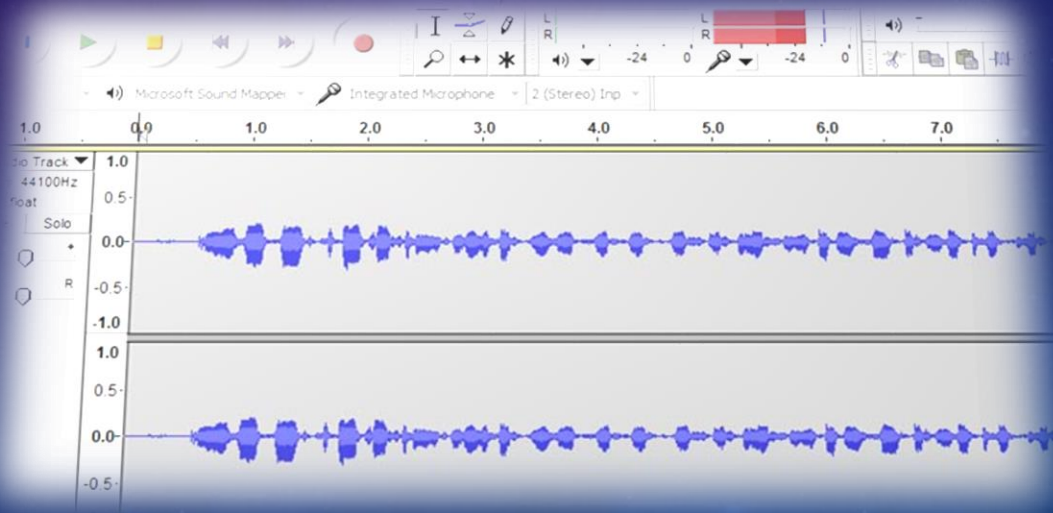


ЦИФРОВА ОБРАБОТКА НА ЗВУК

ОСНОВНИ ПОНЯТИЯ



ФИЗИЧЕСКА СЪЩНОСТ НА ЗВУКА И ЗВУКОВИТЕ ВЪЛНИ

- Звукът е трептенето на материя, възприемано чрез слуха.
- Обикновено чуваме трептения, които се предават по въздуха, но звукът също се предава и през газове, течности и твърди тела.
- Той не може да се разпространява във вакуум (например в космоса).
- Когато дадено тяло трепти, в заобикалящия го въздух възникват така наречените звукови вълни. Те предизвикват налягане върху тъпанчето на ухото, вследствие на което се получава възприятието на звук.
- С увеличаване на звуковото налягане звукът се чува по-силно и обратно.

ФИЗИЧЕСКА СЪЩНОСТ НА ЗВУКА И ЗВУКОВИТЕ ВЪЛНИ



Звукът се разпространява само във веществена среда. Звукът, който чуваме във всекидневния живот е постепенно затихващо механично трептене на молекулите на въздуха, което се поражда от някакъв източник.

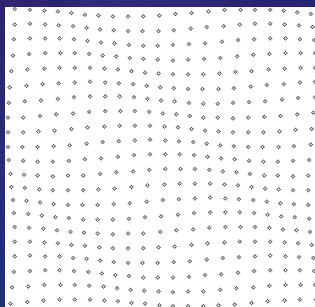
Частичите на веществото трептят около едно равновесно състояние, предавайки трептенето на съседните частици, като след затихване на звуковото трептене всички частици се връщат първоначалното си положение.

Разпространението на трептенето в пространството се нарича звукова вълна, а областта от пространството, в която се разпространяват звукови вълни се нарича звуково поле.

Схематично процесът на разпространение на звука може да се представи така:



източник



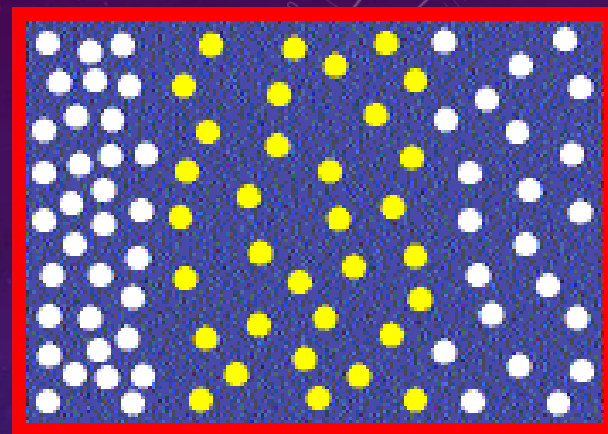
предаваща среда



приемник

КАКВО СТАВА С ГРАДИВНИТЕ ЧАСТИЦИ
НА ВЪЗДУХА ...

