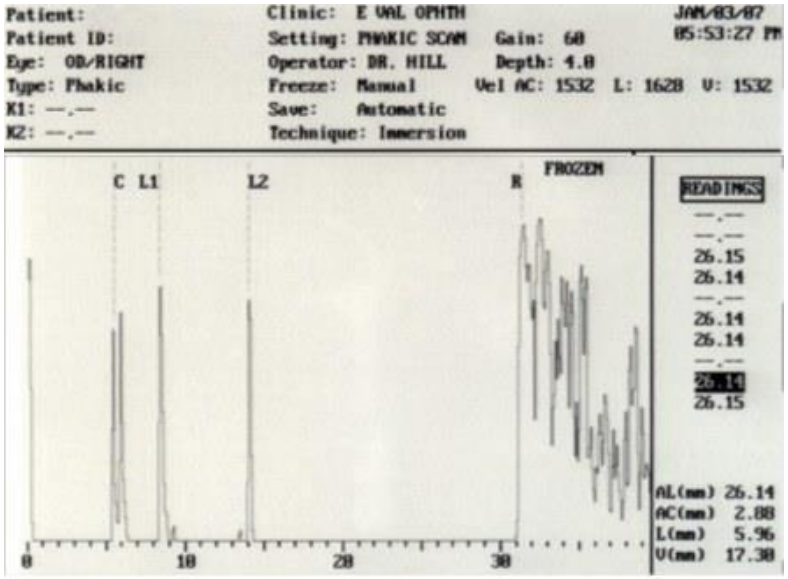
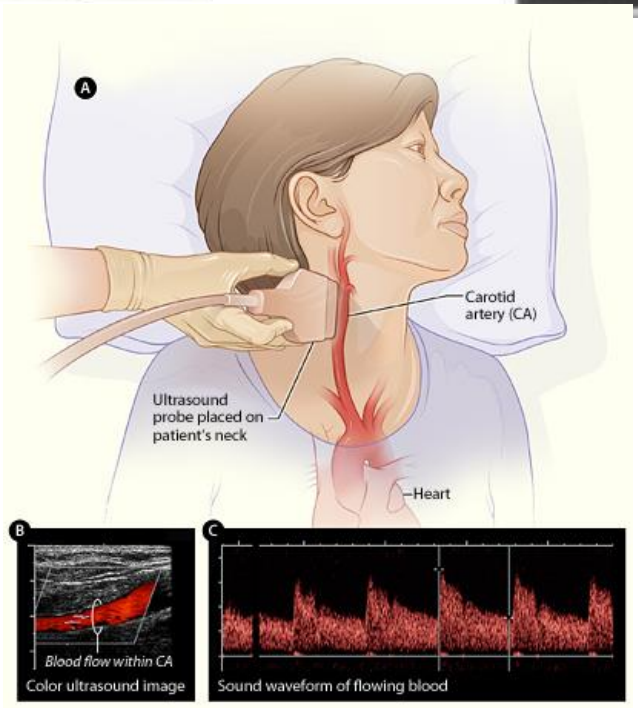
امواج فراصوتی وسونوگرافی



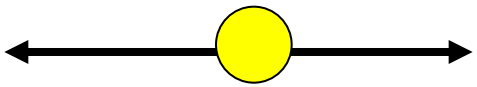


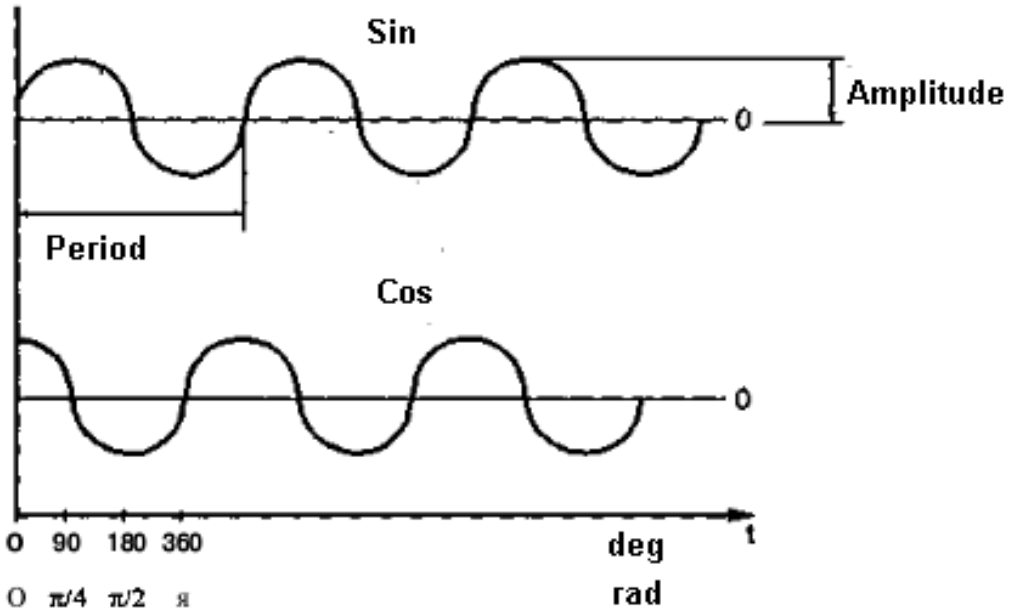
پراب سونوگرافی

- امواج صوتي
- امواج صوتي انرژي مكانيكي هستند كه دريك جسم يا مجموعه‌اي از اجسام كشسان توليد ميشوند. هر موج صوتي اغتشاشي است مكانيكي در يك گاز – مايع و يا جامد كه به طرف خارج از چشمه با سرعتي معين حركت ميكند و ارتعاش ناميده ميشود. اين ارتعاشات سبب افزايش و كاهش موضعي فشار نسبت به فشار جو ميشود. اين افزايش و كاهش فشار به ترتيب تراكم و انبساط ناميده ميشود. با توجه به حساسيتشان نسبت به گوش انسان به سه دسته تقسيم ميشوند.
- امواج فروصوت
- امواج صوتي
- امواج فراصوت

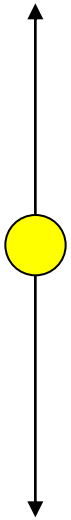
- انواع موجها
- امواج به دو صورت در يك محيط انتشار پيدا مي كنند
- الف- امواج طولي
- ب- امواج عرضي

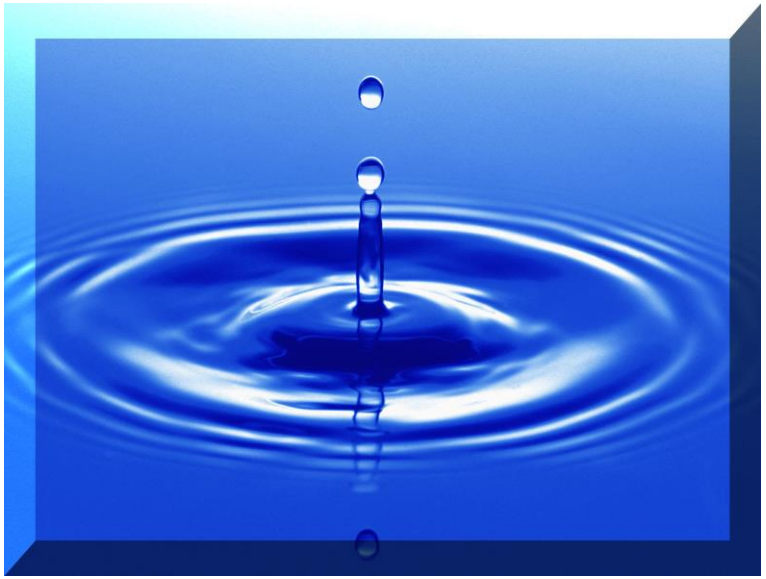
- الف- امواج طولي امواج هستند كه راستاي انتشار آنها در يك محيط با راستاي ارتعاش ذرات محيط يكي است. امواج فراصوت از اين نوع امواج ميباشند.





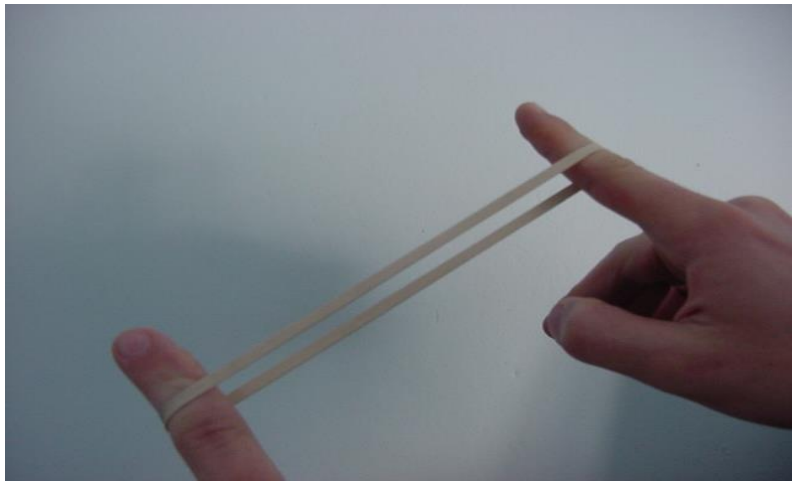
- ب- امواج عرضي به امواجي گفته ميشوند كه راستاي انتشار آنها در يك محيط بر امتداد ارتعاش ذرات آن محيط عمود باشند: مثال: موجهاي بوجود آمده پس از پرتاب سنگ در آب





- سرعت صوت
- سرعتي را كه يك موج در يك محيط انتشار پيدا ميكند را سرعت اكوستيكي و يا سرعت صوت ميگويند و بستگي به خاصيت كشساني, چگالي و تراكم پذيري محيط دارد. لازم به تذكر است كه سرعت اكوستيكي با سرعت ارتعاش ذرات محيط متفاوت است

- **كشساني elasticity**
- **ماهيت برگشت يك جسم به حجم و شكل اوليه خود پس از قطع فشار و يا نيروي اعمال شده را خاصيت كشساني گويند.**
  هنگاميكه فشار و يا نيروئي برجسمي وارد ميشود تغييراتي در شكل و حجم آن بوجود ميآيد كه اين تغييرات بستگي به ميزان نيرو و خصلت كشساني آن جسم دارد. امواج فراصوت با بوجود آوردن مناطق پرفشار و كم فشار و تأثير بر سلولهاي مجاور باعث تغييرات الاستيك شده و در بافت نفوذ ميكند.



