**الجمـهورية الجزائريـة الديمقراطية الشـعبية**

**وزارة التـعليم العالي والبـحث العلمـي**

**جـامعة الـوادي**

**كـلية العـلوم والتكنولوجـيا**

رقم الترتيب :

رقم التسلسل :

مذكرة تخرج لنيل شهادة

**ليسـانس أكـاديمي**

مجال : علوم المادة

فرع : فيزياء

تخصص : فيزياء الإشعاع

من إعداد : منيعي ليلى

مدخل خديجة

**المـوضـوع :**

# دراسة حول الأمواج فوق الصوتية

نوقشت يوم : .../..../2014

أمام لجنة المناقشة المكونة من :

**رئيس: بن علي عبد الحي**
**مناقش: محلو السعيد**
**مؤطر: عسكري سهيلة**

الموسم الجامعي 2014/2013

بسم الله الرحمن الرحيم

# شكر و عرفان

إلهي لا يطيب الليل إلا بشكرك و لا يطيب النهار إلا بطاعتك ,و لا تطيب الآخرة إلا بعفوك و لا تطيب الجنة إلا برؤيتك .....

و الشكر و الإمتنان الى من بلغ الرسالة و أدى الأمانة و نصح الأمة الى نبي الرحمة و نور العالمين سيدنا محمد صلى الله عليه وسلم أما بعد :

نتنهز الفرصة في هذا العمل المتواضع نتقدم بجزيل الشكر و الإمتنان الى كل من أمدنا بيد العون حتى نصل الى ما وصلنا اليه مستهلين بتوجيه أسمى و أعمق عبارات الشكر و العرفان الى اللذين حملو أقدس رسالة في الحياة الى الذين مهدو لنا طريق العلم و المعرفة جميع أساتذتنا الكرام الذين أشرفو على تكويننا طوال المشوار الجامعي ونخص بالذكر الأستاذة عسكري سهيلة التي قامت بالإشراف على هذا العمل كما لا يفوتنا أن نشكر كل من الأستاذ بقاص عز الدين والأستاذ رحال عاشور اللذان لم يبخلا علينا بأي معلومة. كما لا يفوتنا أن نتوجه بخالص التقدير و الإمتنان لجميع طلبة سنة ثالثة فيزياء خاصة حنكة مطيرة ،بوعزيز أحلام، يومبعي مسعودة, و أخيرا أشكر جميع من وقفوا الى جانبنا خاصة خولة منيعي .

ولله الحمد من قبل و من بعد

ليلى وخديجة

# الفهرس

**فهرس المحتويات**

فهرس المحتويات.....

فهرس الاشكال.....

فهرس الجداول.....

مقدمة عامه.....

**الفصل الاول**: مفاهيم حول الموجة و الصوت

1-I تمهيد.....1

2-I تعريف الموجة.....1

3- I الحركة الموجية الميكانيكية.....1

4-I معادلة الحركة الموجية.....1

5-I منشأ الصوت.....1

6-I الموجات الصوتية.....2

7-I مميزات الموجات الصوتية.....2

1-7-I السرعة.....2

2-7-I التردد.....2

3-7-I الطول الموجي.....3

4-7-I السعة.....3

5-7-I الشدة.....4

8-I ظواهر الموجة الصوتية.....5

1-8-I الانتشار.....5

2-8-I الانعكاس.....5

3-8-I التداخل.....6

4-8-I الانعراج.....6

5-8-I الانكسار.....6

6-8-I ظاهرة دوبلر.....6

9-I مجالات الأمواج الصوتية.....7
1-9-I الأمواج تحت صوتية.....7
2-9-I الأمواج الصوتية.....7
3-9-I الأمواج فوق الصوتية.....7

**الفصل الثاني:**الامواج فوق الصوتية

1-II مقدمة عامة عن الأمواج فوق الصوتية.....8
2-II انتشار الأمواج فوق الصوتية.....8
1-2-II أنماط الانتشار.....8
2 -2-II سطوح الموجة.....9
3-2-II تخامد الأمواج فوق الصوتية وكثافتها.....9
4 - II الممانعة الصوتية.....10
3-II توليد الأمواج فوق صوتية.....10
1-3-II آلية توليد الأمواج فوق الصوتية.....10
1 -1-3-II الظاهرة البزو كهربائية.....10
2 -1-3-II ظاهرة تمدد/ تقلص المادة المغناطسية.....10
4-II تطبيقات الموجات فوق الصوتية.....10
1-4- II الموجات فوق الصوتية وصناعة الجلود.....10
2-4-II تطبيقات الامواج فوق الصوتية في التكنولوجيا.....11
3-4-II تطبيقات الامواج فوق الصوتية في مجال الطب.....11

**الفصل الثالث**: الاجهزة التي تعمل بالأمواج فوق الصوتية

1-III جهاز التصوير بالأمواج فوق صوتية .....12
1-1-III مبدأ عمله .....12
2-III جهاز قياس تدفق النفط بالموجات فوق الصوتي.....13
1-2-III مبدأ عمله.....13
الخلاصة العامة.....

# قائمة الأشكال و الجداول

## فهرس الأشكال


| الرقم | العنوان | الصفحة |
|---|---|---|
| 1-I | أمواج جيبة ذات ترددات مختلفة | 3 |
| 2-I | الطول الموجي لدالة جيبيه | 3 |
| 3-I | سعة الموجة | 3 |
| 4-I | اتجاه انتشار الموجة على وحدة المساحات | 4 |
| 5-I | كيفية انتشار امواج طولية | 5 |
| 6-I | كيفية انعكاس الامواج الصوتية | 5 |
| 7-I | انعراج الصوت من أجل فتحات مختلفة | 6 |
| 8-I | التفسير الفزيائي لظاهرة دوبلر | 6 |
| 9-I | تقسيم المجلات الصوتية حسب ترددها | 7 |
| 1-II | انتشار موجة مستعرضة | 8 |
| 2-II | انتشار موجة طولية | 8 |
| 3-II | الموجة السطحية | 9 |
| 4-II | سطوح الموجة المستوية والكروية | 9 |
| 1-III | جهاز التصوير بالأمواج فوق صوتية | 12 |
| 2-III | مبدأ عمل جهاز بطريقة الزمن الانتقالي | 13 |
| 3-III | مبدأ عمل جهاز بطريقة التي تعتمد على مبدأ تأثير دوبلر | 14 |
| 4-III | جهاز قياس التدفق بالموجات فوق الصوتية المحمول | 14 |


## فهرس الجداول


| الرقم | العنوان | الصفحة |
|---|---|---|
| 1-I | قيم السرعة والكثافة لبعض المواد | 2 |
| 2-I | نوع الصوت شدته ومستوى شدته | 4 |

# المقدمة

## مقدمة عامة

الإنسان كائن حي له حواس يتواصل بها بين الوسط الداخلي والخارجي، فهو يرى، يشم ... ويسمع، إذ أطلق على الشيء الذي يسمعه بحاسة الأذن مصطلح الصوت، وعندما أراد العلماء الوقوف على الحقيقة العلمية لهذا المصطلح لجأوا إلى تحليل جزيئاته والكشف عن أسباب حدوثه أي كيف يحدث؟.