ГРАДИВНИТЕ ЧАСТИЦИ В БЛИЗОСТ С
ИЗТОЧНИКА НА ЗВУКА ЗАПОЧВАТ ДА
ТРЕПТЯТ.



Трептенето се предава на съседните частици.
Наблюдават се области на сгъстяване на градивните
частици (там се повишава налягането на въздуха) и
области на разреждане (там налягането се понижава).



ОСНОВНИ АХРАКТЕРИСТИКИ НА ЗВУКА

- Науката, която изучава звука, е акустиката. Освен с него, тя се занимава и с музикалните инструменти. Думата акустика идва от гръцкото акуен, което значи чувам.
- Звукът е физично явление, което стимулира чуването. Хората могат да различат звуци с честота от 15 до 20 000 Хц.
- Ухото е най-чувствително към звуци с честота от 1000 до 5000 херца.

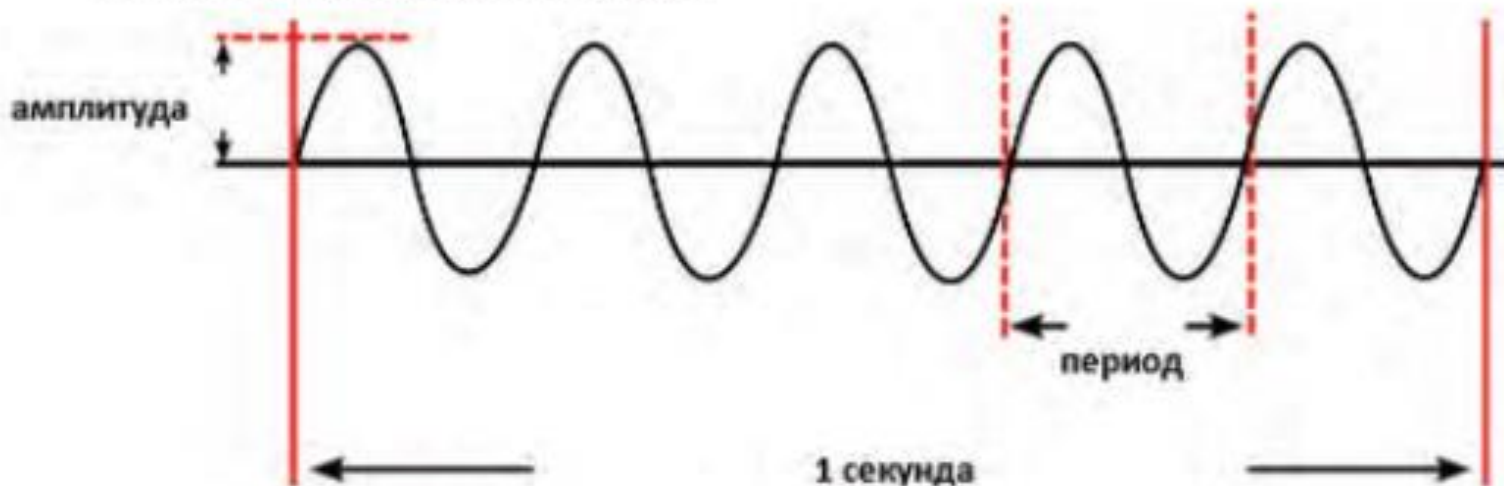
ИНТЕРЕСЕН ФАКТ

Звукът е сравнително новооткрито явление. До 17 век почти нищо не се знае за него. Галилео Галилей пръв започнал да прави връзка между честотата и височината на тона и обяснил как да се правят по-добри музикални инструменти като струните имали определена дължина, маса и опъване. През 17 век френският математик Мерсен намерил скоростта на звука. По-късно англичанинът Робърт Бойл показал, че звуковите вълни се движат само във среда - във вакуум не се чува нищо. След тях други учени открили и други свойства на звука. В началото на 19 в. той вече бил познато явление и започнали откритията на уреди като стробоскоп, стетоскоп, сирена, телефон, микрофон и др. През 20 в. вече били открити ултразвукът и инфразвукът и били направени още изобретения.

