الفصل الأول

المقدمة

(1.1) ***الصوت:***

الصوت هو تردد ألي او موجة قادرة على التحرك في عدة اوساط مادية مثل الاجسام الصلبة ،والسوائل ،والغازات،ولا تنتشرفي الفراغ وباستطاعة الكائن الحي تحسسه عن طريق عضو خاص يسمى الاذن .من منظور علم الاحياء فالصوت هو إشارة تحتوي على نغمة او عدة نغمات تصدر من الكائن الحي الذي يملك العضو الباعث للصوت ،تستعمل كوسيلة اتصال بينه وبين كائن اخر من جنسه او من جنس اخر، يعبر من خلالها عما يريد قوله او فعله بوعي مسبق ، ويسمى الإحساس الذي تسببه تلك الذبذبات بحاسة السمع.ويعد الصوت اساس الكثير من الخبرات التي يكتسبها الإنسان ، وقد كان الإنسان في الماضي لا يعتمد على الأصوات التي يصدرها من حنجرته فحسب وإنما يعتمد ايضاً على اصوات الطبول و الادوات التي تحدث الجلجلة والخشخشة وايضا بالمزامير ،وتقدر سرعة الصوت في الوسط الهوائي العادي ب(343)متر في الثانية او (1224)كيلو متر في الساعة .تتعلق سرعة الصوت بعامل الصلابة وكثافة المادة التي يتحرك فيها الصوت ،وايضاً الصوت هو إهتزاز ميكانيكي للوسط،الصوت ليس موجة بل الموجة هو إحدى الأشكال (نمازج الإنتشار)التي يبرز ويتميز بها الصوت وكمثال على نمازج اخرى :التيارات الصوتية والتدفق الصوتي ، هنالك عوامل اخرى تؤثر على إنتشار الصوت وسرعته كطبيعة المادة (اللزوجة).ينتشر الصوت في الغازات والبلازما وفي السوائل على هيئة موجات طولية ،وتسمى عند الفيزيائيين موجات تضاغطية اما المواد الصلبة فينتشر الصوت فيها كموجات طولية وايضاً موجات عرضية وتتكون موجات الصوت الطولية من تتابع لطبقات يعلو فيها الضغط عن الضغط المتوازن المعتاد متتابعة .

اما الموجات العرضية في المواد الصلبة فهي موجات متتابعة من إجهاد جزئي عرضي،يكون عمودياًعلى إتجاه إنتشار الصوت. وفي موجات الصوت تنزاح جزيئات الوسط دورياً ولكنهالا تنتقل مع الصوت وتنقل الطاقة المحمولة مع الصوت كطاقة حركة لإهتزازات الصوت. ومن وجهة نظر الفيزياء فالصوت هو موجة وتكون الموجة في السوائل والغازات موجةطوليةوهي كذلك في الهواء.اما في المواد الصلبة فينتشر الصوت في موجات عرضية،وتحرك الموجات جزيئات الوسط (غالباً الهواء) حول حالة وسطية وتنتشر بسرعة خاصة ويرمز لسرعة الصوت بالرمز(c) وتعتبر دراسة الصوت من المواضيع المهمة حيث تستخدم هذه الدراسات في أبحاث الطيران والفضاء والطاقة المتجددة والطاقة

النووية والأبحاث الطبيعية ،ويمكن توليد الصوت بوسائل ميكانيكية او حرارية .وتستخدم الوسائل الحرارية في بناء المبردات الصوتية الحرارية وكذلك في عمليات الكشف عن الماء الموجود في النفط [1] .

(1.2) ***مشكلة البحث :***

تتمثل مشكلة البحث في عدم وجود دراسات كافية عن الصوت في السودان كما ان المفردات الدراسيةفي الجامعات لا تهتم كثيراً بالتطبيقات الحديثة للصوت.

(1.3) ***الغرض من البحث:***

يهدف البحث لإلقاء الضوءعلى الموجات الصوتية والتركيز على تطبيقاته الحديثة في المجالات المختلفة ، كما يهدف البحث علي التعريف بالتصوير بالموجات فوق الصوتية .

تم أخذ العينات (صور الموجات فوق الصوتية) من مستشفي بشائر التعليمي قسم النساء والتوليد .

(1.4) ***حدود البحث*** :

الحدود المكانية :جامعة السودان للعلوم والتكنولوجيا.

الحدود الزمانية:سبتمبر 2016 م.

(1.5) ***محتوى البحث:***

يحتوي البحث على اربعة فصول:

الفصل الأول هو المقدمة عن الصوت والفصل الثاني يختص بفيزياء الصوت في حين يهتم الفصل الثالث بتطبيقات الصوت اما الفصل الرابع فهو يختص بجهاز الموجات فوق الصوتية و الجانب العملي.

الفصل الثاني

فيزياء الصوت

(2.1) مقدمة:

الصوت هو من انواع الطاقة المهمة للانسان والتي يتواصل بها مع اخيه الانسان وسائر الكائنات ، لذا سيختص هذا الفصل بدراسة خواص الصوت الفيزيائية.عندما يهتز اي جسيم فانه يعطي صوتاًعن طريق تفاعله مع الوسط المحيط،وكذلك يتعرض الى استجابة الأذن السمعية للصوت بالإضافة الى سرعة الصوت وشدة الصوت وكيفية انتقال الطاقة عبر الموجة والموجات تحت سمعية و الموجات فوق سمعية وتطبيقات الموجات السمعية (الصوتية).

(2.2) طبيعة الموجات الصوتية :-

تنتشر موجات الصوت في الاوساط المادية في هيئة إهتزازات تحدث تضاغطات وتخلخلات للوسط الذي تنتشر فيه فتنقل الطاقة من جزيئات المادة التي تمر خلالها وتتذبذب وتهتز وينتشر الصوت في المواد على شكل موجة طولية تتذبذب في نفس إتجاه حركة إنتشار الموجة وتخضع لجميع قوانين الفيزياء عندما تتولد موجة صوتية من مصدر مهتز ما فان تردد الموجات (f)يساوي تردد إهتزاز ذلك المصدر فيما يعتمد طول الموجة (λ)على سرعة الموجة في ذلك الوسط:

$$c = \lambda f \qquad \rightarrow (2.1)$$

$$\lambda = \frac{c}{f} \qquad \rightarrow (2.2)$$

حيث:-

$c \equiv$ سرعة الموجة.

$f \equiv$ التردد.

$\lambda \equiv$ الطول الموجي.

عند الإنتقال من وسط لاخر يتغير الطول الموجي بنفس نسبة التغير في السرعة لأن التردد لا يتغير اي ثابت.

وتنطبق العلاقة (2.1)على جميع الحركات الموجية سواء كانت موجات صوتية ام ميكانيكية ام موجات كهرومغنطيسية [2].

وحسب هذه الطبيعة تنقسم الموجات لنوعين هما:-

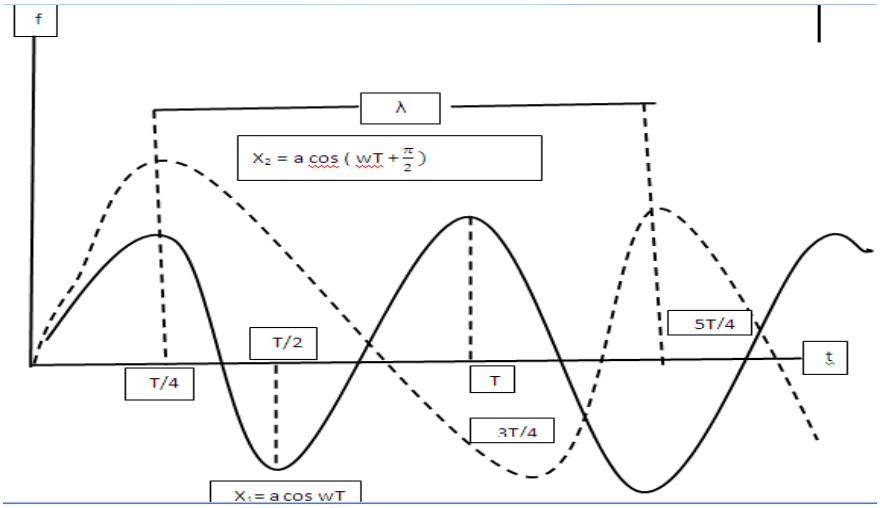
1_موجات طولية :

وهي التي يتسبب إنتشارها في الوسط حركة جزيئاته حركة توافقية بسيطة في إتجاه الإنتقال.

