ة العراق

تعليم العالي والبحث العلمي

ابل

بية للعلوم الصرفة

زياء

الموجات فوق الصوتية

بحث مقدم من قبل الطالبه (هاجر علي كتاب عبيد)الى مجلس كلية التربية للعلوم الصرفة جامعة بابل كجزء من متطلبات نيل شهادة البكالوريوس في قسم الفيزياء

بأشراف

م.د مصعب محمد خضر

1444

2023

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿يَرْفَعِ اللَّهُ الَّذِينَ آمَنُوا مِنْكُمْ وَالَّذِينَ أُوتُوا الْعِلْمَ دَرَجَاتٍ وَاللَّهُ بِمَا تَعْمَلُونَ خَبِيرٌ﴾

صدق الله العظيم

«سورة المجادلة: الآية ١١»

الاهداء

الى من بلغ الرسالة وأدى الامانة، ونصح الامة، الى نبي الرحمة والنور سيدنا

محمد (صلي الله علُيه واله وسلم)

الى من علمني العطاء بدون انتظار، الى من احمل اسمه بكل افتخار

(والدي العزُيز)

الى معنى الحنان والتفاني، الى بسمة الحُياة وسر الوجود. الى من كان وعائها سر نجاحي وحنانها بلسم جراحي

(امي الحبُيبة)

الى من حبهم يجري في عروقي يُلهج بذكراهم فؤادي

(اخوتي)

الى من سرنا سوًيا ونحن نشق الطريق معا نحو النجاح والابداع

(زملائي)

الى الذُين امدوني بالعلم والمعرفة والثقافة على مر أربع سنوات

(اساتذتي الاعزاء جميعا)

الشكر والتقدير

الحمد الله رب العالمين والصلاة والسلام على سيد المرسلين محمد (صلى الله عليه واله وسلم)، وبعد فاني احمد الله كثيرا واشكره شكرا وفيرا لما وفقني له واعانني في اتمام بحثي هذا وان اسجل اجلالا وعرفانا عظيم شكري وامتناني لأستاذة (أ. د مصعب النصراوي) المشرفة على هذا البحث لما بذله من جهد علمي صادق، ولما غمرتني به من خلق علمي وتوجيهات رشيدة كما ان شكري موجه الادارة كلية التربية للعلوم الصرفة بجامعة بابل قسم الفيزياء للمجهودات المبذولة من قبل اساتذتنا الكرام في الجامعة لتوفير أفضل بيئة للتدريس في افضل الاحوال التي تلائم طلبة العلم.

كذلك شكري وحبي الى اسرتي وبالأخص ابي وامي واخوتي لما قدموه من تعاون ومشقة وصبر اثناء الانشغال بالدراسة.

الفهرست

الفصل الاول :الصوت	1
المقدمة	2
الصوت	3
تصنيف الموجات حسب ترددها	3
الموجات الصوتية	4
شدة الصوت	6
درجة ونوع الصوت	8
السمع والصوت	9
الفصل الثاني : الموجات فوق الصوتية	11
المقدمة	12
لمحة تاريخية عن موجات فوق الصوتية	14
مفهوم الموجات فوق الصوتية	18
خصائص الموجات فوق الصوتية	18
تأثير الاجسام على موجات فوق الصوتية	19
الفصل الثالث : تطبيقات الموجات فوق الصوتية	20
تطبيقات موجات فوق الصوتية في الطب	21
تطبيقات اخرى لموجات فوق الصوتية	21
تطبيقات الموجات فوق الصوتية في معالجة المياه	24
المصادر	27

الخلاصة

لقد تناولنا في هذا البحث فصلان الفصل الاول كان يتحدث عن الموجات الصوتية ولقد تطرقنا في الفصل الاول ومن اهم المواضيع الذي تحدثنا عنها وهي الصوت و تصنيف الموجات الصوتية حسب ترددها و تعريف الموجات الصوتية وتنقسم الموجات الصوتية لنوعين و شدة الصوت و درجة ونوع الصوت و السمع والصوت اما الفصل الثاني تحدثنا عن الموجات فوق الصوتية ولمحة تاريخية عن الموجات فوق الصوتية ومفهوم الموجات الفوق الصوتية خصائص الموجات فوق الصوتية وتأثير الاجسام على موجات فوق الصوتية اما الفصل الثالث كان يتحدث عن تطبيقات الموجات فوق الصوتية في الطب وفي معالجة المياه

الفصل الاول
الموجات الصوتية

(١-١)المقدمة

السمع هي واحدة من الحواس الخمس التقليدية. وهو القدرة على الإحساس بالاهتزازات عن طريق جهاز مثل الأذن. عدم القدرة على السماع هو ما يسمى بالصمم في البشر والفقاريات الأخرى والسمع عملية تبدأ بالصوت المنبعث الذي يعد المصدر ويمر بالأذن التي تستشعر الصوت

وتلتقطه، وتنتهي بمركز السمع بالمخ. تتالف الأذن من ثلاث اجزاء: ١- خارج الأذن ٢- وسط الأذن ٣- داخل

الأذن ويعد الصوت أساس الكثير من الخبرات التي يكتسبها الإنسان .وقد كان الإنسان في الماضي لا يعتمد على الأصوات التي يصدرها من حنجرته فحسب، وإنما أيضا على أصوات الطبول والأدوات التي تحدث الجلجلة والخشخشة وأيضا بالمزامير.وتقدر سرعة الصوت في وسط هوائي عادي ب ٣٤٣ في الثانية أو ١٢٢٤ كيلومتر في الساعة .تتعلق سر الصوت بصلابة وكثافة المادة التي يتحرك فيها الصوت وكذلك تعتمد على درجة حرارته. الصوت هو اهتزاز ميكانيكي للوسط، الموجة الصوتية هي إحدى أشكال الصوت (نماذج الانتشار) التي يتميز بها الصوت، وكمثال على نماذج أخرى: التيارات الصوتية والتدفق الصوتي هنالك عوامل أخرى تؤثر على انتشار الصوت وسرعته كطبيعة المادة اللزوجة، والكثافة، ودرجة الحرارة، وتأثر الوسط بمجال مغناطيسي . (فالصوت ينتقل في الهواء، الماء، الغازات، والسوائل وفي قضيب الحديد أو النحاس أو حتى عبر الحوائط والجدران.يستطيع الإنسان سماع

الصوت عند ترددات بين نحو ٢٠ هيرتز(أي ٢٠ اهتزازة في الثانية) و٢٠ كيلو هيرتز(أي ٢٠ ألف اهتزازة في الثانية). الصوت ذو تردد اعلى من 20.000هيرتز يسمى تردد فوق صوتي وأما الصوت في ترددات أقل من 20هيرتز فهي ترددات تحت صوتية، وتختلف نطاقات سماع الحيوانات عن نطاقات سماع الإنسان[١]

(٢.١) الصوت

بانه عبارة عن موجات ميكانيكية طولية؛ والأمواج الميكانيكية هي الأمواج التي تنتقل خلال الأوساط المادية، ولا يمكنها الانتشار دون وجود وسط مادي، بينما يقال عن الموجة إنها طولية إذا كان اتجاه انتشار هذه الموجة هو اتجاه اهتزازها نفسه، (يوجد نوع آخر من الأمواج وهو الأمواج المستعرضة، وهذه الأمواج تنتشر بشكل عامودي على اتجاه الاهتزاز مثل أمواج الماء). كما يمكن

تعريف الصوت على أنه اهتزاز ينشأ ويحمل على الأوساط المادية (مثل الهواء) لينتقل خلالها، وإذا وصل الصوت لمستقبل مثل أذن الإنسان فإنه يمكن إدراكه عن طريق حاسة السمع [٢]