ЗВУКОВА ДИАГРАМА

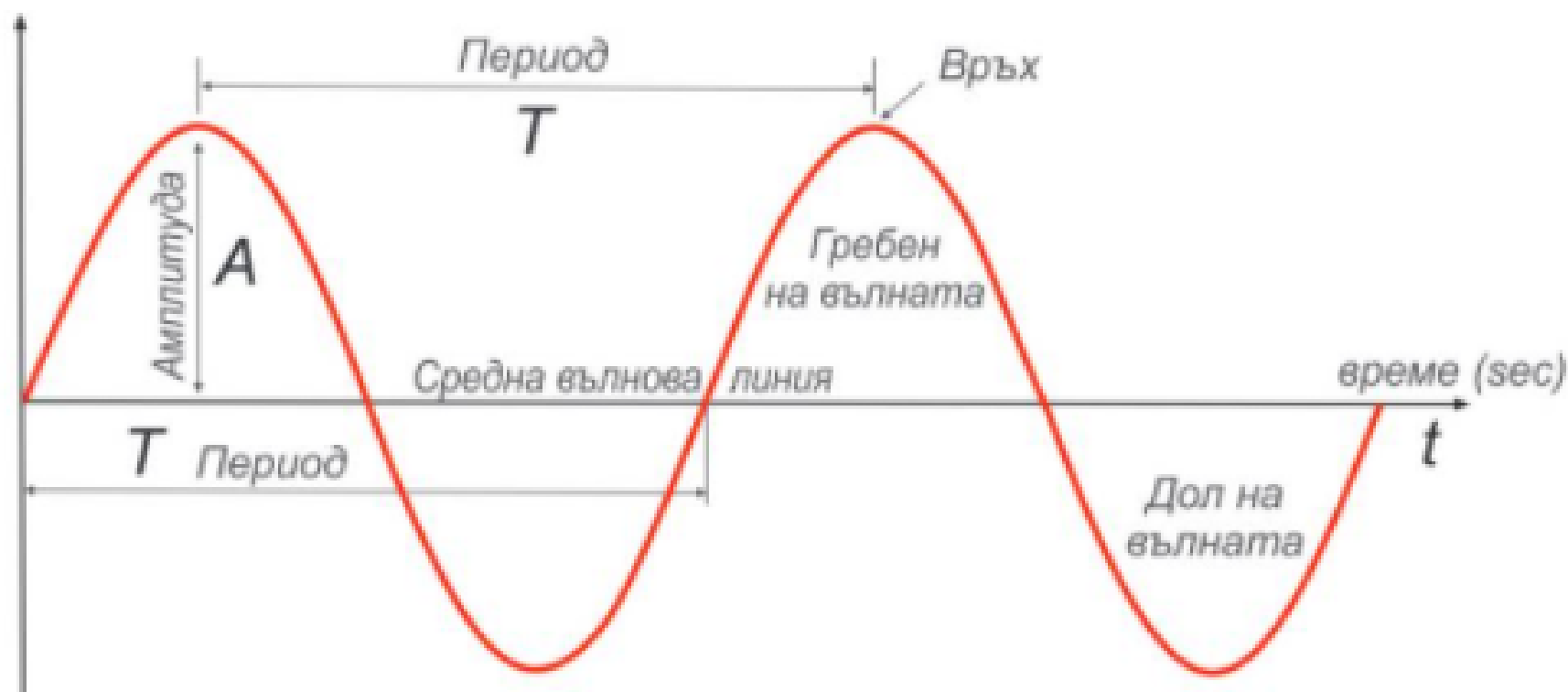
За да се анализира един звук, той трябва да се представи в удобен за потребителите вид. Графичното представяне на звука се визуализира чрез синусоида, която се нарича **звукова диаграма**. Тя показва различни характеристики на звука, които може да се използват от софтуерните приложения при неговата обработка. Основните стойности, които се виждат в звуковата диаграма, са:

- **амплитуда:** височина на вълната;
- **период** на функцията (дължина на вълната): разстоянието между две съседни амплитуди;
- **честота:** броят на периодите за една секунда. Тази честота се измерва в Hz (Херц);
- **скорост:** разстоянието, изминато за една секунда от звуковата вълна в дадена среда.



ЧЕСТОТА НА ЗВУКА

- Броят на трептенията за единица време се нарича честота на звука.
- Интервалът на честотите, които човешкото ухо може да възприеме като тонове, е между 20 Hz и 20 kHz, макар че тези граници варират.
- Децата и младите хора чуват по-добре високите честоти. С напредване на възрастта диапазонът на чуване намалява като способността за възприемане на високите честоти намалява значително.
- Честотите, към които човешкото ухо е най-чувствително, са между 1000 и 2000 Hz.
- Горната граница на честотата на звука се обуславя от разстоянието между частиците на веществото.

