

**№7. Биологиялық жүйелерді
зерттеудің дыбыстық әдістері.
Акустика**

Қарастыралатын сұрақтары

- Дыбыс және оның сипаттамалары. Дыбыстық өлшемдер.
- Ультрадыбыс. Ультрадыбысты толқындадың таралу ерекшеліктері.
- Ультрадыбыстың ағзаның ұлпасы мен жасушасына әсерінің биофизикалық негізі.
- Инфрадыбыс. Биологиялық объектілерге инфрадыбыстың әсерінің биофизикалық негізі.
- Аудиометрия.

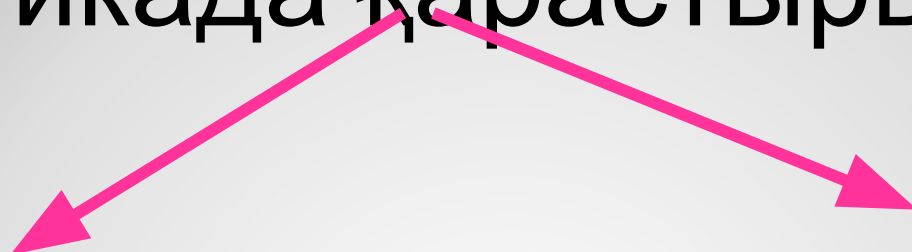
Дыбыс толқындары немесе
дыбыс деп адамның есту
мүшесі қабылдай алатын
жиілігі 16 Гц-тен 20 000 Гц-ке
дейінгі серпімді ортада
таралатын тербелістер мен
толқындар.

1. Дыбыс кез келген ортада таралады.
2. Дыбыстың таралу жылдамдығы тербеліс жиілігінен тәуелді емес, ол ортаның серпімділігі мен тығыздығынан және температурадан тәуелді.
3. Ауада (0 градуста) дыбыстың таралу жылдамдығы $c=331,5$ м/с, температура 10 градусқа көтерілгенде жылдамдығы 0,5м/с -қа артады.
4. Қатты және сұйық орталарда дыбыстың таралу жылдамдығы жоғары, мысалы суда шамамен 1500 м/с.

Акустика –

дыбыс толқындарын зерттейтін
ғылым саласы.

Акустикада қарастырылады:



$$\nu < 16 \text{ Гц}$$

$$\nu > 20\,000 \text{ Гц}$$

Инфрадыбыс

Ультрадыбыс

ДЫБЫС ТОЛҚЫНЫНЫҢ ТҮРЛЕРІ:

- Тон (музыкалық дыбыс немесе музыкалық тон)
- Шулар
- Дыбыстық соққылар

Тон дегеніміз периодтық
толқындық үрдістер
түріндегі дыбыс.

- Тонның *биіктігі* тербелістің *жиілігімен* анықталады.
- Жиілік неғұрлым көп болса, тон соғұрлым жоғары болады.

Скрипка, кларнет, ер немесе әйел ән салғанда шығатын жоғарылығы бірдей дыбыстар бір-бірінен айырықша есту сезімін туғызады.

Дыбыстың осы қасиеті тембр деп аталады.

Шу - әр түрлі жиіліктегі дыбыстардың ретсіз қабаттасуы болып табылады.

***Толқындық соққылар** - қысқа уақыт ішінде әсер ететін дыбыстық толқындар (жарылыстар, шапалақ).*

Егер толқындық үрдіс
гармониялық болса, онда
музыкалық дыбыс таза тон береді
(камертон)

