ظاهرة الاستطارة:

إن الموجات الصوتية تنتشر في جميع الاتجاهات عندما تسقط على حواجز ذات أبعاد صغيرة بالمقارنة مع الأطوال الموجية وسعة الموجات المنتشرة على مسافات بعيدة من الحاجز وعكسياً مع مربع الطول الموجي. وعلى هذا الأساس فإن الموجات القصيرة يكون انتشارها أكبر من الموجات الطويلة.

7. 18. ظاهرة دوبلر

لقد اكتشف العالم النمساوي كريستيان جون دوبلر (*1803-1853*) في عام *1842* أن لون أي جسم مضيء يجب أن يتغير إذا كانت هناك حركة نسبية بين الجسم والمشاهد، وقد تبين أن تردد الصوت يتغير إذا كانت هناك حركة نسبية بين المصدر والمستمع وتسري هذه الظاهرة، التي تعرف باسم ظاهرة دوبلر، على جميع الموجات بصورة عامة.

وقبل أن نطبق هذه الظاهرة على الموجات الصوتية دعنا نعطي مثالاً صوتياً مألوفاً. إذا كنت واقفاً في محطة وكانت هناك قاطرة سريعة قادمة من بعيد نحو المحطة مطلقة صفيراً مستمراً فإنك سوف تلاحظ ظاهرة غريبة وهي عدم ثبوت درجة صوت صفارة القاطرة. فتردد الصفارة أثناء اقترابها يبدو أعلى من ترددها عندما تكون قد مرت بك وأخذت بالابتعاد.

وهكذا يتضح أن درجة الصوت تتغير عندما تكون هنالك حركة نسبية بين المصدر والمستمع. فعندما يقترب المصدر من المستمع أو عندما يقترب المستمع من المصدر أو عندما يقترب كل منهما من الآخر فإن درجة الصوت المسموع تبدو أعلى من درجة الصوت الفعلية التي يولدها المصدر.

وبالمثل عندما يبتعد المصدر عن المستمع أو عندما يبتعد المستمع عن

المصدر، أو عندما يبتعد كل منهما عن الآخر فإن درجة الصوت المسموع تبدو أخفض من درجة الصوت الفعلية التي يولدها المصدر أن تأثير دوبلر في الصوت غير متماثل. فعندما يقترب المصدر من السامع بسرعة معينة فإن درجة الصوت تبدو مختلفة عن الحالة التي يقترب فيها السامع من المصدر فإن درجة الصوت تبدو مختلفة عن الحالة التي يقترب فيها السامع. أما في حالة الضوء فإن تأثير دوبلر متماثل.

وبصورة عامة فإن تأثير (أو ظاهرة) دوبلر في الصوت تحدث عندما يكون هناك حركة نسبية بين كل من:

(أ). مصدر الموجة الصوتية.

(ب). الوسط الناقل للموجة.

(ج). المستقبل الذي يستلم الموجة.

وسنحاول الآن إيجاد الصيغة العامة التي تحدد مقدار هذا التأثير في الصوت. وقبل البدء في العملية التحليلية للاشتقاق يجدر بنا أن نوضح هذا التأثير وصفياً. لهذا الغرض نأخذ حالتين بسيطتين تماماً.

في الحالة الأولى نفرض أن كلاً من المصدر والوسط والمستقبل في حالة سكون تامة. ونفرض أن المصدر الصوتي صغير جداً ويهتز بتردد ثابت ويبعث موجات كروية كما هو مبين في الشكل (7.8).

وبما أن الوسط الناقل للموجة الصوتية (الهواء عادة) متجانس وساكن فإن الموجات المنبعثة من المصدر تنتقل بسرعة واحدة في جميع الجهات. ففي كل هزة للمصدر تتولد موجة ذات جبهة كروية يطابق مركزها موقع المصدر ذاته.

وبتكرار الاهتزاز تتولد موجات كروية متتالية تفصلها مسافات متساوية وذات مركز مشترك. وفي هذه الحالة فإن المستقبل A (أي السامع A) يستلم

