

Акустика. Ультразвук

Физические характеристики звука (объективные)

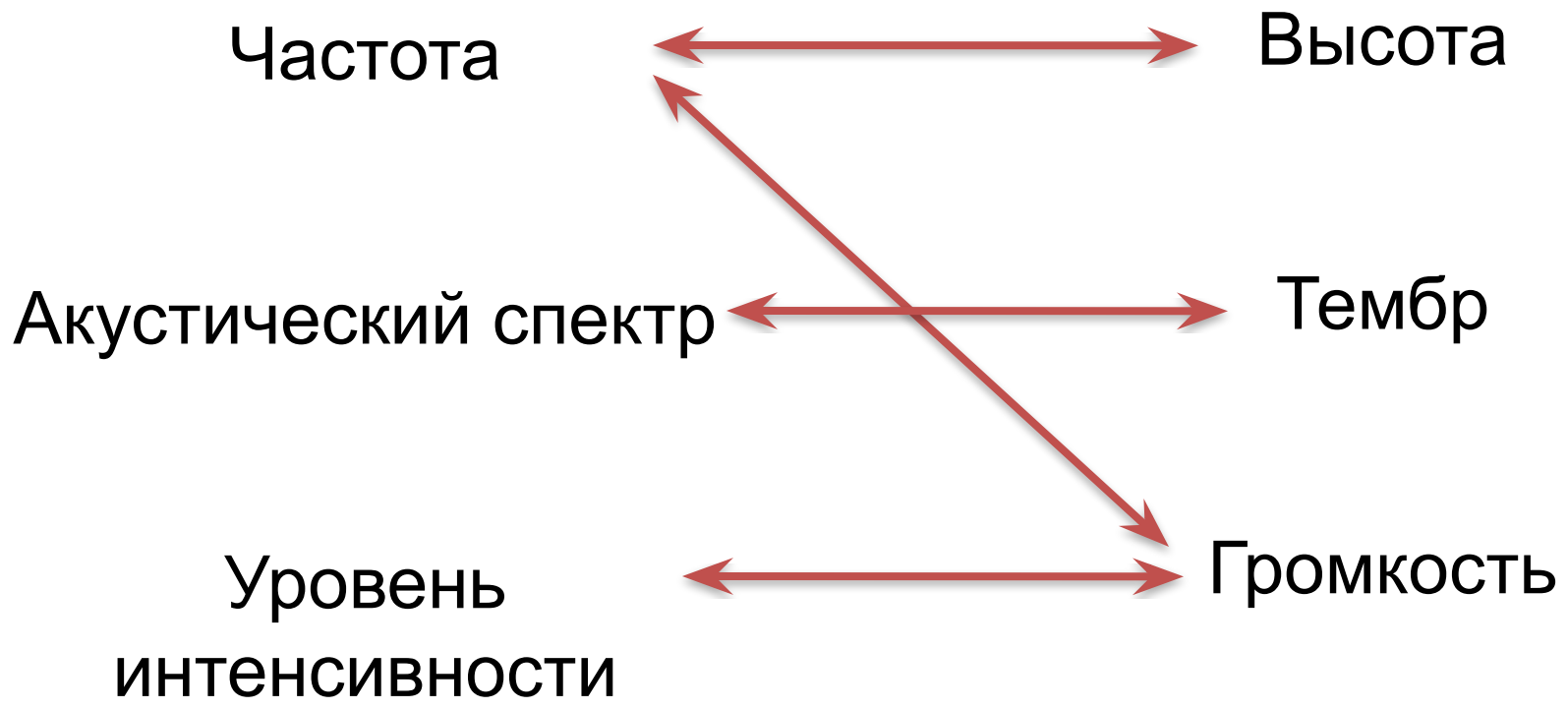
1. Частота
2. Скорость
3. Акустический спектр
4. Звуковое давление
5. Интенсивность
6. Уровень интенсивности