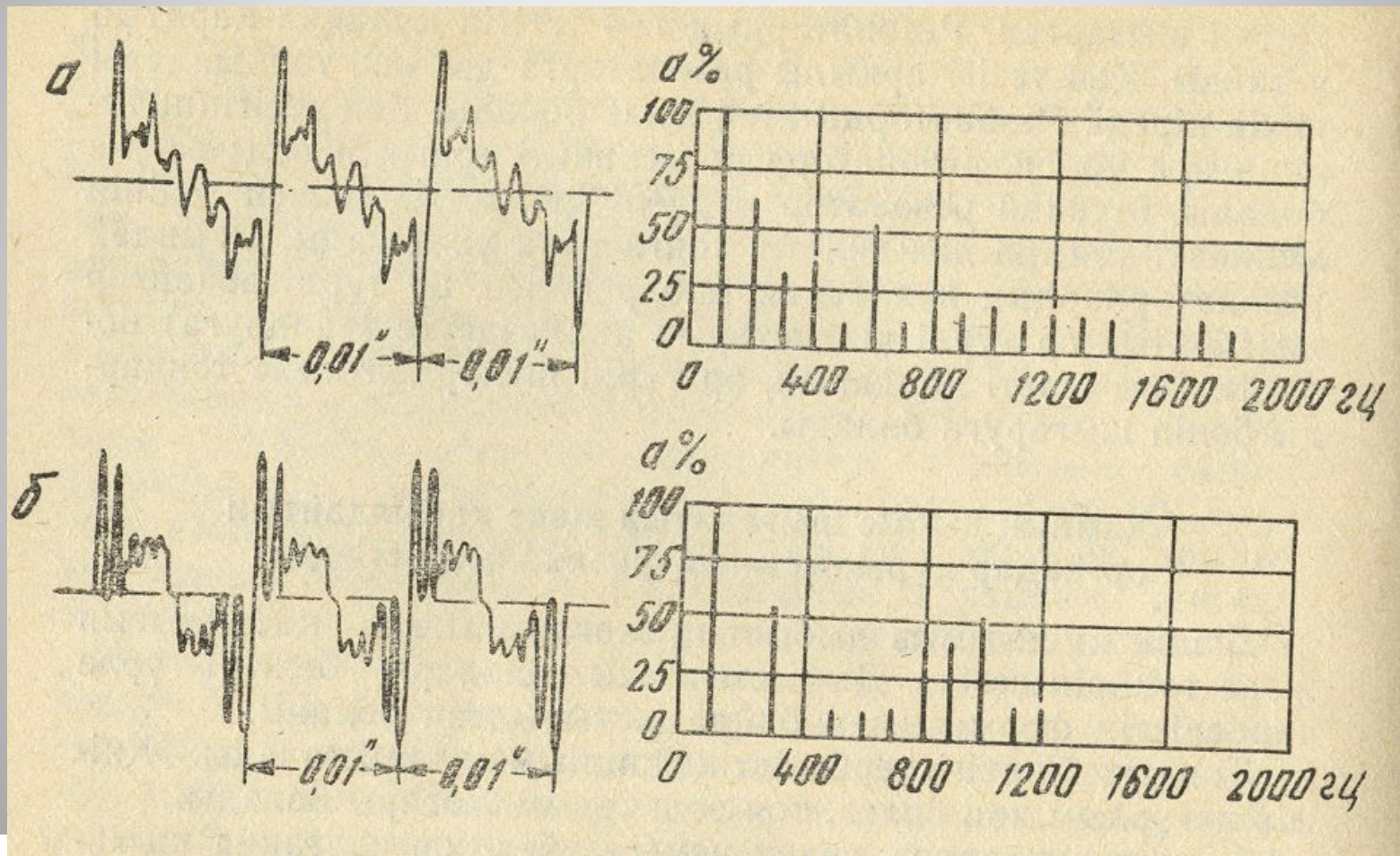
Ангармониялық болса –
күрделі тон алынады
(музыкалық аспаптар).

Күрделі дыбыстағы ең төменгі тон **негізгі тон** д.а. Оның жиілігі күрделі дыбыстың жиілігіндей болады.

Жиіліктері 2, 3, 4 т.с.с. есе көп болатын басқа қарапайым тондар жоғары **гармониялық тондар** немесе **обертондар** д.а.

Адамдар тек негізгі тонды ғана айырады

Бірдей нота, яғни жиілігі 100Гц а) рольдағы б) кларнеттегі



Дыбыстың сипаттамалары:

Физикалық
(объективтік)



1. Қарқындылығы
2. Гармоникалық спектр
3. Жиілік

Физиологиялық
(субъективтік)



1. Қаттылығы
2. Тембр
3. Жоғарлығы

Дыбыстың энергетикалық
сипаттамасы –
қарқындылық
(интенсивтілік)

$$I = \left(\Delta A^2 \omega^2 / 2 \right) \nu$$

**Қарқындылық – дегеніміз
бірлік ауданға келетін
толқын энергиясының
ағыны**

Өлшем бірлігі: $\text{Вт}/\text{м}^2$

Дыбысты қабылдап алуды бағалау үшін оның қарқындылығын емес, оның **дыбыстық қысымын** өлшеген қолайлы. Дыбыс қарқындылығының дыбыстық қысымға тәуелділігі:

$$I = \frac{p^2}{2\rho v}$$

p - дыбыстық қысым;

