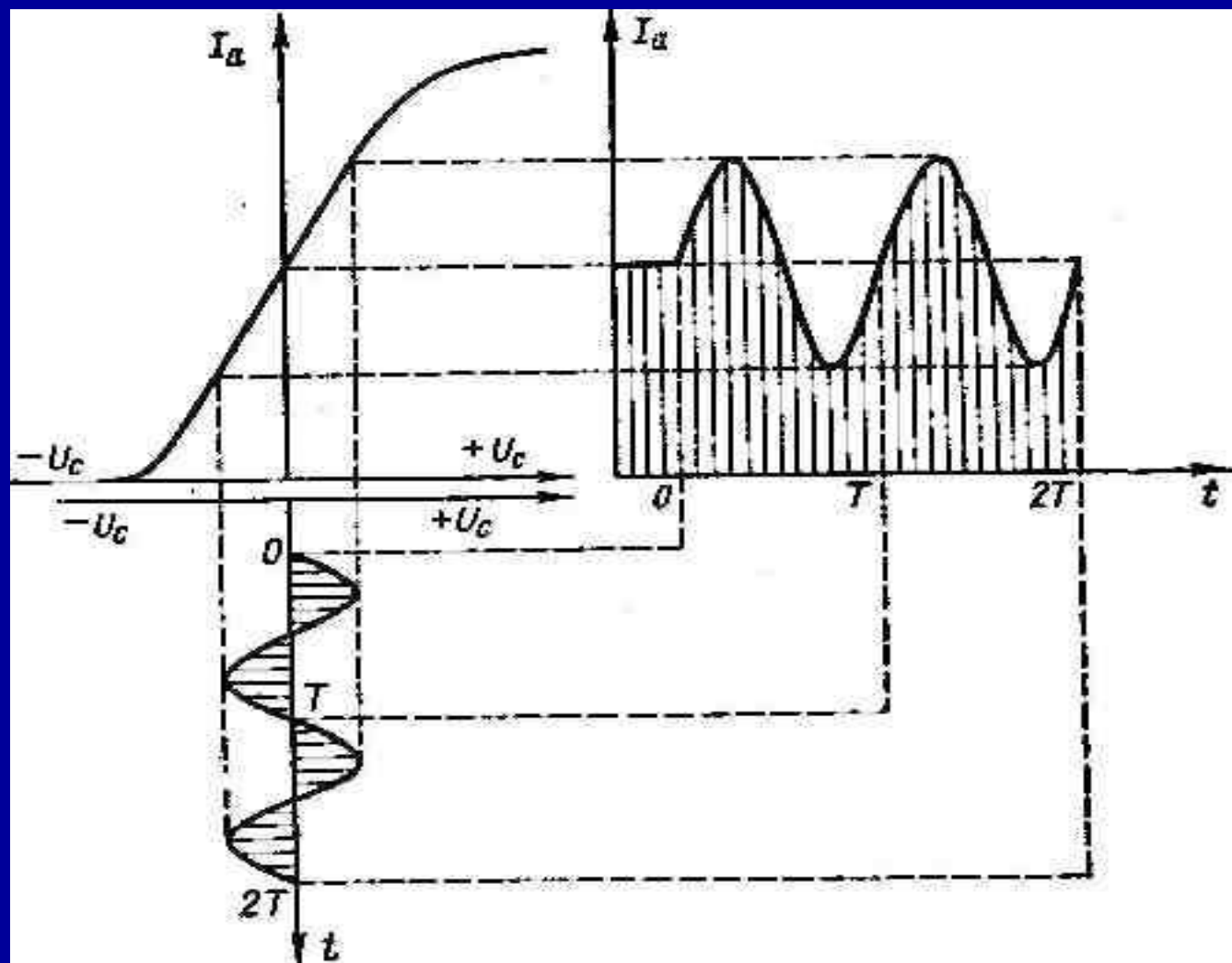
## *Электродтарға қойылатын талаптар:*

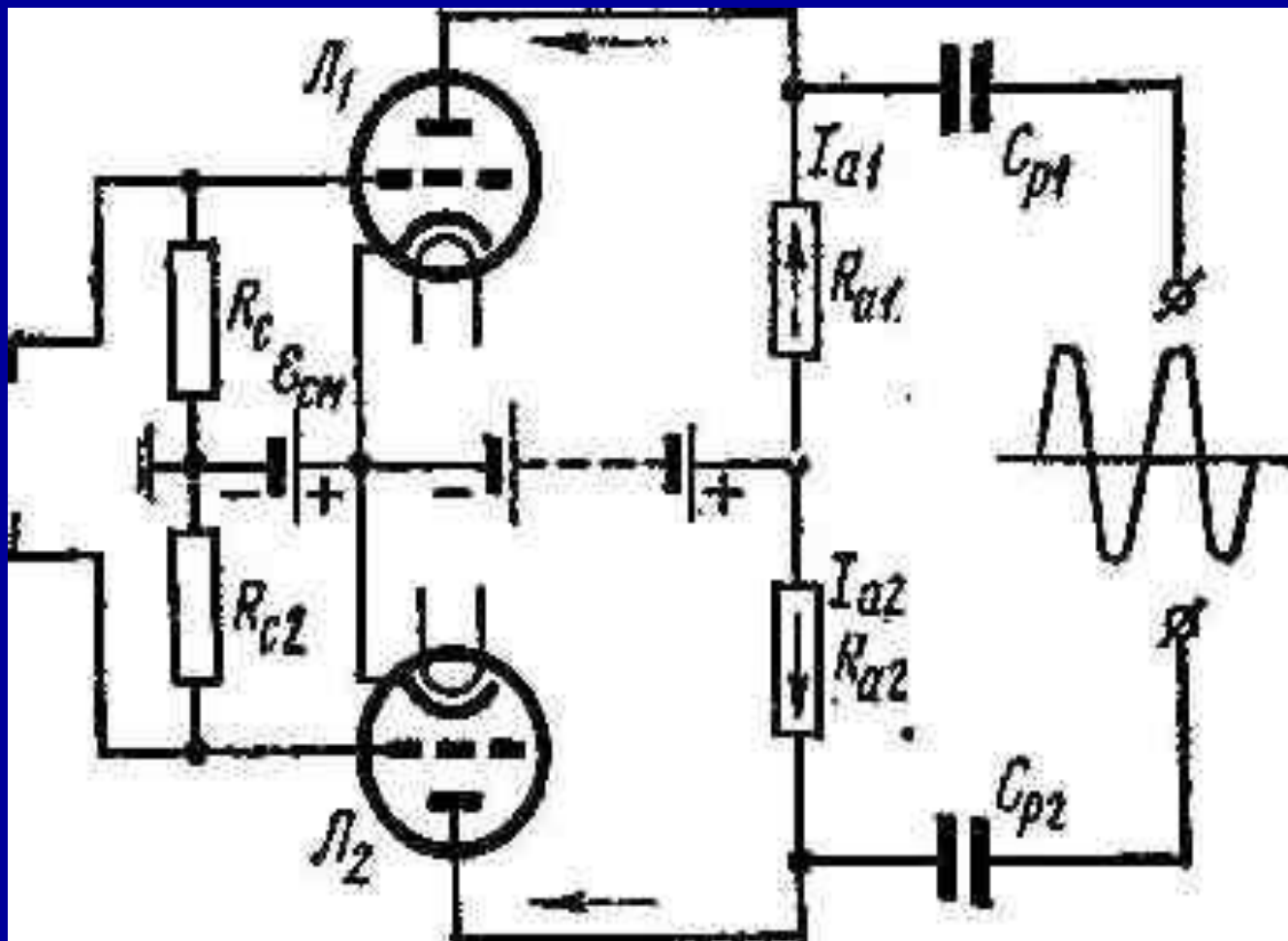
- 1. Мықтылық (төзімділік - прочность)**
- 2. Жылдамдық (тез арада алып тіркеу)**
- 3. Сигналдың бұзылмауы (формасын өзгертпеуі, кедергі жасамауы, яғни параметрлердің тұрақтылығын қамтамасыз ету - искажения)**
- 4. Биологиялық ұлпаны тітіркендірмеуі**

Медицинада  
биопотенциалдарды  
күшейту үшін арнайы  
*кернеуді күшейткіштер*  
қолданылады.