2_موجات مستعرضة:

وهي التي يتسبب عنها حركة جزيئاته في الوسط في إتجاه عمودي على إتجاه الإأنتشار.

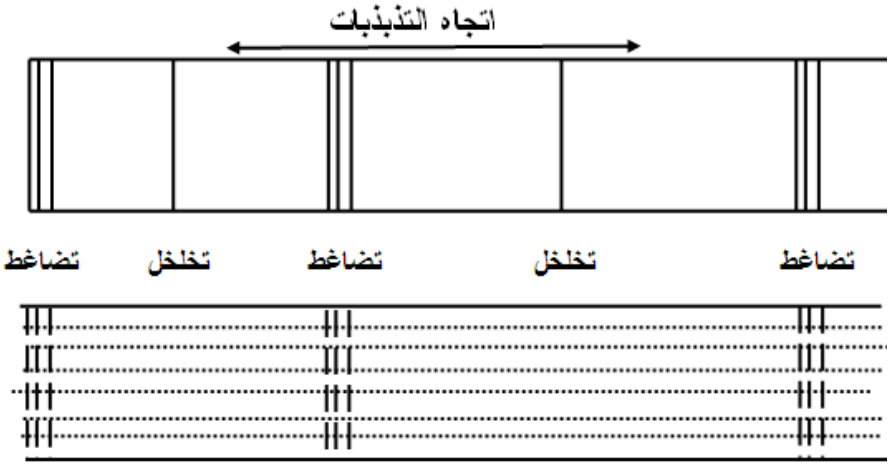
وكلا النوعين عند إنتشارهما في اي وسط غير محدود يكونان ما يعرف بالأمواج التقدمية وهي موضحة في الشكل التالي :



الشكل (2.1) يوضح الامواج التقدمية.

والموجات الصوتية هي موجات طولية تنتقل في أي مادة سواء كانت هذه المادة صلبة او سائلة او غازية ،تنشأ هذه الموجات بواسطة اي ألية لتوليد الموجات التضاغطية في الوسط المحيط .

وينشأ الصوت عند إهتزاز الأجسام فيحدث إهتزاز وتذبذبات حولها في وسط مادي مرن وبذلك تنتقل موجات الصوت فيه ،وجد ان الموجات تأخذ الشكل الموضح ادناه:



الشكل (2.2)يوضح الامواج في حالة حدوث تخلخلات وتضاغطات [3].

(2.3) ***المعادلة التفاضلية للحركة الموجية:***

تعتبر سرعة الصوت في الهواء مقدار ثابت وذا أهمية عملية خاصة وقيمتها عند درجة حرارة (0) درجة مئوية (331)متر/الثانية وتزداد قيمة سرعة الصوت في الهواء بحوالي 0.60 متر/الثانية لكل إرتفاع في درجة الحرارة العادية للهواء.

ويمكن استنباط المعادلة العامة لسرعة الموجة الصوتية من قوانين التفاضل ،فإذا إنتقلت موجة صوتية في وسط ما تكون إزاحة اي نقطة في الوسط بالمعادلة:

$$y=a\sin 2\pi(\frac{X}{\lambda}-\frac{t}{T}) \qquad \rightarrow (2.3)$$

وتكون سرعة هذه النقطة هي :

$$\frac{dy}{dt}=_aw\cos(\frac{-2\pi X}{\lambda}_wt) \qquad \rightarrow \ (2.4)$$

بمفاضلة المعادلة (2.3) بالنسبة لX :

$$\frac{dy}{dx}=a2\pi\frac{1}{\lambda}\cos(\frac{2\pi x}{\lambda}_wt)\Rightarrow\frac{dy}{dt}=_c\frac{dy}{dx} \qquad \rightarrow \quad (2.5)$$

وتعطي هذة العلاقة بين سرعة النقطة المادية و سرعة انتشار الموجة (c) بدلالة ميل منحني الإزاحة $(\frac{dy}{dx})$.

و باجراء التفاضل مرة اخري بالنسبة للزمن وبالنسبة للمسافة مرة ثانية نحصل علي :

$$\frac{d^2y}{dt^2}=-a\,w^2\sin(\frac{2\pi X}{\lambda}_wt) \qquad \rightarrow \quad (2.6)$$

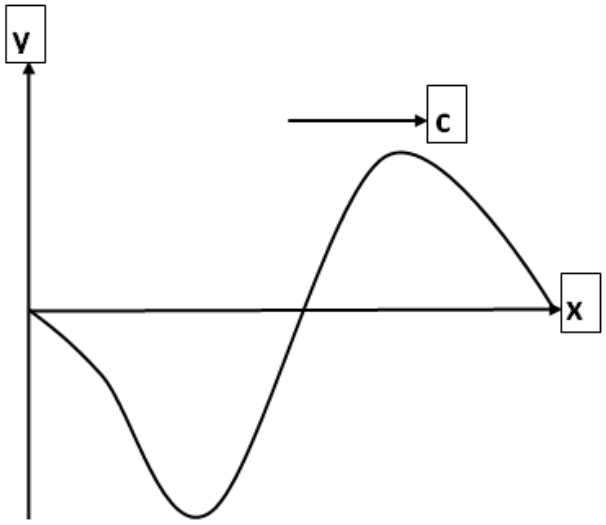
$$\frac{d^2y}{dx^2}=-a4\pi^2\frac{1}{\lambda^2}\sin\left(\frac{2\pi X}{\lambda}_wt\right) \qquad \rightarrow \quad (2.7)$$

ومن (2.6)و(2.7)نحصل على العلاقة :

$$\frac{d^2y}{dt^2}=c^2\frac{d^2y}{dx^2} \qquad \rightarrow \quad (2.8)$$

ومن المعادلة (2.8)نلاحظ ان تسارع النقطة المادية في الوسط تساوي مربع سرعة إنتشار الموجة مضروباً في إنحناء منحنى الإزاحة ($\frac{d^2y}{dx^2}$).

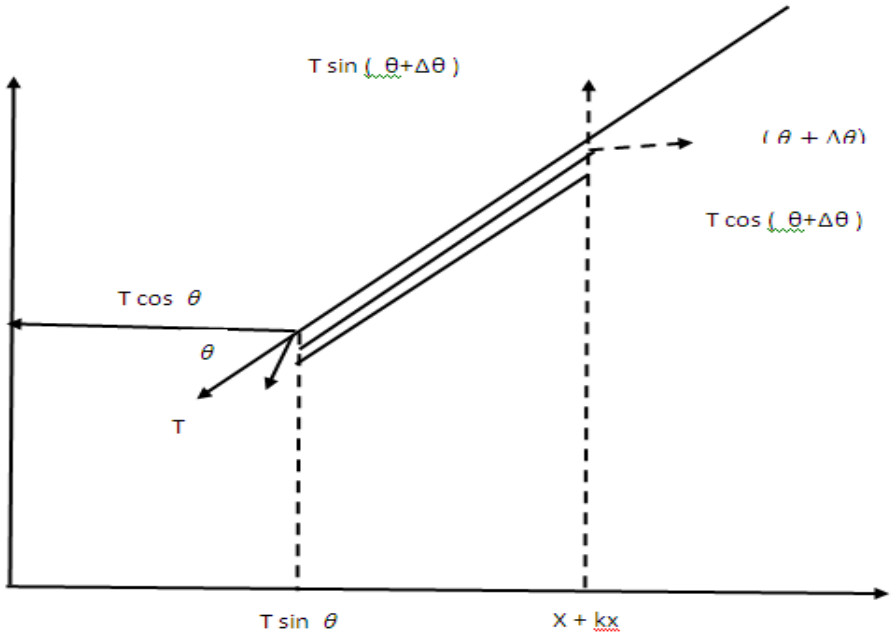
وهذه المعادلة (2.8)تمثل معادلة موجة تنتشر في إتجاه السينات(X) :-



الشكل (2.3)يوضح موجة تنتشر في اتجاه محور السينات[4].