ρ - ортаның тығыздығы;

v - дыбыстың таралу жылдамдығы

Адамның есту мүшесі қабылдайтын дыбыс қарқындылығының диапазоны:

$$I_0 = 10^{-12} \text{ Вт/м}^2 \text{ немесе } P_0 = 2 \cdot 10^{-5} \text{ Па}$$

$$I_{\text{max}} = 10 \text{ Вт/м}^2 \text{ немесе } P_{\text{max}} = 60 \text{ Па}$$

мұндағы:

$I_0 (P_0)$

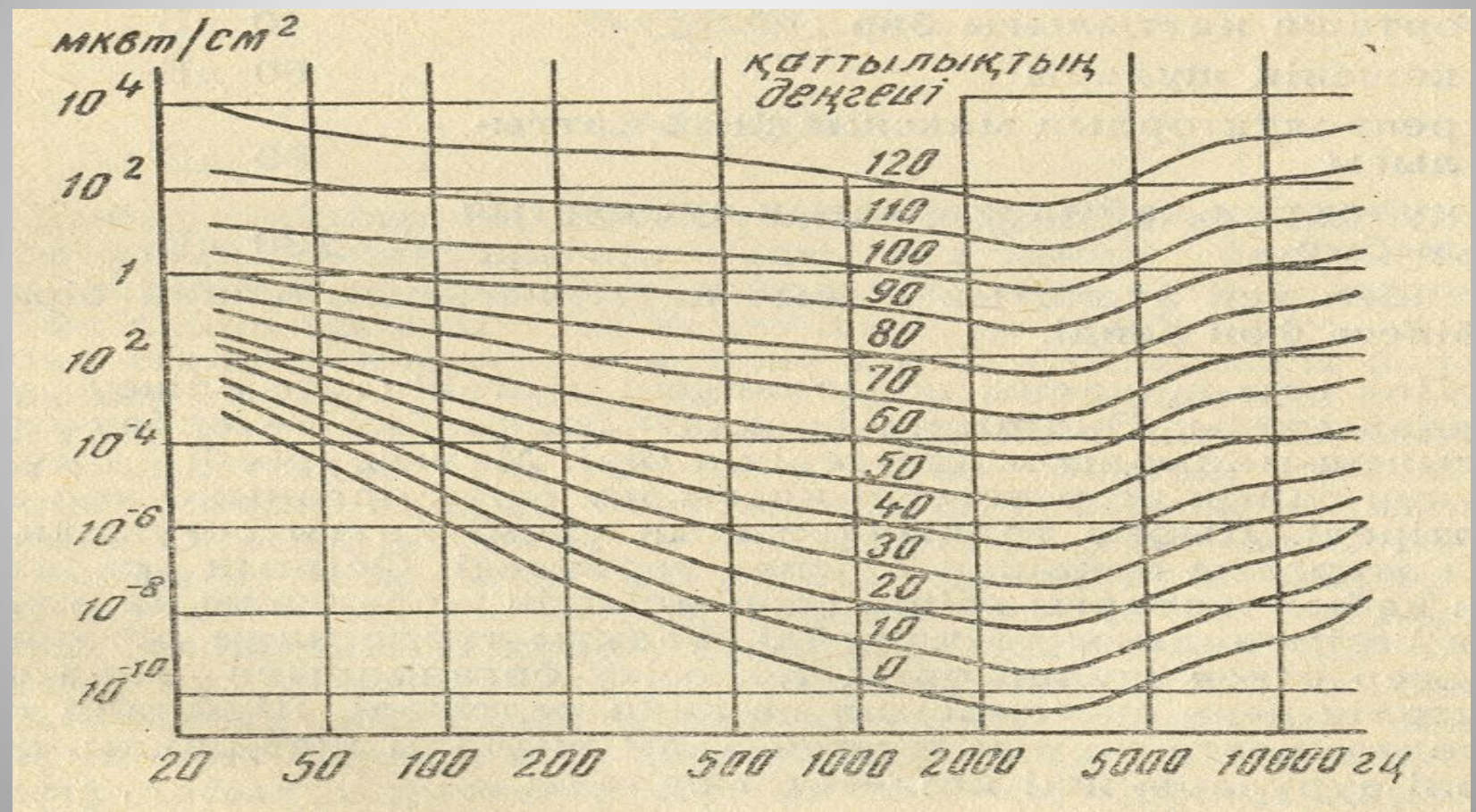
- есту табалдырығы

- дыбыстың ауру

$I_{\text{max}} (P_{\text{max}})$
тудыратын шегі

Дыбыстың қаттылығы өзгергенде құлақтың сезімталдығы да өзгереді.