(٣.١)تصنيف الموجات الصوتية حسب ترددها

١-موجات المسموعة :تقع في النطاق الموجي التي تستشعره الاذن البشرية من

(٢٠٠٠٠-٢٠HZ)

٢-موجات تحت الصوت :يكون ترددها اقل من (٢٠٢)

٣-موجات فوق الصوتية :يكون ترددها أكبر من (٢٠٠٠٠)

- يستطيع الكلب سماع اهتزاز جزيئات الهواء يكون نفس اتجاه انتشار الموجة لذلك فان الموجات الصوت تعتبر موجات طولية تتكون من سلسلة من التضاغطات و التخلخلات بالنسبة لموجات الصوت يجب توفر وسط ناقل تتحسسه الاذن البشرية
- . ينتشر الصوت في اي وسط عدا فراغ ويرجع هذا الى ان الجزيئات المادة اي كانت قادرة على امرار الاهتزازات عبرها
- تعتبر سرعة الموجات الضوئية التي تبلغ$3 \times 10^8 M/S$ من اكبر السرعات الموجية اي اكبر من سرعة موجات الصوت والتي تبلغ

$$340 M/S$$

- تعتمد سرعة الصوت على عاملين

1-الانضغاطية :قابلية الوسط على الانضغاط

2-طبيعة الوسط :مانع يحمل مصطلحين سائل وغاز [٣]

(٤.١)الموجات الصوتية

تنتشر موجات الصوت في الأوساط المادية في هيئة إهتزازات تحدث تضاغطات وتخلخلات للوسط الذي تنتشر فيه فتنقل الطاقة من جزيئات المادة التي تمر خلالها وتذبذب وتهتز وينتشر الصوت في المواد على شكل موجة طولية تتذبب في لفس الجاه حركة الانتشار الموجة وتخضع لجميع قوانين الفيزياء عندما تتولد موجة صوتية من مصدر مهتز ما فلن تردد الموجات أ يساوي تردد إهتزاز ذلك

المصدر فيما يعتمد طول الموجة « على سرعة الموجة في ذلك الوسط .

$$C = \lambda$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

حيث

C=سرعة الموجة ,f=التردد λ =الطول الموجي

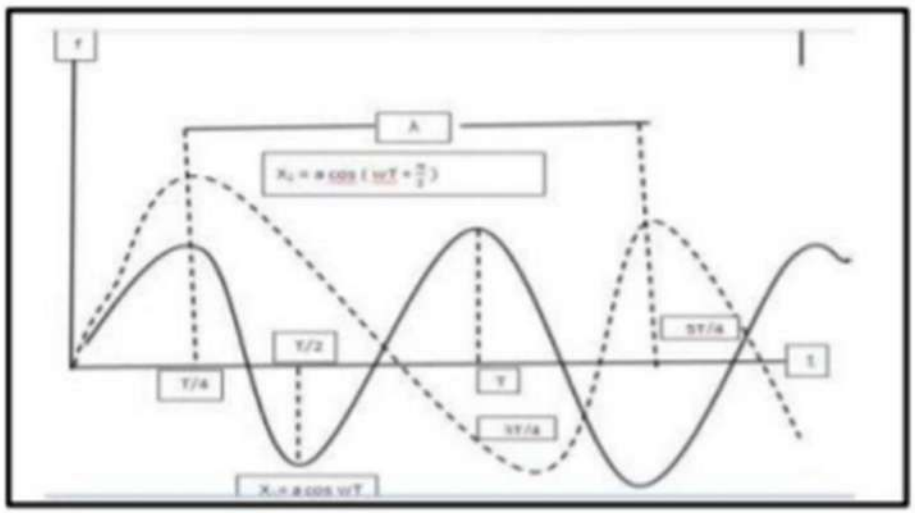
عند الانتقال من وسط لاخر يتغير الطول الموجي بنفس التغير في السرعة لان التردد لايتغير أي ثابت وتنطبق المعادلة الثانية على جميع الحركات الموجية سواء كانت موجات صوتية ام ميكانيكية ام موجات كهرومغناطيسية [٤]

وحسب هذه الطبيعة تنقسم الموجات لنوعين هما

١-الموجة الطولية : هي التي يتسبب انتشارها في الوسط حركة جزيائاته في الوسط في اتجاه الانتقال

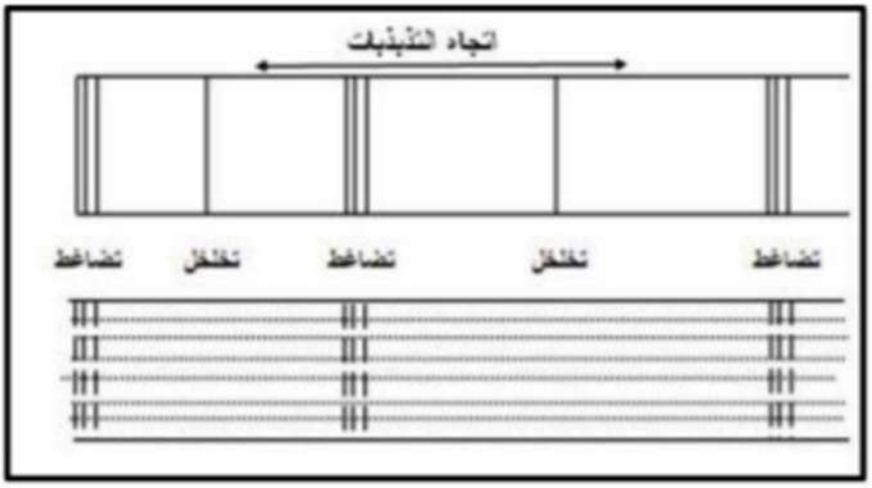
٢-موجات مستعرضة : وهي التي يتسبب عنها حركة جزيئاتها في الوسط في اتجاه عمودي على اتجاه الانتشار وكلا النوعين عند انتشارهما في أي وسط غير محدود

يكونان مايعرف بالامواج التقدمية وهي موضحة في الشكل الآتي



شكل رقم (١)يوضح الأمواج التقدمية[2]

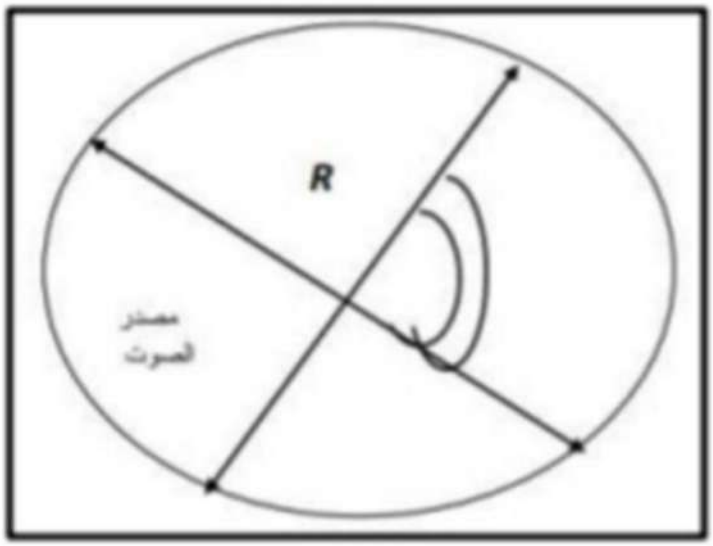
والموجات الصوتية هي موجات طولية تنتقل في أي مادة سواء كانت هذه المادة صلبة أو سائلة او غازية تنشأ هذه الموجات بواسطة أي الية توليد الموجات التضاغطية في الوسط المحيط وينشا الصوت عند اهتزاز الاجسام فيحدث اهتزاز وتذبذبات حولها في وسط مادي مرن بذلك تنتقل موجات الصوت فية وجد ان الموجات تاخذ الشكل الموضح