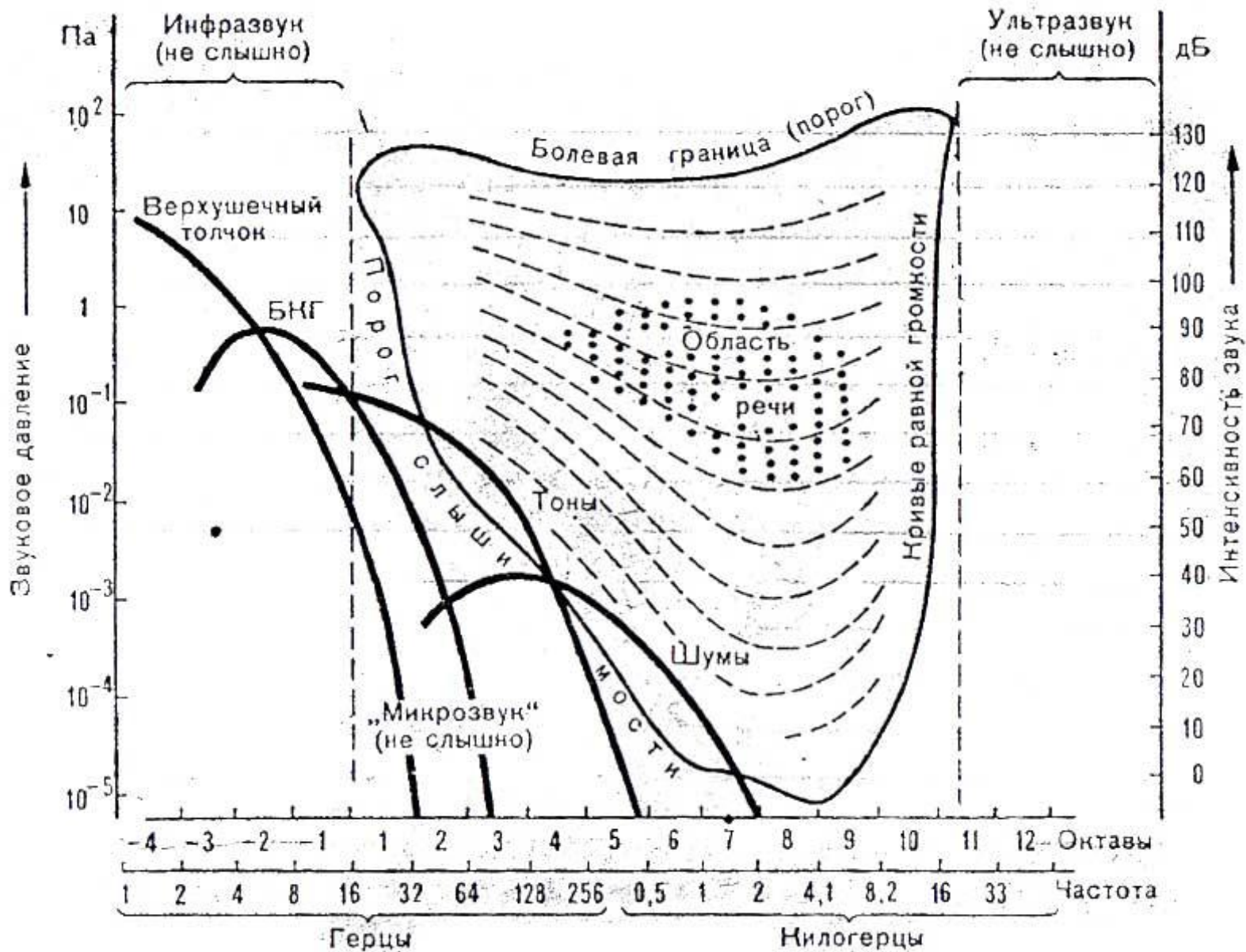
Характеристики слухового ощущения (субъективные)

1. Высота

2. Тембр

3. Громкость





Область звукового восприятия, звуки сердца и механические колебания инфразвуковой частоты, сопровождающие циклическую работу сердца.

1 Частота

$$\nu = 16 - 20000 \text{ Гц}$$

Пример: тоны сердца до 800 Гц

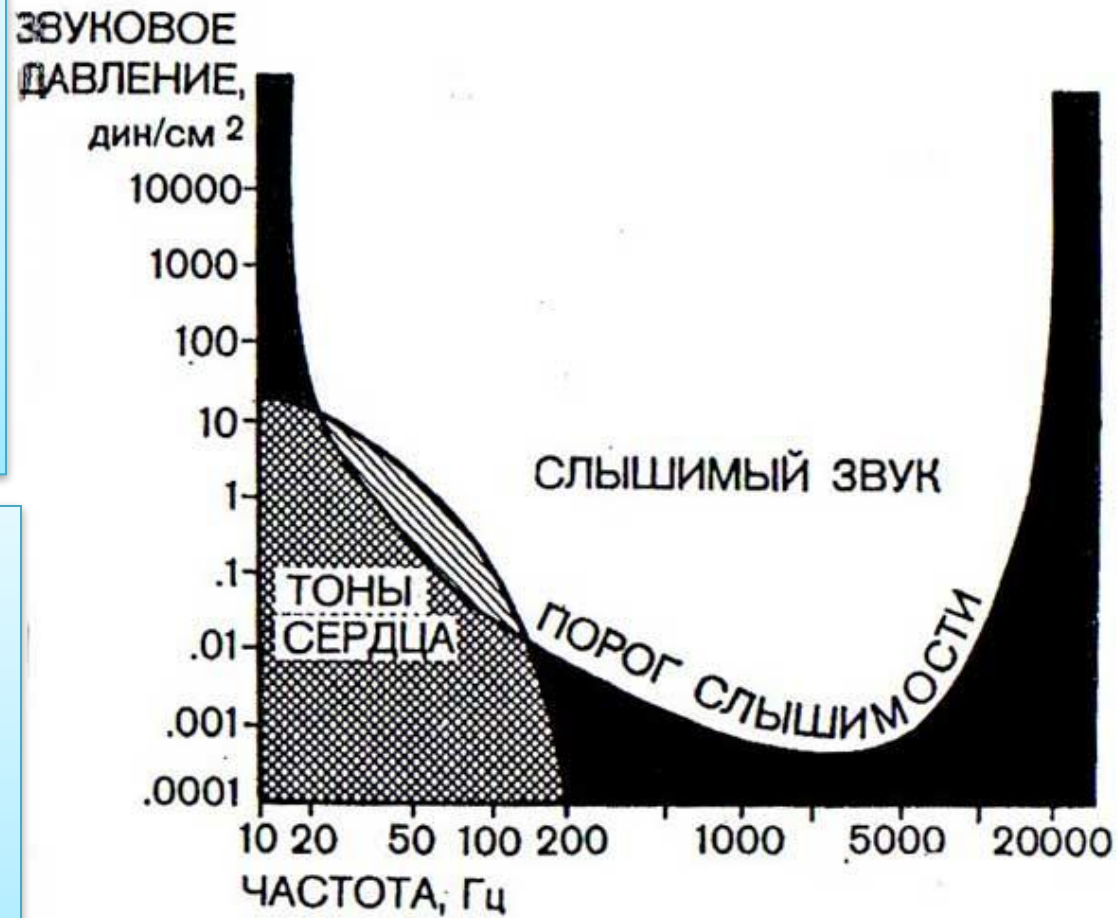
2 Скорость звука:

Воздух 331.5 м/с (0°C)

340 м/с (20°C)