فمن هذه التساؤلات توصلوا إلى أن الصوت عبارة عن موجة ميكانيكية تنشأ نتيجة إهتزاز مصدر ما وتحتاج إلى وسط مادي لإنتشارها وقد يكون هذا الوسط صلب، سائل أو غازي.

وباعتبار إن الصوت عبارة عن موجة إذن فهي خاضعة لجميع القوانين الفيزيائية التي تنطبق على الأمواج ومن بينها التردد، حيث تقسم على أساسه إلى أمواج تحت صوتية، صوتية وفوق صوتية، إذ تكمن أهمية هذه الأخيرة في كونها واسعة الاستخدام.

وللتعرف أكثر على ماهية هذه الأمواج، مميزاتها، أهميتها ومجالات استخدامها سنتطرق في هذا البحث إلى ثلاث فصول وهي كالاتي:

**الفصل الأول :**من خلال هذا الفصل سنذكر بالأسس و التعاريف الفيزيائية النظرية للحركة الموجية بالإضافة إلى القوانين الفيزيائية التي تسلكها الأمواج الصوتية، ومن بين هذه التعاريف الموجة ومعادلة حركتها وسنتطرق إلى الموجة الصوتية وكذلك مميزاتها من سرعة، تردد ...إلخ، كما سنعرج على أهم الظواهر للموجة الصوتية من انتشار وانعكاس وغيرها، و في آخر هذا الفصل سنقوم بالتعرف على مجالات الأمواج الصوتية.

**الفصل الثاني:** سنتعرف في هذا الفصل على ماهية الأمواج فوق الصوتية وهذا من خلال إعطاء تقديم عام حولها ودراسة أنماط انتشارها والتعرف على سطوح الموجة ومعرفة كيفية تخمدها وآلية توليدها، وفي النهاية ندرس أهميتها و مجالات استخدامها.

**الفصل الثالث:** سنتعرف في هذا الفصل على بعض الأجهزة التي تتخذ الأمواج فوق الصوتية مبدأ لعملها.

وفي الأخير سنقدم خلاصة عامة حول الموضوع .

# الفصل الأول

## مفاهيم حول الموجة والصوت

**يهدف الفصل:**

- مفهوم الموجة ومنشأ الصوت.
- الموجات الصوتية، ظواهرها ومميزاتها.
- مجالات الأمواج الصوتية.

## I-1- تمهيد:

تعتبر أمواج الماء التي تتشكل عند سقوط حجر في بركة ماء ساكنة مثلا بسيطا وواضحا للأمواج التي تظهر في مجالات شتى في الطبيعة، فهناك الأمواج الصوتية وعدة أمواج أخرى من بينها الأمواج الكهرومغناطيسية ... وفي كل الحالات هناك مصدر للموجة.

سنتناول في هذا الفصل تعريف للموجة، سرعتها، طولها وغيرها من المتغيرات التي تميز كل موجة ثم ننتقل لتفاعل الأمواج مع بعضها ومع وسط إنتشارها الموجودة فيه، لذلك سندرس ظاهرة التداخل الإنعكاس وظاهرة دوبلر، ثم نطبق ذلك على أهم إحدى الأمواج في الطبيعة هي الأمواج الصوتية.

## I-2- تعريف الموجة:

هي إضطراب لحظي ينتقل في الوسط المحيط بمصدر الإضطراب في اتجاه معين وبسرعة معينة ويقوم بنقل الطاقة في إتجاه إنتشاره [3].

## I- 3- الحركة الموجية الميكانيكية:

هي الحركة الموجية التي يلزمها وسط مادي ( هواء، ماء، حبل ) يحمل الإهتزاز، وتنشأ عن مصدر مهتز أو متذبذب [2].وتصنف الى :

- ✓ موجات مستعرضة
- ✓ موجات طولية
- ✓ موجات سطحية

## I-4- معادلة الحركة الموجية ( Wave Equation ):

هناك الكثير من أشكال معادلة الحركة الموجية، وسنتطرق إلى المعادلة الموجية التالية[1].

تعطى عبارة معادلة الحركة الموجية :

$$y_p = \mathrm{A}\cos(kx - wt)$$

## I-5- منشأ الصوت:

ينشأ الصوت نتيجة إهتزازات الأجسام و تنتقل هذه عبر الأوساط المادية (غازات- سوائل- جوامد) إلى أذن الإنسان وتقوم هذه الأخيرة بتكبير الإهتزازات ثم نقلها إلى المخ عن طريق العصب السمعي، ثم يعمل المخ بدوره إلى ترجمة هذه الإهتزازات إلى أصوات أو نغمات وتعرف هذه بالموجات الصوتية[11][9].

## I-6- الموجات الصوتية :

هي نوع من الموجات الميكانيكية تحتاج لوسط مادي لإنتشارها، حيث تصنف على أنها موجات طولية أي أنها من تضاغطات وتخلخلات متتابعة، تنشأ هذه الموجات بواسطة أي آلية لتوليد الموجات التضاغطية

في الوسط المحيط، ومن أمثلة المصادر الصوتية يمكننا أن نذكر وتر الجيتار المهتز والأحبال الصوتية المهتزة.

والصوت لا ينتقل في الفراغ لعدم وجود المادة التي يمكنها نقل التضاغطات الموجية والتجربة الشهيرة لإثبات ذلك هي أننا لا نسمع صوت جرس يرن داخل غرفة مفرغة من الهواء فبالرغم من أن الجرس يهتز وليس هناك مادة محيطة به يمكنها أن تحمل الاهتزاز الى آذاننا [3] [1][9].

## I-7- مميزات الموجات الصوتية:

### I-7-1- السرعة (v):

وهي السرعة التي يتحرك بها الصوت في الفضاء، وتتعلق سرعة إنتشار الصوت بحالة الوسط كثافته، بدرجة الحرارة و الضغط. أي أن سرعة الإنتشار مستقلة عن سرعة الاضطراب، ولا تتعلق إلا ببعض الخصائص الفزيائية للوسط، لذلك في حالة إنتشار الصوت في الهواء فإن سرعة الصوت تكون كبيرة عندما تكون الاوساط المادية غير قابلة للإنضغاط مثل الأجسام الصلبة أو السوائل[1] [2][3].

بناءا على ما سبق تعطى عبارة سرعة إنتشار في الأوساط المختلفة على النحو التالي :

**في حالة المواد المائعة:**

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

حيث B : يمثل معامل الحجم. ρ : تمثل كثافة الوسط.

**في حالة المواد الصلبة :**

$$v = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$$

حيث Y: معامل يونج وهو معامل المرونة الطولي ويقتصر على المواد الصلبة فقط .

**في حالة الغازات :**

$$v = \sqrt{\frac{\gamma \cdot P}{\rho}}$$

حيث γ : يمثل نسبة الحرارة النوعية. p: ضغط الغاز.