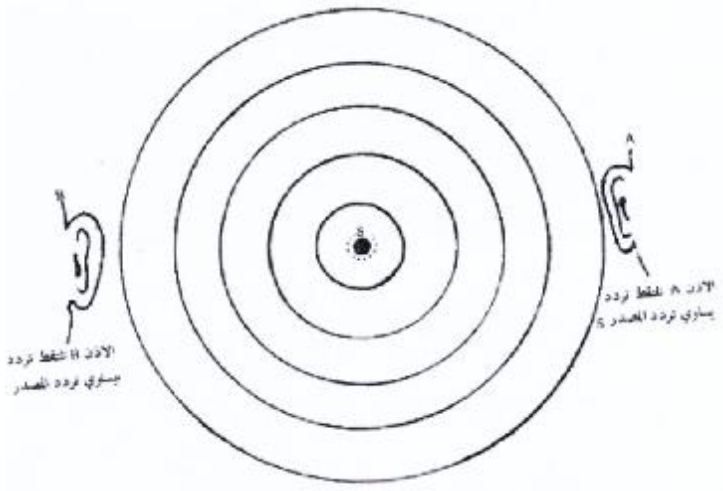
موجات صوتية بتردد يساوي التردد الحقيقي للمصدر S وكذلك المستقبل B (أي السامع B) يستلم موجات صوتية بتردد يساوي التردد الحقيقي للمصدر S.

وباختصار فإن تردد الصوت المسموع يساوي التردد الحقيقي للمصدر ومن ثم فإنه لا وجود لتأثير دوبلر في هذه الحالة.

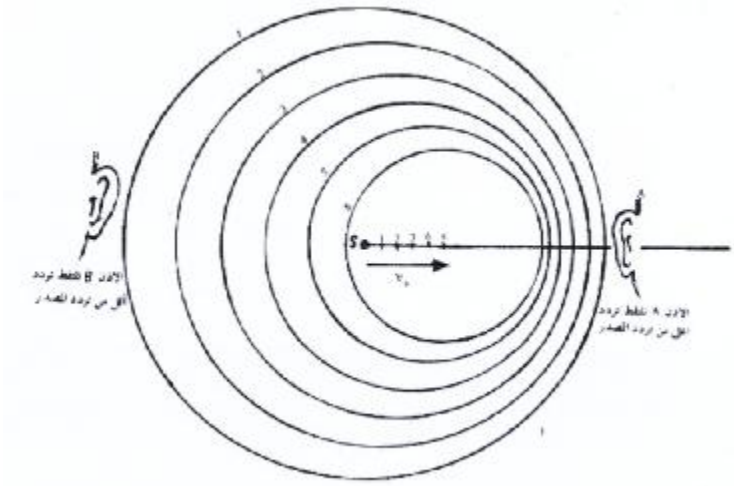
وفي الحالة الثانية نفرض أن المصدر S فقط يتحرك بسرعة منتظمة V_s إلى اليمين بينما الوسط والمستقبل في حالة سكون كما هو مبين في الشكل (7.9).

ويمكن تفسير هذا الشكل على النحو التالي: عندما يكون المصدر في لحظة ما في الموقع (1) فإنه يبث موجة ذات جبهة كروية هي الجبهة (1)، وفي اللحظة التالية بعد أن يتحرك المصدر إلى الموقع الجديد (2) فإنه يبث موجة كروية هي الجبهة (2) وهكذا تتولد جبهات كروية متعاقبة. وكل جبهة موجة هي عبارة عن كرة مركزها موقع المصدر الصوتي في لحظة انبعاث الموجة. ولما كان المصدر يتحرك نحو اليمين فإن مراكز الجبهات الكروية المتتالية التي يولدها المصدر تتحرك أيضاً.

وهكذا يظهر أن جبهات الموجة المتحركة نحو اليمين يتقارب بعضها من بعض، بينما جبهات الموجة المتقدمة نحو اليسار يتباعد بعضها عن بعض وبذلك فإن السامع A الذي يقترب منه المصدر S يستلم موجات بتردد أعلى من التردد الحقيقي للمصدر، بينما السامع B الذي يبتعد عنه المصدر S يستلم موجات بتردد أقل من التردد الحقيقي للمصدر.



الشكل (7.8) يبين مصدر صوتي S في وسط ساكن ويبث موجات صوتية بتردد ثابت الشخصان الثابتان B, A يستلمان الصوت المنبعث من المصدر وبالتردد نفسه



الشكل (7.9) يبين المصدر (S) يتحرك بسرعة منتظمة V_s نحو اليمين ويلاحظ أن مركز جبهة أي موجة كروية يطابق موقع المصدر في لحظة انبعاث تلك الموجة فالموقع (1) هو مركز الجبهة الكروية (1) والموقع (2) هو مركز الجبهة الكروية (2) وهكذا ...