Дыбыс күшін өлшеу 13 бөліктен тұрады



- Дыбыс қарқындылығының өлшем бірлігі - бел (Б).
- Децибел өлшемі кеңінен қолданылады:
 $1\text{дБ} = 0,1\text{Б}$
- Екі деңгейдегі қарқындылық мәндерінің бір-бірінен айырмасы 1,26 есеге тең

Газдардағы дыбыстық қысымды өлшеу үшін өлшеу микрофоны қолданылады. Ол датчиктен, электрондық күшейткіштен және өлшеу құралынан тұрады.



Дыбыс тембрі оның
акустикалық спектрі арқылы
анықталады.

Дыбыс қаттылығы
толқын амплитудасына
тәуелді болады да, есту
сезімінің деңгейін
анықтайды.

Вебер-Фехнер заңы:

Тітіркендіруді (раздражение) геометриялық прогрессия түрінде (бірдей шамаға еселеп) өсіретін болса, онда сезіну деңгейі арифметикалық прогрессия бойынша (бірдей шамаға) өзгереді:

$$E = k \lg(I / I_0)$$

мұндағы:

E - дыбыс қаттылығы;

k – жиілік пен қарқындылыққа тәуелді болатын пропорционалдық коэффициент

Дыбыс қарқындылығы шкаласынан ажырату үшін дыбыс қаттылығы деңгейінің шкаласында децибелді фон деп атайды.

Дыбыс қаттылығы мен әр түрлі жиілікті дыбыс қарқындылығының арасындағы сәйкестікті табу үшін қаттылығы өзгермейтін қисық сызықты пайдаланамыз

Есту мүшесінің дыбысты сезу деңгейін өлшеу әдісін аудиометрия деп атайды.

Арнайы құралмен әр түрлі жиілікке сәйкес келетін есту табалдырығының қисығы алынады.

Оны аудиограмма деп атайды.

Диагностикадағы дыбысты зерттеу әдістері:

- **Аускультация** – тыңдау
- **Фонокардиография** – жүрек тондары мен шуларының сызықтық бейнесін түсіру
- **Перкуссия** – дененің жеке алынған бөлігінде дыбысты тыңдау

Дыбыстық қысым (P) ортаның тербеліске түсетін бөлшектерінің жылдамдығына тәуелді:

$$p / v = \rho c \quad \text{немесе} \quad p = \rho c v$$

Ортаның
тығыздығы

көбейтіндісі акустикалық
импеданс немесе
толқындық кедергі д.а.

Толқынның ортадағы
таралу жылдамдығы

Толқындық кедергі – дыбыс таралатын ортаның маңызды сипаттамасы, ол бір – бірімен шектескен 2 ортаның шекарасында толқынның шағылуы мен сыну шартын анықтайды.

Дыбыстың 1 ортадан 2 ортаға өтуі дыбыс толқынының өтімділік коэффициентімен сипатталады:

$$\zeta = I_2 / I_1$$

Мысалы, дыбыстың ауадан суға өтудегі өтімділік коэффициенті **0,122%**

Кез келген жабық кеңістікте қабырғадан, терезеден, төбеден, заттардан шағылған дыбыс, қайталап шағылуға ұшырай отырып, біртіндеп жұтыла отырып сөнеді. Сондықтан дыбыс көзі өз жұмысын тоқтатқаннан соң да, бөлмеде біраз уақытқа дейін дыбыс ызыңы қалады. Осы процесті **реверберация** д.а.

Ультрадыбыс. УД-ты толқындардың таралу ерекшеліктері. УД-тың диагностикада қолданылуы.

- УД жиілігі 20 КГц-тен жоғары болатын механикалық тербелістер мен толқындар
- УД-тық толқындар жиілігінің ең жоғарғы мәні -

$$10^9 - 10^{10} \text{ Гц}$$

Ультрадыбысқа тән қасиеттер:

- УД-тың қысқа толқындылығы;
- УД-тың таралу жылдамдығы мен жұтылуы ортаның күйіне байланысты болады;
- УД-тың 2 ортаның шекарасында шағылуы олардың толқындық кедергілерінің қатынастарына тәуелді болады.

УД-тың әсерінен сығылысу және сұйылу нәтижесінде сұйық ортаның үздіксіздігінің бұзылуы кавитация д.а.