والجدول التالي يعطي قيم السرعة والكثافة لبعض المواد.

| المادة | الكثافة $(kg/m^3)$ | السرعة (m/s) |
|---|---|---|
| هواء | 1 .29 | 331 .45 |
| الهليوم | 0.179 | 965 |
| ماء ( 20° C ) | $0.998 \times 10^3$ | 1482 |
| ألمنيوم | $2.7 \times 10^3$ | 5100 |

**الجدول( I-1):** قيم السرعة والكثافة لبعض المواد[1].

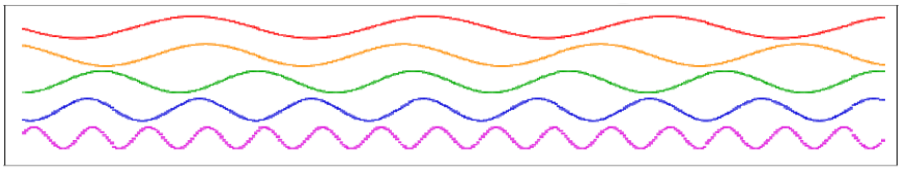
### I-7-2- التردد (*f*):

وهو عدد الموجات التي تمر بنقطة معينة في مسار الحركة الموجية في زمن قدره واحد ثانية. ووحدته الهرتز (Hz) والتي تعادل (1/sec) [2][3].

$f = 1/\tau$ : حيث

حيث $\tau$: الزمن الدوري وهو الذي يستغرقه الجسم المهتز في عمل إهتزازة كاملة.

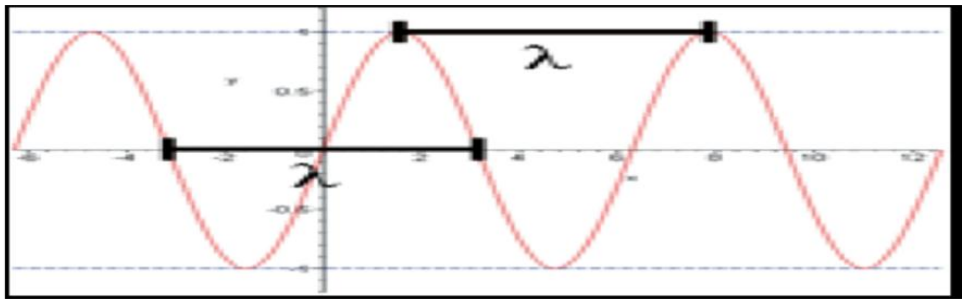
الشكل التالي يبين موجات جيبيه بترددات مختلفة حيث تردد الموجة العلوية أقل من تردد الموجة التي أسفل منها.



**الشكل (I-1):** أمواج جيبيه ذات ترددات مختلفة [3].

## I-7-3- الطول الموجي (λ):

وهو المسافة بين مركزي تضاغط متتالين أو مركزي تخلخل متتالين في إتجاه إنتشار الموجة لهما نفس الطور ( أي لهما نفس الإزاحة و نفس الإتجاه ) [3] [2]،ووحدته المتر (m ).




**الشكل (I-2):** الطول الموجي لدالة جيبيه[1].

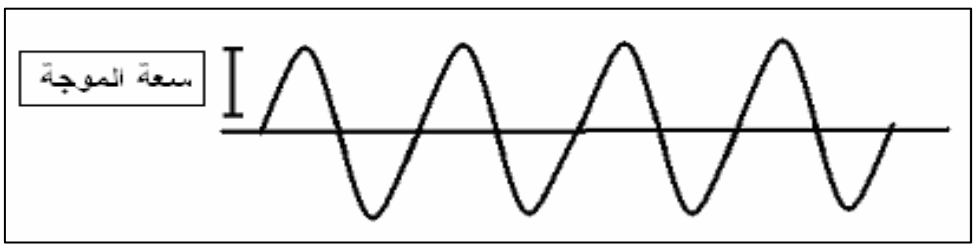
هناك علاقة تربط المفاهيم الأساسية السرعة، الطول الموجي والتواتر والتي تكتب بالصيغة التالية:

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

وهذه العلاقة هامة جدا وصحيحة في جميع الموجات.

## I-7-4 - السعة (A):

وهي مدى الإزاحة الأعظمية لجزيئات وسط الإنتشار عن وضع التوازن، وتعرف السعة على أنها نصف المسافة العمودية بين قمة الموجة وقاعها، وتزداد قيمتها أو تنخفض بإزدياد أو إنخفاض القوة التكرارية المسببة للإهتزاز[2].



**الشكل (I-3):** سعة الموجة.

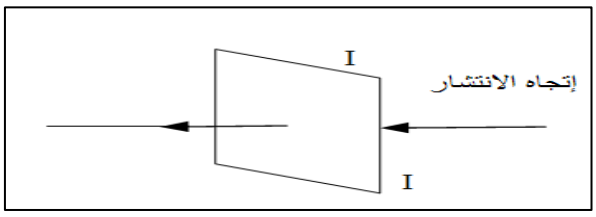
## I-7-5- الشدة :

تعرف شدة الموجة I بأنها الطاقة التي تحملها الموجة عبر وحدة المساحة في الثانية، حيث أن القدرة هي الطاقة الناتجة في الثانية [2].

إذن :

شدة الصوت هي القدرة المارة عبر وحدة مساحة عمودية في إتجاه إنتشار الموجة.

$$I = \frac{\text{القدرة}}{\text{المساحة}}$$




**الشكل(I-4):** إتجاه إنتشار الموجة على وحدة المساحات[1].

ولتعريف مستوى شدة الصوت عن طريق إستجابة الأذن للأصوات نستخدم مقياس الديسيبل.

حيث أن: $1dB = \frac{1}{10}Bal$

يمكن للأذن أن تسمع أصواتا تتراوح ترددااتها بين 20 Hz و $20x10^3$ Hz شرط أن تقع شدتها بين $10^{-12}$ W/m² و1 W/m²، ويستخدم الحد الأدنى من الشدة يرمز له بـ ($I_o$) كأساس مقارنة الأصوات ببعضها البعض، ونعرف مستوى الشدة بالعلاقة :

$$\beta = 10 \log \left(\frac{I}{I_o}\right)$$

والجدول التالي يوضح الشدة ومستوى الشدة لبعض الأنواع من الأصوات.

| نوع الصوت | الشدة ($W/m^2$) | مستوى الشدة (dB) |
|---|---|---|
| الصوت المسبب للألم | 1 | 120 |
| طريق كثيف المرور | $10^{-5}$ | 700 |
| الهمس متوسط الإرتفاع | $10^{-10}$ | 20 |
| حفيف الشجر | $10^{-11}$ | 10 |
| الصوت المسموع بالكاد | $10xw^{-12}$ | 0 |

**الجدول(I-2):** نوع الصوت شدته ومستوى شدته[3].

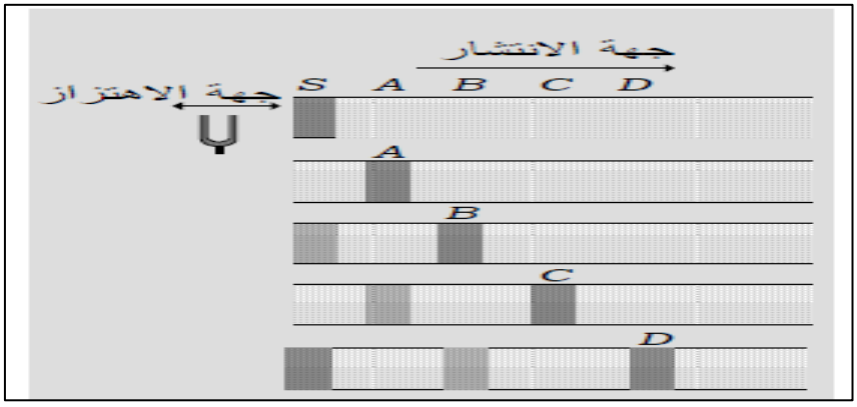
## I-8- ظواهر الموجة الصوتية:

### I-8-1- الإنتشار:

وهو إنتقال للأمواج من نقطة إلى أخرى في الأوساط المادية، فإذا إفترضنا أن لدينا حبلا طويلا مشدود من أحد طرفيه (كما هو في الشكل ) وأمسكنا الطرف الآخر منه وبدأنا بهزه للأعلى والأسفل فإننا نلاحظ في هذه الحالة أن الاهتزازات قد إنتشرت من بداية الوسط إلى الأجزاء الأخرى منه خلال فترة زمنية قصيرة وإذا تابعنا حركة نقاط متتالية منه بدءا من منبعا لإهتزازات s مرورا بالنقاط AوB وC.

فإننا نلاحظ ما يلي :

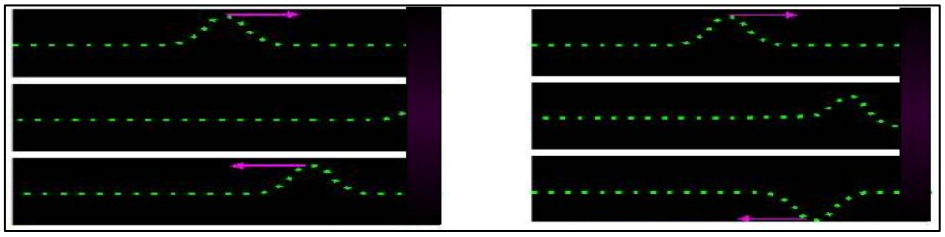
- ❖ الحركة الإهتزازية التي بدأت عند S (المنبع) قد انتقلت لبقية نقاط الوسط بالتدريج بحيث تقلد كل واحدة النقطة التي قبلها تماما، ولكن متأخرة عنها بزمن يعادل المدة اللازمة للموجة لتصل إليها من هناك، فالنقطة A ستتحرك مثل S في الشكل لكن بتأخر زمني يساوي المدة اللازمة لتصل إليها الحركة.
- ❖ كل نقطة من الوسط الذي تنتشر فيه الموجة مثل A،BوC . . .إلخ تتحرك حركة إهتزازية بسيطة مثل المنبع S ولكل النقاط نفس الدور و التردد والسعة إذا كان الوسط متجانسا (كثافة كتلية ثابتة) [2].




**الشكل (I-5):** كيفية إنتشار امواج طولية[2].

### I-8-2- الإنعكاس :

يمكن فهم ظاهرة إنعكاس الأمواج بمتابعة نبضة (Pulse) تنتشر على إمتداد الحبل لليمين، فعندما تصل النبضة للحائط تؤثر على الحبل بقوة للأعلى فيرد عليها بقوة للأسفل مما يولد نبضة معاكسة تتحرك لليسار، ونلاحظ أن شكل النبضة لا يتغير لكنها تصير مقلوبة، فهناك فرق في الطور بمقدار $\pi$ بين الإهتزازتين[6][2].



**الشكل (I-6):** كيفية إنعكاس الامواج الصوتية[2].

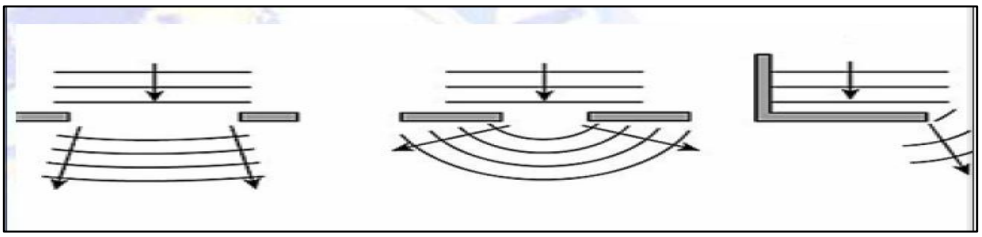
## I-8-3- التداخل:

وهو ظاهرة موجية تنشأ من تراكب موجتين صوتيتين أو أكثر متساويتين في التردد والسعة ينتج عنها تقويه للصوت في مواضع تسمى (تداخل بناء ) وضعف أو إنعدام في الشدة في مواضع تسمى (تداخل هدام) [3].و شروط حدوث التداخل هي:

- ❖ أن يكون للموجتين نفس التردد والسعة.
- ❖ أن يكون خط إنتشار الموجتين واحدا أو بينهما زاوية صغيرة جدا.

## I-8-4- الإنعراج:

وهو تغيير في مسار الموجة أو إنحناؤها عند مرورها من فتحة ضيقة بالنسبة لطول موجتها أي عندما تكون أبعاد الفتحة مقاربة لطول الموجة أو عند مرورها بحافة حادة في نفس الوسط [5].



**الشكل(I-7):** انعراج الصوت من أجل فتحات مختلفة [11].

## I-8-5- الإنكسار:

عندما تغادر موجات صوتية من وسط الى وسط آخر ذو خصائص مختلفة عن طريق الوسط الأول فإن سرعتها تتغير وكذلك إتجاهها[6].

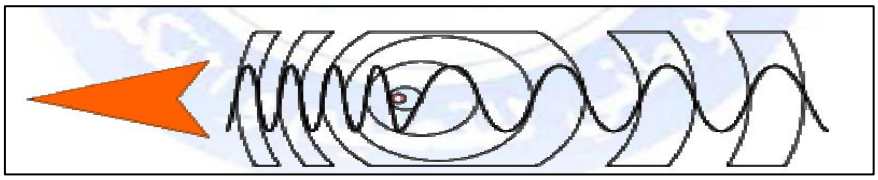
## I-8-6- ظاهرة دوبلر:

يعبر فعل دوبلر عن الفارق بين تواتر الموجة الصادرة والموجة المستقبلة عندما يكون جهاز الإصدار و جهاز الإستقبال في حالة حركة بالنسبة لبعضها البعض.

ويظهر فعل دوبلر كذلك عندما تعكس موجة على جسم في حالة حركة بالنسبة لجهاز الإصدار أو جهاز الإستقبال.

أي عندما يقترب منبع صوتي من مراقب يحدث إنضغاط للأمواج الصوتية، ويصبح طول الموجة قصيرا ويكون الصوت الصادر أكثر حدة.

عندما يبتعد منبع صوتي من مراقب يحدث تمدد للأمواج الصوتية، ويصبح طول الموجة طويلا ويكون الصوت الصادر أكثر غلظة[2].