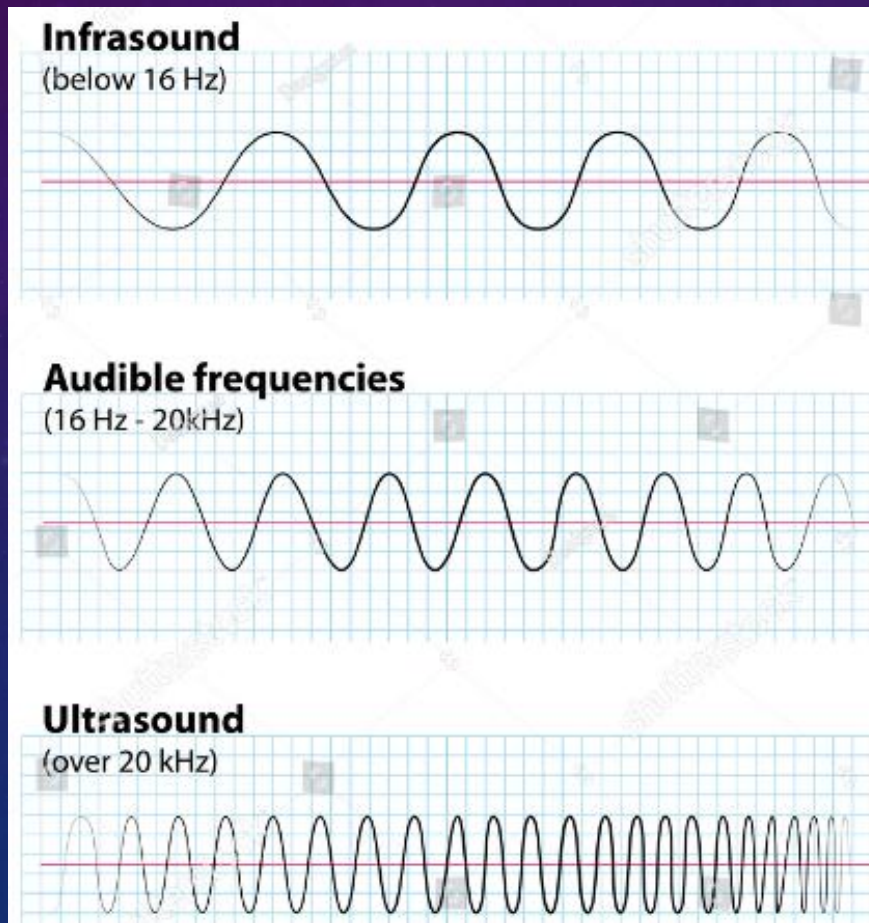


Фиг.1. Звукова диаграма, основни параметри

Честотата се измерва в Hz (брой трептения за 1 секунда). На диаграмата се вижда (и може да се отчете) периодът на вълната. От него може да се пресметне и честотата по формулата $f = 1/T$. Човешкото ухо улавя звукови вълни с честота от 20 до 20000 Hz, като тези граници варират за всеки човек.

ВИДОВЕ ЗВУК

ПО ОТНОШЕНИЕ НА ЧЕСТОТАТА ЗВУКЪТ
СЕ РАЗДЕЛЯ НА:



ИНФРАЗВУК

- Инфразвукът е акустично трептение, което не предизвиква слухово възприятие у човека. Обикновено за горна граница на инфразвуковите вълни се приемат честотите от 16 до 20 Hz, а долната граница не е определена и според съвременните изследвания достига до 0.1, 0.01, ...0,001 Hz.
- Инфразвукът се характеризира със способност да се разпространява на големи разстояния и да заобикаля препятствия с малко разсейване. За инфразвука е характерно и слабото поглъщане в различни среди.