Вода 1500 м/с

Кость \approx 4000 м/с

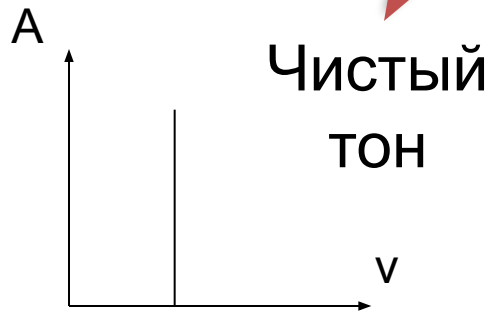


Слышимость на
разных частотах

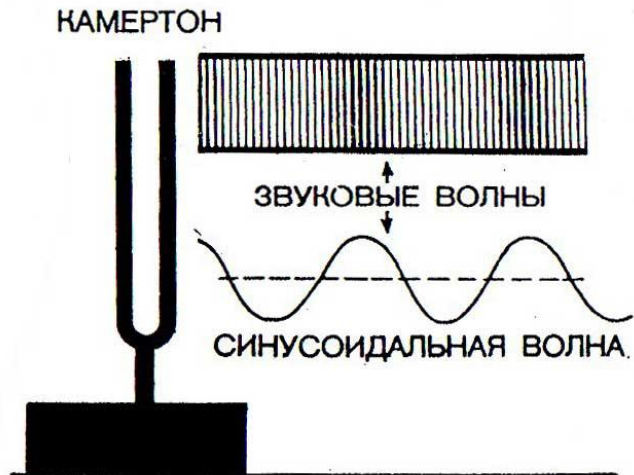
<i>Примерный характер звука</i>	<i>Интенсивность звука, Вт/м²</i>	<i>Звуковое давление, Па</i>	<i>Уровень интенсивности звука относительно порога слышимости, дБ (или уровень громкости звука для частоты 1 кГц, фон)</i>
Порог слышимости	10 ⁻¹²	0,00002	0
Сердечные тоны через стетоскоп	10 ⁻¹¹	0,000064	10
Шепот	10 ⁻¹⁰	0,0002	20
	10 ⁻⁹	0,00064	30
Разговор:			
тихий	10 ⁻⁸	0,002	40
нормальный	10 ⁻⁷	0,0064	50
громкий	10 ⁻⁶	0,02	60
Шум на оживленной улице	10 ⁻⁵	0,064	80
Крик	10 ⁻⁴	0,2	80
Шум:			
в поезде метро	10 ⁻³	0,64	90

<i>Приимерный характер звука</i>	<i>Интенсивность звука, Вт/м²</i>	<i>Звуковое давление, Па</i>	<i>Уровень интенсивности звука относительно порога слышимости, дБ (или уровень громкости звука для частоты 1 кГц, фон)</i>
мотоцикла (максимальный)	10 ⁻²	2	100
двигателя самолета	10 ⁻¹	6,4	110
То же, вблизи	10 ⁰	20	120
Порог болевого ощущения	10	64	130

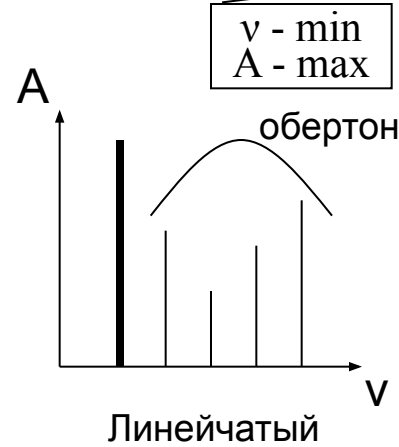
Акустические спектр



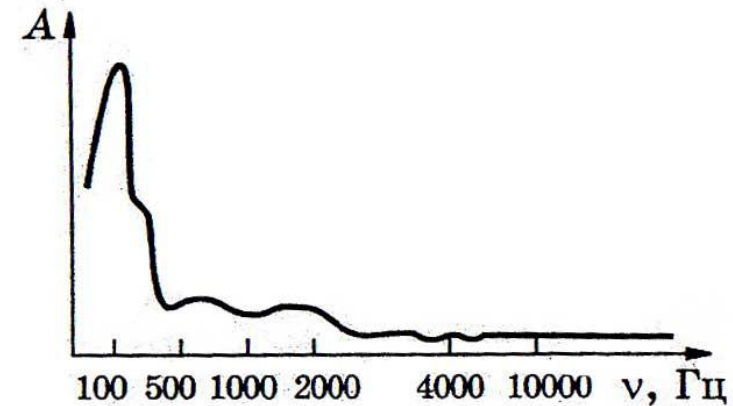
Спектр



СЛОЖНЫЙ ТОН



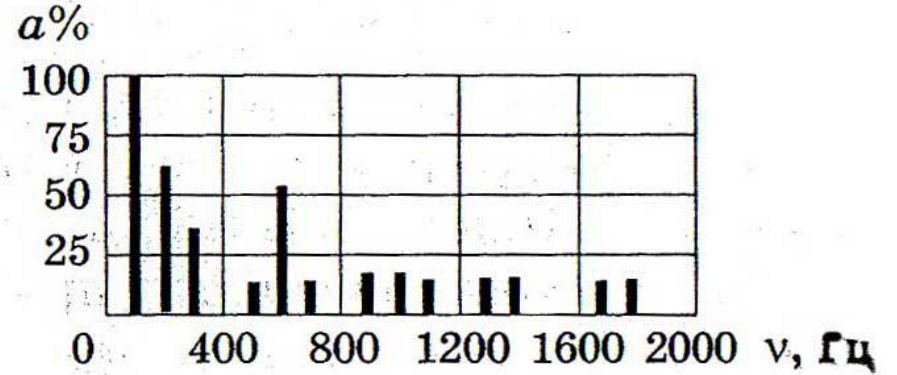
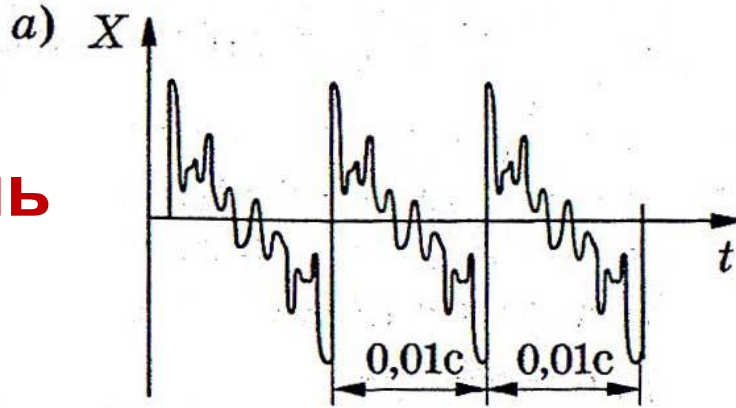
Шум