ولإيجاد العلاقة الكمية لتأثير دوبلر يجب أن نأخذ بالحسبان جميع الحركات. حركة المصدر وحركة الوسط وحركة المستقبل. ولسهولة الاشتقاق فقط سنفرض أن جميع هذه الحركات منتظمة وفي اتجاه واحد وتقع على امتداد خط مشترك مواز للمحور السيني كما هو مبين في الشكل (7.10)

نفرض أن:

سرعة مصدر الصوت S بالنسبة لمرجع ثابت (وليكن الأرض) = V_s

سرعة الوسط الناقل للموجة (أي سرعة الهواء) بالنسبة للأرض = W

سرعة الصوت بالنسبة للهواء = C

سرعة السامع (O) أي سرعة المستقبل للموجة بالنسبة للأرض = V_0

والآن سنفترض فقط أجزاء من جبهات الموجة القريبة من الخط المشترك للحركة.

نفرض أن تردد المصدر (أي التردد الحقيقي للصوت الصادر من المصدر) هو f_s وأن الزمن الدوري لاهتزاز المصدر هو T حيث $T = \frac{1}{f_s}$ بعد مرور فترة زمنية T من إرسال جبهة الموجة (1) فإن المصدر يرسل جبهة الموجة (2).

وخلال هذه الفترة الزمنية T فإن جبهة الموجة (1) تزاح بالنسبة للوسط بإزاحة مقدارها CT. ولكن الوسط ذاته يتحرك أيضاً بالنسبة للأرض بسرعة W لذلك فإن هذا يؤدي في الوقت نفسه إلى إزاحة جبهة الموجة (1) بالنسبة للأرض بإزاحة إضافية مقدارها WT.

وعليه فإن جبهة الموجة (1) تزاح بالنسبة للأرض بمقدار $(C+W)T$ خلال الفترة الزمنية T. وفي الوقت نفسه فإن المصدر يزاح عن موضعه الأول خلال الفترة الزمنية بإزاحة مقدارها V_sT إلى الموضع الثاني حيث يرسل جبهة الموجة (2) وعليه فإن المسافة الفاصلة بين الجبهتين (1) و(2) هي:

$$(C+W)T - V_sT = (C+W-V_s)T$$

ولكن هذه المسافة تمثل بالضبط الطول الموجي l أي أن:

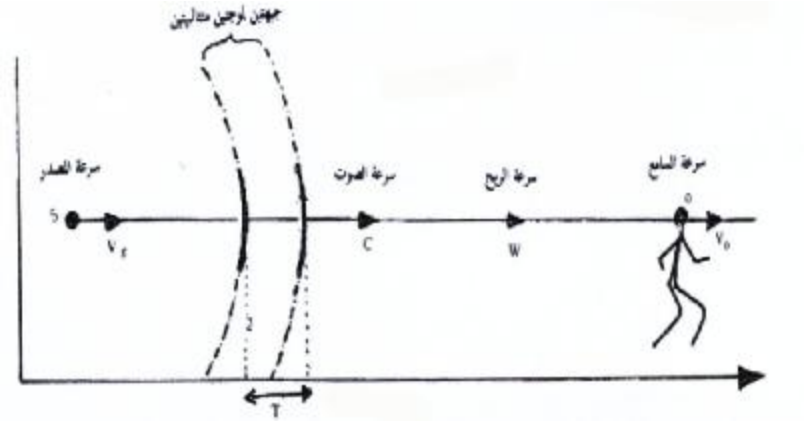
$$l = (C + W - V_s)T \qquad (7.40)$$

ولكن لدينا:

$$T = \frac{1}{f} \qquad (7.41)$$

لذلك فإن:

$$l = \frac{(C + W - V_s)}{f_S} \qquad (7.42)$$



الشكل (7.10)

إن أجزاء جبهات الموجة المتحركة في الاتجاه الموجب على امتداد المحور السيني x والمقاسة بالنسبة للأرض تتحرك بسرعة $(C+W)$، ولكن سرعة المستقبل (أي السامع (0)) بالنسبة للأرض هي (V_0) لذلك فإن سرعة جبهات الموجة بالنسبة للسامع هي:

$$(C + W) - V_0 = C - (V_0 + W)$$

وينبغي أن نلاحظ هنا أنه يجب أن تكون سرعة الصوت C بالنسبة للوسط (الهواء) أكبر من سرعة السامع بالنسبة للوسط $(V_0\text{-}W)$ وبذلك فإن

سرعة جبهات الموجة [$C-(V_0-W)$] بالنسبة للسامع ستكون موجبة القيمة دائماً.