شكل رقم (٢) يوضح الامواج في حالة حدوث تخلخلات وتضاغطات[3]

(٥-١)شدة الصوت

تعرف شدة الصوت بأنها الطاقة التي تعملها الموجة الصوتية في الثانية عير وحدة المساحات العمودية على إتجاه انتشار الموجة وحيث أن الشدة في الطاقة في الثانية إذن شدة الصوت هي القدرة المارة خلال وحدة المساحات العمودية إتجاه الانتشار الموجة ووحدة قياسها هي الواط لكل متر مربع ، ويمكن إيجاد شدة الصوت أو الناتج من مصدر ويرسل موجات ترددها Fأوسعتها Yوسرعتها C وكثافة الوسط الذي تنتقل فيه م باستخدام التعريف



شكل رقم (٣) يوضح شدة الصوت و الناتج من مصدرها[3]

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

$$l = \frac{\pi W Y^2 T F}{4\pi C r^2} = \frac{\pi Y^2 m C^2 T f p}{4\pi c^{\ 2}}$$

$$W = 2\pi f$$

$$l = \left[\frac{\pi Y^2 m(C^2 P)f}{4\pi c r^2}\right] = \frac{\pi Y^2 m f^2 cp}{2r^2}$$

$$l = \frac{\pi Y^2 m f^2 cp}{2r^2}$$

تناسب مستوى ارتفاع شدة الصوت وهو متسبب في استجابة طلبة الاذن للاصوات بقياس مستوى شدة الصوت بمقياس الديسبل و المبنى على قوة الرقم (١٠) وحدات

ويعبر الحد الادنى لشدة الصوت المسموع لاذن هو $\frac{W}{m^2 10^{-10}}$

ويساوي الصفر في مقياس الديسبل $i = 10^{-10}\frac{W}{m^2}$

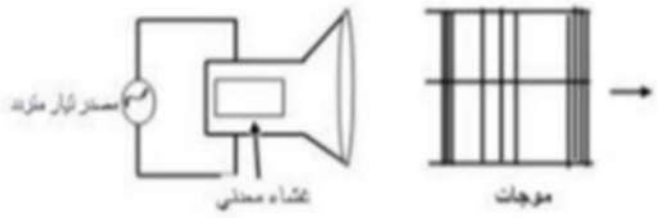
لذا لابد من معرفة شدة الصفر عند مقياس الديسبيل وتمكن من مستوى شدة الصوت من استيفاء هذه الشرط

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

$$2 - db = 10\log\frac{1}{10}$$

(6.1)درجة ونوع الصوت

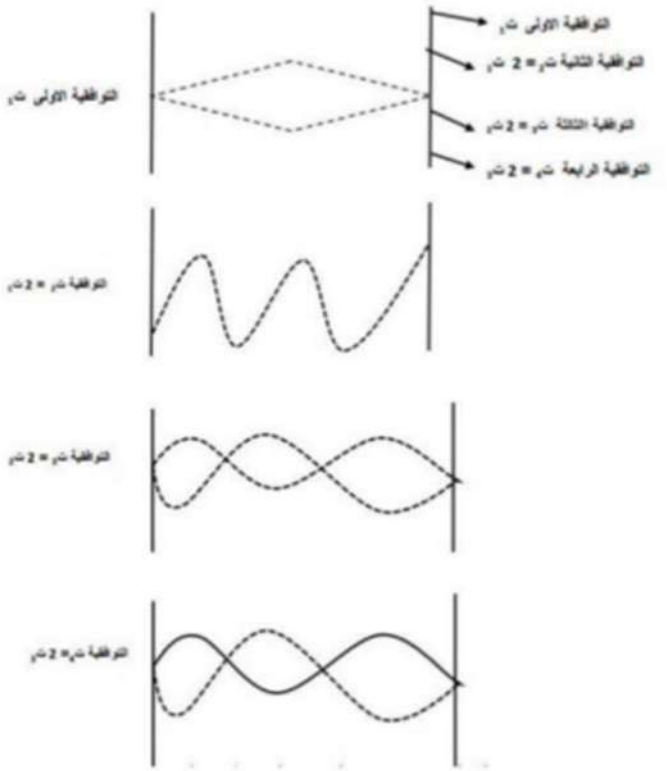
اذا وصلنا جهاز الميكرفون بمصدر تيار متردد



شكل رقم (٤)يوضح جهاز الميكرفون موصل بتيار متردد[3]

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 حالا آن درجة الصوت الجديد

أعلى من درجة الصوت الاول أي أن درجة الصوت تتناسب مع التردد أي أن درجة الصوت تعلو بزيادة التردد. درجة الصوت خاصية تميز بها الاذن الصوت الحاد و الغليظ وهي أيضا كمية ذاتية لا يمكن قيسها بالاجهزة وهناك علاقة بين درجة الصوت وتردده ويعتمد نوع الصوت على وجود النغمات التوافقية الموجودة في الصوت



شكل رقم (٥)يوضح النغمات التوافقية للصوت[2]

(7.1) السمع والصوت

يختلف الناس في مقدرتهم على سماع الاصوات الا ان معظمهم يتفقون في شدة الصوت ومستوى شدة الصوت حيث أن معظمهم يتفقون على ادنى مستوى لشدة الصوت التي يمكن سماعها وفي شدة الصوت الذي يسبب الالم تعتمد استجابة الاذن البشرية للصوت على تردد بالاضافة الى شدته وهي اكثر حساسية لبعض الترددات دون الأخرى

وحسب التردد تتقسم الموجات الصوتية الى ثلاث اقسام هي

ا- الموجات تحت سمعية : وهي الموجات الصوتية التي يقل ترددها ٢١ هيرتز تسمى موجات تحت سمعية وأهم مصدر لها الحركة الاهتزازية والانزلاقية لطبقاتك القشرة الارضية تنشأ عنها الز الزل والبراكين ، والموجات الصوتية تحت سمعية فتنقل في الهواء عندما يضطرب الجو ، ولا يستطيع الانسان سماعه ولكن قد تسبب نوع من الصداع وبعض الاضطرابات في وظائف الأعضاء، ويمكن للحيتان والأفيال والافاعي والكلاب ارسال او استقبال الاصوات تحت سمعية والاتصال ببعضها بحلك الاصوات عبر مسافات شاسعة تصل لعدة كيلو مترات ، وقد أكدت الدراسات والبحوث التي قامت بها جمعية الدراسات الجيولوجية الامريكية أن العيوانات هي اكثر المخلوقات تنبوءا بالزالزل

٢- الموجات السمعية: هي التي تحدث عندما تهتز الاجسام فتصدر عنها موجات تحدث إضطرابا في الوسط المحيط لهذه الاجسام فإذا ماوصلت إلى أذن الانسان أثرت عليها بتردد معين وينتج عنه ذلك الاحساس بالسمع. والموجات الصوتية يقع ترددها في المدى ٢٠ هيرتز إلى ٢٠.٠٠٠ هيرتز وتسمى بالمدى الصوتي المسموع وهذا المدى يختلف من شخص لآخر كما أنه يختلف في الشخص الواحد من فترة عمرية إلى أخرى وتؤثر ايضا في الظروف البيئية من ضوضاء إلى هدوء على هذا