- چگالي Density
- **طبق تعريف: جرم جسم بر واحد حجم را چگالي مي نامند. اگر كليه خصلتهاي فيزيكي يك محيط را ثابت فرض كنيم افزايش چگالي باعث كند شدن انتشار امواج در يك محيط ميشود.**
- **بنابراين هر چه چگالي افزايش يابد, جرم بيشتري در يك واحد حجم گنجانده ميشود. براي ذرات با جرم بيشتر نيروي بيشتري لازم است تا كه آنرا به حركت درآورد و در نتيجه نيروي بيشتري لازم است تا كه آنرا از حركت باز دارد.**

$$C\alpha \frac{1}{\sqrt{\rho}} \alpha \frac{1}{\sqrt{density}}$$

- **تراكم پذيري Compressibility**
- **تراكم پذيري يكي ديگر از مشخصه‌هاي فيزيكي محيط ميباشد كه تاثير بر سرعت صوت در آن محيط ميگذارد. كاهش حجم يك جسم در اثر نيرو و يا فشار وارد بر جسم را تراكم پذيري گويند.**

- **هرچه حجم يك جسم (آسانتر) تغيير كند مقدار ثابت تراكم پذيري آن بيشتر ميباشد. سرعت صوت در يك محيط نيز متناسب با عكس جذر تراكم پذيري ميباشد.**

$$C\alpha\frac{1}{\sqrt{K}}\alpha\frac{1}{\sqrt{compressibility}}$$

- **فشارامواج**
- **فشار توليد شده توسط امواج برابر است با**

$$P = \rho c v$$

- **C سرعت صوت در محيط**
- **ρ دانسيته (چگالي)**
- **v سرعت ارتعاش مولكول**
- **لازم به تذكر است كه اين فشار در اثر انتشار امواج در يك محيط بوجود مي آيد كه از فشار ثابت اتمسفر بر آن محيط جدا ميباشد.**

- **دسي بل:dB**
- **اندازه‌گيري دقيق شدت و توان پرتوهاي فراصوت بسيار مشكل ميباشد مخصوصاً براي دستگاههاي تشخيصي. يكي از راههاي موجود براي اندازه‌گيري كاهش شدت امواج فراصوت از طريق اندازه‌گيري شدت در يك نقطه و مقايسه آن نسبت به نقطه مرجع و يا اوليه ميباشد.**
- **تراز تغييرات شدت را دسي بل گويند و برابر است با:**

$$dB = 10 Log \frac{I}{I_0}$$

- **تضعيف امواج فراصوت**
- **تعضيف امواج فراصوت در يك ماده شامل مراحل زير ميباشد**
- **جذب**
- **پراكندگي**
- **انعكاس**
- **انكسار**
- **واگرائي**

- جذب امواج فراصوت
- كاهش انرژي امواج از طريق جذب با تبديل آنها از يك نوع انرژي به نوع ديگر انجام مي گيرد. در صورتيكه مراحل ديگر از قبيل انعكاس – انكسار – پراكندگي و واگرائي باعث كاهش انرژي امواج از طريق تغيير جهت امواج از بيم اصلي ميشوند.
- سه عامل مهم تاثير مستقيم در جذب دارند
- غلظت
- زمان لازم براي اينكه مولكول به حالت اوليه خود برگردد
- فركانس

- غلظت viscosity
- غلظت (اندازه گيري ميزان مقاومت حركت را بيان مي كند)
- غلظت يك ماده بر ميزان درجه حرارت توليد شده تاثير ميگذارد.

- هرچه غلظت يك ماده بيشتر باشد جابجائي مولكول مشكلتر انجام گرفته و در نتيجه مولكولهاي در حال ارتعاش بايستي بر نيروي اصطكاك غلبه كنند.
- اين عمل باعث توليد حرارت بيشتر در آنها ميشود.

- **- زمان لازم براي اينكه مولكول به حالت اوليه خود برگردند**

- **اگر چنانچه زمان لازم براي مولكولهاي ماده‌اي كه در اثرفشار امواج فراصوت جابجا شده‌اند كوتاه باشد توليد حرارت كمتري ميشود به اين دليل كه قبل از اينكه مرحله پر فشار موج بعدي با آن برخورد كند به حالت اوليه خود بازگشت كرده است.**

- در صورتيكه اگر زمان لازم بيشتر باشد مولكول قبل از اينكه به حالت اوليه خود برگردد به مرحله پرفشار موج بعدي برخورد كرده در نتيجه انرژي بيشتري لازم مي‌باشد تا اينكه مولكول را از حركتي كه بسوي برگشتش به موقعيت اوليه خود كرده است باز نگه دارد و بلافاصله آنرا در جهت مخالف به حركت درآورد.
- اين عمل باعث بوجود آمدن حرارت بيشتر در ماده مي‌شود.

- فركانس
- در اثر استفاده از فركانسهاي بالا تحرك مولكول در درون يك ماده زياد مي‌شود كه به دليل وجود اصطكاك موجود بين سلولها باعث توليد درجه حرارت زياد مي‌شود
- همچنين زمانيكه از فركانس بالا استفاده مي‌شود زمان براي برگشت مولكول به حالت اوليه خود كمتر مي‌شود.
- به دليلي كه در بالا به آن استناد شد رابطه زير نشان مي‌دهد كه ضريب جذب امواج فراصوت رابطه مستقيم با فركانس و غلظت دارد.

$$\alpha = \frac{2\eta\omega^2}{3\rho_0 C^3} \qquad \text{و يا} \qquad \alpha = \frac{8\pi\eta f^2}{3\rho_0 C^3}$$

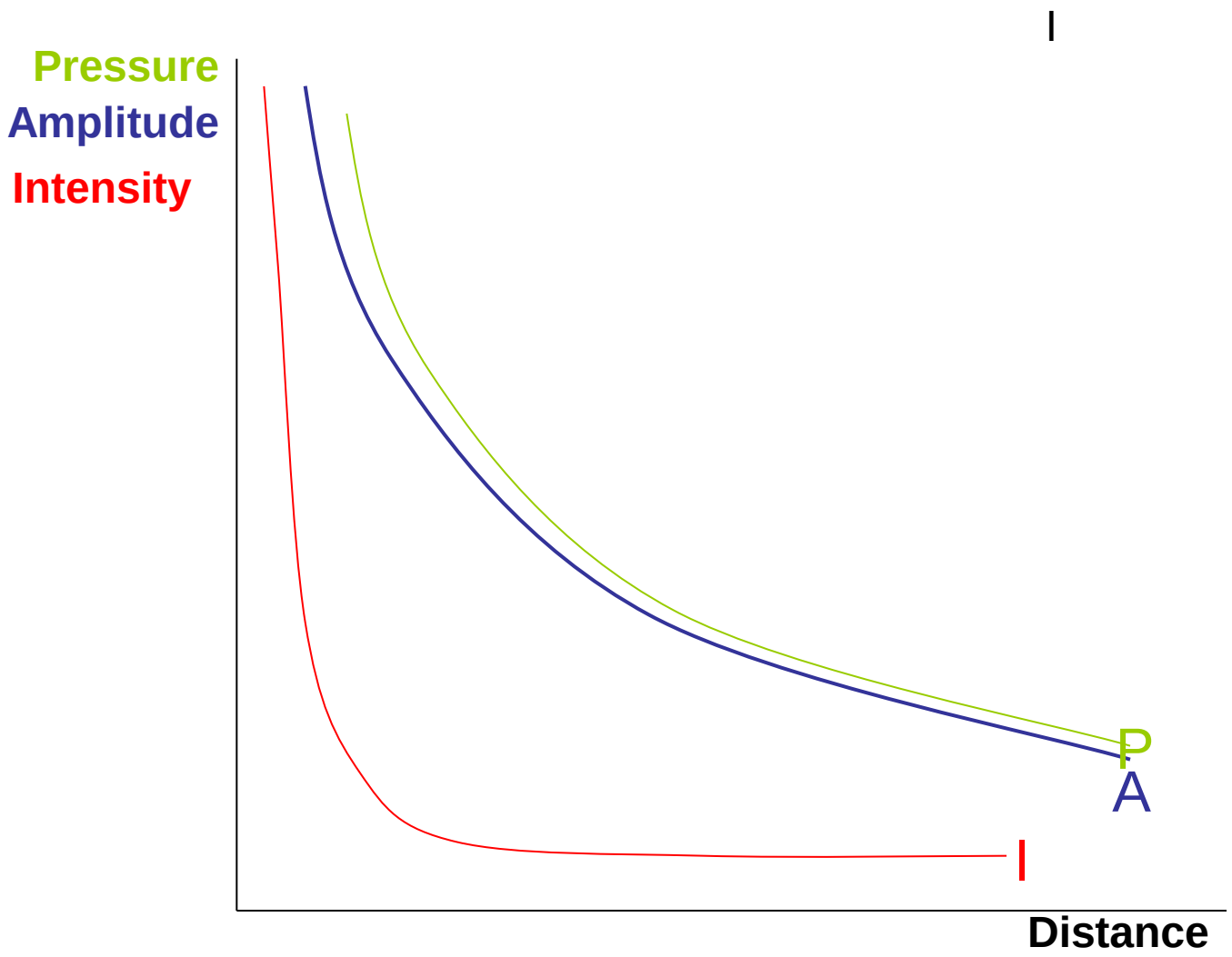
- در اثر نفوذ امواج فراصوت در يك ماده فشار, جابجائي مولكول, سرعت ملكول نسبت به مقادير اوليه بطور نمايی كاهش مي‌يابد.
- $P=P_0e^{-\alpha x}$
- $A=A_0e^{-\alpha x}$

كه P_0 فشار اوليه, P فشار در نقطه x و α ضريب جذب ماده مي‌باشد.

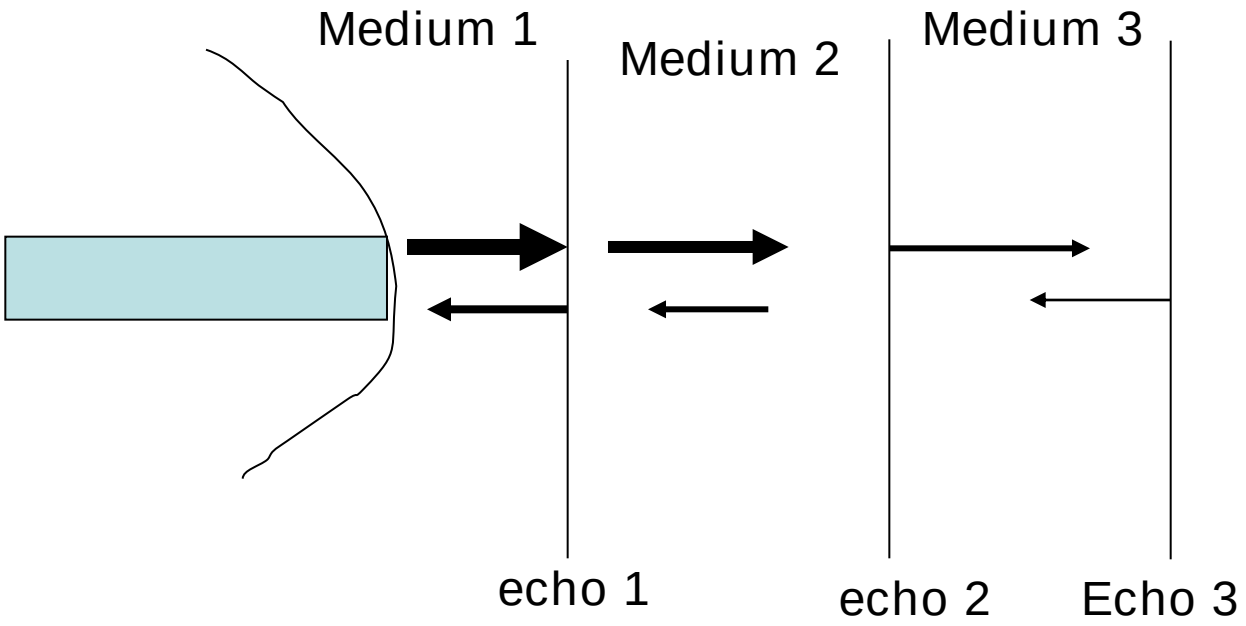
فشاربا سرعت و دامنه نوسان مولكول رابطه مستقيم دارد