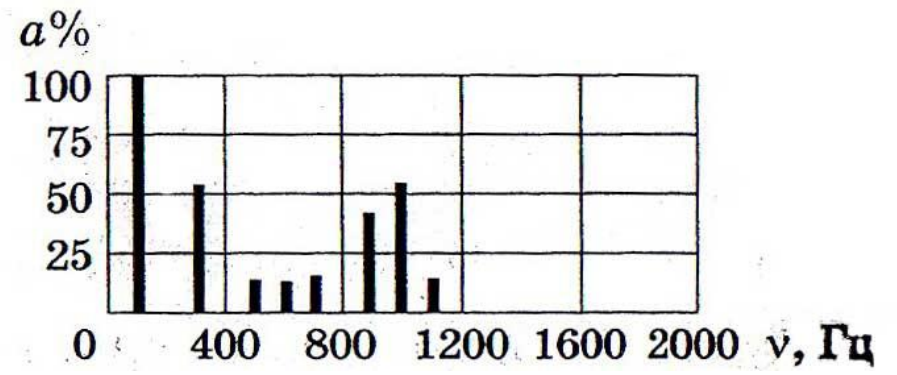
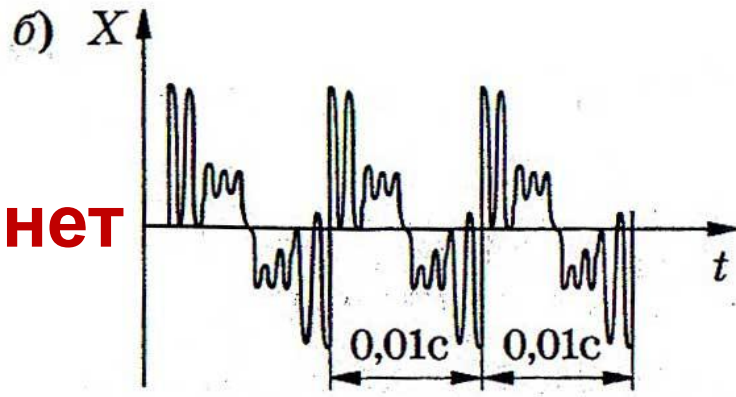
Спектр сплошной

Одна и та же нота:

Рояль



Кларнет



Звуковое давление

$$P = \rho v c$$

Интенсивность звука

$$J = \frac{\Phi}{S} \quad J = \frac{W}{t \cdot S}$$

$$J = \frac{p^2}{2\rho c} \quad Z = \rho \cdot c \left[\frac{\text{Па} \cdot \text{с}}{\text{м}} \right]$$

Z – акустический импеданс
характеризует свойство среды проводить акустическую энергию

Уровень интенсивности

$$L = \lg \frac{I}{I_0} \quad [\text{Б}] \quad L = 10 \lg \frac{I}{I_0} \quad [\text{дБ}]$$