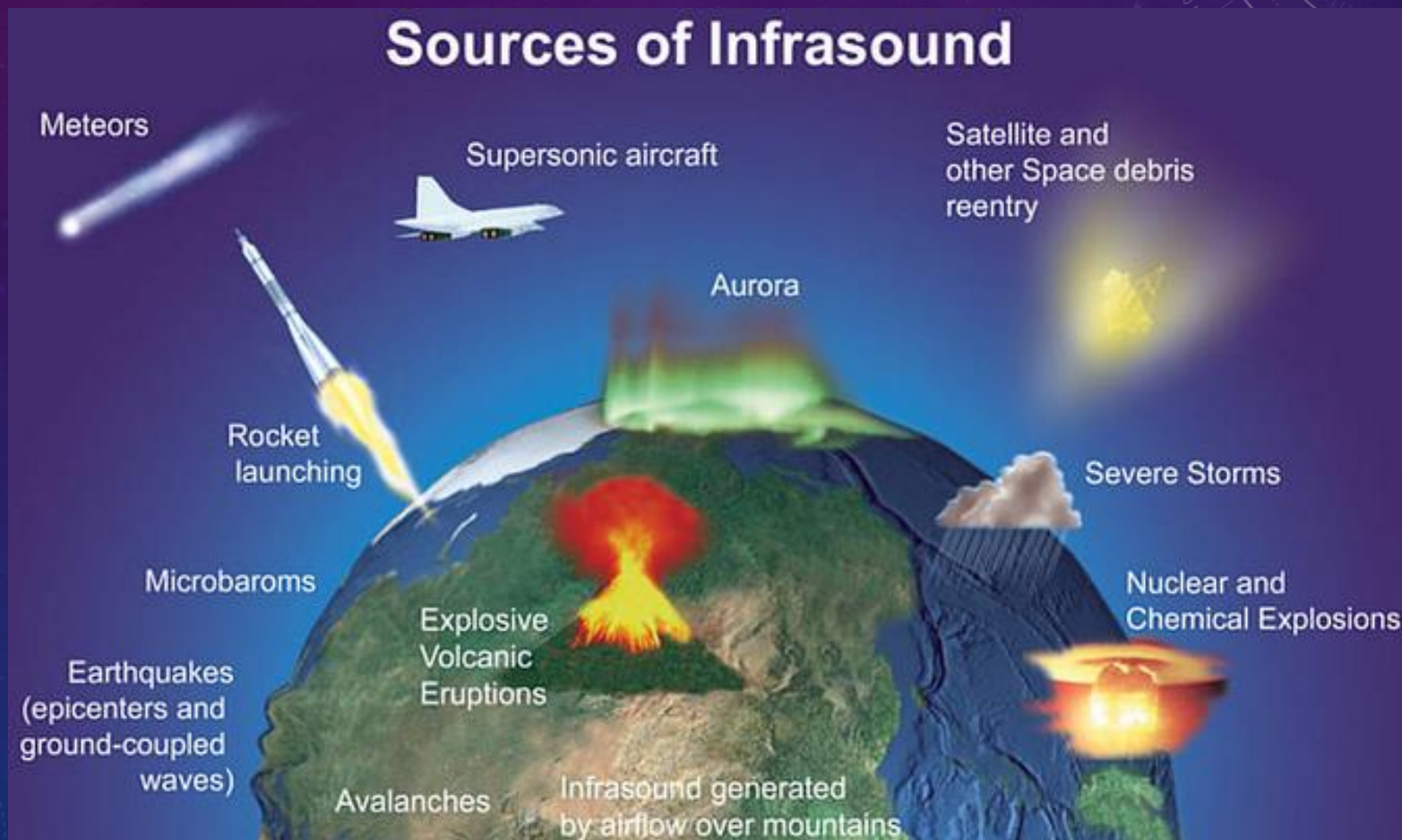
ИНФРАЗВУК

- **Източници на инфразвук са: турболентното движение на атмосферата и вятъра, електричните заряди в атмосферата, водопадите, морските вълни, взривовете, оръдейните изстрели, реактивните самолети; в земната кора това са сътресения и вибрации от най-разнообразни източници – вулканични явления, земетресения, взривове; инфразвукови вълни се съдържат и в шумовете на различни машини, двигатели, транспортни средства.**

ИНФРАЗВУК

- Установено е, че инфразвукът може да причини у човека чувство на безпокойство или страх. Въпреки че не се възприема съзнателно, инфразвукът може да причини неприятни емоции.
- В музиката към някои филми се използва звук с много ниска честота, за да се внуши безпокойство и дезориентация на публиката.
- Инфразвукът може да съвпадне със сърдечния ритъм на човека (1-2 Hz) и при някои обстоятелства може да причини смърт (данните за това обаче не са официално потвърдени).

**ИНФРАЗВУК – ЗВУК С ЧЕСТОТА ПО-НИСКА
ОТ 20 HZ. ТОЙ НЕ СЕ ВЪЗПРИЕМА ОТ
СЛУХОВИЯ АПАРАТ НА ЧОВЕКА.**



УЛТРАЗВУК

- Ултразвукът е акустично трептение, което също не предизвиква слухово възприятие у човека. По своята природа ултразвукът представлява вълна с висока честота (над $20 \cdot 10^3$ Hz и до $10^{12} - 10^{13}$ Hz) и следователно с много малка дължина на вълната.
- Някои животни имат по-висока граница от тази на човешкото ухо и могат да чуват ултразвук.
- Ултразвукът намира приложение в различни области на науката, техниката, медицината.
- В промишлеността ултразвукът се използва широко за регистриране и оценка на различни дефекти и нееднородности в изделията.

УЛТРАЗВУК

Това е трептене с честота над 20 kHz. Той не предизвиква слухово усещане, но при високи интензивности може да има неблагоприятно влияние върху човешкия организъм.