- $P=\rho cv$

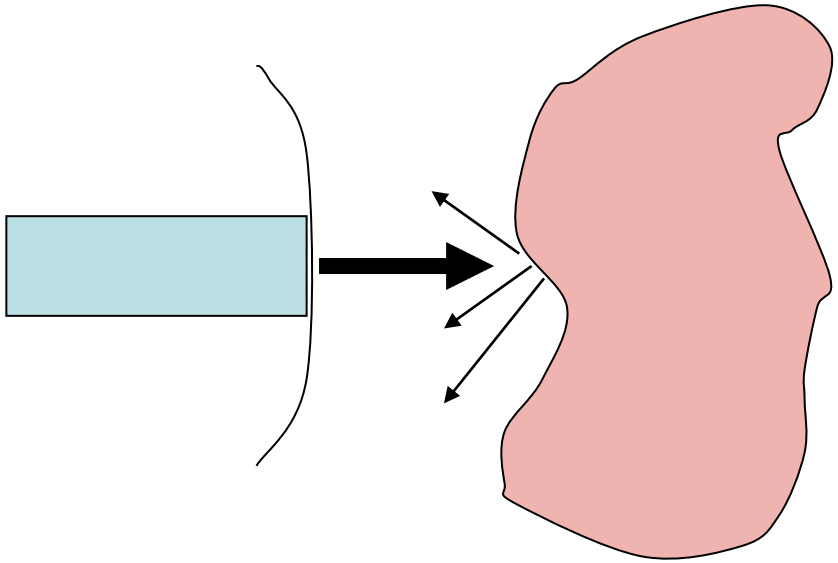
- شدت با مجذور دامنه متناسب است بنابراين
- از اين رابطه چنين نتيجه ميشود گرفت كه شدت سريعتر از دامنه و فشار با عمق كاهش مي‌يابد.


I
Pressure
Amplitude
Intensity
P
A
I
Distance

- عمل متقابل امواج فراصوت با بافت
- وقتي يك دسته پرتو به بدن تابيده ميشود عمل متقابل بين پرتو و بافتها طبق خصوصيات فيزيكي بافت انجام ميگيرد. نتيجه اين تقابل, انعكاس امواج و بررسي آنها توسط دستگاههاي تشخيصي ميباشد.



- انعکاس امواج از قوانین انعکاس نور پیروي میکند و زاویه بازتاب آنها برابر است با زاویه تابش آنها نسبت به خط عمود



- براي ماکزیمم بهره برداري از امواج فرستاده شده بهتر است پروب که هم بعنوان فرستنده و هم گیرنده عمل میکند را بطوري قرار دهیم که امواج فرستاده شده عمود بر بافت مورد نیاز باشد.

- **امپدانس اكوستيكي**
- **بياني است براي مقاومت و مقابله با عبور امواج صوتي كه ناشي از چگالي يك ماده و سرعت صوت در آن است و برابر است با**

$$Z = \rho C$$

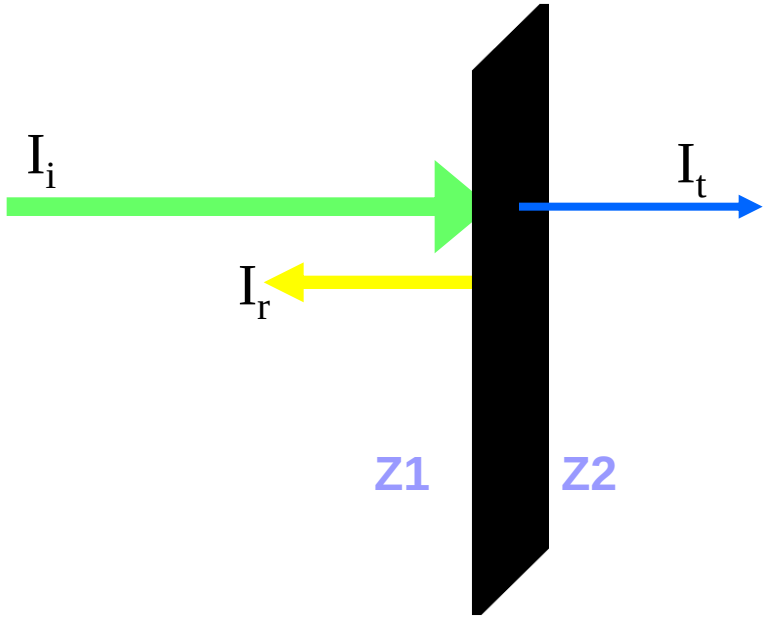
- **هرچه تفاوت امپدانس بين دو محيط بيشتر باشد, انعكاس امواج فراصوت در آن سطح بيشتر خواهد بود**

انتشار موج در بافت و برخورد آن در سطح مشترک بافت

Reflected

امپدانس بافت (Z)

$$Z = \rho . C$$



- **ضريب انعكاس و ضريب انتقال**
- **اگر چنانچه تابش امواج فراصوت تحت زاويه‌اي بجز 90 صورت گيرد بخشي از آن با همان سرعت تابيده شده منعكس ميگردد و بخش ديگري از آن در راستاي تابش در محيط دوم با سرعتي مطابق با خواص فيزيكي محيط دوم نفوذ ميكند**
- **ضريب انعكاس شدت برابر است با:**

$$\frac{I_r}{I_i} = \alpha_r = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2}$$

اگر معادله در 100 ضرب شود در صد انعکاس بدست میاید

$$\%R = \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{(Z_2 + Z_1)^2}$$

- **ضریب انتقال شدت**

$$\frac{I_t}{I_i} = \alpha_t = \frac{4Z_1Z_2}{(Z_1+Z_2)^2}$$

درصد انتقال برابر است با

$$\%T = \frac{4Z_1Z_2}{(Z_1+Z_2)^2}$$

- . امواج فراصوت كه در دستگاههاي فيزيوتراپي, سونوگرافی تشخيصي و ميكروسكوپي از يك بلور(كريستال) توليد ميشوند براساس پديده پيزو الكتريك كه در اواخر قرن 19 توسط ماري كوري كشف شد پايه گذاري شده است.

PIZOELECTRICITY

- روش پیزو الکتریسیته
- تاثیر متقابل فشار مکانیکی و نیروی الکتریکی را در یک محیط اثر پیزو الکتریسیته می‌گویند.
- بطور مثال بلورهایی وجود دارند که در اثر فشار مکانیکی ، نیروی الکتریکی تولید می‌کنند و برعکس ایجاد اختلاف پتانسیل در دو سوی همین بلور و در همین راستا باعث فشردگی آنها می‌شود که ادامه دادن به این فشردگی باعث نوسان و تولید امواج می‌شود.

- مواد (بلورهای) دارای این ویژگی را مواد پیزو الکتریک می‌گویند.
- کوارتز يكي از بلورهائي است كه در طبيعت وجود دارد و داراي خاصيت پيزوالكتريكي ميباشد و اغلب براي فركانسهاي بالاي 10MHZ استفاده ميشود.

- بدلايل تجربي از سراميك (PZT) و فيلمهاي پلاستيكي مخصوص (P.V.D.F) كه مواد رايجي هستند بعنوان كريستالهاي پيزوالكتريك مورد استفاده قرار ميگيرند.

- ولی در کاربرد امواج فراصوت در پزشکی ازبلورها (کریستالهایی) استفاده می‌شود که سرامیکی بوده و بطور مصنوعی تهیه می‌شوند.

- از نمونه این نوع کریستالها ، مخلوطی از زیرکونیت و تیتانیت سرب (Lead titanat & Lead zirconat) است که به شدت دارای خاصیت پیزوالکتریسیته می‌باشند.

Piezoelectric materials

For diagnostic medical applications

- PZT: lead zirconate titanate
- Barium lead titanate
- Barium lead zirconate
- PVDF: polyvinylidene fluoride
- Lithium sulfate
- Lead metaniobate

For therapeutic transducers:

- Quartz

TRANSDUCER

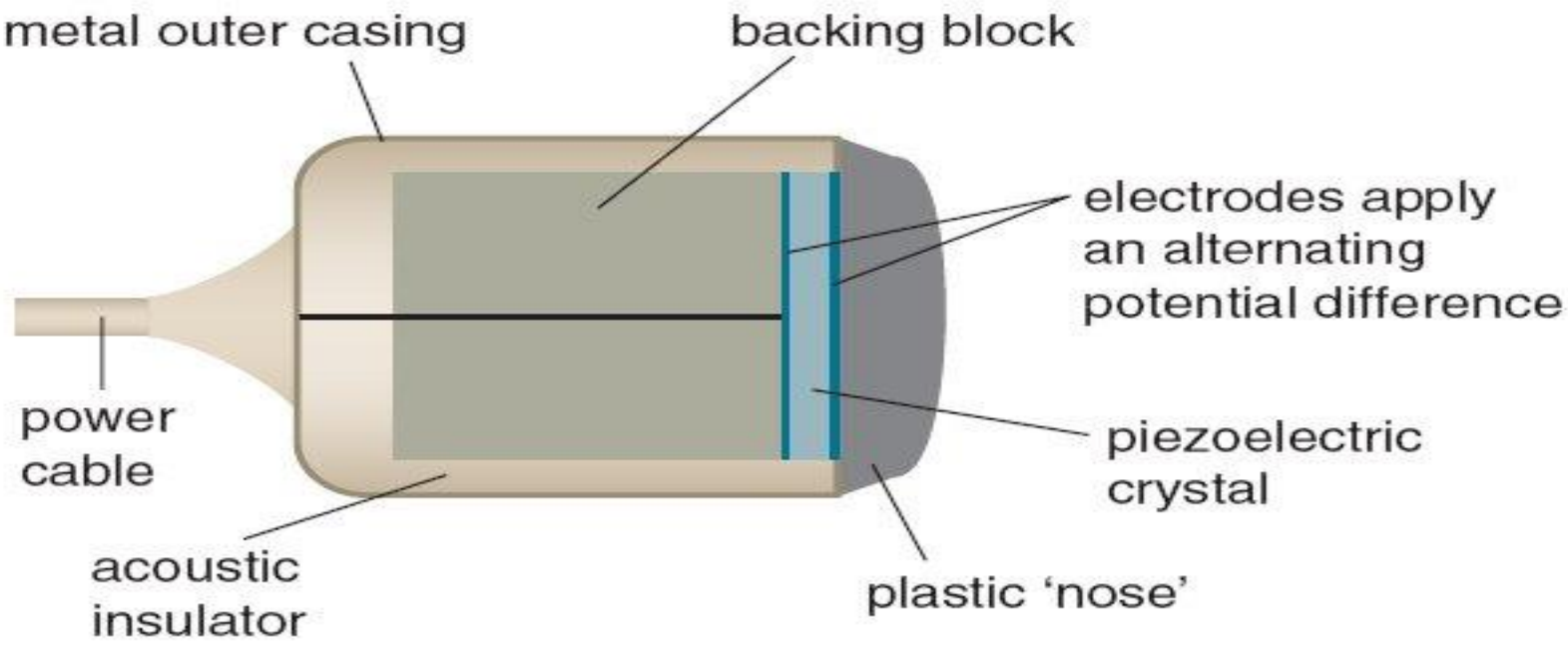
- به دستگاه مولد ماوراي صوت ،ترانسديوسر يا پروب اطلاق مي شود
- یک ترانسدیوسر (مبدل) بنا به تعریف ، وسیله ای است که يك شكل از انرژي را تبديل به شكل ديگر مي كند
- فركانسهاي بالا بوسيله قراردادن يك قطعه بلور(كريستال) پيزوالكتريك در معرض ولتاژمتناوب توليد مي شوند
- اين ولتاژتوسط الكترودها بر روي سطح كريستال اعمال مي شود

- الکترودها بوسیله یک پیوند دهنده کابلی به ترانسدیوسر وصل است. بخش نوسانی ترانسدیوسر بلور است .
- بلور انرژی فراصوتی را برای انتقال به محیط تولید می کند. بزرگی این بلورها می تواند به هر اندازه ای اختیار شود، ولی هر چه نازکتر باشد با بسامد بیشتری نوسان میکند.