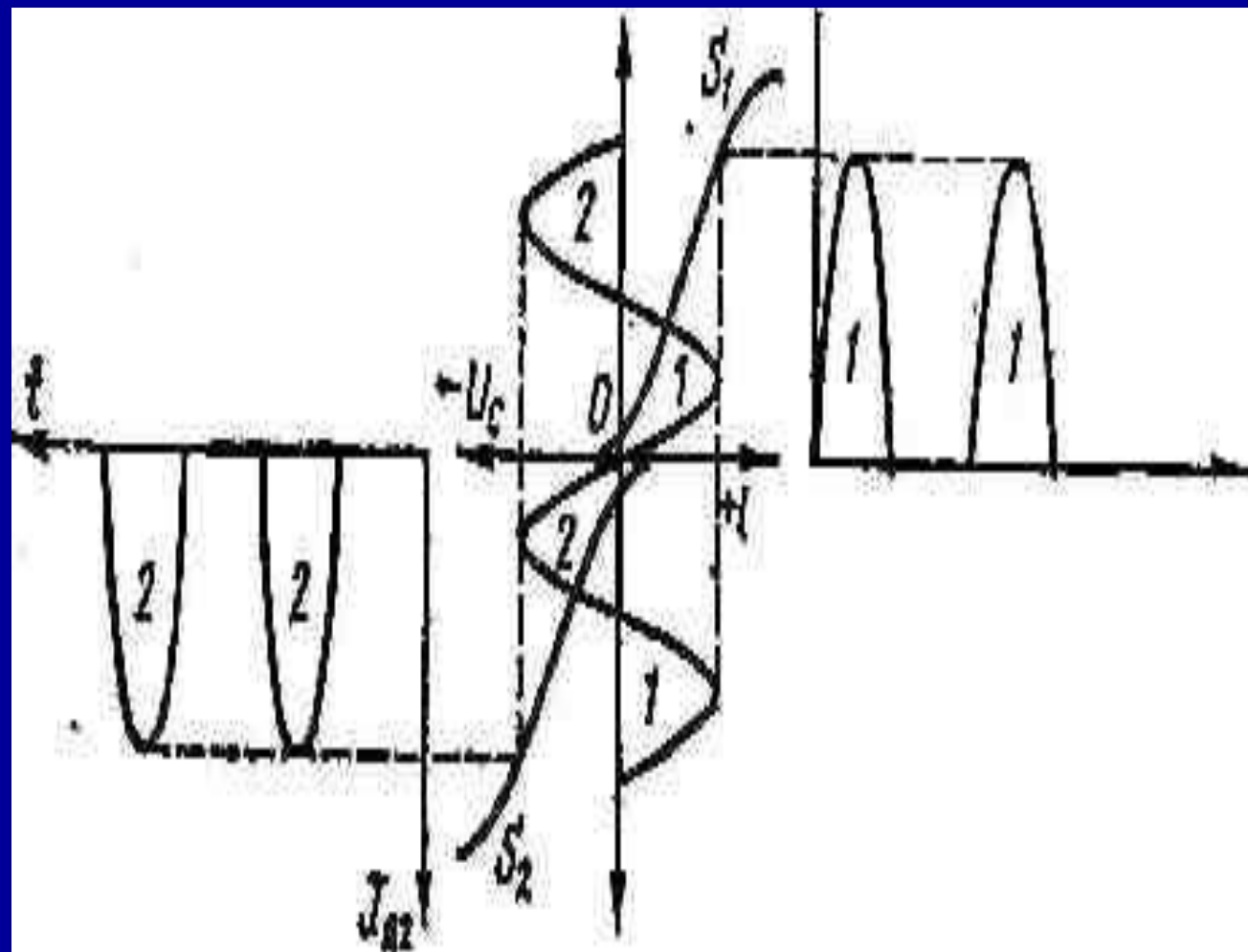


*Бір тактілі күшейткіштер*