وهذا يعني أن جبهات الموجة ستصل السامع وتتحرك بالنسبة له بقيمة مقدارها [$C-(V_0-W)$] وبعد أن تصل جبهة الموجة (1) للسامع فإن الزمن اللازم لوصول جبهة الموجة (2) للسامع هو T'. وهذا الزمن الفاصل بين وصول جبهتين متتاليتين المسافة بينهما l. وهذا الزمن يمكن الحصول عليه من تقسيم l من المعادلة (7.40) على السرعة [$C-(V_0-W)$] أي أن:

$$T' = \frac{1}{f_S}\left[\frac{C-(V_s-W)}{C-(V_0-W)}\right] \qquad \textbf{(7.43)}$$

فإذا افترضنا التردد الذي يستلمه السامع هو f_0 فإن:

$$f_0 = \frac{1}{T'} \qquad \textbf{(7.44)}$$

وبذلك فإن تردد الموجة الذي يصل أذن السامع هو:

$$f_0 = f_S\left[\frac{C-(V_0-W)}{C-(V_s-W)}\right] \qquad \textbf{(7.45)}$$

وهذه هي العلاقة العامة لتأثير دوبلر في حالة أخذ جميع السرع في اتجاه واحد. ولكي تكون هذه العلاقة صحيحة يجب أن تكون سرعة الصوت C أكبر من سرعة المصدر بالنسبة للوسط $(V_s - W)$. وعندئذ لا يمكن أن يكون المقام صفراً وبذلك فإن f_0 لا يمكن أن تكون ما لانهاية. وكذلك لا يمكن أن يكون المقام سالباً وبذلك فإن f_0 لا يمكن أن تكون سالبة.

أما إذا كانت سرعة الوسط (أي سرعة الريح W) باتجاه معاكس فإن إشارتها تنعكس وبذلك تصبح المعادلة الأخيرة كالآتي:

$$f_0 = f_S\left[\frac{C-(V_0+W)}{C-(V_s+W)}\right] \qquad \textbf{(7.46)}$$

وإذا كان الوسط ساكناً أي أن ($W=0$) يصبح شكل المعادلتين الأخيرتين كالآتي:

$$f_0 = f_S \left[\frac{C - V_0}{C - V_s} \right] \qquad (7.47)$$

وطبيعي أن هذه المعادلة صحيحة إذا كانت جميع السرع في اتجاه واحد.

إن هذه المعادلات المعبرة عن ظاهرة دوبلر تعد صحيحة في الصوت ولكنها ليست كذلك في الضوء.

ففي الصوت لا تكون الحركة النسبية للمصدر والمستمع هي التي تحدد التغير في التردد. فمن المعلوم أنه عندما تكون الحركة النسبية واحدة، أي في حالة حركة المصدر فقط أو المستمع فقط بسرعة معينة فإننا نحصل على نتائج وصفية مختلفة تتوقف على ما إذا كان المصدر أو المستمع هو الذي يتحرك.

وينتج هذا الفرق من أن V_0 وV_2 قد قيستا بالنسبة إلى الوسط الذي تنتشر فيه الموجات الصوتية. كما أن الوسط يحدد سرعة هذه الموجات في حين لا يحتاج الضوء إلى وسط مادي ينتقل فيه، كما أن سرعة الضوء بالنسبة إلى المصدر أو المشاهد هي دائماً مقدار ثابت، بغض النظر عن حركة هذه الأجسام بعضها بالنسبة إلى بعض. وهذا هو الفرض الأساسي في النظرية النسبية الخاصة.

من هذا نجد أنه في حالة الضوء ليس هناك ما يؤدي إلى تغيرات فيزيائية سوى السرعة النسبية للمصدر بالنسبة للمشاهد، إذ أنه ليس هناك وسط مادي يستخدم كمرجع ثابت.

وأخيراً يجب الإشارة أن هناك حالات كثيرة يتحرك فيها المصدر في الوسط بسرعة تزيد عن سرعة طور الموجة في هذا الوسط. في هذه الحالات تتخذ جبهة الموجة شكل مخروط رأسه عند الجسم المتحرك. ومن الأمثلة المألوفة هو موجة المقدمة لقارب سباق في الماء، والموجة الراجة (موجة الصدم) الناتجة من حركة طائرة أو قذيفة تنطلق في الهواء بسرعة تزيد عن سرعة الصوت في هذا الوسط.

أمثلة محلولة

مثال (1)

وجد أن منسوب الشدة لمصدر صوتي قدرته W واط في نقطة قياس على بعد معين من المصدر هي L ديسيبل فإذا وضع مصدر صوتي آخر له القدرة نفسها ويجاور المصدر الأول فما هو منسوب الشدة الناتج من المصدرين في نغمر نقطة القياس؟

الحل

نفرض أن شدة الصوت في نقطة القياس الناتجة من تشغيل المصدر الأول $=I$ لذلك فإن منسوب الشدة هو:

$$L = 10\log\frac{I}{I_0}$$

حيث I_0 هي شدة الصوت المرجعية.