- بدين صورت امواج فراصوتي به سمت خارج ترانسديوسر توليد مي شوند

TRANSDUCER

- ساختار ترانسديوسر:
- 1-بلور يا كريستال
- 2-كابل
- 3-الكترود
- 4-لايه تطبيق دهنده(لايه جلويي)
- 5-لايه پشتي(ماده ميراكننده)


metal outer casing
backing block
electrodes apply an alternating potential difference
power cable
piezoelectric crystal
acoustic insulator
plastic 'nose'

بلور و فركانس تشديد

- يك بلور را مي توان با يك ولتاژ با فركانس بالا تحريك كرد و آن را مجبور به نوسان نمود،فركانسي كه بيشترين شدت را توليد مي كند ،فركانس رزونانس يا تشديد نام دارد

- مطابق با بررسيها وتحقيقات انجام شده رزونانس هنگامي رخ ميدهد كه ضخامت بلور برابر با نيمي از طول موج توليد شده باشد

.

بلور

- بلور در ترانسدیوسرها می تواند هم به گونه فرستنده امواج فراصوت و هم گیرنده امواج کار کند.

- در حالت گیرنده تپ های ایجاد شده بوسیله بازتابش را دریافت می نماید. این بازتابش است که در ساختن تصویر سونوگرافی بکار می رود.

Matching layer

- ترانسدیوسرها دارای یک رویه جلویی هستند که با پوست بیمار تماس می یابد.این رویه،(لایه تطبیق دهنده)یا(لایه جفت کننده یک چهارم موج) نام دارد.

Matching layer

- براي كاربردهاي باليني امواج فراصوتي بايد لايه تطبيق دهنده داراي امپدانسي مابين امپدانس بافت وبلور باشد تا انرژي امواج به راحتي به اعماق بدن نفوذ كرده وبازتاب اندكي داشته باشد
- در كاربردهاي تشخيصي ودرماني از ژل استفاده مشود

ژل مورد استفاده در سونوگرافی نقشی همانند لایه جفت کننده ترانسدیوسر دارد.

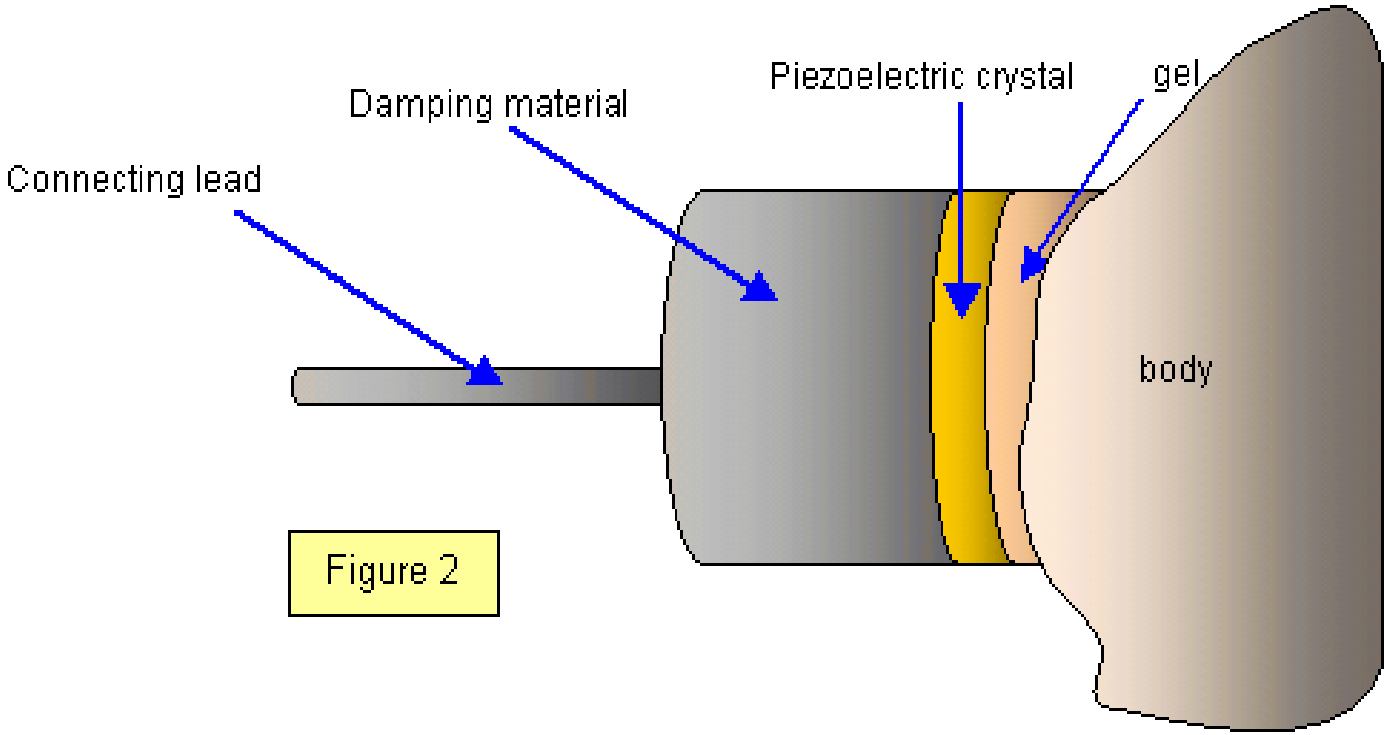
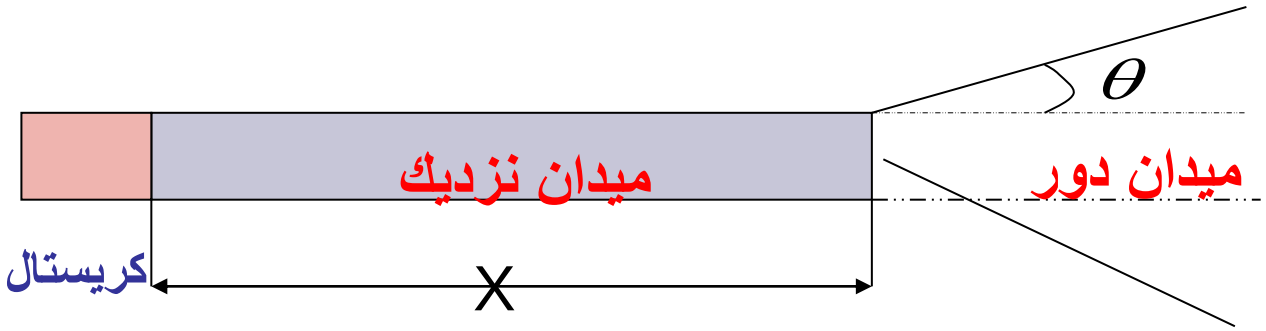


Figure 2

DAMPING MATERIAL

- بخش پشتی بلور با یک ماده میراکننده یا خفه کننده برای جلوگیری از تابش انرژی بلور در رویه پشتی پر شده است .
- مواد میراکننده باعث بهتر شدن تصویر فراصوتی می شوند . این مواد دارای امپدانس اکوستیک بسیار زیادی هستند .

امواج توليد شده توسط بلورها(كريستال) ابتدا در ميدان نزديك(فرنلي) همگرا مي شوند وپس از عبوراز نقطه كانوني در ميدان دور(فرانهوفر) واگرا مي شوند



$$x = \frac{d^2}{4\lambda} \quad , \quad \sin\theta = \frac{1.22\lambda}{d}$$

- براي كاربردهاي كلينيكي از ميدان نزديك امواج استفاده
- مي شود كه طول يا عمق ان(X)از رابطه زيربدست مي ايد
- dضخامت بلور

$$x = \frac{d^2}{4\lambda}$$

- مقدار زاويه واگرايي درناحيه دور مطابق رابطه رايلي بدست مي ايد

$$\sin\theta = \frac{1.22\lambda}{d}$$

ساختار دستگاه سونوگرافي

- بخشهای پایه ای یک دستگاه فراصوتی بازتاب تپ در کارهای تشخیصی که تپ های فراصوتی را گسیل کرده و سپس آنها را دریافت می کند از این قرارند:
-

۱- تپ(پالس) ساز

تپ ساز، تپ های مورد نیاز را تولید می کند. در این بخش فرکانس تکرار تپ(PRF) تولید می شود. (Pulse Repetition Frequency)

ساختار دستگاه سونوگرافي

- PRF باعث ایجاد نظم وترتیب در ارسال تپ ها می گردد. ولتاژی که این دستگاه برای برانگیختن بلور ترانسدیوسر – بصورت تپ – ایجاد می کند میان ۲۰۰ تا ۶۰۰ ولت است
- سیگنالهای یاد شده پس از رسیدن به بلور ترانسدیوسر آن را برانگیخته کرده و امواج فراصوتی تابش می شوند.

ساختار دستگاه سونوگرافي

- **۲- گیرنده**

گیرنده دستگاه ،همان بلور فرستنده است؛ یعنی بلور هم به صورت فرستنده و هم به صورت گیرنده کار می کند.
در فاصله زمانی فرستادن یک تپ تا فرستادن تپ بعدی، موج بازتابشی به کریستال یا گیرنده می رسد.

- این تپ مکانیکی بااثر پیزوالکتریک به یک تپ الکتریکی تبدیل می شود

- ۳- تقویت کننده

بازتابش هایی که از مرزهای مشترک دور می آیند کوچکتر از آنهایی هستند که از فاصله های نزدیک بازتاب می شوند.

- بهترین حالت این است که تپ الکتریکی بدست آمده از این بازتابش های بسیار کوچک به گونه ای نابرابر تقویت گردند که تپ های دور بیشتر و تپ های نزدیک کمتر تقویت شوند.
- تپ های بازتابشی فراصوتی ازدید شدت بسیار متفاوت هستند .