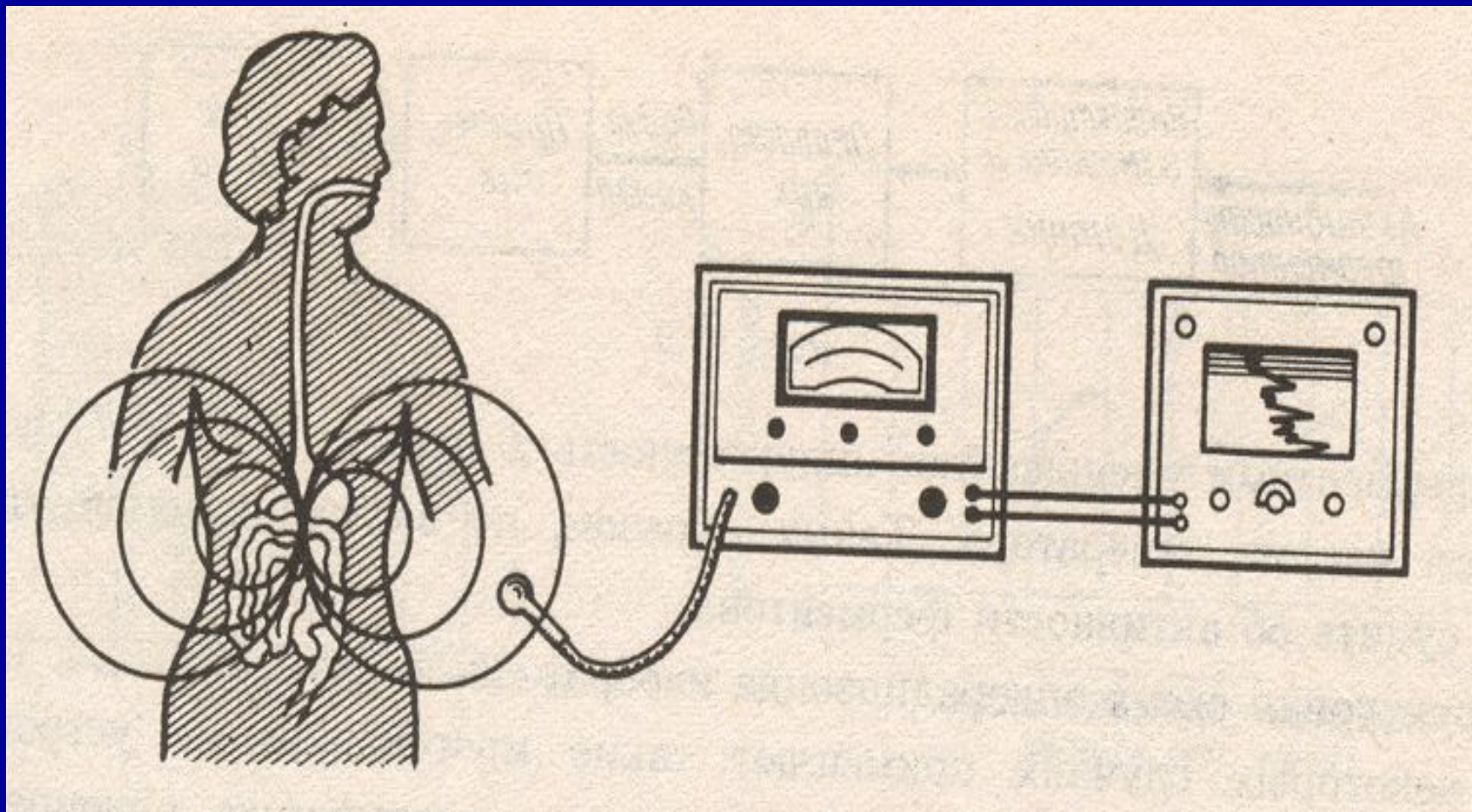


*Екі тактілі күшейткіш*