وفي حالة تشغيل المصدر الثاني المماثل للمصدر الأول فإن شدة الصوت في نقطة القياس الناتجة نفسها من تشغيل المصدرين معاً $=21$، وإذا فرضنا أن منسوب شدة الصوت في هذه الحالة $=L'$ فعندئذ ينتج:

$$L' = 10\log\frac{2I}{I_0} = 10\log 2 + 10\log_{10}\frac{I}{I_0} \text{ ديسيبل}$$

ومنها نجد أن:

$$L' = L + 3$$

وهذه النتيجة تشير إلى أن هناك ارتفاعاً مقداره 3 ديسيبل في حالة مضاعفة الشدة.

مثال (2)

احسب مقدار التغير في منسوب شدة الصوت عندما تزداد شدة الصوت 10^6 مرة من شدته الأصلية ؟

الحل:

نفرض أن الشدة الأصلية للصوت = I_0

وأن الشدة النهائية للصوت = $I = 10^6 I_0$ وعليه فإن الزيادة في منسوب الشدة

الزيادة في منسوب الشدة = $10\log\frac{I}{I_0} = 10\log_{10} 10^6 = 60$ ديسيبيل

مثال (3)

موجتان صوتيتان لهما التردد نفسه وشدتيهما 10^{-16}، 10^{-12} واط لكل سم مربع. فما هو الفرق بين منسوبي شدتيهما؟

الحل:

الشدتان المطلقتان للصوتين هما:

$I_1 = 10^{-16}$ واط لكل سم مربع.

$I_2 = 10^{-16}$ واط لكل سم مربع.

منسوب الشدة الأول $= 10\log_{10}\frac{I_1}{I_0} = 10\log\frac{10^{-16}}{I_0}$ ديسيبيل

منسوب الشدة الثاني $= 10\log_{10}\frac{I_2}{I_0} = 10\log\frac{10^{-12}}{I_0}$ ديسيبيل

الفرق بين المنسوبين $= 10\log\frac{10^{-16}}{I_0} - 10\log\frac{10^{-12}}{I_0} = 10\log\frac{10^{-12}}{10^{-16}}$

$40 = 10\log 10^4$ ديسيبيل

مثال (4)

إذا كان متوسط شدة سوية الصوت لكل من جهازين راديويين مساوياً *45db*، فما هو متوسط الشدة المسموعة من كليهما عند تحويلهما إلى إذاعات مختلفة.

الحل:

إن الشدة لجهاز راديو واحد تساوي (I_r) وشدة سويته تساوي

$$B_1 = 45db = 10\log\frac{I_r}{I_0}$$

ومن أجل جهازي راديو يكون لدينا: $I_r + I_r = 2I_r$

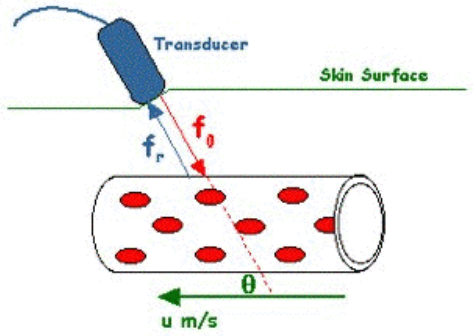
وسوية الشدة تساوي $B_2 = 10\log\frac{2I_r}{I_0}$

$$B_2 = 10\log 2 + 10\log\frac{I_r}{I_0} = 10\log 2 + B_1$$

$$B_2 = 3db + 45db = 48db$$

7. 19. تطبيقات مفعول دوبلر في قياس سرعة الدم

إن الانعراج في تواتر يمكن الاستفادة منه في قياس سرعة تدفق الدم صوت ذو تواتر مرتفع (ما فوق الصوتي). فإذا أردنا قياس سرعة لتدفق الدم اخترنا وعاء دموي أساسي (شريان معين) وحسب الشكل (7.11).