Характеристики слухового ощущения

1 Высота

2 Тембр

3 Громкость

$$E = k \lg \frac{I}{I_0} \quad [\text{фон}]$$

$$E = 10 \lg \frac{I}{I_0}$$

на $\nu = 1$ кГц 1 фон = 1дБ

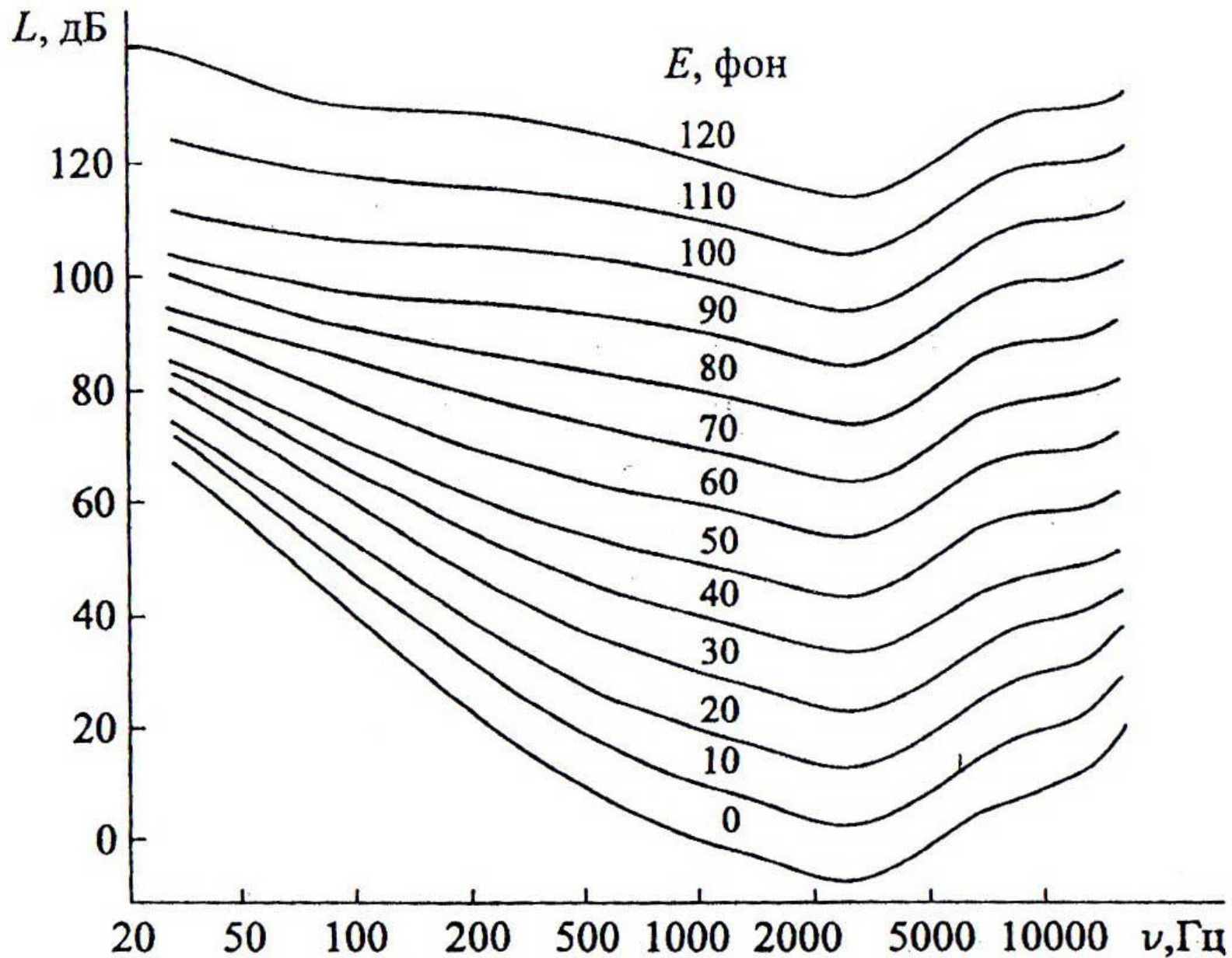
Закон Вебера - Фехнера

Если раздражение (I) увеличивать в геометрической прогрессии (то есть в одинаковое число раз), то ощущение (E) этого раздражения возрастает в арифметической прогрессии (то есть на одинаковую величину).

$$aI_0 \quad a^2I_0 \quad a^3I_0$$

$$E_0 \quad 2E_0 \quad 3E_0$$

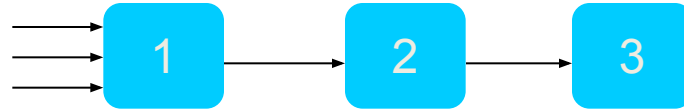
Кривые равной громкости





Структурная схема аудиометра

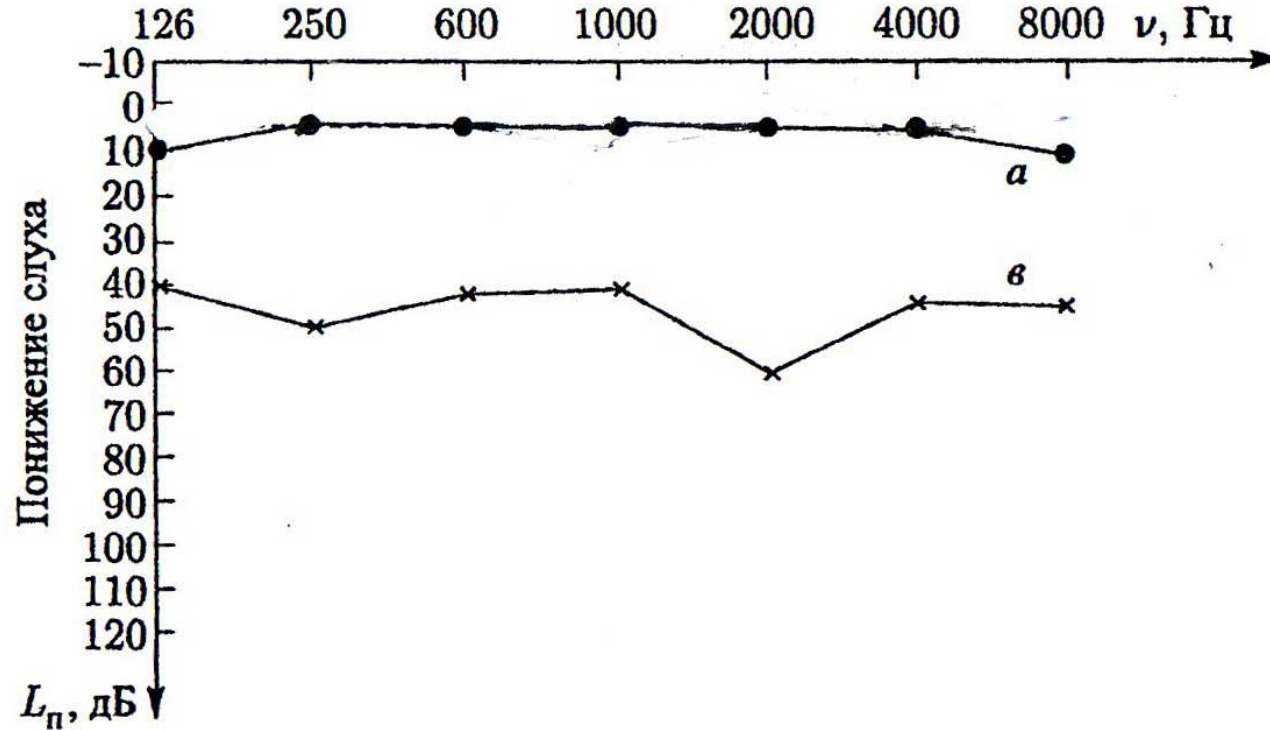
Шумомер



1 – Датчик

2 – Усилитель

3 – Измерительный прибор



Аудиограммы: а – воздушное, проведение норма в – воздушное проведение при заболевании