(2.4) *سرعة الموجات المستعرضة:*

يمكن استنتاج سرعة الموجات المستعرضة في وتر مشدود القوى يؤثر على عنصر صغير منه طوله ΔX كثافته الخطية تساوي P بإستخدام قوانين نيوتن للحركة :



الشكل(2.4) يوضح سرعة الموجات المستعرضة في وتر مشدود القوى.

فبالنظر الى الرسم يتضح ان هناك قوتان تؤثران على عنصر الوتر وهما الشدTفي أعلى الوتر وأسفله.

وعليه تكون محصلة القوى في إتجاه السينات هي :

$$f_x = \mathrm{T}\cos(\theta + \Delta\theta) - \mathrm{T}\cos\theta \qquad \rightarrow (2.9)$$

وبما ان الزاويتين θوΔθصغيرتان :-

$$\cos(\theta + \Delta\theta) \approx \cos\theta = 1 \qquad \rightarrow (2.10)$$

$$\mathrm{Sin}\,\theta \approx \theta \qquad \rightarrow (2.11)$$

$$\sin(\theta + \Delta\theta) = \theta + \Delta\theta \qquad \rightarrow (2.12)$$

إذن محصلة القوى في إتجاه Yتساوي:-

$f_y = T\Delta\theta$ → (2.13)

ومن قانون نيوتن الثاني نجد ان القوة تساوي:-

$f_y = ma$ → (2.14)

$f_y = \rho\Delta x\frac{d^2y}{dt^2}$ → (2.15)

حيث أن:

$m = \rho\Delta x$ → (2.16)

$a = \frac{d^2y}{dt^2}$ → (2.17)

وطبقاً لمعادلة نيوتن فإن :

$\rho\Delta x = \frac{d^2y}{dt^2} = T\Delta\theta$ → (2.18)

وبالنظر إلى الشكل أعلاه يتضح أن:

$\frac{d^2y}{dt^2} = \frac{T}{\rho}\frac{\Delta\theta}{\Delta x} = \frac{T}{\rho}\frac{dy}{dx}$ → (2.19)

وبالنظر إلى الشكل يتضح أن:

$\theta = \tan\theta = \frac{dy}{dx}$ → (2.20)

حيث أن (θ)صغيرة لذلك تكون :

$\theta = \tan\theta$ → (2.21)

إذن:

$$\frac{d^2y}{dx^2}=\frac{\Delta\theta}{\Delta x}=\frac{d\theta}{dx} \rightarrow (2.22)$$

من (2.19)يتضح أن :

$$\frac{d^2y}{dt^2}=\frac{T}{P}.\frac{d^2y}{dx2} \rightarrow (2.23)$$

وبمقارنة المعادلة (2.23)مع المعادلة العامة(2.8)يتضح أن سرعة الضوء تساوي:

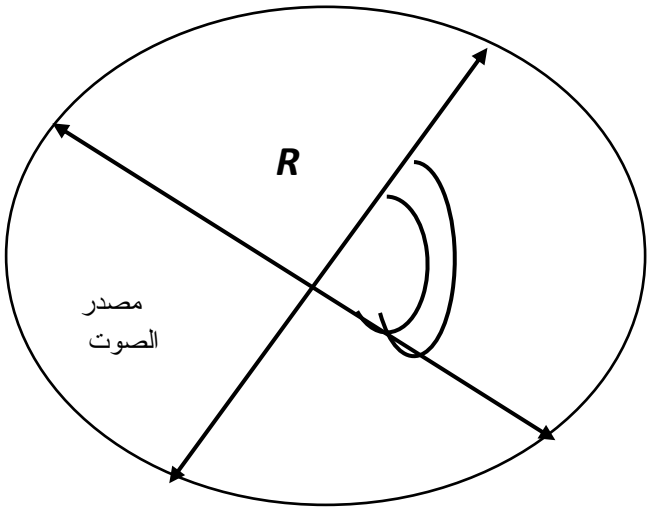
$$c^2=\frac{T}{P} \rightarrow (2.24)$$

$$c=\sqrt{\frac{T}{P}} \rightarrow (2.25)$$

[4]

(2.5) ***شدة الصوت :***

تعرف شدة الصوت بأنها الطاقة التي تحملها الموجة الصوتية في الثانية عبر وحدة المساحات العمودية على إتجاه إنتشار الموجة وحيث أن الشدة هي الطاقة في الثانية إذن شدة الصوت هي القدرة المارة خلال وحدة المساحات العمودية إتجاه إنتشار الموجة ووحدة قياسها هي الواط لكل متر مربع ،ويمكن إيجاد شدة الصوت (I)والناتج من مصدر ويرسل موجات ترددها (f)وسعتها (Y) وسرعتها (C) وكثافة الوسط الذي تنتقل فيه (P) باستخدام التعريف:



الشكل(2.5) يوضح شدة الصوت والناتج من مصدر ما.

$$I = \frac{\text{قدرة الموجة}}{\text{مساحةالانتشار}}$$

$$I = \frac{\pi w Y^2 m T f}{4\pi c r^2} = \frac{\pi w Y^2 m c^2 T f P}{4\pi c r^2} \rightarrow (2.26)$$

بتعويض:

$$W=2\pi f$$

$$I=\left[\frac{\pi Y^2 m(c^2 P) f}{4\pi c r^2}\right] \rightarrow (2.27)$$

$$I = \frac{2\pi^2 Y^2 m c f^2 P}{4\pi r^2} = \frac{\pi Y^2 m f^2 c P}{2r^2} \rightarrow (2.28)$$

$$I=\frac{\pi Y^2 m f^2 c P}{2r^2} \rightarrow (2.29)$$

يتناسب مستوى إرتفاع شدة الصوت تناسبا طردياً مع شدة الصوت وهو متسبب في استجابة طبلة الاذن للاصوات بقياس مستوى شدة الصوت بمقياس الديسبيل والمبنى على قوة الرقم (10) وحدات.

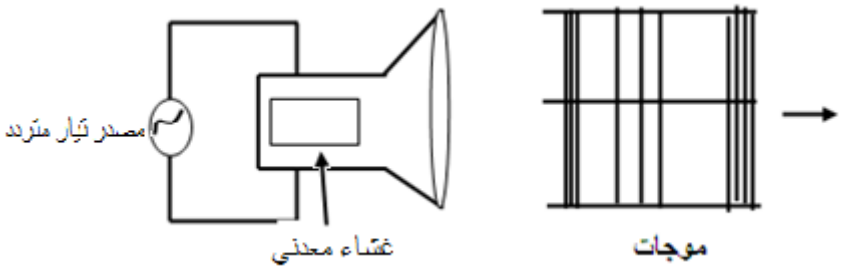
ويعبر الحد الادنى لشدة الصوت المسموع للاذن هو 10^{-12} w/m^2 وهو يساوي الصفر في مقياس الديسبيل $i = 10^{-12}$ w/m^2 لذا لابد من معرفة شدة الصوت عند مقياس الديسبيل وتمكين مستوى شدة الصوت من استيفاءهذه الشروط :-

1- $I=10^{-12}$

2-db=$10\log_{\frac{1}{10}}$ [5]