ساختار دستگاه سونوگرافي

- برای نمونه شدت های بازتاب از صفر تا ۹۰ db تغییر می کنند . برای این کار تقویت کننده های لگاریتمی بکار گرفته می شوند .
- دستگاه تقویت کننده ، تفاوت تپ های الکتریکی بسیار کوچک و بسیار بزرگ را بسیار کم می کند.
- دستگاه الکترونیکی که این کار را انجام می دهد جبران کننده بهره زمانی یا T.G.C. نام دارد. (Time Gain Compensation)

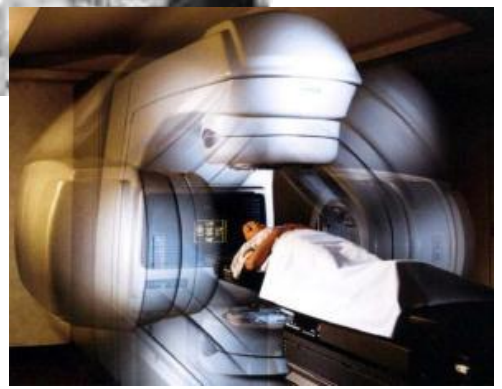
ساختار دستگاه سونوگرافي

- پردازش سیگنالها

- ابتدا سیگنالهای بدست آمده از بازتابش تقویت شده و سپس آشکار می شوند. کار آشکارسازها، یکسو سازی موج است ودر نهایت توسط سیستم پردازشگر، پردازش شده وسیگنالها بصورت تصویر قابل مشاهده است

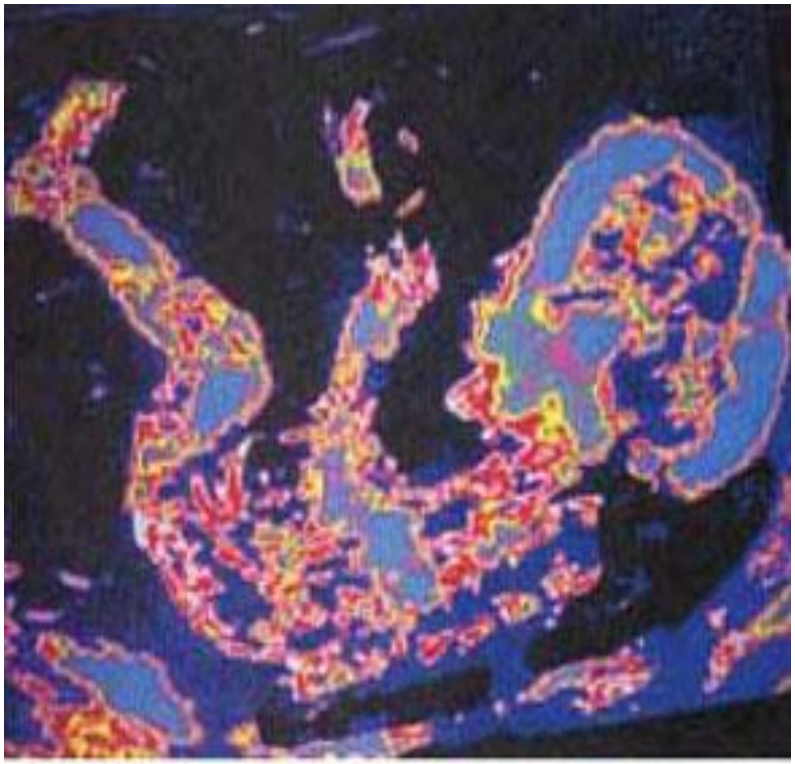
3D Image Captured
from our Facility

صوت و پزشکی



دستگاه سونوگرافی

بخشی از امواج منتشر شده در محیط (در اینجا بافت‌های زیستی)، با برخورد به مرزهای دو بافت با چگالی متفاوت، دچار بازتابش (اکو) می‌گردند. میزان این بازتابش وابسته به امپدانس انتشار امواج صوتی در دو محیط می‌باشد.



عکسی از جنین در بدن مادر

زنگ تفریح

اکو نام یک پری زیبایی بود. این دخترک قشنگ و دوست داشتنی تنها یک عیب داشت آن اینکه خیلی زیاد حرف می زد.
برای تنبه او الهه ای بنام هرا او را منع کرد که هرگز با کسی صحبت نکند مگر آنکه کسی دیگر با او حرف بزند. در این صورت « اکو » حق داشت کلماتی را که می شنید فقط تکرار کند.
روزی اکو جوان زیبایی را به نام نارسیس دید وبا دیدن او شیفته اش شد. اما نارسیس به او توجهی نمی کرد . اکو آنقدر ضعیف شد تا اینکه بجز صدا چیز دیگری برایش باقی نماند.
براساس این افسانه یونانیان معتقد بودند که وقتی شما در جایی صحبت می کنید و صدای شما تکرار می شود این صدای اکو است که بگوشتان می رسد.

درمان سرطان؛

در اين روش از پرتوهاي فراصوت كه برخلاف پرتوهاي مورد استفاده در پرتودرماني، ايمن و غير يونساز هستند براي از بين بردن تومورها استفاده مي شود، به همين دليل اثراتَ جانبي آن در كمترين حد ممكن است.

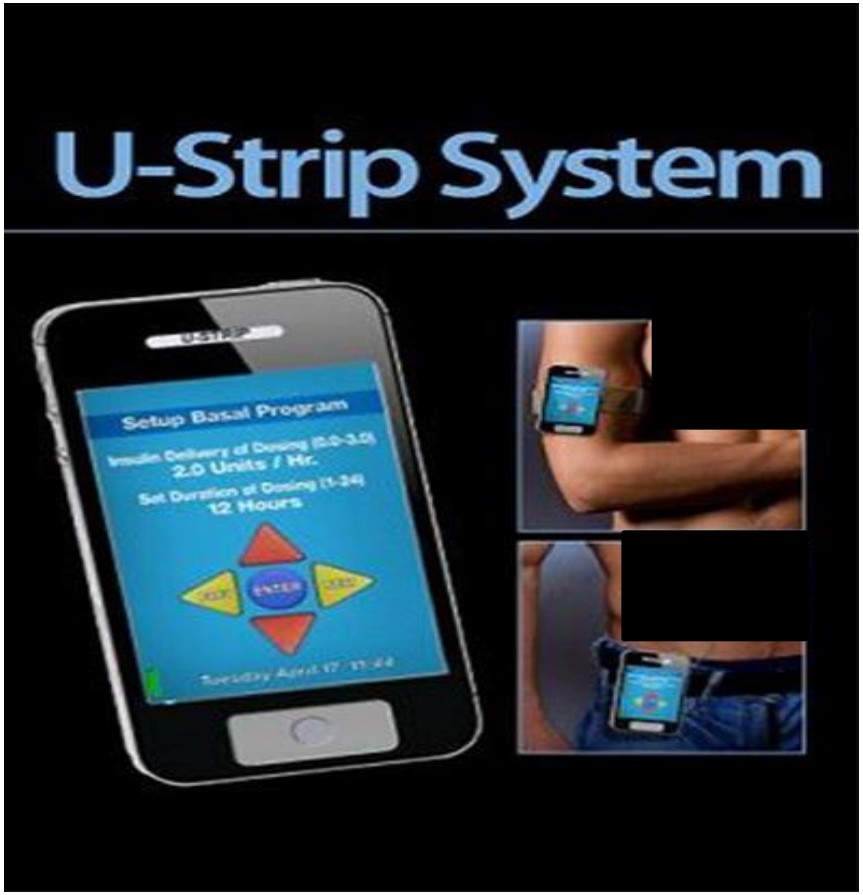
- **هايپرترميا**
- **از امواج فراصوت با شدتهاي زياد در درمان سرطان استفاده مي‌شود. در اين روش درمان ، افزايش درجه حرارت بافت تا حدود 45 درجه سانتي‌گراد بصورت موضعي توسط امواج فراصوت انجام مي‌گيرد.**
- **تخريب بافت و مرگ سلول كه در اثر ازدياد درجه حرارت حاصل مي‌شود را هايپرترميا مي‌گويند. گزارش‌هاي حاصل شده هايپرترميا را بهمراه شيمي درماني و راديوتراپي موثرتر مي‌دانند** (Szent-Gyorgi 1933; Hynynen 1989).

- **فيزيوتراپي**

- **از امواج فراصوت در درمان دردهاي مفاصل و بافت نرم از قبيل آرتريت, اسپاسم عضله, بافت نرم صدمه ديده و بيماريهاي مخصوص بافت كلاژن در فيزيوتراپي استفاده مي‌شود كه هدف از كاربرد اين روش تخفيف درد وتسريع درمرحله بهبودمي‌باشد** (Robroeck 1998, Boyl 1993)

چسب دارویی به جای تزریق

این سیستم با
ارسال امواج صوتی ، منافذی را
بر روی پوست می گشاید و دارو
را به سرعت وارد جریان
خون می کند



جوش خوردن زخم ها

- جذب امواج فراصوت بوسیله بدن سبب ایجاد انرژی می شود که بخشی از آن به گرما تبدیل می‌شود. گرمای موضعی حاصل از جذب امواج فراصوت بهبودی را تسریع می‌کند و قابلیت کشسانی کلاژن (پروتئینی ارتجاعی) را افزایش می‌دهد. کشش در جوشگاه‌های زخم افزایش می‌دهد و باعث بهبود آنها می‌شود.

درمان شکستی استخوان ها

با استفاده از فراصوت با شدت پایین بیمارانی را که دچار شکستگی شده اند و استخوان آنها مقابل درمان مقاومت می کند را درمان کنند

درمان سنگ کلیه

تابش متمرکز این موجها بر روی سنگ کلیه باعث می‌شود که سنگ به پاره‌های کوچک شکسته شده و به تدریج از بدن دفع گردند. بدون اینکه احتیاجی به عمل جراحی باشد .

جرم گیری

before

با استفاده از امواج فراصوت چسبندگی ذرات آلوده با دندان را از بین می برندً

after

تشخیص بیماری ها

- از موجهای صوتی همچنین در تشخیص بیماری نیز استفاده می‌شود. به این ترتیب که یک تپ فراصوتی به داخل بدن بیمار فرستاده می‌شود. این تپ از مرزها و فصل مشترکهای بین اعضای داخل بدن بازتاب می‌یابد که با آشکار سازی آن می‌توان اطلاع لازم را در مورد بیماری عضو مورد نظر کشف کرد. این روش برای تشخیص محل غده‌ها و سایر عوامل غیر عادی در بدن ، عملکرد قلب و دریچه‌های آن ، وضعیت جنین ، سنگ کلیه بکار می‌رود .

رفع چربی های موضعی

لیپولیز اینفراسونیک جدیدترین تکنولوژی در کاهش میزان چربی زیر پوست می باشد که بصورت سرپائی و طی یک جلسه باعث رفع چاقیهای موضعی می شود. تاکنون بهترین روش کاهش چربیهای موضعی لیپوساکشن بوده که عوارضی همچون ناهمواری و شلی پوست، تورم و کبودی را به دنبال داشته است.