Физические основы звуковых методов исследования в клинике

1. Перкуссия
2. Аускультация
3. Фонокардиография

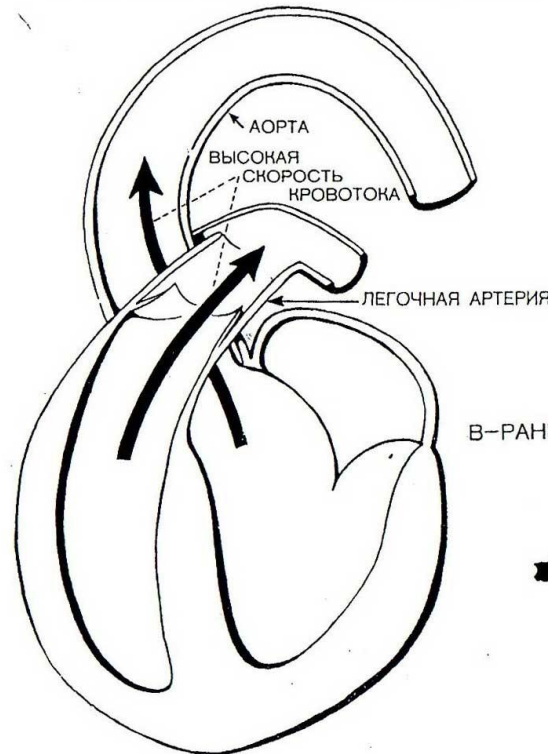
2. Аускультация



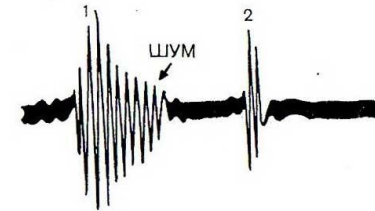
Фонендоскоп

А – БЫСТРОЕ ИЗГНАНИЕ ИЗ ЖЕЛУДОЧКА

Б – ПОПЕРЕЧНОЕ СЕЧЕНИЕ КОНУСА ЛЕГОЧНОЙ АРТЕРИИ

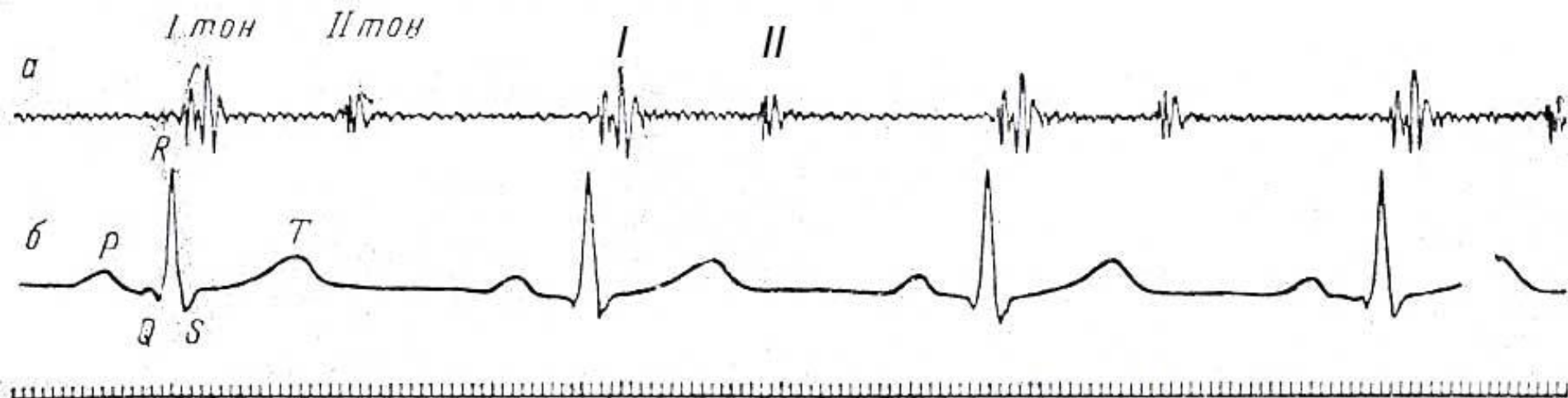
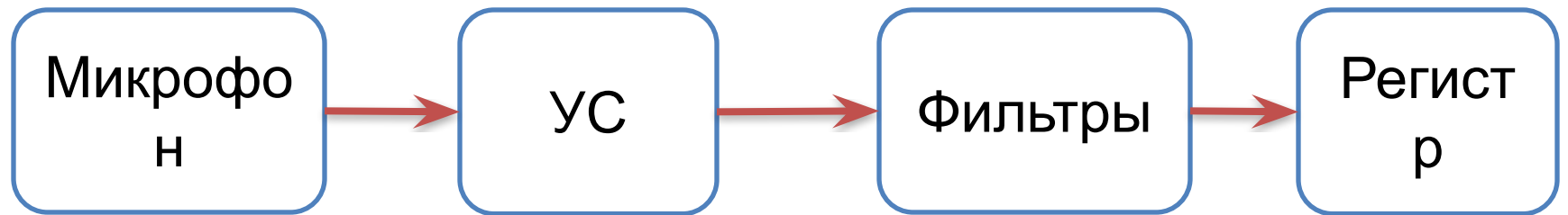


В – РАННИЙ СИСТОЛИЧЕСКИЙ ШУМ



Функциональные систолические шумы при аускультации. А. При нормальных условиях кровь течет через аорту и легочную артерию с достаточной скоростью, чтобы создать турбулентность во время фазы быстрого изгнания систолы желудочков. Ранние систолические шумы могут быть услышаны у многих здоровых детей в покое и почти у любого здорового человека после физической нагрузки.