(2.6)***درجة ونوع الصوت:***

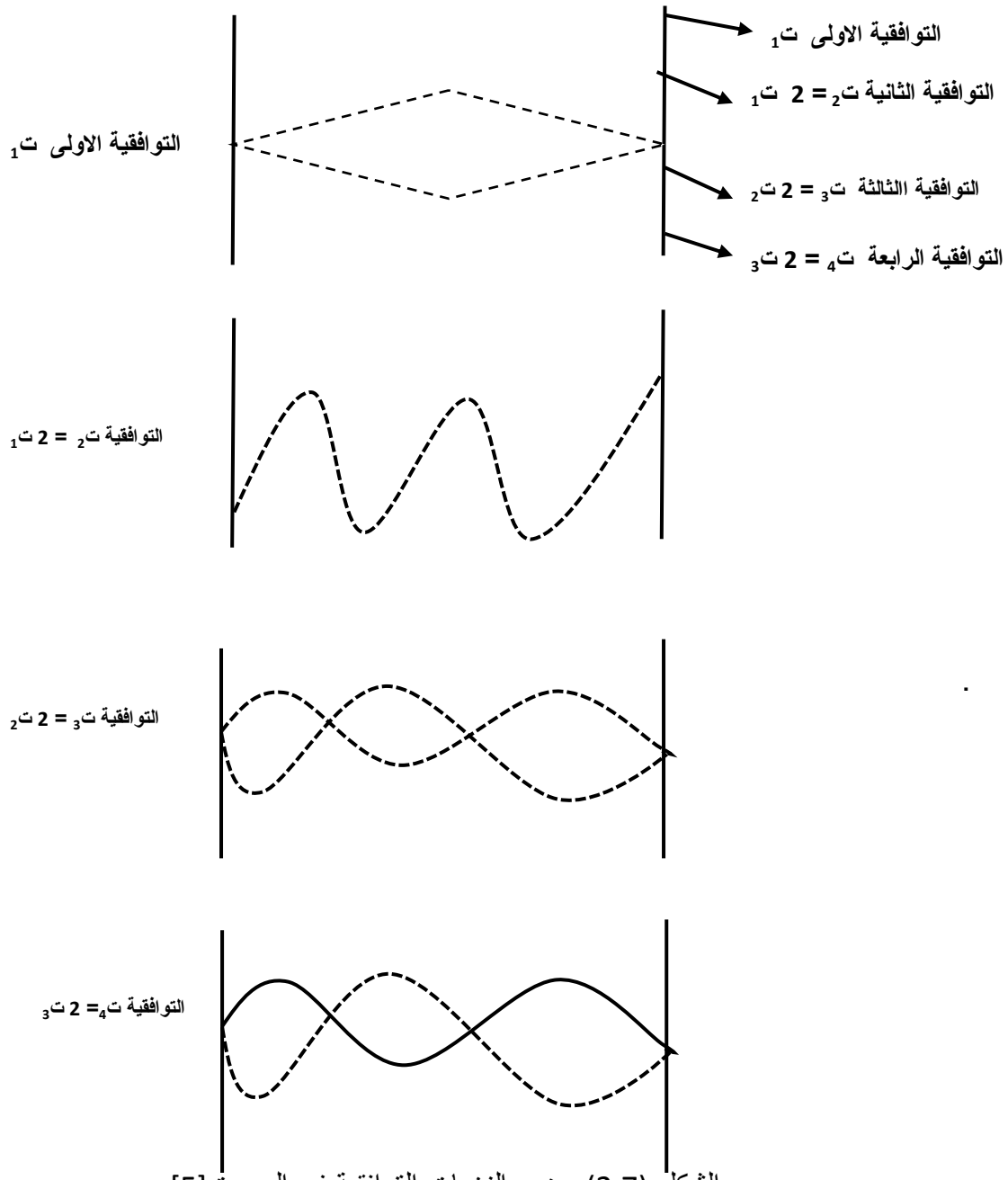
إذا وصلنا جهاز (ميكروفون)بمصدر تيار متردد:



الشكل(2.6) يوضح جهاز ميكروفون موصل بمصدر تيار متردد.

فإن الصوت الصادر من الجهاز سيكون بنفس تردد التيار أي تردده نفس تردد التيار المتردد وإذا زدنا تردد المتذبذب الذي يقوم بتشغيل الجهاز فإن السامع سوف يقرر حالاً أن درجة الصوت الجديد أعلى من درجة الصوت الأول أي أن درجة الصوت تتناسب مع التردد أي أن درجة الصوت تعلو بزيادة التردد.

درجة الصوت خاصية تميز بها الأذن الصوت الحاد و الغليظ وهي أيضاً كمية ذاتية لا يمكن قياسها بالأجهزة وهنالك علاقة بين درجة الصوت وتردده ويعتمد نوع الصوت على وجود النغمات التوافقية الموجودة في الصوت .



الشكل (2.7)يوضح النغمات التوافقية في الصوت[5]

(2.7) *السمع و الصوت :*

يختلف الناس في مقدراتهم على سماع الأصوات إلا أن معظمهم يتفقون في شدة الصوت ومستوى شدة الصوت حيث أن معظمهم يتفقون على أدنى مستوى لشدة الصوت التي يمكن سماعها وفي شدة الصوت الذي يسبب الألم.

تعتمد استجابة الأذن البشرية للصوت على تردده بالإضافة إلى شدته وهي أكثر حساسية لبعض الترددات دون الأخرى.

وحسب التردد تنقسم الموجات الصوتية إلى ثلاثة أقسام هي:-

1- الموجات تحت سمعية :

وهي الموجات الصوتية التي يقل ترددها 20هيرتز تسمى موجات تحت سمعية وأهم مصدر لها الحركة الإهتزازية والإنزلاقية لطبقات القشرة الأرضية تنشأ عنها الزلازل والبراكين.

والموجات الصوتية تحت سمعية فتنقل في الهواء عندما يضطرب الجو ،ولا يستطيع الإنسان سماعه ولكن قد تسبب نوع من الصداع وبعض الإضطرابات في وظائف الأعضاء،ويمكن للحيتان والأفيال والأفاعي والكلاب ارسال او استقبال الأصوات تحت سمعية والإتصال ببعضها بتلك الأصوات عبر مسافات شاسعة تصل لعدة كيلو مترات ،وقد أكدت الدراسات والبحوث التي قامت بها جمعية الدراسات الجيولوجية الأمريكية أن الحيوانات هي أكثر المخلوقات تنبوءاً بالزلازل.

2-الموجات السمعية:

هي التي تحدث عندما تهتز الأجسام فتصدر عنها موجات تحدث إضطراباً في الوسط المحيط لهذه الأجسام فإذا ما وصلت إلى أذن الإنسان أثرت عليها بتردد معين وينتج عنه ذلك الإحساس بالسمع.

والموجات الصوتية يقع ترددها في المدى 20هيرتزإلى 20,000هيرتز وتسمى بالمدى الصوتي المسموع وهذا المدى يختلف من شخص لأخر كما أنه يختلف في الشخص الواحد من فترة عمرية إلى أخرى وتؤثر ايضاً في الظروف البيئية من ضوضاء إلى هدوء على هذا المدى.

الأذن البشرية تسمع الصوت إذا توفرت الشروط الأتية:-

1-أن يكون هناك مصدر صوتي (أي مصدر مهتز).

2-أن يكون بين المصدر والأذن وسط مرن .

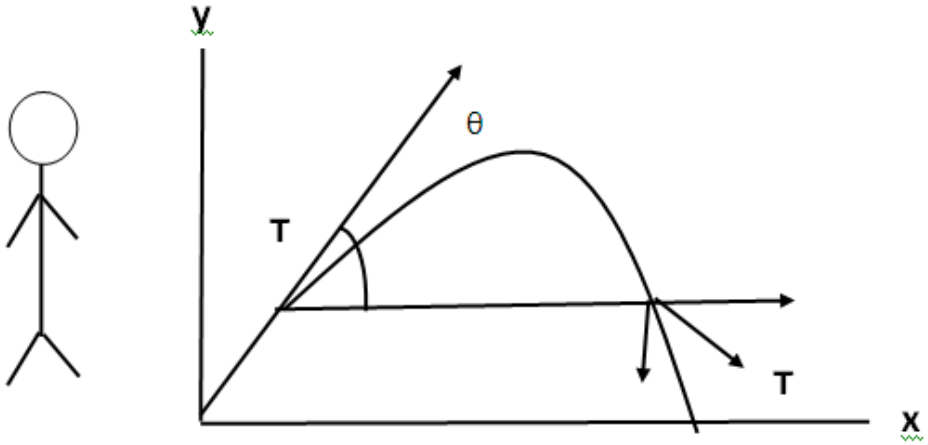
3-أن يكون تردد الصوت في المدى السمعي للأذن.