**الشكل (I-8):** التفسير الفيزيائي لظاهرة دوبلر[2].

## I-9- مجالات الأمواج الصوتية:

يختلف البشر في قدرتهم على سماع الأصوات، ونحن نعلم جميعا أن سمع بعض الناس قد يضعف لسبب من الأسباب، وبذلك تقل حساسية آذانهم بدرجة كبيرة عن حساسية أذن الشخص ذي السمع العادي ومع ذلك يتفق معظم الناس إلى درجة كبيرة في شدة الصوت الذي يمكن سماعه بالكاد، وكذلك في جهارة الصوت المسبب للألم، ومن ثم يمكننا وضع حدود متوسطة للقدرة السمعية للأذن البشرية[1].

وتعتمد استجابة الأذن للصوت على تردده بالإضافة إلى شدته، فالأذن أكثر حساسية لبعض الترددات من البعض الآخر.

ولتسهيل الدراسة تم تصنيف الأمواج الصوتية حسب قيمة ترددها إلى [1]:

### I-9-1- الأمواج تحت صوتية (Infrasons):

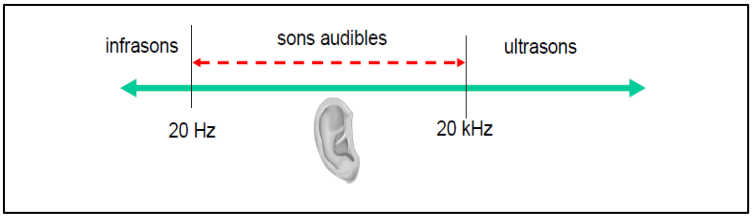
هي الأمواج التي تكون القيمة العظمى لترددها 20Hz، علما بأن الأصوات التي ترددها تحت هذه القيمة لا تسمعها الأذن البشرية بينما تستطيع بعض الحيوانات مثل (القطط والكلاب ) سماعها.

### I-9-2- الأمواج الصوتية (Sons audibles):

هي الأمواج التي تكون قيم ترددها ضمن المجالHz(20-20000 )، وسميت بالأمواج الصوتية لأن الأذن البشرية تسمع الأصوات التي يكون ترددها ضمن هذا المجال.

### I-9-3- الأمواج فوق الصوتية (Ultasons):

هي الأمواج التي يزيد ترددها عن حوالي 20000Hz، وسميت بهذا الاسم لأن ها تقع ضمن مجال تردد فوق مجال تردد إستجابة الأذن البشرية.




**الشكل(I-9):** تقسيم المجالات الصوتية حسب ترددها.

وسنخصص دراستنا في الفصل الثاني على الأمواج فوق الصوتية.

# الفصل الثاني

# الأمواج فوق الصوتية

## يهدف الفصل:

- مقدمة عامة عن الأمواج فوق الصوتية
- انتشار الأمواج فوق الصوتية
- تخامد الأمواج فوق الصوتية وكثافتها
- توليد الأمواج فوق صوتية
- تطبيقات الموجات فوق الصوتية

## II-1- مقدمة عامة عن الأمواج فوق الصوتية:

كما هو حال الأمواج الصوتية فإن الأمواج فوق الصوتية عبارة عن اهتزاز ميكانيكي يتحرك على شكل سلسلة من الانضغاطات والتخلخلات عبر وسط الانتشار، وهي ذات ترددات أعلى من مدى السمع البشري أي أكبر من 20كيلوهرتز. نتيجة هذا التردد العالي فإنه عندما تجابه هذه الأمواج عقبات صغيرة فإنها ترتد أو تنعكس بسهولة مكونة ظاهرة الصدى.

وتتميز هذه الأمواج أيضا بأنها تنتشر في حزم ضيقة محدودة مما يجعل بالإمكان توجيهها في اتجاهات محددة، وترجع تلك الخاصية إلى قصر الطول الموجي لها، فلا يظهر أثر ملموس لظاهرة الحيود عند أطراف الفتحات أو العوائق التي تقابلها[10].

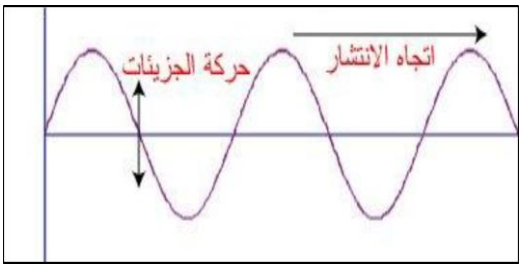
وتتعرض هذه الأمواج إلى نفس الظواهر(السرعة ،التواتر، السعة...إلخ ) التي تتعرض لها الأمواج الصوتية والتي ذكرنها في الفصل الأول.

## II-2- انتشار الأمواج فوق الصوتية:

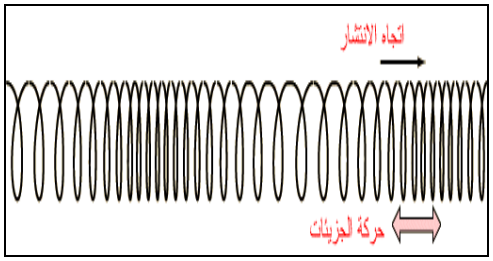
### II-2-1- أنماط الانتشار(Wave modes) :

إن طريقة انتشار الأمواج فوق الصوتية تشير غالبا إلى مصطلح يدعى بأنماط الموجة منها الأمواج فوق الصوتية الطولية(longitudinal) ينتج عنها اهتزاز يكون شكله موازي لإتجاه انتشارها وأمواج فوق الصوتية المستعرضة(transverse) يكون شكل اهتزازها الناتج عمودي على اتجاه الانتشار تعد هذه الاخيرة أكثر استخداما، لكن هناك أنواع أخرى من الأنماط يمكن أن تنتشر في حالات معينة منها الأمواج فوق الصوتية السطحية(Surfas)شكل اهتزازها الناتج يكون مداراهليلجي ...إلخ. حيث يتم تحديد النمط بأخذ مجموعة من المقادير بعين الاعتبار كالتردد ،سماكة و نوع العنصر الفعال للجهاز الذي يولد الأمواج فوق الصوتية والمادة المخمدة المستخدمة فيه...إلخ [4][1].

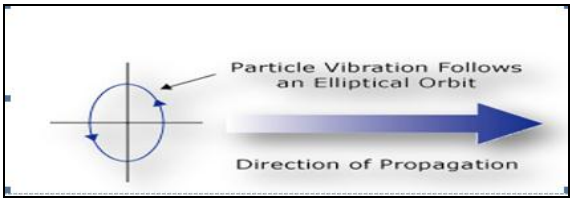
الاشكال التالية توضح هذه الانماط:




**الشكل (II-1):** انتشار موجة مستعرضة[5].



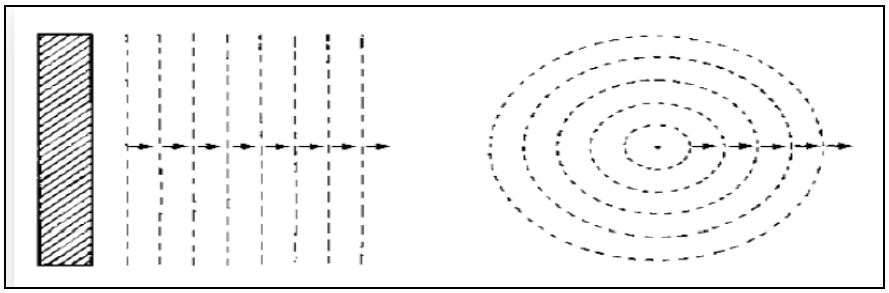

**الشكل(II-2):** انتشار موجة طولية[3].




**الشكل (II-3):** الموجة سطحية[10].

## II-2-2- سطوح الموجة:

مناطق الانضغاط للموجة فوق الصوتية تظهر على شكل خطوط عمودية على اتجاه حركة الموجة في الوسط، وهذه الخطوط تشير إلى سطوح الموجة.
من أجل منبع فوق صوتي ذو أبعاد كبيرة فإن سطوح الموجة فوق الصوتية تظهر كخطوط مستقيمة بفراغات متساوية، سطوح الموجة من هذا النوع تدعى سطوح الموجة المستوية والموجة فوق الصوتية التي تظهر تدعى الموجة المستوية.
من ناحية أخرى فإن الموجة فوق الصوتية التي تنشأ من منبع ذو أبعاد صغيرة جدا (منبع نقطي ) تكون سطوح الموجة الخاصة بها كروية بقطر يتزايد مع تزايد المسافة عن المنبع [6][10].



**الشكل(II- 4):** سطوح الموجة المستوية والكروية[10].

في المناطق التي يتم فيها تداخل مناطق الضغط لكل موجة صغيرة مع الأخرى يتم تأسيس حالة تداخل بناء مع وجود هذا التداخل فإن الموجات الصغيرة تعزز بعضها البعض، والضغط الكلي في المنطقة هو مجموعة مناطق الضغط لكل موجة صغيرة، أما في المناطق التي يتم فيها تداخل منطقة الضغط لموجة صغيرة مع منطقة التخلخل لموجة أخرى يتم تأسيس حالة تداخل هدام، في هذه المناطق تقل الكثافة الجزئية[6][10].

## II-2-3- تخامد الأمواج فوق الصوتية وكثافتها:

تتناقص شدة الصوت مع المسافة عندما تنتقل خلال وسط الانتشار، وبشكل عام تنتج المواد الطبيعية تأثيرات تضعف الصوت ، هذه التضعيفات ناتجة عن التبدد و الامتصاص.
يدعى مجموع تأثيرات التبدد و الامتصاص بالتخامد وهو عبارة عن معدل تلاشي الموجة خلال انتشارها في المادة أو الوسط.
غالبا ما يكون تخامد الأمواج ضمن نفس المادة غير ملحوظ بشكل كبير، ويمكن أن يتعلق التخامد بالخصائص الطبيعية وحالات الطقس.

بسبب التخامد الذي يطرأ على الأمواج فإن الكثافة (كمية الاستطاعة في وحدة المساحة) تتناقص أثناء انتشارها[10].

## II -4- الممانعة الصوتية:

هي ممانعة ذرات المادة للاهتزاز الناتج عن التعرض للأمواج فوق الصوتية (أو الصوتية) [10].
وتحسب وفق العلاقة: $Z = PC$
حيث أن:
Z: الممانعة الصوتية. C :سرعة الصوت في المادة. P :كثافة المادة.

## II-3- توليد الأمواج فوق صوتية:

**II-3-1- آلية توليد الأمواج فوق الصوتية:** هناك طريقتين أساسيتين لتوليد الأمواج فوق الصوتية هما

### II-3-1-1- الظاهرة البزو كهربائية (Piezoelectric effect):

تمتاز بعض البلورات و من أهمها بلوات الكوارتز بخاصية طبيعية، إذا وقعت شريحة منها تحت ضغط خارجي شحن أحد وجيهيها بشحنة كهربائية والوجه الأخر بشحة كهربائية معاكسة، وإذا تمددت أو انضغط تلك الشريحة تنعكس تلك الشحنات وهي خاصية عكسية، وبتلك الطريقة نستطيع الحصول على تتابعات من الانضغاطات والتمدد تغير نوع الشحنة على كل من الوجهين.

### II-3-1-2- ظاهرة تمدد/ تقلص المادة المغناطسية (Magnetostriction effect):

عند مغنطة قضيب من مادة قابلة للمغنطة نلاحظ زيادة في طوله ويعود لطوله الأصلي بإزالة المغنطة عنه ،وبهذه الطريقة نستطيع توليد موجات فوق صوتية، عند القيام بلف هذا القضيب بملف ووصلناه بدارة رنين كهربائي لها تردد يساوي التردد الطبيعي للقضيب، فإنه عندما تهتز الدارة الكهربائية فإنها تتابع مغنطة القضيب ولإزالة المغنطة عنه نختار نفس التردد.

- ❖ كلا الطرقتين السابقتين تعملان على توليد الأمواج فوق صوتية عن طريق نقل الاهتزاز إلى غشاء رقيق بشكل دوري وفق التردد المرغوب ضمن مجال الأمواج فوق صوتية[10][8].

## II-4- تطبيقات الموجات فوق الصوتية:

للأمواج فوق الصوتية عدة استخدامات في شتى المجالات من بينها:

### II -4-1- الموجات فوق الصوتية وصناعة الجلود:

تستخدم الموجات فوق الصوتية عالية التردد في دباغة الجلود حيث انها تعمل على تمزق خلايا الكائنات الحية وتخريب كريات الدم وتهشيم الانسجة الحية في الجلود . الامر الذي يمنع عنها التعفن وهناك تأثيرات اخرى لهذه الموجات حيث انها تمزق خيوط الاعشاب المائية، وكذلك اذا تعرضت الاسماك والضفادع الصغيرة الى الموجات فوق الصوتية لمدة تتراوح بين دقيقة واحدة ودقيقتين يكفي القضاء عليها تماماً كما ترتفع عند ذلك درجة حرارة جسم الحيوان الى45درجة مئوية، كذلك تستخدم في الكشف عن الحمل عند الأغنام ومكافحة الجراد عن طريق ارسال هذه الموجات لمنعها من التكاثر[7].

## II-4-2- تطبيقات الامواج فوق الصوتية في التكنولوجيا:

تستخدم الامواج فوق الصوتية بصورة خاصة في صناعة الميتالورجي وذلك لاكتشاف عدم التجانس والفجوات الغازية وغيرها من العيوب الموجودة في داخل القطعة المنتجة، ان طريقة الفحص الاشعاعي للمعدن بواسطة الذبذبات فوق الصوتية تتلخص في غمر المعدن المراد فحصه بالزيت وتعريضه لتأثير الذبذبات فوق الصوتية.

ان الاقسام غير المتجانسة عن القطع المعدنية تشتت الصوت على هيئة ما يسمى (ظل الصوت)، والذي يظهر بصورة واضحة مجسمة على التموجات المنتظمة لطبقة الزيت المحيط بالقطعة المعدنية، بحيث يمكن تصويرها تماما بواسطة الذبذبات فوق الصوتية نستطيع ان نفحص قطعة معدنية يبلغ سمكها مترًا واحداً او اكثر وهو عمق لا يمكن لاشعة اكس ان تصله و بذلك تكتشف العيوب الدقيقة للغاية الى حد (1mm)، ولاشك ان الذبذبات فوق الصوتية ستستخدم في المستقبل على نطاق واسع جداً [7].