الاذن البشرية تسمع الصوت إذا توفرت الشروط الاتية:--

١- أن يكون هناك مصدر صوتي أي مصدر مهتز

٢-. أن يكون بين المصدر والاذن وسط مرن

٣- ان يكون تردد الصوت في المدى السمعي للاذن

٤- أن يكون الصوت قوي بحيث تشعر به الاذن

٣- الموجات فوق سمعية: وهي عبارة عن إضطراب متزايد في وسط ما يسبب إهتزاز لجسيمات الوسط ويمكن الحصول على الموجات فوق السمعية من إهتزاز الاجسام ذات الابعاد المناسبة والتي تعطي تردد أعلى من ٢٠٠٠٠ هيرتز والتي تقع خارج لطاق حاسة الأذن البشرية ولا تختلف هذه الموجات من حيث الخواص الصوتية الأخرى إلا أنه نظرا لقصر طول موجاتها فانة بالامكان أن تنتقل على هيئة موجات دقيقة عالية الطاقة . [٤]

الفصل الثاني

الموجات فوق الصوتية

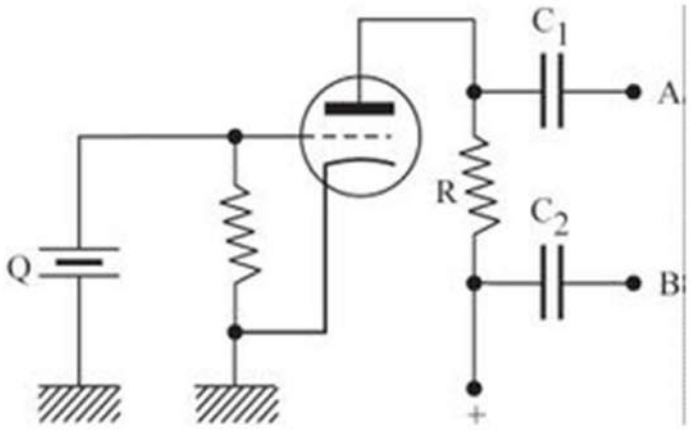
(٢-١)المقدمة

الموجات فوق الصوتية Ultrasound أصوات ذات ترددات أعلى من مدى السمع البشري. ويقصد بالتردد عدد موجات الصوت التي يصدرها جسم يهتز في الثانية الواحدة. ويقاس التردد بوحدة تسمى الهرتز حيث يساوي الهرتز الواحد دورة (اهتزازًا) واحدة في الثانية. ويتمكن أغلب الناس من سماع الأصوات التي تقع تردداتها بين ٢٠ و٢٠,٠٠٠ هرتز. ويبلغ مقدار تردد الموجات فوق الصوتية أكثر من ٢٠,٠٠٠ هرتز. وقد قام العلماء بتطوير عدة استخدامات للموجات فوق الصوتية في مجالي الطب والصناعة .وإضافة إلى ترددها العالي، فإن لهذه الموجات خصائص تميزها عن الأصوات التي يسمعها بنو البشر. فهي على سبيل المثال أقصر من موجات الأصوات المسموعة. وعندما تقابل الموجات القصيرة الخاصة بالموجات فوق الصوتية عقبات صغيرة،فإنها ترتد أو تنعكس بسهولة، مكونة الأصداء، بينما تتخطى الموجات الأكثر طولاً للصوت المألوف هذه العقبات الصغيرة دون أي رد يذكر. وتستفيد من الموجات فوق الصوتية كل من الخفافيش والدلافين، وكذلك بعض الحيوانات الأخرى التي تستطيع سماع ترددات أعلى من ٢٠,٠٠٠ هرتز. والمعروف أن الخفافيش تصدر صرخات ذات موجات فوق صوتية قصيرة ترتد من الأجسام المجاورة محدثة أصداء تستفيد منها الخفافيش لتحديد أماكن الحشرات أو المواد الأخرى التي تقتات بها،كما تستفيد منها في تجنب العقبات التي تعترضها.

صورة موجات فوق الصوتية لجنين داخل الرحم

صورة ثلاث الابعاد لجنين عمرة ٢٩ اسبوع

ويدرسها فرع من الفيزياء يعرف باسم فوق الصوتيات .ultrasonics تولِّد مولدات الأمواج فوق الصوتية الحديثة أمواجاً يبلغ تواترها بضعة جيجا هرتز (1GHz = 109 Hz)، وذلك عن طريق تحويل تيارات متناوبة عالية التواتر إلى اهتزازات ميكانيكية. ويتم عادة الكشف عن هذه الأمواج باستخدام بلورات كهرضغطية piezoelectric أو بوسائل ضوئية، حيث يمكن بالإفادة من انعراج الضوء جعل هذه الأمواج مرئية. ويبين الشكل (ا) دارة إلكترونية صمامية تستخدم لكشف الأمواج فوق الصوتية، وفيها تظهر بلورة Q مولَّفة بحيث تتحسس بتواتر اهتزاز الموجة فوق الصوتية المطلوب كشفها، وهي تتصل بشبكة صمام ثلاثي المساري. ويتصل مصعد الصمام بجهد مستمر عالٍ عبر مقاومة R فتظهر بين طرفيها إشارة خرج الصمام، أي إشارة الكشف مكبَّرة، ثم تمرَّر عبر مكثفتين C1 و C2 إلى مربطين A و B فجهاز قياس مناسب. ويتضح دارة إلكترونية حديثة لكشف الأمواج فوق الصوتية وتحويلها إلى صوت مسموع[5].



شكل رقم (١) دائرة الكترونية الالتقاط الامواج فوق الصوتية[5]

(٢-٢)لمحة تاريخية عن موجات فوق الصوتية

بدأت أولى مساعي البحث في مجال الموجات الصوتية منذ عام ١٨٢٢ عندما سعى عالم الفيزياء السويسري (دانيل كولادين) لحساب سرعة الصوت عن طريق جرسه المائي في مياه بحيرة (جنيفا) . والتي مهدت لوضع (نظرية الصوت) في عام ١٨٧٧ بجهود العالم (لورد ريليه) والتي شرحت الأساسيات الفيزيائية لموجات الصوت وانتقاله وارتداده . وتوالت الأبحاث حتى كان تصميم وإنشاء أول نظام Sonar (Sound Navigation & Ranging)عامل في الولايات المتحدة عام ١٩١٤ على يد العالم فسندن لأغراض الملاحة البحرية ولتحديد أماكن المارينز الألماني في الحرب العالمية الأولى.

ولم توظف الموجات فوق الصوتية لخدمة الأغراض الطبية حتى بداية الأربعينات على يد دكتور الأعصاب والطبيب النفسي النمساوي (كارل ثيودو) والذي يعتبر أول طبيب استخدم الموجات فوق الصوتية في التشخيص الطبي وقد واجه في ذلك صعوبات بسبب امتصاص عظام الجمجمة لمعظم طاقة الموجات فوق الصوتية .كان على المريض أن ينغمس كليا أو جزئيا في الماء

وبعد حصيلة جهود مكثفة للفيزيائيين والمهندسين الميكانيكيين والكهربائيين والبيولوجيين بالتعاون مع الأطباء ومبرمجي الكمبيوتر والباحثين ودعم الحكومات، ابتدأ التشخيص بالموجات فوق الصوتية ليأخذ محله في عيادات الأعصاب والقلب والعيون ولتتطور الموجات من A-Mode محدودة الاستخدام الىB-Modeوالتي سعى العالم (دوغلاس هوري) كفني أشعة لاستغلالها في التشخيص لقدرتها على اختراق الأنسجة بهدف الدراسة التشريحية لأعضاء الجسم في جامعة (