4-أن يكون الصوت قوي بحيث تشعر به الأذن.

3-الموجات فوق سمعية :-

وهي عبارة عن إضطراب متزايد في وسط ما يسبب إهتزاز لجسيمات الوسط ويمكن الحصول على الموجات فوق السمعية من إهتزاز الأجسام ذات الأبعاد المناسبة والتي تعطي تردد أعلى من20,000هيرتز والتي تقع خارج نطاق حاسة الأذن البشرية ولا تختلف هذه الموجات من حيث الخواص الصوتية الأخرى إلا أنه نظراً لقصر طول موجاتها فإنه بالإمكان أن تنتقل على هيئة موجات دقيقة عالية الطاقة [6].

(2.8) *انتقال الطاقة عبر الموجة الصوتية:*



الشكل (2.8)يوضح اهتزاز الوتر بالطاقة الحركية.

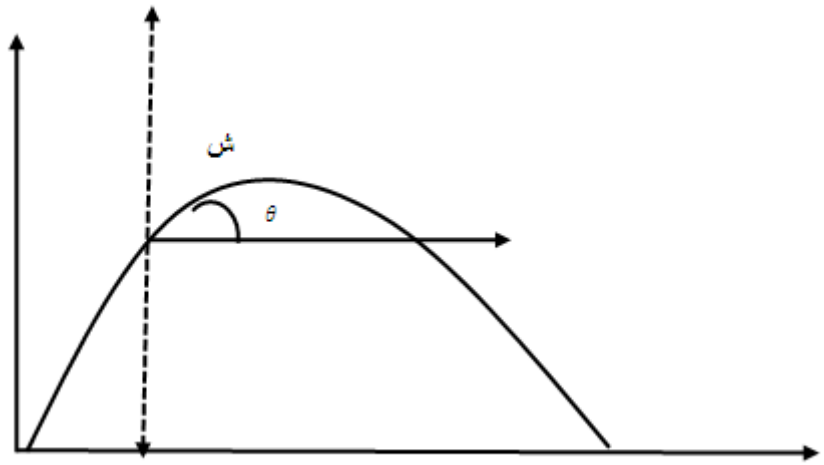
من المهم جدا معرفة باي معدل يهتز الوتر بالطاقة الحركية لكي يحتفظ بسعة اهتزازية ثابتة لذلك نعتبر الوتر مشدودا بقوة شده T حيث يؤدي اهتزازه هزة مستعرضة لانتشار موجة مستعرضة عبر الوتر و يجب تكرار هذه الدفعة بصورة دورية بمعني ان الوتر يجب امداده بالطاقة من مصدر خارجي لكي يستمر الاهتزاز فإذا كانت ازاحة جزيئات الوتر تعطي بالعلاقة :

$$Y=A\sin(wt-kx) \qquad \rightarrow (2.30)$$

القوة التي تعدت الوتر تساوي في المقدار قوة الشد (ش) و يكون اتجاهها مماسا بطرف الوتر عند اي لحظة وعلي ذلك فان مركبة القوة في اتجاه التذبذب هي :

$$f_y = -T\sin\theta \qquad \rightarrow (2.31)$$

حيث T ≡الشد.



الشكل (2.9)يوضح قوة الشد(ش) التي تحرك الوتر.

وعندما تكون الزاوية (θ) صغيرة فإن $\tan\theta = \sin\theta$ ومن مبادئ التفاضل:

$$f_y = -\tan\theta = -Tx\frac{dy}{dx} \qquad \rightarrow (2.32)$$

$$y = y_m \sin(wt - \frac{x}{c}) = y_m \sin\emptyset \qquad \rightarrow (2.33)$$

$$\frac{dy}{dx} = -\frac{w}{c} y_m \cos(t - \frac{x}{t}) \qquad \rightarrow (2.34)$$

$$f_y = \frac{wy_m}{c} T\cos(t - \frac{x}{c}) = \frac{wy_m T\cos\emptyset}{c} \qquad \rightarrow (2.35)$$

$$\frac{dy}{d\emptyset} = y_m \cos\emptyset \qquad \rightarrow (2.36)$$

اذن الشغل المبذول لتوليد موجة واحدة Tأثناء دورة كاملة يساوي :

$$E = \int_C^T f_y\, dy = \frac{wy_m}{c} T \int_C^T \cos\emptyset y_m \cos\emptyset d\emptyset = \frac{w y_m^2 T}{c} \int_0^T \cos^2\emptyset d\emptyset \qquad \rightarrow (2.37)$$

و بما ان :

$$\cos^2 \emptyset = \frac{1(1+\cos 2\emptyset)}{2} \rightarrow (2.38)$$

اذن :

$$E = \frac{w y_m{}^2 T}{c} \int_0^T \frac{1\,(1+\cos \emptyset) d\emptyset}{2} \rightarrow (2.39)$$

حيث:

$$\emptyset = w(t - \frac{x}{c})$$

$$E = \frac{w y_m{}^2 T}{2c} \left[\emptyset + \frac{\sin 2\emptyset}{2}\right]_0^T \rightarrow (2.40)$$

و لكن :

$$T = \frac{1}{f} \quad ; W = 2\pi f$$

اذن :

$$E = \frac{w y_m{}^2 (2\pi) T}{2c} \rightarrow (2.41)$$

ولكن القدرة المتوسطة للوتر = الشغل المبذول في الثانية = الشغل المبذول لتوليد موجة واحدة *عدد الموجات في الثانية.

$$P = \frac{w y_m{}^2 (2\pi)}{2c} T \rightarrow (2.42)\ [6]$$

الفصل الثالث

تطبيقات الموجات الصوتية

(3.1) *مقدمة:*

الموجات الصوتية تنتشر في الأوساط المادية مثل الماء والموارد الصلبة بشكل إهتزازات طولية بعيداًعن مصدر الصوت مكونة موجات ، والموجات الصوتية لها عدة استخدامات وتطبيقات في شتى مجالات الحياة ،وفي هذا الفصل سوف نتحدث بشئ من التفصيل عن استخدامات وتطبيقات الموجات الصوتية في حياتنا.

(3.2) *تطبيقات الموجات فوق الصوتية :*

تستخدم الموجات فوق السمعية في تفتيت الحصاوي والتعرف عليها ومتابعة نمو الجنين وتستخدم كذلك في استكشاف النفط ومعرفة التكوينات الرسوبية والنارية لطبقات الأرض وفي تحديد عمق أبار النفط وكذلك تستخدم في التنظيف والكشف عن الأجسام الموجودة تحت الماء كالأسماك والخواصات وتستخدم أيضاً في الزراعة [6].

(3.3) *تطبيقات الموجات فوق السمعية الصناعية و النووية:*

تستخدم الموجات فوق السمعية في عدة تطبيقات ويمكن تصميم مولدات فوق صوتية وأجهزة تحسس فوق صوتية لاستخدامها في الكثير من التطبيقات حيث يستخدم في الكشف عن الألغام الأرضية وكذلك يستخدم في تعقيم الماء واللبن ،وكذلك يستخدم في الكشف عن التشوهات والشقوق داخل المواد وهي تقنية حديثة في مجال البنى التحتية من جسور وأنفاق .