Куче - до 45 kHz



Прилеп - до 110 kHz



Делфин - до 150 kHz



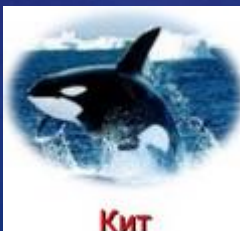
Мишка



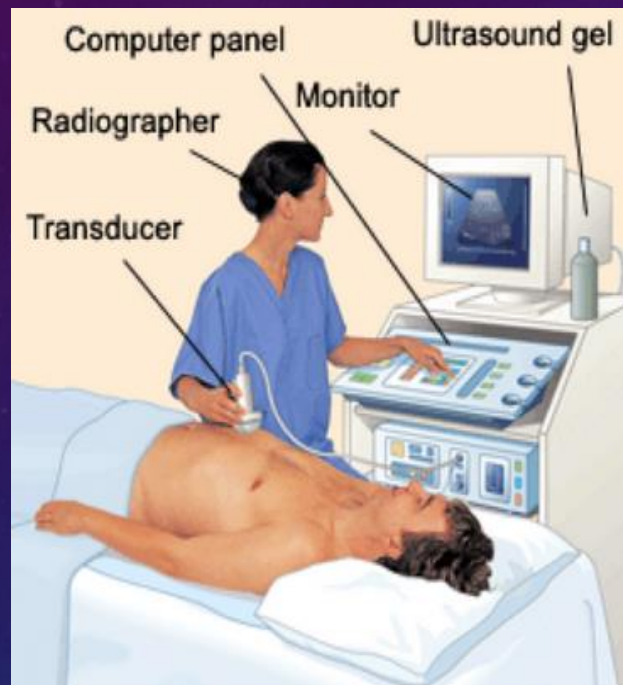
Нощна пеперуда



Кит

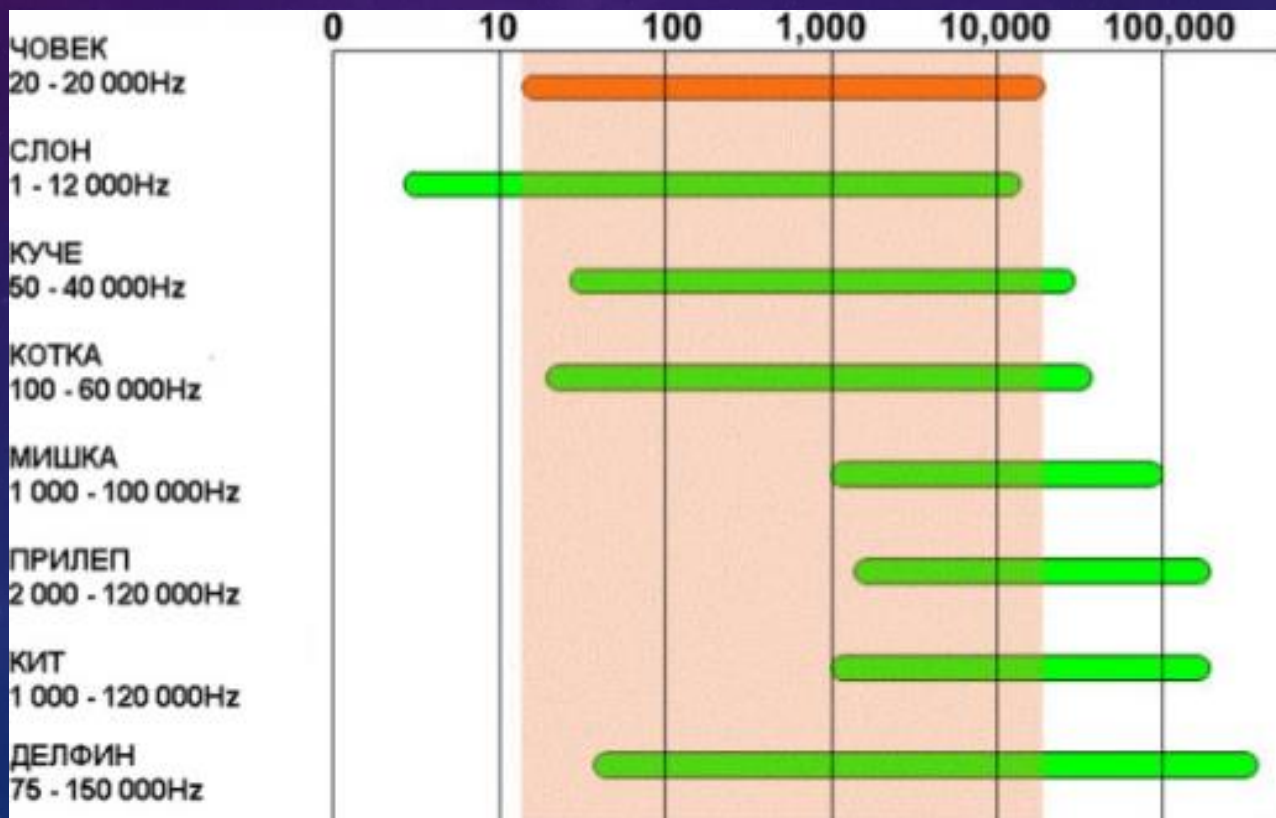


УЛТРАЗВУК – в медицината ултразвукът се използва за диагностика, терапевтика и хирургично лечение.