كولورادو) في دنفر بالتعاون مع زميله أخصائي الكلى (جوزيف هوملس) والذي بدوره تبنى الأبحاث الطبية على هذا الصعيد وقام بتوجيهها وبتعاون العلماء والمهندسين (بيلز و بوساكوني) كان أول جهاز ألتراساوند ثنائي الأبعاد يعمل بنظامB-Modeعام ١٩٥١وتوالت الأجهزة التي تعمل في هذا النظام الا أنها جميعا كانت كبيرة الحجم وعلى المريض أن ينغمس كليا أو جزئيا في الماء في وضعية السكون لفترة زمنية طويلة الأمر الذي جعله غير عملي ويستحيل وجوده في عيادات الاختصاص الذراع المعدني المتحرك

وفي أواخر عام ١٩٥٥ بدأ العالم بتطوير هذه الأجهزة لتصبح أكثر حساسية وأقل حجما وأكثر سهولة في طريقة الفحص حتى توصلوا للذراع المعدني المتحرك والذي يوضع على المكان المخصص للفحص ، كما تم تطوير جهاز الألتراساوند المهبلي و الشرجي عام ١٩٥٥ والذي يعمل بنظام A-Modeبجهود العالمين (وايلد) و (ريد) الا أنه في هذه المرحلة لم يحقق الغرض الفعلي حتى تم تطويره لاحقا ، كل هذه التطورات والتي مرت بنجاح باهر وأخذت محلها في جزء كبير من العالم كالولايات المتحدة الأمريكية، والنمسا، واليابان، والمملكة المتحدة ، مهدت الطريق وفتحت المجال لدخول جهاز الألتراساوند الى تخصص النسائية والتوليد وهكذا كانت الانطلاقة.

ومن رواد تسخير الألتراساوند لخدمة هذا التخصص الدكتور الانجليزي(ايان دونالد) والذي له مساعي رائدة على هذا الصعيد حيث ابتدأ طريقه بتشخيص التكتلات البطنية سواء أكانت ألياف أو أورام أو حتى أكياس وخرج بورقة عمل كانت من أعظم الاشراقات الطبية خلال العشرة أعوام المنصرمة بتعاونه مع العالم الفني (توم براون) والدكتور (جون ماكفيكار) في ٧ / ٦ / ١٩٥٨ وعام ١٩٥٩ استطاع أن يلتقط أصداء واضحة لرأس الجنين ومن بعدها أصبحت أبعاد محيط رأس الجنين هي الوسيلة المعتمدة لدراسة نمو الجنين . و بعد مرور سنوات قليلة كان بالإمكان دراسة الحمل منذ البداية حتى النهاية ، وتشخيص كثيرا من المشاكل كتعدد التوائم والتشوهات الخلقية والمشاكل التي تصاحب المشيمة.

ايان دونالد

ولم يكن قبل عام ١٩٧٢ بالامكان رؤية ودراسة الحويصلات بنظام B-Modeعلى يد العالم النمساوي(Kratochwil)وهكذا أصبح التصوير بالموجات فوق الصوتية في مجال الأمراض النسائية والتوليد مضمارا للتنافس بين الاختصاصيين وتزايدت الأبحاث وأوراق البحث من ورقة بحث واحدة للدكتور (ايان دونالد) عام ١٩٥٨الى ٢٩٦ ورقة عمل في عام ١٩٧٨[6].

وبهذه الجهود المكثفة استطاع الأطباء تشخيص كيس حمل بعمر ٥ أسابيع في عام ١٩٦٣ ، وتحديد نبض الجنين بعمر ٧ أسابيع عام ١٩٦٥وفي السبعينات أصبح بالإمكان قياس محيط رأس الجنين ومحيط صدره والتي لعبت دورا جوهريا في متابعة نمو الجنين وتطوره واكتشاف أي أعاقة في

النمو، وحساب طول الجنين ومحيط البطن الذي استطاع العلماء من خلاله أخذ فكرة عن وزن الجنين وظروف تغذيته .كما تم تشخيص فتحات الظهر(Spina Bifida) واختفاء جمجمة الرأس في الأجنة(Anencephaly)في الأسبوع السابع عشر من الحمل. كل تلك التطورات لم تكن لتكون لولا إيجادB-Modeودخول درجات اللون الرمادي على أجهزة الألتراساوند بعد أن كانت في اللون الأبيض والأسود، وهذه الدرجة في اللون أعطت وضوح في الصورة وأصبح تركيز العلماء على زيادة هذه الدرجة لزيادة الدقة في الفحص .ومع الثمانينات حدثت ثورة حقيقية في عالم الموجات فوق الصوتية وهي ما يسمى(Real time scanner)أي التصوير الحي (ثنائي الأبعاد (B-Modeوالذي عن طريقه تم التعرف على حياة الجنين الفعلية، وحركاته، وتصرفاته، ونبضات القلب، والتنفس في رحم الأم. وكان أول جهاز فعال في هذا المجال عام ١٩٨٥ في ألمانيا ، وكانت الثمانينات هي ميدان التنافس للشركات المصنعة لأجهزة الألتراساوند لتقديم أدق الصور وأوضحها. وهكذا اتضحت معالم علم جديد في تخصص النسائية والتوليد (تشخيص وسلامة الجنين).

كما تم تطوير جهاز الألتراساوند المهبلي والشرجي ، والذي صمم لأول مرة على يد(ريد) و(وايلد) عام ١٩٥٥، وقد أستغرق هذا التطوير حوالي العشرين عاما ليصبح فعالا وليحقق طموحات العلماء في كشف الأعضاء الداخلية للحوض ولينتشر بين الأوساط الطبية[8] .

وكان عام ١٩٨٥ هو العام الذي احتضن أكثر أجهزة الألتراساوند المهبلي فعالية وأعظمها فائدة ،وقد تزامن تطويره مع أولى تقنيات أطفال الأنابيب في النمسا.

ومن التقنيات التي استغرقت زمنا طويلا حتى سخرت للاستعمال الفعلي الدوبلار Doppler))و (M-Modeفمبدأ الدوبلار كان أول وصف وضع له بجهود العالم النمساوي (كريستيان دوبلار) عام ١٨٤٢ وبدأ بتطبيقه اليابانيون عام ١٩٥٥ لدراسة حركات وصمامات القلب. وفي عام ١٩٦٢ وباستخدام الدوبلار تتبع العلماء تدفق الدم ونبضات الجنين وتطورت الأجهزة في تقصي التدفقات الدموية لتصبح ثنائية الأبعاد وتمكن من المتابعة الحية الملونة لسير الدم Real time Color) (Flow Imagingوكانت الثمانينات ومطلع التسعينات مسرحا للتقدم العظيم الذي أحرزته الشركات المصنعة لأجهزة الألتراساوند ثنائية الأبعاد كما أصبحت تلك الأجهزة عماد التأسيس لأي عيادة نسائية وتوليد ، وساعد في ذلك الحجم المعقول وأذرعة الفحص والتي تشغل حيزا ضيقا على الجسم وتعطي مجالا واسعا للرؤية إضافة إلى الحركة الحرة لهذه الأجهزة والأهم من كل ذلك التفاصيل الدقيقة التي تمحصها تلك الأجهزة بوضوح الصورة وتحديد الملامح والتشخيص الدقيق بحيث احتلت أجهزة الألتراساوند المرتبة الأولى من بين وسائل التشخيص، والتي لم تقتصر على

تشخيص الجسم فحسب بل تجاوزتها لفحص الأجهزة الداخلية للأجنة في أرحام أمهاتهم لتصبح علما بل وتخصصا قائما بذاته.

وبعد هذه المراحل العريقة في تاريخ الموجات فوق الصوتية وبعد ثورات العلم المتأججة على كل صعيد ومتطلبات العصر المتجددة مع دنوّ الألفية الثانية وارتباط الكمبيوتر الوثيق بكل التحركات البشرية مهما صغرت ، غدت أجهزة الألتراساوند الثنائية الأبعاد غير مرضية- بالرغم من كل النجاح الذي حققته- وشخصت أعين العلماء نحو البعد الثالث الذي عجزت الأجهزة ثنائية الأبعاد عن سبر غوره وان كانت الفكرة تلوح في الأفق منذ السبعينات ، الا أنها بدأت تتمحور وتأخذ أبعادها مع مطلع الثمانينات وأعظم ما ساند وجودها الثورات التكنولوجية في برمجة الكمبيوتر.