الشكل (7.11)

نرسم موجة ذات تردد مرتفع فوق صوتي، هذا الصوت يصطدم بكرية دم حمراء، وهذه الكرية التي لها سرعة تدفق الدم في الوعاء الدموي (v_c) تعكس الموجة فوق الصوتية حسب الشكل إلى الطرف الثاني من الوعاء الدموي حيث يستقبل الموجة جهاز الاستقبال. فإذا كانت زاوية المرسل مع مجرى الدم تساوي θ صغيرة فإن تواتر الصوت الساقط على كرية الدم الحمراء المتحركة باتجاه الموجة يكون تواتر الصوت الساقط عليها f_1 ويساوي:

$$f_1 = f\left(\frac{c - v_c}{c}\right)$$

c = سرعة الصوت في الدم

فإذا اعتبرنا أن كرية الدم تصدر التواتر f_1 فإن المستقبل يصله تواتر جديد يساوي: $f_r = f\ \frac{c}{v_c + c} = f\left(\frac{c - v_c}{c}\right)\left(\frac{c}{c + v_c}\right)$

وبذلك يكون التواتر:

$$f_r = f\left(\frac{c - v_c}{c + v_c}\right)$$

تعطى سرعة تدفق الدم في الشريان الأبهر لحظة نبضة الانقباض مساوية $1.5\times10^{-2} ms^{-1}$ ما هو الانزياح بتواتر دوبلر في جهاز قياس التدفق بالنسبة لتواتر المرسل والذي يساوي $10^5 Hz$. تعطى سرعة الصوت في الدم مساوية $157\ ms^{-1}$.

الحل: من العلاقة: $f_r = f_s \frac{c - v_c}{c + v_c}$

$$= 10^5 \frac{1570 - 1.5\times10^{-2}}{1570 + 1.5\times10^{-2}} = 99998.1 Hz$$

$$\Delta F = f_r - f_s = 99998.1 - 100000 = -1.9 Hz$$

وعندما تكون الإشارة سالبة فهذا يعني أن اتجاه الدم معاكس لاتجاه إرسال الموجة.

مثال (2)

وجد أن تواتر الصوت المنعكس من سطح خلية تتحرك بواسطة لاقط صوتي يساوي $f_r = f_s \frac{c - v_c}{c + v_c}$ فإذا كانت $c >> v_c$ فبرهن أن: $\Delta F = f_r - f_s = -\frac{2 f_0 v_c}{c}$

الحل:

$$f_r = f_s \frac{c - v_c}{c + v_c}$$

بإضافة وطرح (v_c) للبسط وبالتوزيع نجد:

$$= f_s \left[\frac{(c + v_c) - 2v_c}{c + v_c} \right]$$

$$= f_s \left[1 - \frac{2v_c}{c + v_c} \right] = f_s \left[1 - \frac{2v_c}{c} \right]$$

وبإهمال v_c من المقام:

$$\Delta F = f_r - f_s = -2 f_c \frac{v_c}{c} \Rightarrow v_c = -c \frac{\Delta F}{2 f_s}$$

ثانياً: بالتعويض بالعلاقة:

$$\Delta F = -2 f_c \frac{v_c}{c} = -2 \times 10^5 \frac{1.5 \times 10^{-2}}{1.570 \times 10^3} = -\frac{3}{1.57} = -1.9 Hz$$

وهو المطلوب.

7. 20. الأمواج فوق الصوتية

سنحاول في هذه الفقرة إعطاء فكرة عن خواص الأمواج فوق الصوتية وتطبيقاتها الطبية، حيث تستخدم أمواجاً تواتراتها تزيد عن *20000Hz*. تستخدم الأمواج فوق الصوتية التي تواتراتها من مرتبة $10^9 Hz$ في تشخيص الأمراض المختلفة كما تستخدم كأداة جراحية، ولها أيضاً تطبيقات صناعية كثيرة أخرى.

في الكثير من التطبيقات نرسل أمواجاً فوق صوتية فترتد جزئياً على السطوح المختلفة- يكون الارتداد متعلقاً بكثافة الوسط العاكس. إن التقاط الأمواج المرتدة أو ما يسمى الصدى (*Echo*) هو الذي يعطينا صورة وبالتحديد أكثر إذا كان لدينا وسطان الأول كثافته ρ_1 والثاني ρ_2 فالانعكاس يحدث على السطح الفاصل بين هذين الوسطين وفقاً للعلاقة:

$$\frac{I_r}{I_i} = \left(\frac{r_1 c_1 - r_2 c_2}{r_1 c_1 + r_2 c_2} \right)^2$$

الموجة:

c_1= سرعة ما فوق الصوتية في الوسط الأول.

c_2= سرعة الموجة ما فوق الصوتية في الوسط الثاني.

<u>مثال:</u>

تعطى كثافة نسيجين عضليين مختلفان في كثافتيهما بالقيمتين $\rho_1=1068Kgm^{-3}$، $\rho_2=1026Kgm^{-3}$ ما هي نسبة الشدة المرتدة بين هذين السطحين إلى الشدة الواردة.