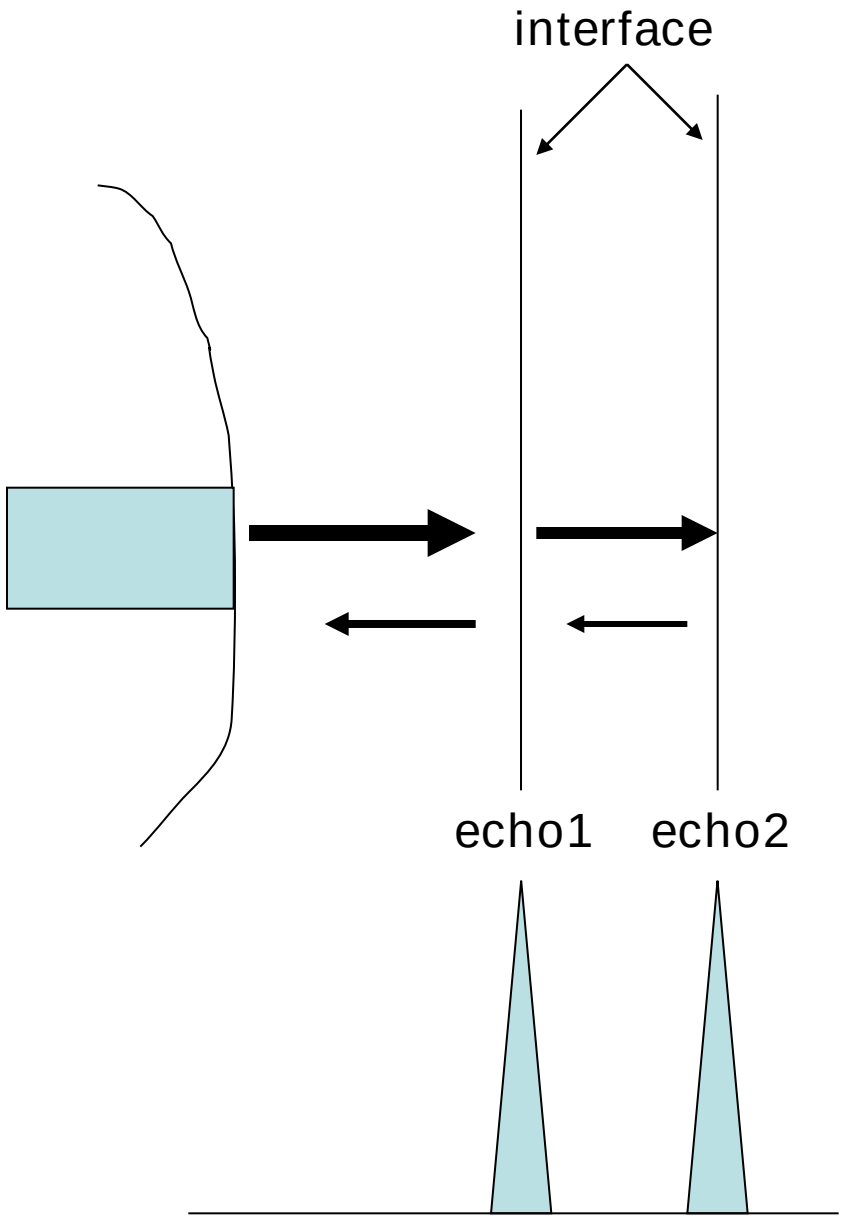
- **فنوفوروزيس**
- **از امواج فراصوت در محدوده شدتهاي فيزيوتراپي براي افزايش انتقال دارو از سطح پوست به بافتهاي زير جلدي و ورود آن به گردش خون استفاده مي‌شود كه به اين شيوه درمان سونوفروزيس يا فنوفورزيس گفته مي‌شود.** (Mitragotri 1997, Skauen 1984).

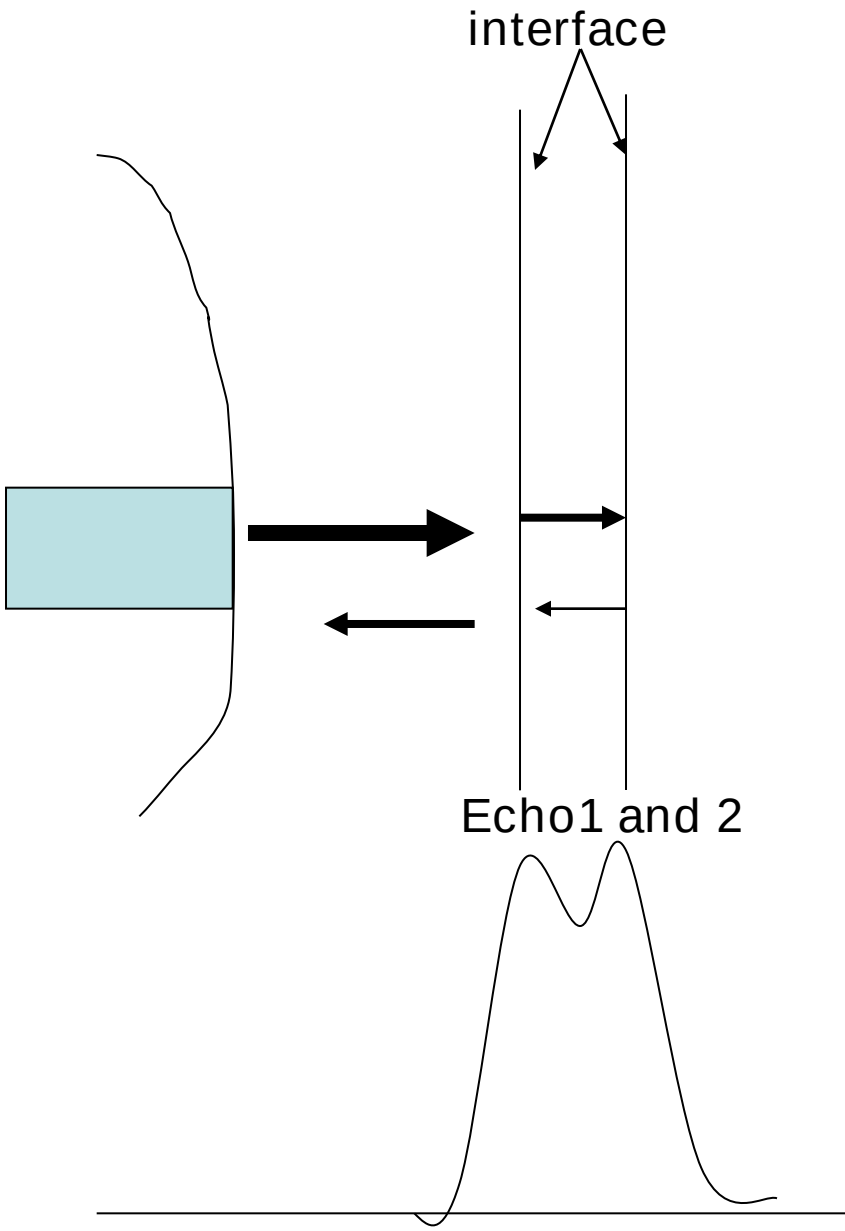
کنترل حیوانات خانگی

قدرت تفکیک خطی وجانبی در سونوگرافی

تفكيك خطي (Axial Resolution)

- قدرت تفكيك و نشان دادن تصوير متفاوت از دو جسم كه نزديك به يكديگر و در راستاي انتشار امواج باشند را تفكيك خطی گویند و هرچه طول پالس كوچكتر باشدتفكيك خطی بهتر ميشود.
- براي طول پالس كوچكتر يا بايد تعداد سيكلهاي درون پالس را كاهش داد و يا فركانس را افزايش.


interface
echo1
echo2


interface
Echo1 and 2

تفکیك جانبي Lateral Resolution

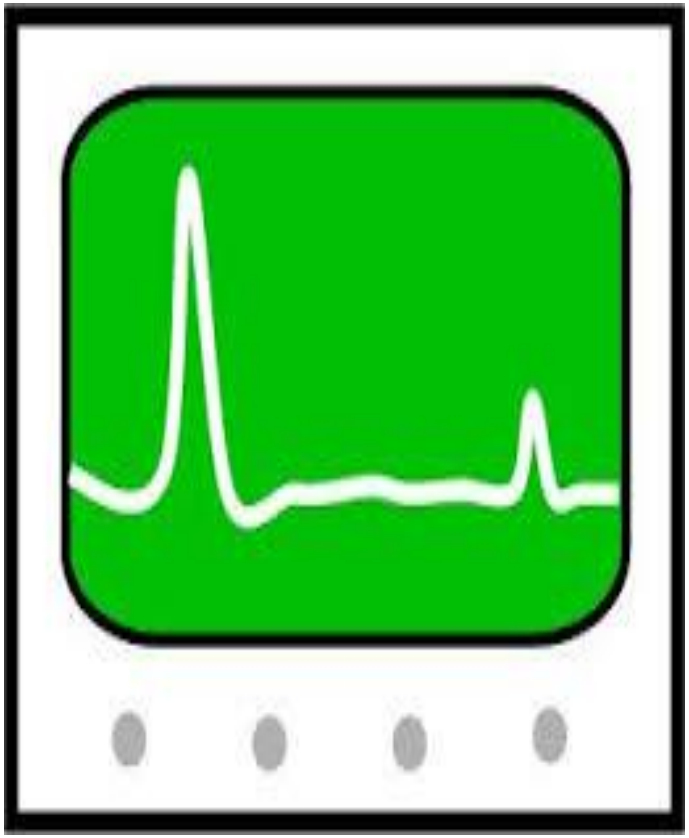
- قدرت تفکیك و نشان دادن تصویر متفاوت از دو جسم که نزدیك به یکدیگر و عمود بر انتشار امواج باشند را تفکیك جانبي گویند و هرچه پهناي بیم باریکتر باشد تفکیك جانبي بهتري صورت میگیرد. کاهش قطر کریستال باعث کاهش پهناي بیم میشود.