اما في المجال النووي يستخدم في مراقبة مدى صناعة التجهيزات وهي تقلل بشكل كبير من اخطارالحوادث المفاجئة حيث يحتوي الجهاز المستخدم على باعث ومستقبل للموجات فوق صوتية وهناك تطبيقات أخرى في حساب أعماق البحار حيث يحتوي الجهاز المستخدم على باعث ومستقبل للموجات فوق صوتية حيث يطلق الباعث خلال وقت قصير جداً(نانوثانية) موجات ترددها يتراوح بين (50)كيلو هيرتزإلى (200)كيلو هيرتز ،وعندما ترتد الموجات فوق الصوتية يستقبلها المستقبل ،حيث تقاس الفترة الزمنية لذهاب وإياب الموجة وبمعرفة سرعة الموجات فوق الصوتية في الماء يمكن معرفة عمق المياه في هذه المنطقة وتستعمل هذه الطريقة أيضاً للكشف عن أسراب السمك.

تستخدم أيضاًفي فحص المعادن وذلك للكشف عن مواضع الصدوع والشقوق والفقاعات في المعادن وذلك بوضع مصدر الموجات فوق صوتية ملاصقاً لسطح المعدن المراد فحصه وتستقبل الحزمة المارة خلال المعدن من الجهة الأخرى المقابلة للمصدر.

ويقاس مقدار الإمتصاص في طاقة الموجة ويتم فحص جميع أجزاء القطعة ،فإذا ظهر إختلال في مقدار الإمتصاص الحاصل للموجات فوق الصوتية النافذة من المعدن فهذا يدل على وجود ثقب او صدع ويمكن تحديد مكانه.

وتستخدم الموجات فوق السمعية في التعقيم وذلك عند مرور الموجات فوق الصوتية في سائل تزداد سرعة وتعجيل جسيمات الوسط المتذبذبة ونتيجة لذلك تحدث انقطاعات في اتصالات السائل تظهر وتختفي باستمرار وهذه الإنقطاعات تمثل فقاعات بالغة الدقة ،وعند الإنقطاع يحدث إرتفاع لحظي في الضغط يصل إلى ألاف المرات بقدر الضغط الجوي لذا تقوم بتفتيت ما يوجد في السائل من أجسام صلبة او كائنات حية او جزيئات وبهذه الطريقة أيضاً يتم إزالة الدهون وطبقات أكاسيد من سطوح الأجسام وتخريم الزجاج والسيراميك [3].

(3.4) *استخدامات الموجات فوق الصوتية في الطب:*

نسمع كثيراًعن استخدام الأمواج فوق الصوتية في تصوير الجنين في رحم الأم وهو في مراحل تكوينه ،وفي مرات أخرى نسمع عن استخدامها في تفتيت الحصى دون إجراء العمليات الجراحية ،كما تستخدم الأمواج فوق الصوتية في تدفق الدم في الأوردة للإطمئنان على سلامة المريض.

وتعد الاستخدامات لهذه الأمواج في مجال الطب من الأساسيات التقنية للتشخيص دون إجراء العمليات الجراحية .

ويستخدم المسح بالموجات فوق الصوتية في الطب للكشف عن وضع الجنين داخل الرحم وفي تشخيص أمراض القلب ،حيث تستخدم موجات صوتية ترددها (21ميجا هيرتز _15 ميجا هيرتز)ويستخدم لهذا الغرض كاشف يمثل الباعث والمستقبل في آن واحد حيث يبعث نبضة من الموجات فوق الصوتية ثم يستقبل الموجة المنعكسة ،يحدث الإنعكاس من سطح العضو المراد فحصه(القلب_الكبد _الرحم)في حين أن العظام والعضلات والتي تحتوي على الهواء وتمتص الموجات فوق الصوتية وبذلك تتكون صور لهذه الأعضاء وعند فحص المرأة لابد ان تكون مثانتها مليئة لأن الماء يساعد على إختراق الموجات فوق الصوتية ،وتستخدم الموجات فوق الصوتية أيضاً للتدليك وكذلك تدمير الخلايا السرطانية وتحطيم الحصى في الكلى[7].

الشكل (3.1)يوضح عمل الموجات فوق الصوتية لاحدى النساء الحوامل[7].

ومن الاستخدامات المهمة للموجات فوق الصوتية هو استخدامها في الطب وبالذات في الكشف عن الجنين في بطن أمه وهل هو حي ام ميت حيث أنه عندما يسلط الطبيب مصدر تلك الموجات على رحم الأم تنعكس تلك الموجات وعندما يكون قلب الجنين ينبض فإن زمن إنعكاس او ارتداد تلك الموجات يختلف تبعاً لإنقباض عضلة قلب الجنين وانبساطها وذلك يعود لتغيير بسيط في المسافة التي تقطعها الموجة قبل أن ترتد مما يعطي الجهاز المستقبل الموجات المنعكسة الفرصة لتسجيل تلك النبضات وبالتالي تظهر على شاشة الطبيب حركة القلب اي ان الجنين يكون حياً،لكن لو كان الجنين ميتاً فإن الموجات ترتد في نفس الزمن ،كما أن الموجات فوق الصوتية في تشخيص أورام البطن والحوض وفي الكشف عن العديد من أمراض الجهاز الهضمي والبولي وكذلك في فحص الغدة الدرقية والثدي إلى جانب فحص الخصية ويستخدم نظام خاص هو الدوبلير في معاينة جريان الدم في الأوعية الدموية لذا فهو يستخدم في تشخيص أمراض الأوعية الدموية[8].

تستخدم ايضاً الموجات فوق الصوتية في فحص أجهزة الجنين حيث تساعد هذه الموجات على فحص أجهزة الجنين المختلفة وإكتشاف وجود امراض او عيوب خلقية من الممكن أن يتم علاجها خلال

الحمل ،كما يتم أيضاً تحديد نوع الجنين (جنسه)وأحياناً يفضل الأطباء عدم ذكر نوع الجنين حتى لا تهمل الأم الحمل .

كما أن للموجات فوق الصوتية تطبيقات كثيرة في مجال إكتشاف أمراض النساء وذلك من خلال متابعة التبويض وقياس حجم البويضة وإكتشاف كفاءة المبيض في إنتاج بويضات،كما أن الموجات فوق الصوتية تستخدم لفحص الجهاز التناسلي وإكتشاف أي أورام ليفية بالرحم او وجود أكياس بالمبيض كما يتم فحص الجهاز التناسلي في حالات وجود نزيف رحمي غير وظيفي لمعرفة سبب النظيف واستبعاد أورام قد تسبب النزيف ،كما تساعد في التأكد من وجود الرحم في وضعه الطبيعي[9].

(3.5) *استخدامات اخرى للموجات فوق الصوتية :*

تعتبر اجهزة الموجات فوق الصوتية من أهم الأجهزة التي تستخدم في العلاج الطبيعي وخاصة في الإصابات التي يطلق عليها إصابات الملاعب والتي تشمل كدمات العضلات والأربطة والتهابات المفاصل وتستخدم ايضاً في إدخال المواد المسكنة للجسم وتساعد في إلتئام الجروح السطحية والعميقة وهذه مهمة جداً وخاصة في حالات مرضى بول السكري الذين يعانون من صعوبة إلتئام الجروح.

والأن تستخدم في إزالة الدهون من الأماكن غير المرغوب في الجسم وأيضاً في مجال طب الأسنان وبالتحديد في إزالة التكلسات المترسبة على الأسنان [10].

الفصل الرابع

جهاز الموجات فوق الصوتية

(4.1) *مقدمة:*

تقنية تصوير الجسم بالموجات فوق الصوتية تعتمد على إسقاط حزمة صوتية والتقاط الانعكاس المرتد من العضو،مكونة صورة تتدرج من الأسود إلى الأبيض نتيجة لإختلاف المقاومة بين أنسجة الجسم،بحيث تظهر الأنسجة ذات المقاومة العالية بيضاء والأنسجة عديمة المقاومة سوداء.

الشكل (4.1)يوضح جهاز الالترا ساوند [11].