<u>الحل:</u>

نستخدم المعادلة:

$$\frac{I_r}{I_i} = \left(\frac{r_1 c_1 - r_2 c_2}{r_1 c_1 + r_2 c_2} \right)^2 = \left(\frac{1068 kgm^{-3} - 1026 kgm^{-3}}{1068 kgm^{-3} + 1026 kgm^{-3}} \right)^2$$
$$= 0.00040$$

إذا ينعكس نسبة ضئيلة من الأمواج بينما الأمواج الباقية تستمر في اجتيازها للأنسجة. أهملنا هنا (*C*) لصغر الفرق بين الأنسجة المختلفة.

مسائل الفصل السابع

1- ميز بين التعريف الفيزيولوجي والتعريف الفيزيائي للصوت؟
2- ما هو مدى الترددات المسموعة؟ وهل هذا المدى ثابت لجميع الأشخاص؟
3- ما اسم الأمواج التي ترددها (أ) أقل من *20* هرتز (ب) أعلى من *20000* هرتز ثم بين كيف تحصل على مثل هذه الترددات.
4- هل يستطيع السامع أن يشخص ويحدد اتجاه أي مصدر صوتي بين مجموعة من المصادر تعمل سوية بالقرب من بعضها؟
5- عرف قانون ويبر-فيخنر، ثم بين أهميته العملية.
6- ما الفرق بين الشدة والعلو؟ وما هي العلاقة بينهما؟
7- ما الفرق بين التردد والدرجة؟ وهل هناك علاقة بينهما؟
8- ما المقصود بنوعية الصوت؟ وما هي العوامل التي تحدد نوعية الصوت؟
9- ما مدى شدة الصوت المسموع؟ وهل يتوقف ذلك على التردد؟
10- ما هي الخواص التي تميز بين أصوات المرأة والرجل والطفل؟
11- هل الأذن البشرية أكثر حساسية للتغيرات في التردد أم في الشدة؟ ناقش كيف تتغير حساسية الأذن مع التردد ومع الشدة ضمن المدى المسموع؟
12- وضح السبب الفيزيائي الذي يجعل درجة صوت النساء أعلى من درجة صوت الرجال.
13- هل تعتمد درجة الصوت على (أ) علو الصوت (ب) نوعية الصوت.
14- وضح لماذا تعد النغمة الموسيقية المسموعة التي يصاحبها توافقيات متعددة أغنى وأعذب من النغمة النقية الأحادية التردد؟

15- ما هو تأثير دوبلر؟ وضح على وجه الدقة هل يعني هذا التأثير تغيير في تردد المصدر المصوت أم تغيير في تردد الصوت المسموح؟ ثم بين كيف يحدث هذا التغيير في التردد.

16- هل لقاعدة دوبلر تأثير على درجة الصوت المسموع؟

17- كيف تميز بين صوتين لهما نفس العلو والدرجة وصادرين من مصدرين مختلفين؟

18- ما هي الصفات التي تمكننا من التمييز بين النغمات المنبعثة من الآلات الموسيقية المختلفة؟ وإذا كانت هذه النغمات لها نفس الشدة والتردد فهل يمكن أن نميز بين هذه النغمات؟ وضح بالتفصيل.

19- ناقش تأثير كل من حركة (أ) السامع (ب) المصدر (ج) الوسط في إحداث ظاهرة دوبلر.

20- بين كيف يمكن أن تحدد قيمة كل مما يأتي:

- الشدة.
- العلو.
- الدرجة.
- التردد.
- النوعية.

ثم وضح فيما إذا كانت القيمة تحدد بالقياس الفيزيائي أم بالتقدير الذاتي (أي التقدير الشخصي للسامع ذاته).

21- عرف البيل، الديسيبل؟

22- ما هي الأسباب المسوغة لاستخدام الديسيبل كوحدة للقياس في الصوتيات؟

23- هل الديسيبل وحدة قياس مطلقة أم نسبية؟ اذكر ذلك، ثم بين عند أي تردد تؤخذ القيمة المرجعية لضغط الصوت أو شدة الصوت. ثم وضح لماذا.

24- ما هو الضجيج؟ هل يمكن عدّ الصوت الموسيقي ضجيجاً؟ متى يمكن ذلك؟

25- وضح لماذا يسمع الشخص لضربات عندما يركض بين صافرتين تبثان نغمات لها نفس التردد؟

26- ما هو التردد الأساسي في عمود الهواء المحصور داخل أنبوبة رنين (أ) مفتوحة الطرفين (ب) مسدودة الطرفين (ج) أحد الطرفين مفتوح والآخر مسدود.