وفي اليابان في جامعة طوكيو كان أول تقرير حول نظام الأبعاد الثلاثية (الطول، العرض، العمق أو الارتفاع) عام ١٩٨٤ وأول محاولة ناجحة في الحصول على صورة جنين ثلاثية الأبعاد من صورة ثنائية الأبعاد عن طريق الكمبيوتر كانت عام ١٩٨٦ .وبعد تطوير أجهزة التراساوند مستقلة ثلاثية الأبعاد كانت المشكلة في الفترة الزمنية التي يستغرقها التقاط كل مقطع حيث تتجاوز العشر دقائق وهو ما يستحيل معه العمل سواء للطبيب المعالج أو المريض وبالتالي يستحيل معه التسويق.

ومع الجهود المكثفة والتطوير المستمر كان أول جهاز التراساوند ثلاثي الأبعاد يأخذ محلا تجاريا في الأسواق في عام ١٩٨٩ (Combison-330)في النمسا واستمر العالم وخصوصا في اليابان، والنمسا، وبريطانيا، وكندا وحتى الصين في دفع عجلة التطور هذه حتى بدأت الأبحاث حول رباعي الأبعاد في لندن عام ١٩٩٦ عندما بزغت فكرة التصوير ثلاثي الأبعاد الحي وليكون للبعد الرابع وهو البعد الزمني ، دوره في إعطاء صورة حقيقية حيّة بأسلوب عملي ، وما كان ذلك ليكون لولا التطورات الهائلة في علم الكمبيوتر والسرعة الهائلة في إجراء العمليات الحاسوبية ، ومن هنا كانت قصة البداية

(٢-٣)مفهوم الموجات فوق الصوتية

تعرف الموجات فوق الصوتية (Ultrasound) :بأنها الموجات الصوتية ذات الترددات الأعلى من الحد المسموع لأذن الإنسان، ويشار إلى أن هذا الحد الأقصى الذي يمكن سماعه يختلف من شخصٍ لآخر، ولكنه يقارب ٢٠٠٠٠ هيرتز، وتتشابه الخصائص الفيزيائية للموجات فوق الصوتية مع الخصائص الفيزيائية للموجات الصوتية المسموعة العادية[7]

(٢-٤)خصائص الموجات فوق الصوتية

- تنتشر الموجات فوق الصوتية في خطوط مستقيمة دائمًا
- تكون حزمة الموجات فوق الصوتية ضيقة جدًا، إذ تنتشر الموجات فوق الصوتية عبر الأنسجة كحزمة ذات أبعاد محدودة.
- تهتز الموجات فوق الصوتية بتردد أكبر من النطاق المسموع للبشر، وهو يقدر بـ ٢٠ كيلوهرتز تقريبًا.
- تمتلك أطوالًا موجية صغيرة، ونتيجة لذلك، فإن قدرتها على الاختراق تكون عالية.
- لا تنتقل الموجات فوق الصوتية عبر الفراغ.
- تنتقل الموجات فوق الصوتية بسرعة الصوت في الوسط، وتكون في أقصى سرعتها الانتقالية في الأوساط الأكثر كثافة.
- تنتقل الموجات فوق الصوتية بسرعة ثابتة في الأوساط المتجانسة.
- تنتج الموجات فوق الصوتية اهتزازات عن انتقالها في السوائل منخفضة اللزوجة.
- تخضع الموجات فوق الصوتية للانعكاس، والانكسار، والامتصاص
- تمتلك الموجات فوق الصوتية نسبة عالية من الطاقة، ويمكن أن تنتقل عبر مسافة كبيرة دون فقدان الكثير من طاقتها.
- تنتج الموجات فوق الصوتية حرارة شديدة عندما تمر عبر الأشياء
- الموجات فوق الصوتية هي موجات طولية تنتج ضغطات وخلخلة أثناء انتقالها، وهي تطابق الموجات الصوتية في هذه الخاصية[8].

(٢-٥)تأثير الاجسام على موجات فوق الصوتية

• كانت هناك مخاوف كثيرة بشأن سلامة الموجات فوق الصوتية العلاجية والتشخيصية على وجه الخصوص.
• لأنه شكل من أشكال الإشعاع، يشعر الكثير من الناس بالقلق بشأن الآثار. التي قد تحدث عليهم أو ربما على أطفالهم أثناء التصوير بالموجات الصوتية.
هناك نوعان من الأخطار المحتملة الموجودة في الموجات فوق الصوتية:

أولاً ارتفاع الحرارة

تمتص الأنسجة والماء طاقة الموجات فوق الصوتية التي تزيد درجة حرارتها بعد ذلك. لذلك يجب التحكم في كمية الحرارة بعناية حتى لا تحدث ضررا.

ثانيا تكوين الفقاعات

- المعروف أيضا باسم التجويف، والذي يحدث عندما تخرج الغازات المذابة من الرجل. بسبب الحرارة الناتجة عن الموجات فوق الصوتية، يمكن أن يكون وجود فقاعات الهواء في لجسم في غاية الخطورة، خاصةً إذا دخلت في مجرى الدم.
- على الرغم من هذه المخاطر المحتملة، أظهرت الدراسات السريرية. كما أشار بيان المعهد الأمريكي للطب بالموجات فوق الصوتية(AIUM)، أن الموجات فوق الصوتية آمنة تماما.
- بعد٤٠ عاما من الاختبار، لم يكن هناك أي آثار بيولوجية مؤكدة على المرضى بسبب التعرض للإشعاع فوق الصوتي.
- تشير المعلومات الحالية إلى أن فوائد الموجات فوق الصوتية تفوق المخاطر القليلة التي قد تكون موجودة.[8]

الفصل الثالث

تطبيقات موجات فوق الصوتية

(٣-١)تطبيقات الموجات فوق الصوتية :

تستخدم الموجات فوق السمعية في تفتيت الحصاري والتعرف عليها ومتابعة نمو الجنين وتستخدم كذلك في استكشاف النفط ومعرفة التكوينات الرسوبية والنارية لطبقات الأرض وفي تحديد عمق آبار وكذلك تستخدم في التنظيف والكشف عن الأجسام الموجودة تحت الماء كالأسماك والخواصات وتستخدم

النفط أيضا في الزراعة[9]