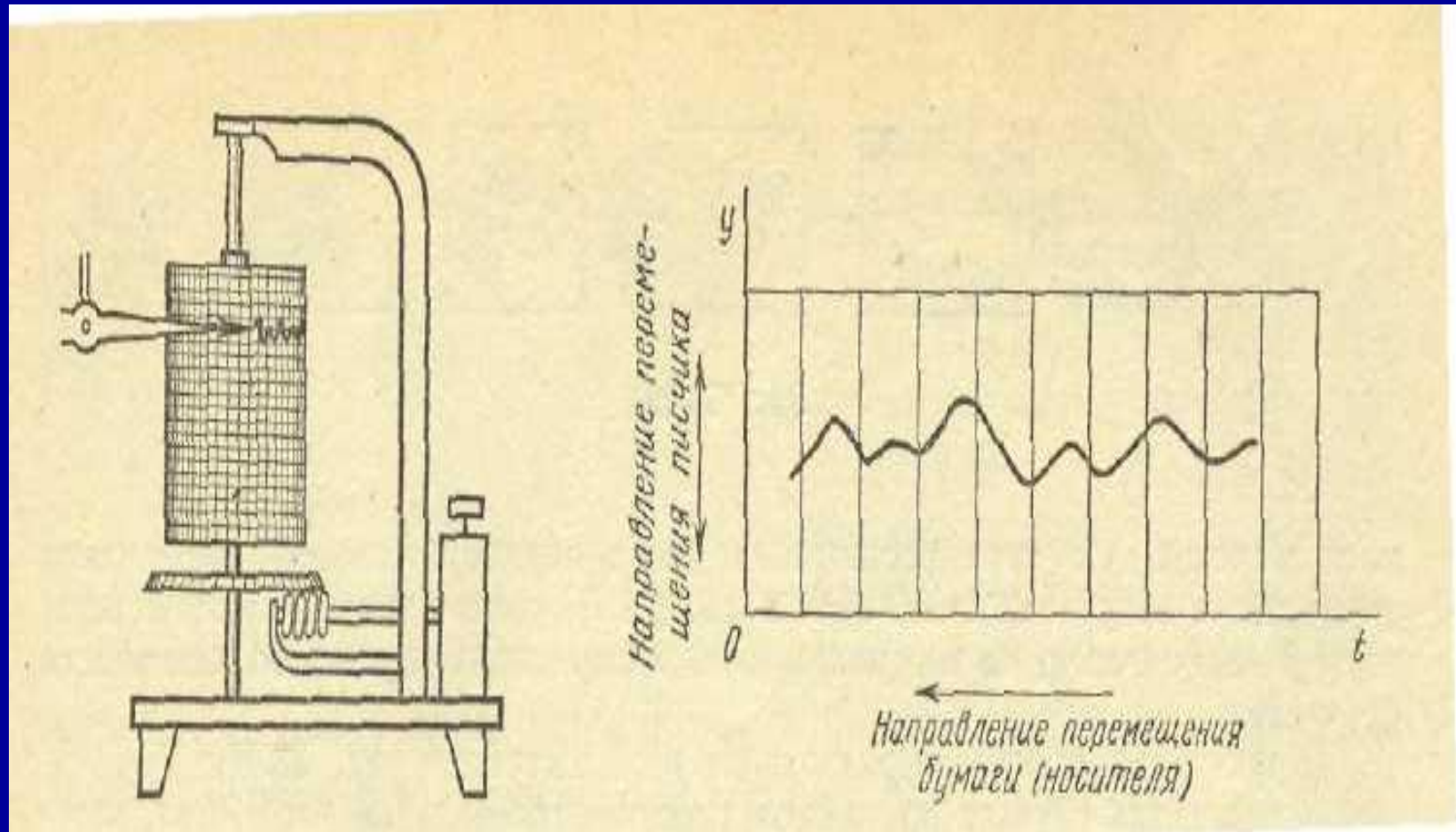
# Радиотелеметрия әдісі эндорадиозондтар үшін қолданылады.