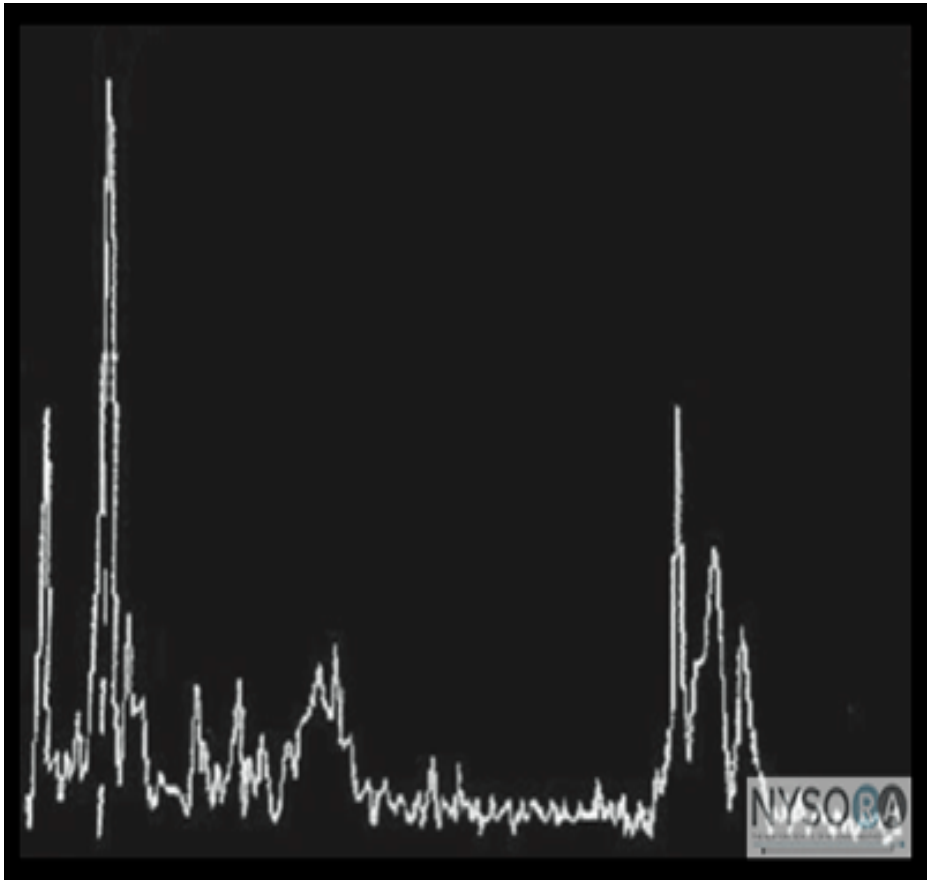
- چگونگی ساخت تصاویر سونوگرافی

روبشگرهاي A-mode (Amplitude-mode)

دراین روش اکوها توسط مبدل دریافت و پس از تبدیل به ولتاژهای الکتریکی روی یک صفحه C.R.T نمایان میگردند.این صفحه شامل دو محور مدرج عمود برهم است محور افقی زمان برگشت اکو از مرز بین دو بافت متوالی را که متناسب با ضخامت بافت است نشان می دهد و محور عمودی شدت اکوهای دریافتی یا دامنه اکوها را نشان می دهد

.




NYSORA

- هرچه دامنه و يا شدت سيگنال دريافت شده توسط پروب قويتر باشد ارتفاع شاخكهاي رسم شده بلندتر ميباشد. سيگنالهائي با دامنه قويتر ممكن است از انعكاس كننده‌هائي دورتر از پروب بدست آيد تا از انعكاس كننده‌هاي ضعيفتر با فاصله كمتر از كريستال.

- تغییرات در شدت سیگنال دریافت شده بدلیل انعکاسات از سطوح مختلف با امپدانس متفاوت و همچنین ضعیف شدن انرژي پالس در طول مسیر خود میباشد.
- براي بهبود بخشیدن و سهل کردن آنالیز این سیگنالها دستگاهي به نام T.G.C اکوهاي دریافت شده را بصورت نمایی تقویت میکند

استفاده از A-mode در پزشکي

1-تخمین ابعاد جسم

2-پیدا کردن اجسام خارجي در چشم

3-اندازه گیری ابعاد کیست ها و تومورها

4- تعیین فاصله دقیق بافتها از یکدیگر

Brightness mode (B-mode) سیستمهای

- B-mode

- در این روش اکوها در قالب مجموعه ای از نقاط تاریک و روشن و خاکستری نشان داده می شوند.هرچه شدت اکوها بیشتر نقاط روشن تر و هر قدر کمتر باشد نقاط تیره تر نمایش داده می شوند

FR 37Hz
RS
2D
50%
C 55
P Low
TX Kidney

روبشگرهاي M-mode (Motion-mode)

- به منظور ثبت اطلاعاتی از چگونگی حرکت لایه های بافتی یک عضو متحرک(نظیر قلب) از روش M-mode یا روبشگرهاي متحرك ناميده شد. اولويت اين روش بررسي ارگانهاي متحرك كه شامل ميزان دامنه و الگوي حركت است ميباشد و براي اولين بار براي بررسي وضعيت دريچه ميترال استفاده شد.

- حرکت گردش خون Hemodynamics
- خون مايعي است لزج كه تشكيل شده است از گلبولهاي قرمز, گلبولهاي سفيد و پلاسما, چسبندگي خون يك پارامتر فيزيكي است كه با هر تغيير شكل مقاومت ميكند.
- براي يك جسم چسبنده كه مجبور به تغيير شكل شود بايد به نيروهاي داخلي درون سلول غلبه كند.

- نيروي اصطكاك بوجود آمده توسط چسبندگي خون باعث تغييرات سرعت در طول رگ ميشود.

عوامل موثر در تغییر سرعت خون

1- انحناء رگ

2- گشادگي رگ

3- گرفتگي

- **معادله پوازي**
- **آهنگ جريان حجمي** (volume flow rate)
  مقدار خوني كه از يك رگ در واحد زمان عبور ميكند را آهنگ جريان حجمي ميگويند برحسب cm^3/sec

$$Q = \frac{\Delta P}{R}$$

- **دو عامل تعیین کننده آهنگ جریان حجمی خون :**
  - **اختلاف فشار در دو محل رگ که گرادیان فشار نامیده میشود و نیروئي است که خون را در رگ به جلو میراند.**
  - **ممانعت از جریان خون در رگ که مقاومت رگي ویا Reynolds No. نامیده میشود.**

$$R = \frac{8l\eta}{\pi r^4}$$

- **طول لوله و یا رگ، η ویسکوزیته و r شعاع رگ**

فشار خون

- هایپرتنسیون یا *فشارخون بالا* یک وضعیت پزشکی است که در آن فشار وارد شونده بر دیواره رگ‌ها و فشار جریان خون از یک حد نرمال و پذیرفته، بالاتر می‌رود.

- هنگامی‌که فشار خون به هر علت بالا باشد، قلب را با هدف پمپاژ دوباره و به گردش درآوردن خون، وادار به افزایش حرکت و کار بیشتر می‌نماید.

فشار خون

- فشار خون بر دو نوع *سیستولی و دیاستولی* تقسیم و نام‌گذاری می‌گردد که گاهی با نام حد بالا و حد پایین نیز شناخته می‌شود.
- فشار خون سیستولی، فشار موجود در هنگامی‌است که ماهیچه قلب بطور کامل منقبض شده و خون را بدرون سرخرگ یا شریان فرستاده باشد و در مقابل، هنگامی‌که قلب در حالت استراحت بین دو ضربان به سر می‌برد و خون به واسطه فشار درون رگ‌ها و دریچه‌های درون‌وریدی در حال بازگشت به قلب و پر نمودن بطن راست است.

فشار خون

- . از دید دانش فیزیک *فشار خون* به نیرویی گفته می‌شود که توسط خون در جریان، به دیوارهٔ رگ‌ها وارد می‌آید و یکی از علائم اصلی حیات است

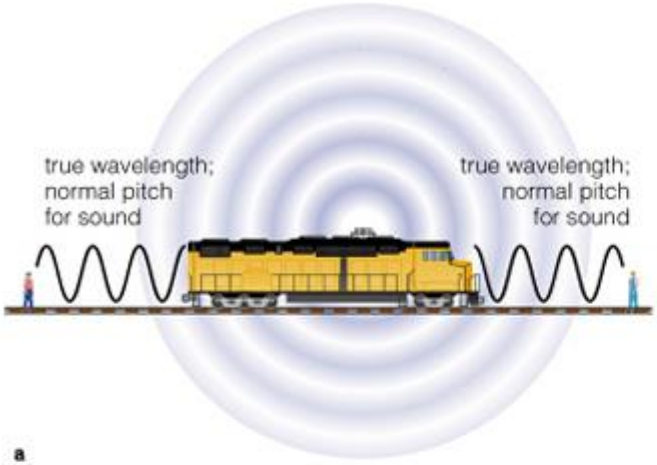
- فشار یک مفهوم فیزیکی است، مقصود از فشار اشاره به «قدرت» یک مایع متحرک است.
- فشار خون با جریان یافتن به شاهرگ‌ها و به رگ‌ها کم می‌شود.

- ، فشار خون هنوز در تمام دنیا با mmHgاندازه‌گیری می‌شود.

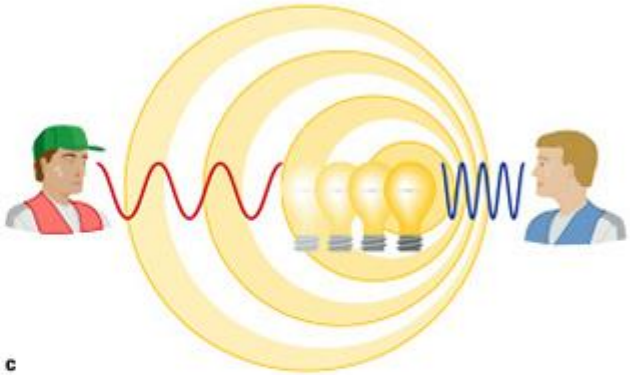
- داپلر

داپلر

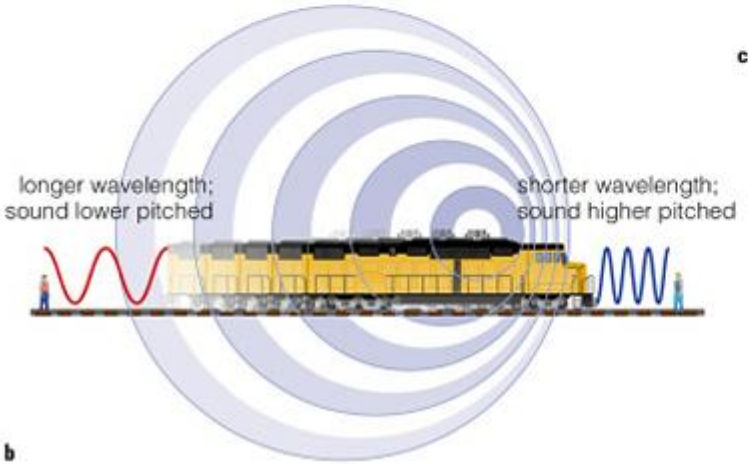
- پديده دوپلر در اصل براي تغييرات فركانس چشمه صوت در فيزيك كلاسيك مطرح گرديد.
- براساس اين اثر هرگاه ناظري نسبت به يك چشمه صوت در حركت باشد، ناظر، فركانسی غير از آنچه از چشمه گسيل مي شود دريافت مي كند.


true wavelength;
normal pitch
for sound
true wavelength;
normal pitch
for sound

a



c


longer wavelength;
sound lower pitched
shorter wavelength;
sound higher pitched

b

پدیده داپلر

- هرگاه یک منبع تولید صوت با سرعت به شنونده ای که ساکن است نزدیک و یا از آن دور شود، ارتفاع صوتی را که شنونده می شنود با حالتی که منبع صوت ساکن است تفاوت دارد و صوت زیرتر یا بم تر شنیده می شود. $f_0 = f_s (V+V_0)/ V$
- یا $f_0 = f_s (V-V_0)/ V$
- همچنین اگر شنونده ای با سرعت به یک منبع صوت نزدیک و یا از آن دور شود، ارتفاع صوتی که می شنود با حالتی که نسبت به منبع صوت ساکن است یکی نیست.
- $f_0 = f_s (V)/ (V+V_s)$ $f_0 = f_s (V)/ (V-V_s)$

تغییرحاصل در ارتفاع صوت بر اثر حرکت نسبی منبع صوت و شنونده پدیده داپلر نامیده می شود.

f_0بسامد شنونده، f_s بسامد منبع صوتی، Vسرعت انتشارصوت درمحیط ، V_0سرعت حرکت شنونده و V_s سرعت حرکت منبع صوت است.