3. Фонокардиография (ФКГ)



Фонокардиограмма (а) и электрокардиограмма (б) (отметка времени – 0,02 сек)

Ультразвук

Ультразвук (УЗ) - механические колебания и волны, частоты которых более 20 кГц.

Верхним пределом ультразвуковых частот условно можно считать $10^9 - 10^{10}$ Гц.

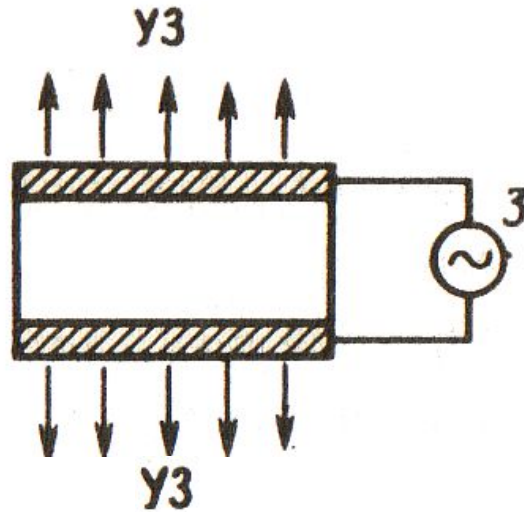
Скорость УЗ волн в различных средах и акустические сопротивления сред

Среда	Скорость звука, м/с	Плотность относительно воды, ρ_c / ρ_B	Акустическое сопротивление относительно воды, Z_c / Z_B
Воздух (при нормальных условиях)	343	$1,2 \cdot 10^{-3}$	$0,3 \cdot 10^{-3}$
Дистиллированная вода (при +20°C)	1482	1,0	1,0
Легкие	400-1200		
Жировая ткань	1350-1470	-	-
Мозг	1520-1570	0,95	0,86-0,96
Кровь	1540-1600	1,03	1,06-1,09
Печень	1550-1610	1,06	1,04-1,08
Мышечная ткань	1560-1620	1,06	1,11-1,14
Почка	1560	1,07	1,13-1,18
Мягкие ткани (среднее значение)	1540	1,07	1,13
		1,06	1,11
Костная ткань	2500-4300		
Камни печение	1400-2200	1,2-1,8	2,2-5,0
			0,8-1,6

Источники и приёмники УЗ

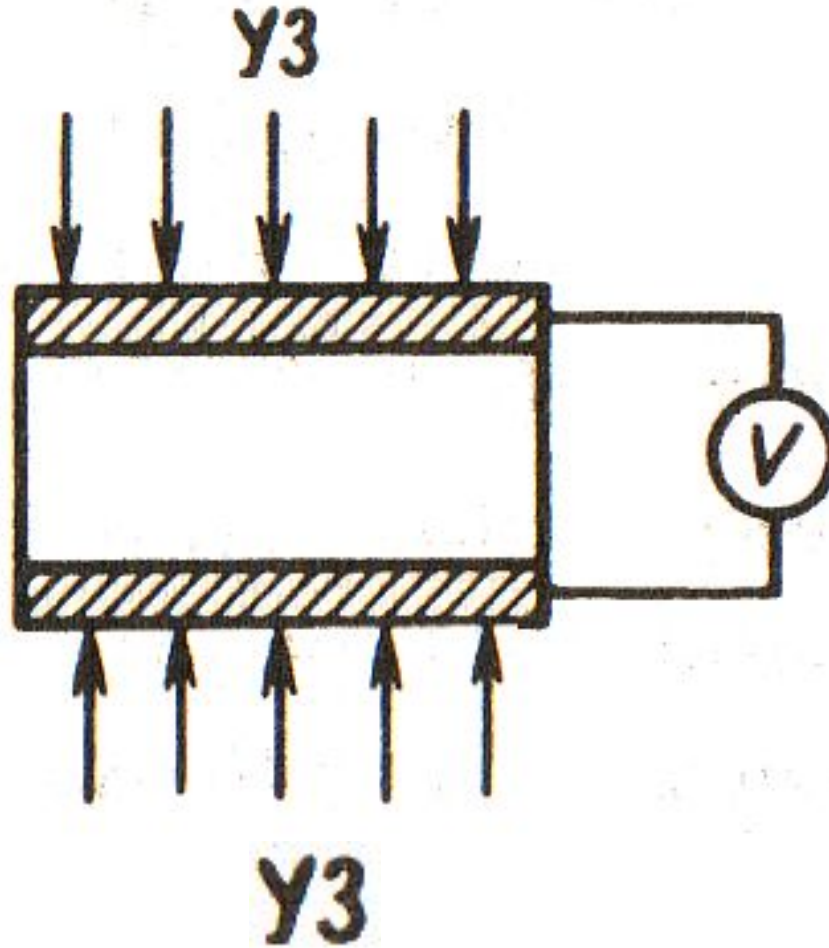
УЗ излучатели:

1) Электромеханический



2) Магнитострикционный

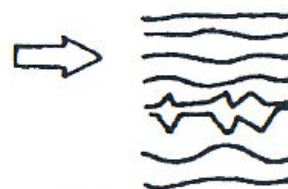
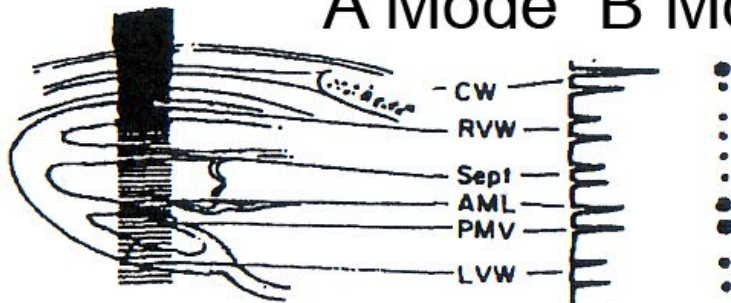
Приёмники УЗ



Методы получения

ЭХОКАРДИОГРАММ

A Mode B Mode M Mode

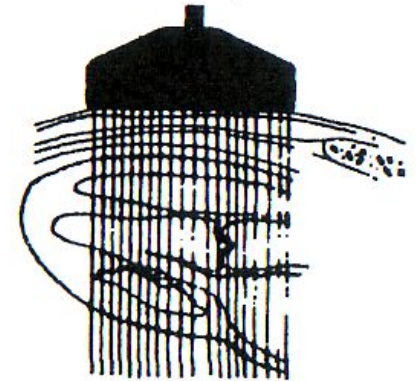
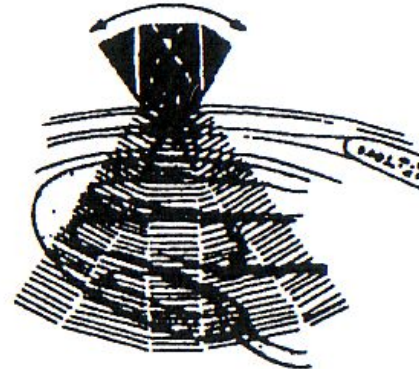
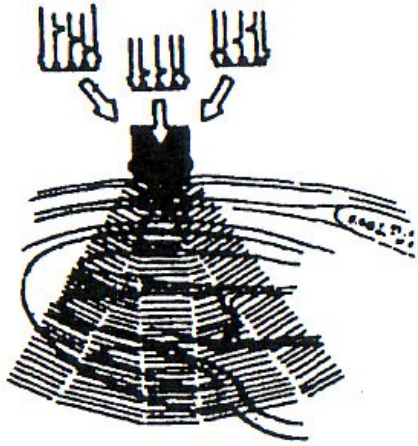


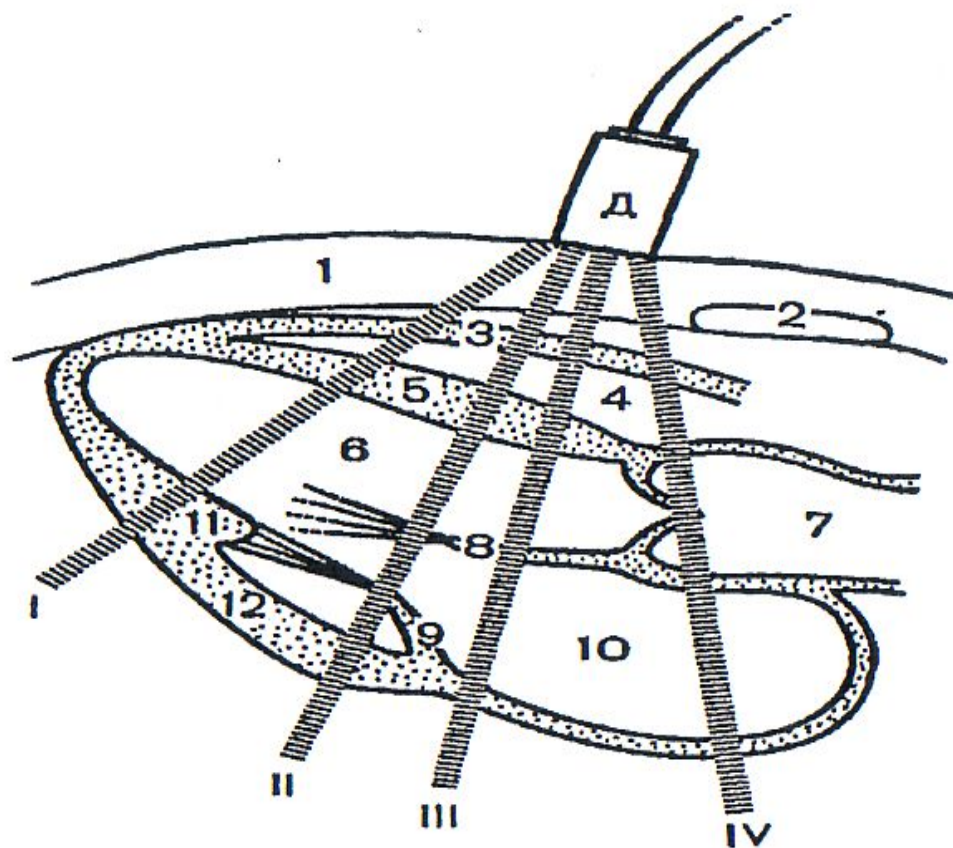
Phased Array

Mechanical Rotation

Oscillation

Multicrystal





Сагиттальное сечение сердца (схема).

1 — передняя грудная стенка; 2 — грудина; 3 — передняя стенка правого желудочка; 4 — полость правого желудочка; 5 — межжелудочковая перегородка; 6 — полость левого желудочка; 7 — аорта; 8 — передняя створка митрального клапана; 9 — задняя створка митрального клапана; 10 — полость левого предсердия; 11 — папиллярные мышцы; 12 — задняя стенка левого желудочка; I, II, III, IV — направления ультразвукового луча при стандартных позициях датчика (Д).

Эхограмма левого желудочка здорового человека