ЧУВАЕМ ЗВУК

- това е звукът с честота от 20 Hz до 20 kHz.
- този честотен диапазон се обуславя от физиологичните особености на човешкото ухо и само той предизвиква слухово усещане.



СИЛА НА ЗВУКА

- Силата на звука определя какво разстояние може да измине звуковата вълна. Колкото по - голяма е силата на звука, толкова по-голяма амплитуда има.
- Силата на звука се измерва с единицата бел (B).
- На практика се използва 10 пъти по-малката единица - децибел (dB).
- Звук със сила по-голяма от 120 dB е опасен за хората, защото може да причини оглушаване.

В света на хората	Децибелн	В природата
-------------------	----------	-------------



130



110



90



70



50



30



10



Звук със сила 1 dB едва се улавя от млад човек с нормален слух. Такъв звук наричаме праг на чуване.

Звуци със сила 120 dB предизвикват чувство за болка поради разпъването на тъпънчевата мембрана. Такива звуци могат да доведат до спукване на мембраната, дори до трайно увреждане на слуха.

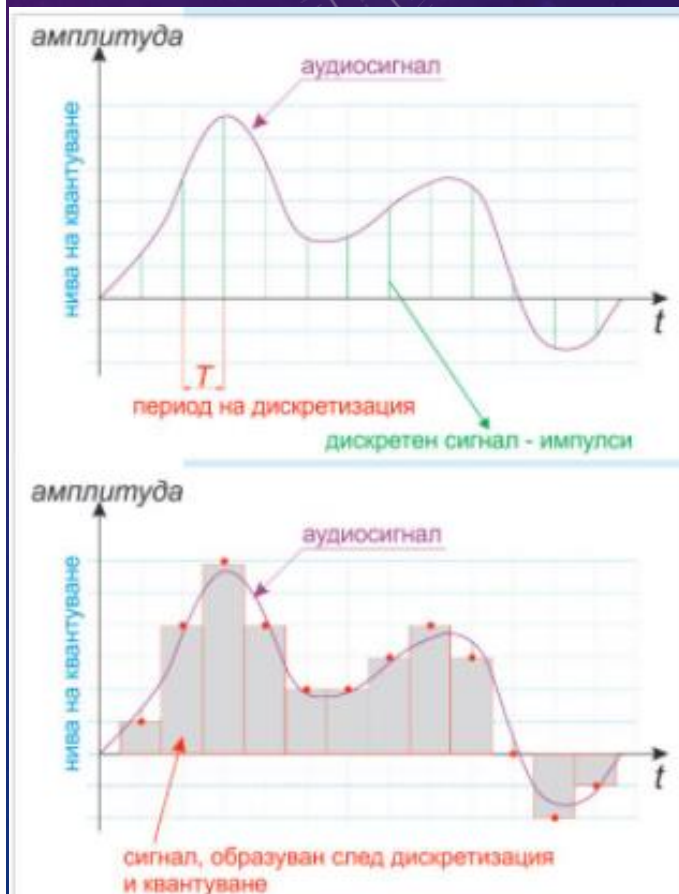
СКОРОСТ НА ЗВУКА

- Звуковите вълни се разпространяват с крайна скорост, а в различните среди - с различна скорост.
- Скоростта на звука във въздуха при температура 0°C е 331 m/s . С повишаване на температурата тя расте.

КАК СЕ ПРЕОБРАЗУВА ЗВУКЪТ В ЦИФРОВ ВИД (ДИСКРЕТИЗАЦИЯ)

За да се цифровизира един звук, първо трябва да се преобразува в аналогов (непрекъснат) електрически сигнал. За това се използва микрофон. Полученият от него аналогов сигнал се превръща в цифров от устройство, наречено АЦП (аналогово-цифров преобразувател). То на равни интервали от време взема стойностите на аудиосигнала (фиг.2). Този процес се нарича **дискретизация**. Така отчетените стойности се преобразуват (закръгляват) в цели числа, като процесът се нарича **квантуване**. Този метод на представяне на аудиосигнала с числа се нарича импулсно-кодова модулация (на английски: Pulse-code modulation, PCM).