(4.2) *مكونات جهاز الموجات فوق الصوتية* :

1_المسبار "المجس"

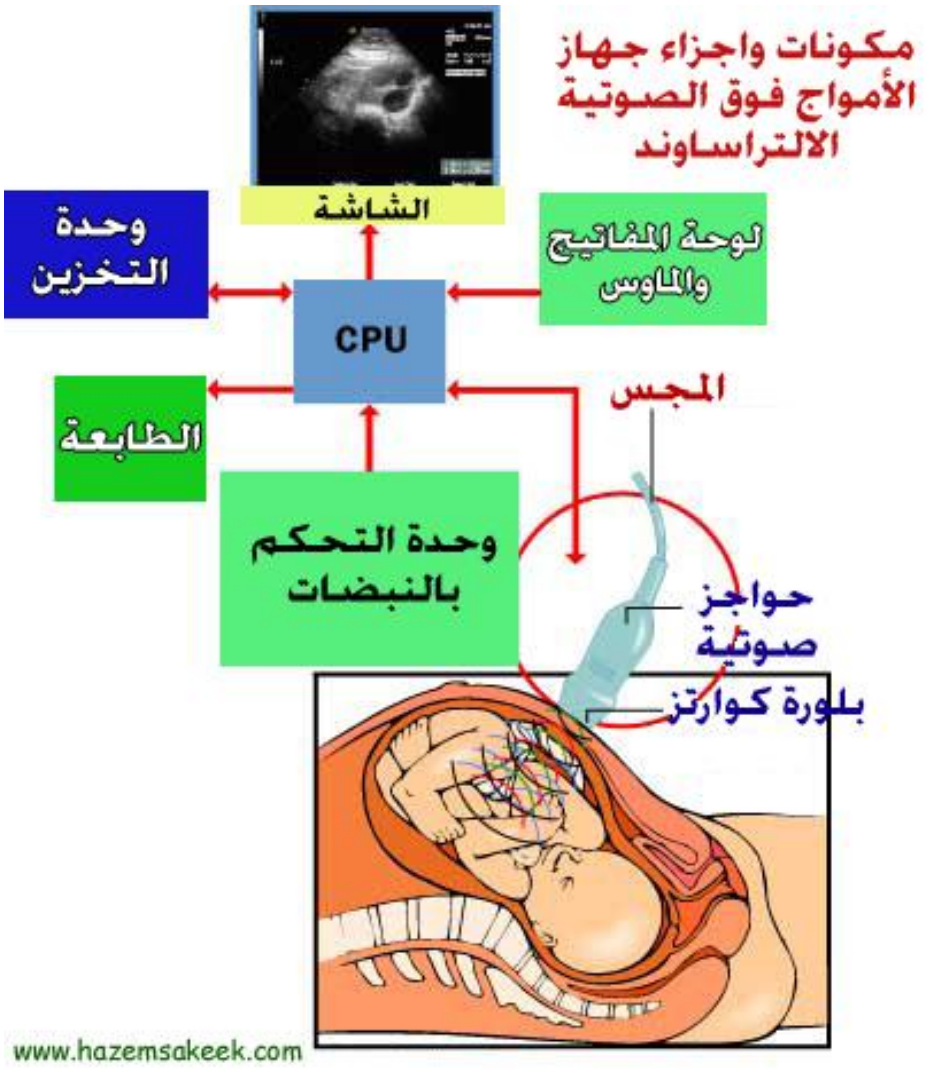
2_شاشة عرض

3_لوحة تحكم

4_مشغل اقراص

5_وحدة تخزين

6_طابعة



الشكل (4.2)يوضح اجزاء ومكونات جهاز الموجات فوق الصوتية الالترا سلوند [12].

(4.3) ***المسبار "المجس":***

الشكل (4.3) يوضح المسبار "المجس"[11].

المجس هو الجهاز المستخدم لتحويل الطاقة الكهربية لطاقة صوتية ليرسلها على شكل نبضات او مستمر وبالعكس يقوم باستقبال هذه الطاقة الصوتية المنعكسة عن أنسجة الجسم على شكل موجات ليحولها لطاقة كهربية ويرسلها لجهاز التصوير على شكل نبضات كهربية لمعالجتها وتحليلها ويوجد منه من الأشكال والأنواع تختلف باختلاف الاستخدام كما يوجد منها انواع متعددة الترددات وبناءاً على ما تقدم نجد أن المجس هو الجزء الأهم في جهاز الالترا ساوند.

انواع المسبار:

ياتي المسبار بعدة أشكال ومميزات مختلفة ليتناسب مع تصوير العديد من أجزاء الجسم ومنها:

1_المسبار الخطي:

يستخدم تردد صوتي عالي (7) ميقاهيرتز وينتج موجات صوتية خطية متوازية لتصوير الأجزاء السطحية من الجسم كالغدة الدرقية.

2_المسبار المنحني:

يتراوح تردد الموجات الصوتية المستخدمة فيه من (5__2)ميقاهيرتز ليمكنه من الدخول لمناطق أعمق في الجسم كأعضاء المنطقة البطنية من كبد وكلى.

3_المسبار المستخدم للتصوير ثلاثي الابعاد:

ويعرف بمسبار المصفوفة التردد الموجي بين(1__3)ميقاهيرتز يقوم بالتصوير في إتجاهين مختلفين بجودة عالية في نفس الوقت أو صور مجسمة لأعضاء الجسم أو الجنين في اللحظة ذاتها.

(4.4)***مبدأ عمل جهاز الموجات فوق الصوتية:***

عند توصيل جهاز الموجات فوق الصوتية بالكهرباء سيمر التيار الكهربي الى الكرستالات المكونة للمسبار مما يؤدي الى اهتزازها مكونة تاثيراً يسمى بترو الكتريك كهروضغطية حيث يعتمد على الضغط ' تنتج الموجات فوق صوتية نتيجة للضغط الذي يؤدي الى تمدد وانكماش الكرستالات بعد مرور التيار الكهربي فيها بتردد يتراوح بين (15__2) ميقاهيرتز فتعبر خلال الجسم وتمر بأحد هذه التفاعلات مع انسجة الجسم الداخلية:

1_التخفيف : تقليل كثافة الموجات .

2_الانكسار: تغيير في اتجاه وسرعة الموجات.

وهنالك عوامل مؤثرة على تخفيف الموجات الصوتية:

1_التردد الموجي: كلما زاد التردد زاد التخفيف وقل الاختراق الموجي للجسم.

2_نوع الأنسجة التي تمر من خلالها الموجات.

3_عمق الانسجة المراد تصويرها ' تقل طاقة الموجات كلما زاد العمق.

(4.5)***تطوره واستخدامه:***

قد تطورت هذه التقنية نتيجة لاهميتها فاصبح بالإمكان انتاج صور ثلاثية الابعاد او رباعية الابعاد للأجنة.التصوير بالموجات فوق الصوتية مهم للكشف عن كثير من الامراض ولكن في الغالب يستخدم لتصويرالجنين في رحم امه.تقنية(2D) ثنائية الابعاد التقليدية هي الطريقة الأكثر شيوعاً منذ (25)عاماً والصور تبدو مسطحة وعادية الشكل مما يساعد في تشخيص عيوب القلب وتكون الصورة باللونين الأبيض والأسود.تقنية ثلاثية الابعاد طوره اولاف فون رام وستيفن سميث 1987م يتم تنفيذها باستخدام نفس جهاز(2D)وطريقة ارسال الموجات (3D) شبيهة أيضاً ب(2D) والفرق الوحيد أن الموجات تتبعث من زوايا عديدة يتم معالجتها عن طريق برامج كمبيوتر متطورة مما ينتج عنها صور مركبة ذات حجم ثلاثي الابعاد لأعضاء الجنين على الشاشة ' يتيح التصوير ثلاثي الابعاد للشخص أن يرى العرض والطول والارتفاع للصور. تقنية (4D)رباعية الابعاد وهو عبارة عن (3D)والبعد الرابع هو الزمن وهو من احدث التقنيات في الموجات فوق الصوتية .هنا يتم اخذ صور ثلاثية الابعاد ثم يضاف عنصر الزمن وهذا يسمح للأباء برؤية طفلهما في الوقت الحقيقي او المباشر. وهو مفيد في الكشف عن عيوب هيكلية

في الجنين مثل التشوهات القلبية وتشوهات أخرى من اليدين والساقين والعمود الفقري لانها صور متحركة.