## II-4-3- تطبيقات الامواج فوق الصوتية في مجال الطب:

نسمع كثيرا عن استخدام الامواج فوق الصوتية في تصوير الجنين في رحم الأم وهو في مراحل تكوينه وكذلك عن استخدام الامواج فوق الصوتية في تقنية الحصى دون اجراء العمليات الجراحية، كما تستخدم الامواج فوق الصوتية في قياس سرعة الدم في الاوردة للاطمئنان على سلامة القلب، وتعد استخدامات الامواج فوق الصوتية في مجال الطب من الاساسيات التقنية للتشخيص دون إجراء عمليات جراحية [12].

# الفصل الثالث

# الأجهزة التي تعمل بالأمواج فوق الصوتية

**يهدف الفصل:**

- جهاز التصوير بالأمواج فوق صوتية .
- جهاز قياس تدفق النفط بالموجات فوق الصوتية

.

## III-1- تمهيد:

إن دراسة الأمواج فوق الصوتية والتعرف على ماهيتها جعل منها محل اهتمام الانسان، حيث سعى إلى توظيفها في شتى مجالات الحياة كالصناعة ،الطب، و التكنولوجيا...إلخ .حيث اخترع عدة أجهزة يعتمد مبدأ عملها على الأمواج فوق الصوتية.

## III-2- جهاز التصوير بالأمواج فوق صوتية :

تكنولوجيا تستخدم الأمواج فوق صوتية في التصوير الطبي، إذ يشبه في مبدأ عمله الخفاش الذي يطير في الليل مستعينا بالأمواج فوق صوتية التي يحدثها لتسقط على الأجسام أمامه وتنعكس عنها، فيسمعها ويحدد مساره دون الحاجة إلى حاسة الإبصار.

يتكون جهاز التصوير بالأمواج فوق صوتية من: مجس وحدة التحكم بالنبضات ،شاشة العرض و لوحة المفاتيح والموس، ووحدة تخزين و الطابعة[12].

### III-2-1- مبدأ عمله:

يرسل الجهاز أمواج صوتية بترددات صوتية عالية، تتراوح بين 1الى 5 ميجاهرتز على صورة نبضات توجه إلى جسم الإنسان من خلال مجس خاص.

تخترق هذه الأمواج جسم الإنسان لتصطدم بالفواصل والحدود الموجودة بين مكونات الجسم المختلفة مثل السوائل الموجودة بين طبقات الجلد الحد بين طبقة الجلد والعظم.

جزء من الأمواج المرسلة ينعكس عند الحدود الفاصلة بين مكونات جسم الإنسان وتعود إلى المجس بينما تستمر باقي الأمواج لتخترق طبقات أعمق في جسم الإنسان لتصل إلى حدود فاصلة أخرى وتنعكس عنها فترتد إلى المجس، ليلتقطها هذا الأخير تباعا عن طبقات جسم الإنسان التي اخترقها ويغذي فيها جهاز الأمواج فوق صوتية.

يقوم الجهاز بحساب المسافة بين المجس وطبقة الجلد والعضو الذي انعكست عنه الأمواج مستخدما سرعة تلك الأمواج في جسم الإنسان والتي تبلغ 1540 m/s، ومستخدما الزمن اللازم لعودة الموجات للمجس والتي تكون في حدود الميكرو ثانية، يظهر جهاز الأمواج فوق صوتية العلاقة بين المسافة وشدة الإشارة المنعكسة من جسم الإنسان، لتكون توزيع ثنائي الأبعاد للمسافة والشدة التي تعبر عن الصورة التي نشاهدها على الجهاز[12].

**الشكل( III -1 ):** جهاز التصوير بالأمواج فوق صوتية[12].

## III-3- جهاز قياس تدفق النفط بالموجات فوق الصوتية:

يعمل هذا الجهاز بالموجات فوق الصوتية ويمكن الحكم على فاعلية اي جهاز قياس تبعا لعدة عوامل منها سهولة استخدامه، قدرته على تخزين المعلومات وقدرته على العمل تحت ظروف مختلفة، بالإضافة الى عامل مهم وهو عدم إعاقة القياس بواسطة الجهاز لعملية الانتاج في الموقع المراد تركيب الجهاز فيه وفي هذا المجال يعتبر جهاز قياس التدفق بواسطة الموجات فوق الصوتية من اكثر اجهزة قياس التدفق ملائمة لهذا الغرض[13] .

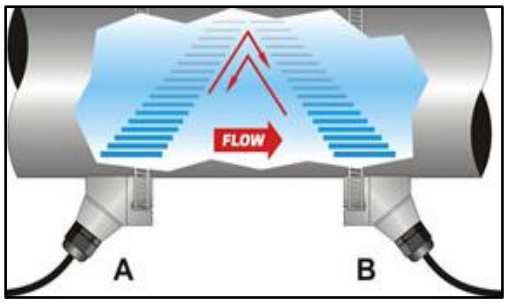
تنقسم أجهزة قياس التدفق بطريقة الامواج فوق الصوتية تبعا لطريقة عملها الى قسمين: أجهزة قياس التدفق بطريقة الزمن الانتقالي و أجهزة قياس تعتمد على مبدأ تأثير دوبلر.

### III-3-1- مبدأ عمله:

ان اجهزة التدفق العادية تتطلب فك الانابيب لتركيبها واعادة تركيب الانابيب الى ما كانت عليه، مما يعتبر في كثير من الاحيان أمر صعب التنفيذ بالإضافة الى توقف الانتاج لان تركيب وفك هذه الانواع من الاجهزة يستهلك الكثير من الوقت، الا انه باستخدام جهاز قياس التدفق بطريقة الامواج فوق الصوتية يتم التغلب على هذه المشكلة وذلك بتركيب مجسات الجهاز على السطح الخارجي للأنبوب دون الحاجة لفكه على الاطلاق ويعتمد الجهاز على طرقتين:

- طريقة القياس بطريقة الزمن الانتقالي:

تعتمد على مبدأ إزاحة الطور حيث يتم شبك مجسين على السطح الخارجي للأنبوب الذي يمر من خلاله السائل ، ويعمل كلا من هذين المجسين كمرسل ومستقبل بالتناوب حيث تمر الموجات فوق الصوتية عبر جدار الانبوب ومن ثم عبر السائل ذهابا وايابا متقاطعة مع السائل وينتقل جزء من الموجات فوق الصوتية باتجاه تدفق السائل والجزء الاخر يكون معاكسا له ، فيتم تسريع الموجة فوق الصوتية المنتقلة باتجاه التدفق بينما يحدث تباطؤ للموجات المنتقلة في الاتجاه المعاكس للتدفق في كلا من الموجتين، فيؤدي هذا الى تكون إزاحة في الطور، وهذه الازاحة ترتبط بشكل مباشر مع سرعة السائل المار في الانبوب[12].