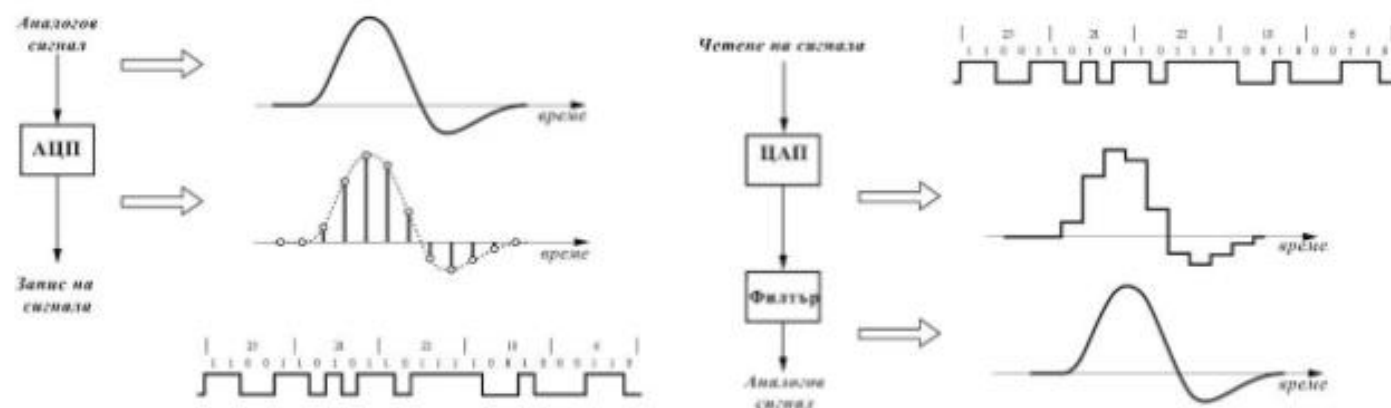
От периода на дискретизация (честота на дискретизация) зависи колко детайла от звуковия сигнал ще получим, а от нивата на квантуване зависи каква ще е грешката при дигитализация (например вижте най-горната точка от сигнала на фиг.2). От какво зависят нивата на квантуване? Техният брой зависи от битовете на числото, с което работи АЦП. Това е така нареченият **bit depth** на дигитализацията. Стандартните съвременни аудиокарти използват 16-битови числа за дигитализация, а някои по-добри – 24-битови.



Доказано е, че за да не се пропуснат детайли от звука, честотата на дискретизация трябва да е поне два пъти по-голяма от максималната честота на звуковия сигнал. Тъй като човешкото ухо улавя звук с честота до 20 kHz, то подходяща честота на дискретизация, нужна за получаване на качествен цифров звук, е 44 kHz.

Честотата на дискретизация (*sample rate*) е важен параметър за качеството на цифровия звук. По-високият *sample rate* води до увеличаване на обема на данните. В резултат на това размерът на звуковите файлове може да стане много голям. За да се избегне това, данните се компресират.

За възпроизвеждане на цифров звуков запис числата се преобразуват обратно в аналогов електрически сигнал от цифрово-аналогов преобразувател ЦАП (англ. DAC). Сигналът се подава към високоговорител, който го преобразува в звук. Целият процес е даден схематично на *фиг.3*.



НОСИТЕЛИ НА ЗВУКОВА ИНФОРМАЦИЯ

- CD – съхранява до 700 MB;
- DVD – съхранява до 4.7 GB;
- DVD – 8.5 GB;
- BD (Blu-ray) – до 1 TB;
- SD карти;
- HDD;
- USB флашпамет

ФАЙЛОВИ ФОРМАТИ ЗА ЦИФРОВ ЗВУК

MIDI – този формат се използва за съхранение на музикални ноти, а не на готови песни. Тези файлове съхраняват информацията в малък обем, подходящ за възпроизвеждане от дигитални синтезатори;

WAVE – този формат съхранява некомпесирано аудио съдържание, което се поддържа от операционната система Windows;

MP3 - е един от най-популярните музикални файлове, който съчетава голяма компресия на аудио данни с високо качество;

OGG – този формат е с отворен код, който може да съхранява аудио съдържание с висока компресия на данните;

RA (REAL AUDIO) – този формат е предназначен за online стрийминг на музика в интернет;

WMA – аудио формат, собственост на Microsoft, за възпроизвеждане и защита на аудио данни.

FLAC - FLAC (от Free Lossless Audio Codec) е аудио формат и кодек за компресиране без загуба на информация.

РЕДАКТОРИ ЗА АУДИООБРАБОТКА

БЕЗПЛАТНИ

- **Audacity Audio Editor**
- **WavePad**
- **Wavosaur**
- **Linux MultiMedia Studio (LMMS)**
- **WavePad Sound Editor**

РЕДАКТОРИ ЗА АУДИООБРАБОТКА

ПРОФЕСИОНАЛНИ / ПЛАТЕНИ

- FL Studio
- Adobe Audition
- SoundForge
- Steinberg Cubase
- PreSonus Studio One