اگر منبع صوتی وشنونده نسبت به هم حرکت کنند:

۱- اگر شنونده و منبع صوت به هم نزدیک شوند،

۲- اگر شنونده و منبع صوت از هم دور شوند،

۳- اگر شنونده و منبع صوت در یک جهت حرکت کنند، بسته به این که شنونده در جلو باشد یا منبع صوت،

$$\nu' = \nu\left(\frac{v \pm v_o}{v \mp v_s}\right)$$

Sonography colour doppler

- يكي از روشهاي تصوير برداري كه در سالهاي اخير به كمک ارزيابي سلامت جنين آمده و به موازات تست هاي مختلف باليني وآزمايشگاهي نقش مكمل تشخيصي دارد،سونوگرافي داپلر رنگی است.
- درسونوگرافي colour doppler از پديده (داپلر) كمك گرفته مي شود

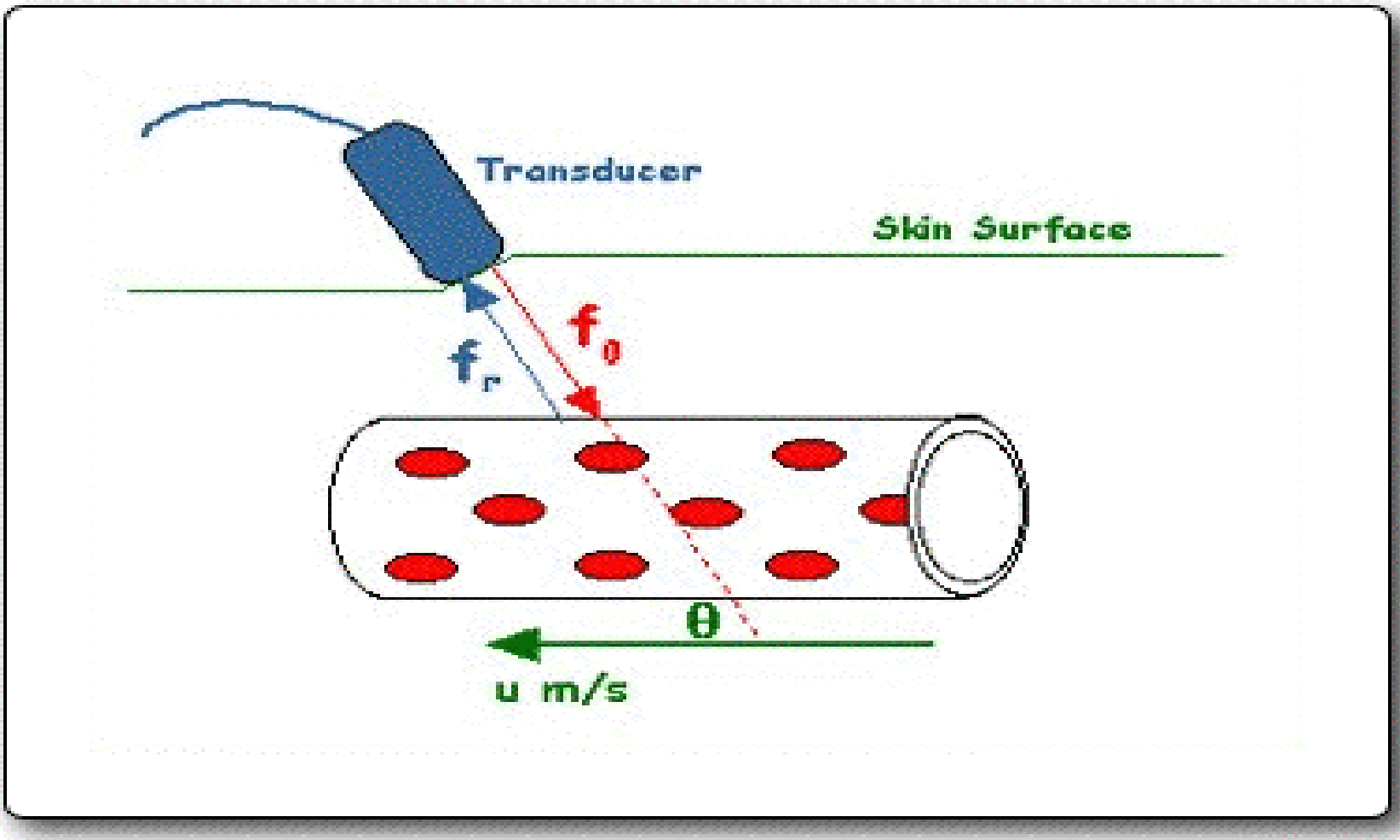
- **اين اصل فيزيكي اولين بار توسط كريستين داپلر حدود 150 سال پيش تعريف شد و در واقع به مفهوم (تغيير فركانس يا طول موج) بر اثر حركت است.**
- **اين حركت مي تواند درمنبع مولد موج، گيرنده موج و يا بازتاب دهنده باشد و در پزشكي منشا داپلر حركت و به عبارتي (جريان خون) است**

- امواج بازتابیده شده از بدن به توسط یک کامپیوتر تجزیه و تحلیل شده و به تصویر تبدیل میشود.
- پزشک متخصص تصویربرداری این تصاویر را بر روی مانیتور دستگاه دیده و ممکن است بعضی از آنها را چاپ کند

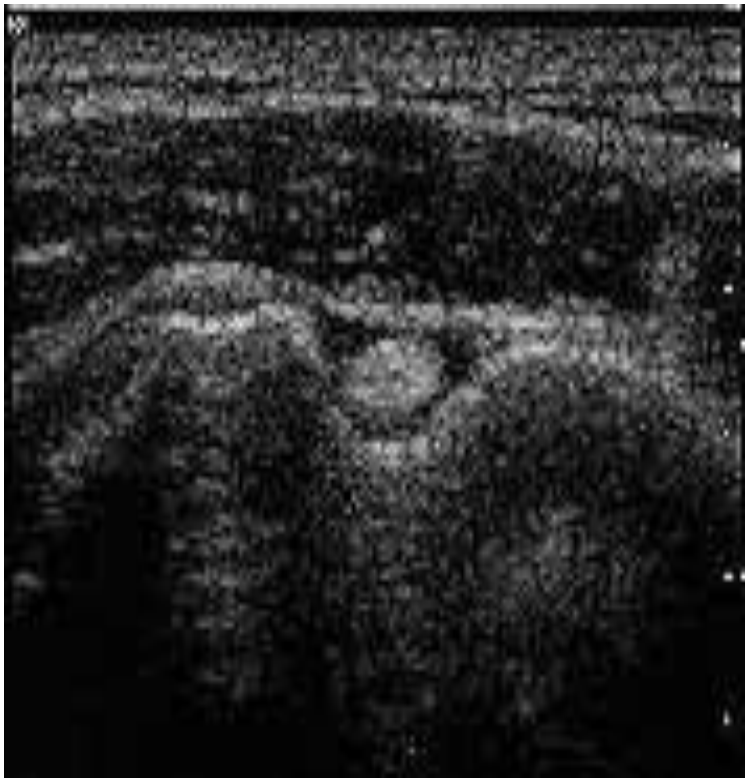
شیفت داپلر(Doppler shift)

$$\Delta f = \left(2\mathrm{v}\cdot f \middle/ c\right)\cos\Theta$$

- زاویه بین جهت حرکت بازتابنده و پرتو فراصوت: θ
- سرعت بافت متحرک: v
- سرعت صوت در بافت: C
- شیفت داپلر: Δf ، فرکانس مولد f


Transducer
Skin Surface
f_0
f_r
θ
u m/s

- با پيشرفت تكنولوژي در آشكارسازي و پردازش سيگنالها امواج فراصوت, تغييرات فركانس (Δf) بدست آمده رمز گذاري و اين تغييرات را نسبت به اينكه ماده متحرك به طرف پروب و يا از آن دور شوند را بصورت تصوير رنگي به روي صفحه نمايشگر مهيا ميسازد.
- اگر جريان خون بطرف پروب در حركت باشد تصوير بصورت قرمز و اگر از پروب دور شود تصوير بصورت آبي بر روي صفحه نمايشگر آشكار خواهد شد



مثال

- به منظور تعیین سرعت خون در رگ کاروتید از روش داپلر استفاده می شود. درصورتیکه فرکانس موج ارسالی 7.5 مگاهرتز و فرکانس موج برگشتی 7 مگاهرتز و زاویه پروب با امتداد رگ 30 درجه و سرعت انتشار آن در عضله 1500 متر بر ثانیه باشد ، سرعت جریان خون چند متر برثانیه است؟

- **59**m/s

- از سيستمهاي داپلر در تشخيص حركت قلب جنين,بند ناف, بررسي حيات جنين در فاصله زماني 12-20 هفتگي استفاده ميشود.
- از آنجائيكه تفاوت فركانس Δf در محدوده شنوايي انسان ميباشد تعداد ضربان قلب جنين قابل شنوائي است

- **اثرات بيولوژيك**
  - **كاربرد فيزيكي امواج فراصوت در طي بيست سال گذشته بصورت تجربي رشد قابل ملاحظه‌اي داشته است.**

- **مطابق باقوانين حفاظت در برابر اشعه, با سطح دوزي كه در راديولوژي تشخيصي به كار گرفته ميشود, اگر جنين در معرض پرتوهاي يونيزان قرار گيرد, اين پرتوها ميتواند بطور بالقوه صدمات بيولوژيكي نهفته در جنين بوجود آورند كه اين مسئله درالتراسوند تشخيصي كاملاً حذف گرديده است.**

- امواج فراصوت نيز در شدتهاي بالا (0.5-3w/cm2) داراي خطرات بيولوژيكي از قبيل پاره كردن ديواره رگ, لخته كردن خون, هموليز گلبولهاي قرمز و غيره ميباشد.
- بيشتر اين خطرات با پيدايش پديده‌اي بنام كاويتاسيون(COVITASION) بوجود مياید.
- كاويتاسيون، فرم گرفتن و زندگي ديناميكي يك حباب در مايعات تحت تاثير امواج فراصوت را فراهم مينمايد.

- اين اثر مي تواند منجر به اثراتي شود كه به بافت آسيب مي رساندويكي از اثار ان توليد راديكاهاي آزاد است.
- استفاده دراز مدت از امواج ماوراي صوت با شدت خيلي زياد باعث پارگي در رشتهDNA ميشود
- شدت ميانگين استفاده شده از امواج فراصوتي در كاربردهاي تشخيصي در حدود يك هزارم شدت در كاربردهاي درماني است وتاكنون آسيب قابل ملاحظه اي در بافت مشاهده نشده است