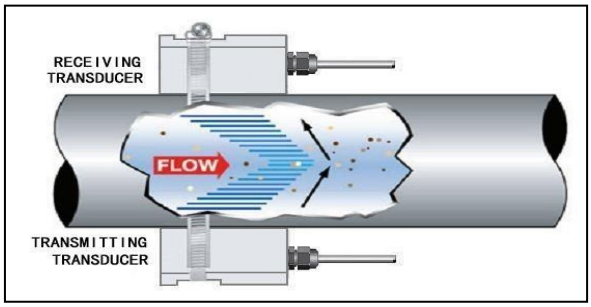



**الشكل( III -2 ):** مبدأ عمل جهاز بطريقة الزمن الانتقالي[12].

- طريقة التي تعتمد على مبدأ تأثير دوبلر :

ينص هذا المبدأ على ان الجسم الذي يصدر موجات معينة تكون موجات طويلة بالنسبة لنقطة مراقبة ثابتة إذ كان الجسم يسير باتجاه هذه النقطة، ويصبح طول هذه الموجات قصيرا عندما يبتعد الجسم عن هذه النقطة.

بناءا على هذا المبدأ تم تطوير جهاز قياس التدفق بحيث يتم ارسال حزمة من الموجات فوق الصوتية بشكل يتقاطع مع اتجاه السائل المار في الانبوب ،وهذه الموجات يرسلها مجس مثبت على الانبوب من الخارج وترتد هذه الموجات عائدة مرة أخرى، ويتم قياس الفرق بين تردد الموجة المرسلة والموجة المرتدة ومنه يتم حساب سرعة السائل وبالتالي حساب تدفقه [13].




**الشكل( III -3 ):** مبدأ عمل جهاز بطريقة التي تعتمد على مبدأ تأثير دوبلر[13].

يمكن استخدام هذا النوع من أجهزة القياس لجميع السوائل ومتوافق مع جميع أنابيب التي تنفذ منها الموجات فوق الصوتية سواء كانت انابيب معدنية او بلاستكية او حتى المبطنة بالإسمنت، إضافة الى هذه الميزات فان اجهزة قياس التدفق بواسطة الموجات فوق الصوتية لا يتسبب نتيجة لعدم إعاقته لتدفق السائل في حدوث الضغط، وكذلك أنه لا يتسبب في تلوث السائل المراد قياس تدفقه، وتعتبر أجهزة قياس تدفق النفط بالموجات فوق الصوتية من أجهزة قياس التدفق للسوائل السهلة الاستعمال وذات نسبة خطأ بسيطة وقليلة الاعطال ولاتحتاج لصيانه كثيرة[12].

**الشكل( III -4 ):** جهاز قياس التدفق بالموجات فوق الصوتية المحمول[12] .

# الخلاصة

## الخلاصة العامة

يتضمن هذا البحث دراسة وتحديد خصائص وطبيعة الأمواج فوق الصوتية وآلية توليدها، وكذلك تطبيقاتها في بعض المجالات، كما درسنا جهازين يعملان بمبدأ الأمواج فوق الصوتية، حيث قمنا في الفصل الأول بدراسة نذكر فيها الأسس و التعاريف الفيزيائية النظرية للحركة الموجية بالإضافة إلى القوانين الفيزيائية التي تسلكها الأمواج الصوتية، كما تطرقنا إلى الموجة الصوتية و مميزاتها وأهم ظواهرها و في آخر هذا الفصل تعرفنا على مجالات الأمواج الصوتية.

أما في الفصل الثاني تعرفنا على ماهية الأمواج فوق الصوتية وهذا من خلال إعطاء تقديم عام حولها وكيفية انتشارها، ومعرفة كيفية تخامدها وآلية توليدها، وفي النهاية عرجنا على أهميتها والتعرف على مجالات استخدامها.

كما تطرقنا في الفصل الثالث إلى دراسة بعض الأنواع للأجهزة التي تستخدم الأمواج فوق الصوتية مبدأ لعملها.

# المراجع

قائمة المراجع

**الكتب**

[1] بوش جيرد-أساسيات الفيزياء - الدار الدولية الاستثمارات الثقافية ش.م.م.مصر-1969.

[2] محمد قيصرون - مبادئ الفيزياء - مؤسسة دار العلماء للنشر والتوزيع الطبعة 4-1997.

[3] الصوت-المملكة السعودية المؤسسة العامة للتدريب التقني والمهني الادارة العامة لتصميم وتطوير المناهج.

[4] حمدي محمد م.أبو العلا- الذبذبات وانتشار الموجات( الجزء الثالث)- ديوان المطبوعات الجامعية1983.

[5] د.ميسون مقل-الحركة الموجة.

[6] وزارة التربية للجمهورية العربية السورية- كتاب الطالب ( السنة الثانية ثانوي العلمي)

2012- 2013.

[7] ياكوف بيريلمان - الفيزياء المسلية (الجزء الثاني)- موسكو-1937.

[8] المعهد التربوي الوطني - الجزائر- الفيزياء- الدوريات والجسيمات الجزء الثاني

(السنة الثانية ثانوي العلمي) -1990- 1991 .

[9] من إصدارات المركز العلمي للترجمة-المترجم د. حازم صلاح سكيك-الاهتزازات و الأمواج الميكانيكية (الجزء الخامس عشر)-24-12-2008 .

**المذكرة**

[10] عبد الرحمن أرناؤوط- محمد أنس بللار- دراسة وتنفيذ منظومة رادارية للمكفوفين- مشروع من أجل نيل البكالوريوس في هندسة الاتصالات-جامعة حلب -2011-2012 .

**الموسوعة**

[11] عبد العزيز عطوة- موسوعة عن الصوت- الزقازيف .011278669

**مواقع الأنترنت**

[12] http :www.// hazem sakeek.com / Qan da /car Engine.htm,12 mai 2014.

[13] http:// mand,2008.mom 9.com,12 mai 2014.

**الملخص**:

يدرس هذا الموضوع الامواج فوق صوتية وهي إحدى أهم الامواج الميكانيكية التي تحتاج إلى وسط مادي للإنتشار، تتولد هذه الامواج نتيجة ظاهرتين هما الظاهرة البيزو كهربائية وظاهرة تمدد وتقلص المادة المغناطيسية، وتنتشر هذه الأمواج وفق عدة أنماط أهمها النمط الطولي والمستعرض ويعد هذا الأخير أكثر إستخدام.

ونظرا لأهميتها البالغة فإن الأمواج فوق صوتية لها عدة إستخدامات في شتى المجالات منها الطبية والصناعية معتمدين على أجهزة يتمحور مبدأ عملها على الأمواج فوق الصوتية، كجهاز التصوير بالأمواج فوق الصوتية وجهاز قياس تدفق النفط. وتعتبر دراسة الأمواج فوق الصوتية واسعة جدا وفي إطار التطور والتجدد.

**Abstract:**

This subject is dealing with the waves ultra Sound, one of the Most important waves of mechanical that need a medium to spread , these waves generated as a result of two phenomenon which are peso electric and the phenomenon of dilation anch contraction of article magnetism The spread of these waves is according to several patterns of the most important is longitudinal and the browser the latter is more commonly used.

Due to its importance, the amount of ultrasonic waves has several uses in various fields ,including medical and industrial devices ,relying on the principle of its work cantered.