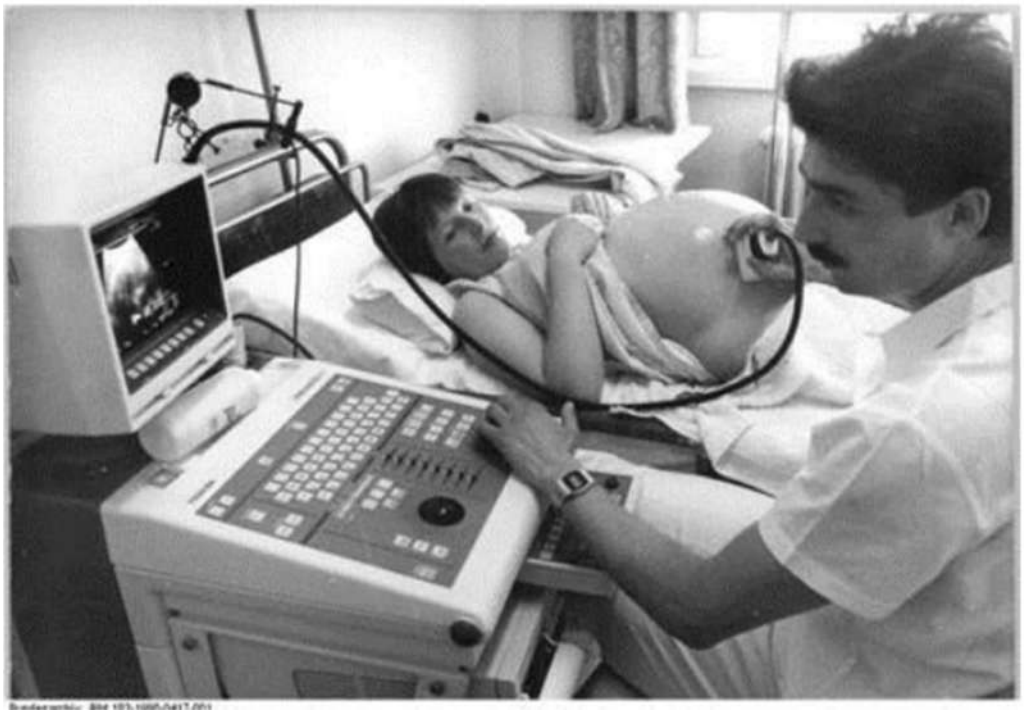
(٣-٢)تطبيقات الموجات فوق الصوتية في الطب

نسمع كثيرا عن استخدام الأمواج فوق الصوتية في تصوير الجنين في رحم الأم وهو في مراحل تكوينه ،وفي مرات أخرى تسمع 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 وحيث تستخدم موجات صوتية ترددها (٢١ميجا هيرتز ١٥ ميجا هيرتز ويستخدم لهذا الغرض كاشف يمثل الباعث والمستقبل في أن واحد حيث بيعت 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 فرق الصوتية وبذلك تتكون صور لهذه الأعضاء وعند فحص المرأة لابد أن تكون مثانتها مليئة لأن

الماء يساعد على إختراق الموجات فوق الصوتية ،وتستخدم الموجات فوق الصوتية أيضا للتدليك وكذلك

تدمير الخلايا السرطانية وتحطيم الحصى في الكلي[10]



الشكل (٣.١)يوضح عمل الموجات فوق الصوتية لاحدى النساء الحوامل[10]

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 أو ارتداد تلك الموجات يختلف تبعا لإنقباض عضلة قلب الجنين والبساطها 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 أي أن الجنين يكون حيا، لكن لو كان الجنين ميتا 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[11]

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

تستخدم أيضا الموجات فوق الصوتية في فحص أجهزة الجنين حيث تساعد هذه الموجات على فحص أجهزة الجنين المختلفة وإكتشاف وجود أمراض أو عيوب خلفية من الممكن أن يتم علاجها خلال الحمل ،كما يتم أيضا تحديد نوع الجنين (جنسه) وأحيانا 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 أو 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 [12]

(٣-٣)تطبيقات أخرى للموجات فوق الصوتية :

تعتبر اجهزة الموجات فوق الصوتية من أهم الأجهزة التي تستخدم في العلاج الطبيعي وخاصة في كدمات العضلات والأربطة والتهابات

المفاصل وتستخدم أيضا في إدخال المواد المسكنة للجسم وتساعد في التئام الجروح السطحية والعميقة وهذه مهمة جدا وخاصة في حالات مرضي بول السكري الذين يعانون من صعوبة التئام الجروح. والآن تستخدم في إزالة الدهون من الأماكن غير المرغوب في الجسم وأيضا في مجال طب الأسنان وبالتحديد في إزالة التكلسات المترسبة على الأسنان[13]

(٣-٤)تطبيقات الموجات فوق الصوتية في معالجة المياة

في السنوات الأخيرة الماضية ظهر اهتمام كبير في تطبيق الموجات فوق الصوتية كعملية من عمليات الأكسدة المتقدمة لعلاج الملوثات الخطرة في المياه ، الكيمياء الصوتية ثبت

ان تكون وسيلة من الوسائل الواعدة لتدمير الملوثات المائية [13]

١- ازالة الملوثات العضويةRemoval of Organic Matters

الموجات فوق الصوتية من الممكن ان تحلل مواد عضوية متعددة مثل: الهيدروكاربونات المكلورة و المبيدات الحشرية والفينول والمتفجرات مثل TNT و الاسترات وتحولها إلى سلسلة قصيرة من الاحماض العضوية و ثنـاني أوكسيد الكاربون CO و الايونات غير العضوية كمنتجات نهائية في وقت المعالجة التام على مدى دقائق من الساعة. بعد الفينول احد

الملوثات الأكثر وفرة في مياه الصرف الصناعي. وقد جذب اهتمام الرأي العام بسبب تواجده في المياه الجوفية والأنهار والمياه الصالحة للشرب. الفينول حتى بكميات صغيرة يسبب السمية و الرائحة الكريهة في الماء ، معظم البلدان تعين الحد الاقصى المسموح به من تركيز الفينول في مياه الصرف الصحي لتكون (1mg/l). يتم تحرير الفينول الى البيئة من مصانع الأدوية وعمليات تكرير النفط والقير والفولاذ والدباغة ومبيدات الحشرات. فقد طبق كل من Francony و

Petrier تقنية الموجات فوق الصوتية لازالة الفينول ولاحظوا ان سرعة التفاعل المتضمنة جذور الهيدروكسيل اللازمة لازالة الفينول تزداد عند تردد الموجة الصوتية البالغةkHz ٢٠٠ بالمقارنة مع الترددات العالية والواطئة المستعملة . و درس Thangaradivel و جماعته ازالة DDT [1,1,1-trichloro-2,2-bis(p-chloro phenyl)then]عند التركيز الابتدائي (8mg/l)من الماء وبعد مرور ٤٥ دقيقة من المعالجة التركيز انخفض الى (1.2mg/L) وبعد 90دقيقة انخفض التركيز الى (١mg/L) ودرس Guo و جماعته ازالة اربعة انواع من الهالوميثان وهي: CHCl و CCL و HBCl وCHBr Cl عند التراكيز الابتدائية (15.79 mg/L، 10.43، 19،3 ، و ٤.٧٥) على التوالي وكانت النتيجة بعد مرور ساعة واحدة من التشعيع بالموجات فوق الصوتية ٤٠.٢% من

CHCl و ٦٤.٦ % من CCl4 و ٥٣.٣% من CHBrCl و ٥٤.٦% من CHBTC تم ازالتها على التوالي .[14]

٢- ازالة الملوثات البايلوجية

اثبتت النتائج التي تم الحصول عليها باستخدام الموجات فوق الصوتية انه من الممكن ان ينخفض عدد الكائنات الحية الموجودة في المياه وهذه العملية تعتمد على وقت التعرض و تردد الموجات فوق الصوتية و شدتها وكذلك على نوع الكائنات الحية. فقد اثبتت قدرتها على خفض قدرة الطحالب على الطفو والتحكم بها و الحد من تركيزها بالقرب من السطح في المسطحات المائية والحد من نموها ، و قد تثبط عملية الصوتية نمو الطحالب في المناطق السكانية من خلال التأثير على عملية التمثيل الغذائي. ان تطبيق التشعيع بالموجات فوق الصوتية للسيطرة على الطحالب في المناطق السكانية تم تقيمها في ظروف المختبر. وقد اجريت دراسة أوضحت نتائجها ان في الازمان المختلفة التالية (30 ,60 ,90 ,120 min و ١٥٠) تم ازالة الطحالب من المناطق السكانية بالنسب الاتية على التوالي (٨.٥٥، ٣٥.٢٢، ٦٧.٢٢، ٩٠.٦٧ و١٠٠ %) . واظهرت النتائج أن زيادة وقت الصوتية له تأثير كبير على ازالة الطحالب، و تبين ان تعرض الديدان الخيطية خلال ١٢ دقيقة صوتنة يدمرها (١٠٠ %) كما تظهر النتائج أن زيادة وقت الصوتنة له تأثير كبير على ازالة تلك الديدان ، و درس Hulsmans و جماعته [15] تأثير عوامل مختلفة على المعالجة بالموجات فوق الصوتية في تطهير المياه من البكتريا و تم الحصول