Кавитация ұзақ уақытқа созылмайды, тез бітеді де, бұл кезде аз көлемнің ішінде біршама энергия бөлініп, зат бөлшектері қызады, әрі молекулалары ионизацияланады

УД төмендегідей әффектілер тудырады:

- Жасушалық және субжасушалық деңгейде микровибрация тудырады
- Биомакромолекулаларды ыдыратады
- Биологиялық мембраналардың қайта құрылулары мен зақымдануын, мембрананың өткізгіштігін өзгертеді
- Жылулық әсер етеді
- жасушаалар мен микроағзалардың бұзылуларын тудырады

УД медицинада екі мақсатта қолданылады:

- Диагностикада (эхоэнцефалография, УД кардиография, УД локация)
- Емдеуде - әсер ету (УД терапия, УД остеосинтез)

Инфрадыбыс. ИД-тың биологиялық объектілерге әсерінің биофизикалық негізі

Жиілігі 20 Гц-тен төмен болатын механикалық толқындарды **ИД** д. а.

- **ИД** көздері- теңіздер, жерсілкіну, күн күркіреу, жарылыстар, әр түрлі станоктар, т.б.

ИД-қа тән қасиеттер:

- ИД адам ағзасына кері әсер етеді (бас ауру, ұйқысырау, тез шаршау, т.с.с.)
- ИД-тың ағзаға әсері резонанс құбылысына негізделген. Адам ағзасының өзіндік тербеліс жиілігі: жатқан кезде 3-4 Гц, тік тұрған кезде 5-12 Гц, көкірек қуысының өзіндік тербеліс жиілігі 5-8Гц, іш қуысының тербеліс жиілігі 3-4Гц.
- Бұлардың бәрі ИД жиілігіне тең.

Адамның есту мүшесі. Есту мүшесінің анатомиялық және физиологиялық негізі.

Есту мүшесіне:

- ❖ **Сыртқы**
- ❖ **Ортаңғы**
- ❖ **Ішкі құлақ**
- ❖ **Дыбысты өткізу жолдары жатады.**

Есту ағзасы дыбысты қабылдайды, өткізеді және өңдейді.

Дыбысты қабылдау және өткізу механизмі

Дыбыс толқындары құлақ қалқаны арқылы қабылданады да, сыртқы есту жолымен дабыл жарғағына беріледі, ал дабыл жарғағы дыбыс толқындарының жиілігіне сәйкес тербеле бастайды. Дабыл жарғағының тербелісі ортаңғы құлақтың сүйекшелеріне, одан әрі сүйекшелерден сопақ терезенің жарғағына беріледі. Кіреберіс терезе жарғағының тербеліс перилимфа мен эндолимфаға беріледі.

Бұл кезде кірпікті жасушалар өздерінің кірпіктерімен текториялық жарғаққа жанасып, сол жерде механикалық тітіркену салдарынан қозу пайда болады, ол әрі қарай кіреберіс-ұлу нервінің талшықтарына беріледі. Осылай дыбыс қабылдау үрдісі жүріп отырады.

Физикалық фактор (ФФ)	ФФ мен құбылыстарды сипаттаушы физикалық шамалар	ФФ әсерінің сипаты	ФФ қолданылатын медициналық құралдар
диагностика			
Ультрадыбыс	Жиілік пен тербеліс периоды, энергиясы, таралу жылдамдығы, ультрадыбыстық кедергі, импеданс, тығыздығы әр түрлі орта, УДЗ құралының сезімталдығы, динамикалық диапазоны, кеңістік және мезгілдік ажырату қабілеті, секторлы, сызықты, конвексты түрлендіргіштер	Шағылу, сыну, жұтылу, жылуға айналу, енуі; Механикалық, физика- химиялық, биологиялық құбылыстардың орын алуы.	Ультрадыбыстық зерттеу құралы (УЗИ)

	Доплер құбылысы, УД жиілігі, дуплексті сканерлеу	Шағылысу, Жиіліктің, Жылдамдықтың өзгеруі	Эхокардиограф
	Энергиясы, Таралу жылдамдығы ; ультрадыбыстық кедергі, импеданс		Эхоэнцефалограф
Терапия			
Ультра дыбыс	Механикалық, физика-химиялық, биологиялық,	Бөлшектердің ионға ыдырауы мен қозуы, т.б.	SONOPULS 492, УЗТ -1.07Ф,
	Механикалық, физика-химиялық, биологиялық, жоғары интенсивті УД толқын, энергия, фокусталған УД.	Жылудың бөлінуі, дене бөлшектерінің тербелуі т.б.	Ультрадыбыстық хирургия құралы