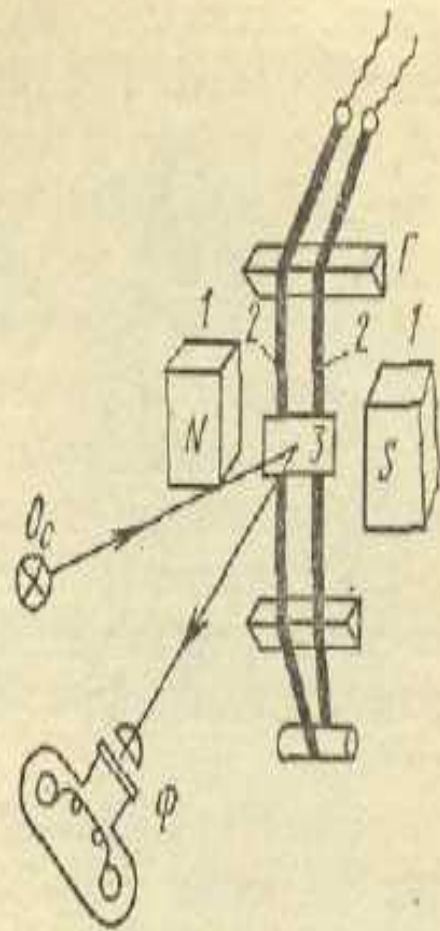
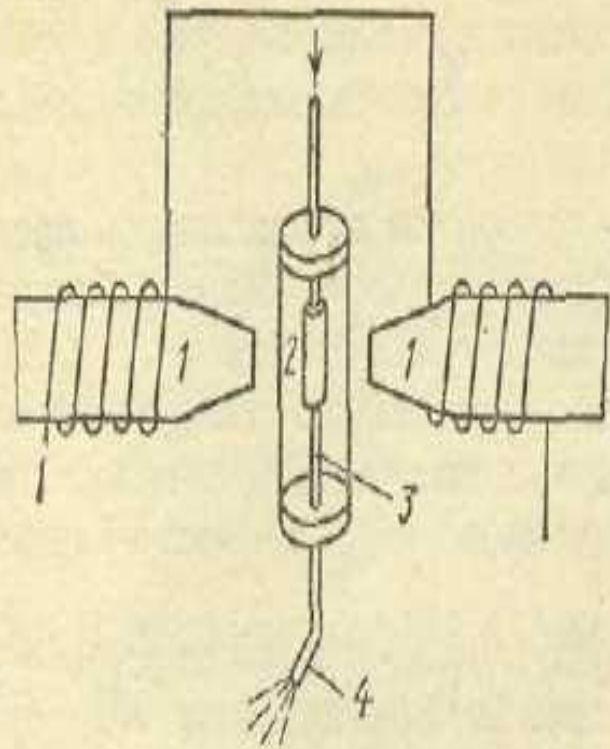






# Аналогтық тіркеу құрылғылары





# *Әдебиеттер:*

1. Арызханов Биологиялық физика, Тиманюк В.А., Животова Е.Н. Биофизика, Киев, 2004г.
2. Ремизов А.М. Медицинская и биологическая физика, М.,2002г.
3. Антонов В.Ф. Биофизика, М.,2006 г.
4. Ливенцев Н.М. Курс физики М., 1974 г.

## *Бақылау сұрақтары:*

1. Жүректің электрлік белсенділігінің мағынасы қандай?
2. ЭЭГ-нің қандай негізгі ритмдері бар?
3. Биопотенциалдарды тіркеудің жалпы схемасы қандай?
4. Күшейткіштердің негізгі сипаттамасы қандай?
5. Биопотенциалдарды тіркеуші қандай техникалық құралдар бар?

*НАЗАРЛАРЫҢЫЗҒА  
РАХМЕТ !*