على افضل النتائج في سرعة الازالة البكتيرية و تبين أنها تتطلب وقتا أطول للعلاج . و أثبتت نتائج معالجة بالموجات فوق الصوتية ان تشعيع (500ml)من المحلول المعلق للفطريات في ثماني عينات مختلفة (٢٠٠ ، ١٠٠٠ ، ٢٠٠٠ ، ٣٥٠٠ ، ٥٥٠٠ ، ٦٥٠٠ ، ١٠٠٠٠ ،١٧٠٠٠ CFU / ml)

ان عدد من الفطريات يتناقص مع زيادة الفترة الزمنية للتطهير وأظهرت النتائج ان وقت المعالجة له تأثير كبير على الحد من الفطريات وتبين ايضا ان ليس هنالك

انخفاض كبير في الفطريات في اقل من (15min) من زمن التعرض ولكن انخفاض كبير يمكن ان يتوقع بعد فترات اطول حوالي (٩٩.٩٢%)[16]

3- تحسين كفاءة عملية الترشيح الغشائي

Improvement of efficiency of Membrane Filtration

أصبحت تقنية الغشاء معروفة على نطاق واسع كعملية مناسبة لفصل المواد الصلبة من السائل نظرا لقدرة الازالة العالية ، عمليات الغشاء الأكثر شيوعا هي الترشيح الدقيق (10-0.1pore size)، الترشيح الدقيق جدا (100-2 nm pore size) ، و الترشيح الفائق (2-0.5 nm pore size) ، الديلزة و التناضح العكسي (<0.5 nm pore size)بعض مزايا هذه التقنية هي فعالية وسهولة التعامل معها بشكل الى وبدون تعقيد و قدرتها على ازالة مسببات الأمراض و انتاج مياه شرب عالية الجودة للاستهلاك البشري، بالاضافة الى هذه المزايافلترة الغشاء لديها بعض المشاكل العملية مثل الاستقطاب وتركيز القاذورات ، غشاء القاذوراتتعني أن المذاب أو جزيئات مثل المواد العضوية الطبيعية و السليكا واكاسيد الحديد و و الكالسيت والطين تكون على سطح الغشاء أو في مسام الغشاء بطريقة تحط الأداء في الغشاء. في الترشيح الفائق والترشيح الدقيق الية القاذورات يمكن أن تحدث في ثلاث طرائق مثل تشكيل طبقة على سطح الغشاء وامتزاز قاذورات المواد في مسام الجدران أو على سطح الغشاء وتسد مسام الغشاء ونظرا للمشاكل التي ظهرت في الطرائق البايلوجية والكيميائية لتنظيف العشاء فقد اثبتت تكنلوجيا الموجات فوق الصوتية قدرتها في تنظيف الغشاء إذ أجريت بحوث مختلفة بشان تطبيق تقنية الموجات لتنظيف الغشاء و لكن تقريبا كل منها قد تم داخل المختبر . في الواقع هذه التقنية تواجه اثنين من التحديات الأول هو تكلفة الطاقة اللازمة تكون مرتفعة و الثاني هو أن محولات الطاقة مثل: الرصاص و الزركونيوم و السيراميك و التيتانات حيث يمكن التعامل مع قوة عالية لانتاج التجاويف تكون مكلفة وضخمة [17]

4- ازالة العكورةRemoval of Turbidity

التعكر هو خاصية فيزيائية أساسية في المياه وهو ناتج عن المواد العالقة أو الذائبة هذه المواد مثل الطين والطمي وتنقسم الى الى عضوية وغير عضوية و المركبات العضوية الملونة القابلة للذوبان و العوالق والكائنات المجهرية الأخرى، الاساليب التقليدية لخفض التعكر في عملية معالجة المياه هي الترشيح السريع والبطـي و الدقيق والترشيح فائق الدقة والتخثر والتليد وفي السنوات الأخيرة

أجريت بعض الدراسات في تطبيق الموجات فوق الصوتية للحد من التعكر. فقد درسwang تطبيقها في ازالة للعكارة من المياه الاصطناعية و عثر على كفاءة ازالة للعكارة بلغت.% ٨٥.٤٨[18]

لمصادر

dictionary.torjoman.com . Archived from the -1

.original on 2019-12-09. Retrieved 2019-01-26

٢- عادل سعيد الراوي وقصي عبد المجيد السامرائي، المناخ التطبيقي، جامعة بغداد، مطابع الحكمة، الموصل، ١٩٩٠، ص ٢٨٧.

٣-وقاص عبدالله -ملزمة الصوت - جامعة تكريت قسم فيزياء كلية تربية للعلوم

الصرفة مرحلة ثانية

٤- هاجر مالك -موجات فوق الصوتية -جامعة ذي قار كلية التربيه للعلوم الصرفة

قسم فيزياء -٢٠٢١

٥- مثنى فاضل علي، جغرافية الطاقة أسس ومشكلات، مصدر سابق، ص ١٤٧.

٦-محمد الشرعي –نبذة تاريخية عن الموجات فوق الصوتية -١١مايو ٢٠١٦

٧-عرين العمر –موجات فوق الصوتية –نشر في ١نوفمبر ٢٠٢١

٨-رائد عبد الحميد –تأثير موجات فوق الصوتية على الجسم -٢٣ نوفمب ٢٠٢١-

٩-محمد محمد الزيدية –الضوء والصوت –الدار العربية للنشر القاهرة -٢٠٠٨م

-10

١١- سيد عاشور أحمد، الطاقة المتجددة والبديلة وآفاق أستخدامها في الموطن العربي، مطبعة جامعة أسيوط، ٢٠٠٩، ص ١٠٦.

١٢- موقع موهوبون / موقع المخترعين -١١/٥/ ٢٠١٦

١٢Rolf Brendel , "Thin-Film Crystalline Silicon Solar Cells Physics and Te

Chnology " ,British Library , WILEY-VCH GmbH & Co. KGaA ,(2003).

١٣-Liu, Y. Chen, X., Li, J. and Burda, C. (2005). Photocatalytic

Degradation of Azo Dyes by Nitrogen- Doped TiO_2 Nano Catalysts. Chemosphere, (61): 11.

١٤-٢٠Chong, M.N., Jin, B., Chow, C.W.K. and Saint, C. (2010). Recent development in photocatalytic water treatment technology. Water

Reserch, (44): 2997.

15-Mehrjoue, M. (2012). Advanced Oxidation Processes for water treatment. Reactor design and case Studies, Water Research, 3.

١٦-Han ,F., Kambala ,V.S.R.,Srinivasan ,M., Rajarathnam D. and Naidu، R. (2009). Tailored titanium dioxide photocatalysts for the degradation of organic dyes in wastewater treatment. Applied Catalysis A: General،

.٢٥ : (٣٥٩)

17-Gorska, P., Zaleska, A., Kowalska, E., Klimczuk, T., Sobczak, J.W، Skware., K.E., Janusz, W. and Hupka, J. (2008). TiO_2 Photoactivity in Vis and UV light: The influence of Calcinations temperature and

Surface Properties, Applied Catalysis B: Environmental, (84): 440