(4.6)***فوائد التصوير :***

تشير الدراسات الى تجربة الموجات فوق الصوتية يمكن أن تساعد الامهات على تحسين نظامهم الغذائي وممارسة الرياضة بشكل متكرر ' والقضاء على السلكويات الضارة مثل التدخين وفرصة لرؤية الجنين قبل الولادة. ومن فوائدها ايضاً أن الاستخدام الطبي لهذه التقنية اصبحت بيئة فعالة للأنشطة البحثية المتعلقة بفحص الأجنة المصابة بخلل او مرض. وهي افضل طريقة لتحديد او التحقق من جنس الجنين.

(4.7)***الوقت الأفضل للتصوير***:

يتم التصوير في الفترة بين 24و34 اسبوعاً وعادة يعتبر حوالي 27 لمدة 28 اسبوعاً هو الوقت المثالي للتصوير لأن الطفل يكون مغطى ببعض الدهون ولديه فرصة التحرك.

(4.8)***مخاطر التصوير بالموجات فوق الصوتية:***

لا توجد أي ادلة قاطعة لتاثيرات الموجات فوق الصوتية على الأجنة ولكن ينبغي استخدامها عند الضرورة فقط. عموماً الاضرار الناتجة عن الموجات فوق الصوتية ثلاثية الابعاد مشابهة للاضرار الناتجة عن الموجات فوق الصوتية ثنائية الابعاد بما انها تعتمد على نفس الموجات وبنفس الكثافة وهي تخضع لاحتمالين كبيرين:

1_ زيادة درجة الحرارة: الانسجة او المياه الموجودة بالجسم قد تزيد درجة حرارتها عن المطلوب نتيجة لتحويل الطاقة الممتصة من الموجات.

2_ تكوين فقاعات : وذلك عند خروج الغازات الذائبة نتيجة لارتفاع درجة الحرارة[11].

(4.9) الجانب العملي:

تم زيارة مستشفى بشائر التعليمي وبعد التعرف على أجزاء جهاز التصوير بالموجات فوق الصوتية ومعرفة خطوات تشغيل الجهاز تم أخذ الصوركما هو مبين في الأشكال من الشكل (4.4)إلى الشكل (4.9).

الشكل (4.4) صورة بواسطة جهاز الموجات فوق الصوتية للجنين في الإسبوع 14

الشكل (4.5) صورة بواسطة جهاز الموجات فوق الصوتية للجنين في الإسبوع 22

الشكل (4.6) صورة بواسطة جهاز الموجات فوق الصوتية للجنين في الإسبوع 23

الشكل (4.7) صورة بواسطة جهاز الموجات فوق الصوتية للجنين في الإسبوع 24

الشكل (4.8) صورة بواسطة جهاز الموجات فوق الصوتية للجنين في الإسبوع 25

الشكل (4.9) صورة بواسطة جهاز الموجات فوق الصوتية للجنين في الإسبوع 36

(4.10) مناقشة النتائج:

- الشكل (4.4) يمثل تصوير بالموجات فوق الصوتية للجنين في الإسبوع الرابع عشر من عمره وفي هذه المرحلة من تكوين الجنين تبدأ تتشكل أظافر اصابع القدم وتبدأ الرقبة في البروز وتتواصل نمو العضلات والعظام وهو ما يكون واضح بواسطة التصوير بواسطة الموجات فوق الصوتية .
- الشكل (4.5) يمثل تصوير بالموجات فوق الصوتية للجنين في الإسبوع الثاني والعشرين من عمره وفي هذه المرحلة من تكوين الجنين تبدأ تتشكل الحواجب ويبدأ عمل جهازه الهضمي وينسجم حجم قدميه مع حجم جسمه وهو ما يكون واضح بواسطة تصوير الموجات فوق الصوتية.
- الشكل (4.6) يمثل تصوير بالموجات فوق الصوتية للجنين في الإسبوع الثالث والعشرين من عمره وفي هذه المرحلة من تكوين الجنين يزداد وزنه وينمو بشكل متسارع في العضلات وهو ما يكون واضح بواسطة تصوير الموجات فوق الصوتية.
- الشكل(4.7) يمثل تصوير بالموجات فوق الصوتية للجنين في الإسبوع الرابع والعشرين من عمره وفي هذه المرحلة من تكوين الجنين تتشكل جذور الأسنان تحت اللثة ويصبح سمعه حاد وتبدأ حاسة التذوق في النمو وهوما يكون واضح بواسطة التصوير بالموجات فوق الصوتية.
- الشكل (4.8) يمثل تصوير بالموجات فوق الصوتية للجنين في الإسبوع الخامس والعشرين من عمره وفي هذه المرحلة من تكوين الجنين يبدأ تشكل دماغه ويكون واضح الهيئة وهو ما يكون واضح بواسطة التصوير بواسطة الموجات فوق الصوتية .
- الشكل (4.9) يمثل تصوير بالموجات فوق الصوتية للجنين في الإسبوع السادس والثلاثون من عمره وفي هذه المرحلة من تكوين الجنين يتعزز جهاز المناعة لديه ويكون جاهز للولادة وهو ما يكون واضح بواسطة التصوير بواسطة الموجات فوق الصوتية .

(4.11) الخلاصة:

تم استخدام طاقة الموجات الصوتية في الكشف عن الأجنة كتقنية مستخدمة في التطبيقات الطبية وأثبتت النتائج أنها كشوفات غير إتلافية لدقتها وعدم وجود أعراض جانبية على الأم والجنين.

التوصيات

- ❖ نسبة للصعوبات التي واجهتنا و المتمثلة في عدم وجود الأدوات والمعامل التي تخدم هذا الجانب من العلوم ،قمنا بإجراء العملي بإحدى المستشفيات لذلك نوصي بتوفير معامل تخص فيزياء الصوت والموجات والسمعيات.
- ❖ بالرغم من أن الكشف للجنين بواسطة الموجات فوق الصوتية لا توجد به مخاطر الا أننا نوصي بعدم استعمال الموجات فوق الصوتية الا عند الضرورة.

تم بحمدالله.....

المراجع والمصادر

1- https://ar.m.wikipedia.org>wiki< - 13/5/2016 .

2- احمد فؤاد باشا والدكتور نبيل يس البكري و فوزي حامد عبد القادر و شريف احمد خيري_ اساسيات العلوم الفيزيائية ـ دار الفكر العربي – القاهرة (2008 م).

3 - وليد القادري - موسوعة الفيزياءالكلاسيكية والحديثة- الطبعة الاولى - دار اسامة للنشر والتوزيع- الأردن (عمان - 2004 م).

4- عبدالله حسين موسى - الاهتزازات والامواج - الطبعة الاولى - مكتبة المجتمع العربي للنشر والتوزيع – الأردن (عمان - 2011 م).

5- ف.بوش_ترجمة سعيد الجزيري واخرون - اساسيات الفيزياء - دار ماكجر وهيل للنشر – نيويورك (1983م).

6- محمد محمد الزيدية - الضوء والصوت - الدار العربية للنشر والتوزيع – القاهرة (2008 م).

7- index_www.marefa.org.php - 3/2/2016.

8- najeeb layyous _ http://www.layyous.com - 14/4/2016 .

9_ www.mawhopon.net موقع موهوبون \موقع المخترعين_11/5/2016.

10- www.phps4 arab.net shwthwreadt - 20/5/2016.

11- wikiradiogrphy_difference between 3D and 4D ultrasound_how ultrasound works bycarigc freudenrich;ph.D elective ultrasound.

12- ultrasound www.hazemsakeek.net - 7/6/2016 .