27- عدد أنواع المصادر الصوتية في الفيزياء.

28- وضح بالتفصيل كيف تميز بين صوتين أحدهما ينبعث من البيانو والآخر ينبعث من العود في حالة عزف الآلتين نفس النغم ؟

29- ما هي العوامل التي تؤثر في سرعة الصوت في الهواء؟

30- عدد طرق إيجاد سرعة الصوت في الجوامد والسوائل والغازات، ثم اشرح هذه الطرق بالتفصيل.

31- هل تتوقف سرعة الصوت في الجوامد على إبعاد الجسم الصلب. وضح ذلك.

32- وضح بالتفصيل مفهوم:

- سرعة الطور.
- سرعة المجموعة.
- سرعة الجسيم.

وما هي العلاقة بين هذه السرع؟

33- عرف الوسط المشتت للموجة. وبين أهميته بالنسبة لسرعة المجموعة

34- وضح مفهوم كل من ظاهرتي الحيود والاستطارة.

35- ما هي الموجة الراجة؟ وضح كيف تحدث.

36- علل لما يستمع المشاهد إلى نغمتين بترددين مختلفين عند تحريك شوكة رنانة مهتزة ومثبتة في صندوق الرنين بسرعة نحو حائط ثابت.

37- ما هو تردد الصوت الذي يلتقطه السامع في الحالات التالية:

(أ)- إذا كان المصدر فقط يتحرك مرة مقترباً من المستمع ومرة مبتعداً عن المستمع.

(ب)- إذا كان المستمع فقط يتحرك مرة مقترباً من المصدر ومرة مبتعداً عن المصدر.

(ج)- إذا كان كل من المصدر والمستمع يتحركان مرة يقتربان من بعضهما ومرة يبتعدان عن بعضهما.

38- شخص واقف ينتظر في موقف سيارات الأجرة لاحظ أن تردد النغمة المنبعثة من جهاز تنبيه سيارة متحركة بسرعة يهبط من *286* هرتز إلى *266* هرتز عندما تمر بالقرب منه، من هذه الملاحظة تمكن الشخص من حساب سرعة السيارة. علماً أن سرعة الصوت في الهواء هي *340* متر/ثانية. ما هي القيمة التي يحصل عليها الشخص لسرعة السيارة؟

39- قطاران يتحركان باتجاهين متعاكسين على سكتين متوازيتين ويقتربان من راصد ساكن ويطلق كل منهما صافرته بتردد *350* هرتز أحد القطارين يتحرك بسرعة *40* متر/ثا. فما هي السرعة التي يجب أن يتحرك بها القطار الآخر لكي يسمع الراصد *5* ضربات في الثانية؟ علماً أن سرعة الصوت في الهواء *340* متر/ثانية.

40- التردد الظاهري للصوت الذي يسمعه راصد ثابت هو ضعف التردد الحقيقي للمصدر الصوتي المتحرك نحو الراصد. احسب سرعة المصدر.

41- سيارتان A وB تتحركان بسرعة واحدة مقدارها 100 كم/ساعة فإذا أطلقت السيارة A جهاز التنبيه بتردد قدره 1000 هرتز. احسب التردد الظاهري الذي يسمعه ركاب السيارة B في:

(أ)- حالة اقتراب السيارتين من بعضهما على نفس الخط المستقيم.

(ب)- حالة ابتعاد السيارتين عن بعضهما على نفس الخط المستقيم الواصل بينهما؟

42- موجتان صوتيتان شدة الأولى $10^{-9}Wm^{-2}$ والثانية $5\times10^{-8}Wm^{-2}$ ماهو الفرق بين سوية شدتيهما الصوتيتين.

43- أوجد نسبة الشدة الصوتية لمنبعي صوتين أحدهما أعلى من الآخر بمقدار $10db$.

44- لدينا غاز مثالي قيمة معامل الكظومة له $K=gp$ حيث p تمثل الضغط وg نسبة الحرارة النوعية تحت ضغط ثابت وحجم ثابت $g=\frac{cp}{cv}$.

(أ)- برهن أنه من أجل غاز مثال نستطيع أن نكتب $P/\rho=RT/M$ حيث ρ تمثل الكثافة وM الكتلة الجزيئية للغاز.

(ب)- برهن أن سرعة الصوت في الغاز المثالي تساوي $c=\sqrt{gRT/M}$