



كلية العلوم

القسم : الكيمياء

السنة : الثانية

٩

المادة : اهتزازات وامواج

المحاضرة : السادسة/نظري/دكتورة

{{{ A to Z مكتبة }}}
مكتبة A to Z

Maktabat A to Z



كلية العلوم ، كلية الصيدلة ، الهندسة التقنية

يمكنكم طلب المحاضرات برسالة نصية (SMS) أو عبر (What's app-Telegram) على الرقم 0931497960



الأمواج الصوتية

الصوت: هو اضطراب تضاغطي (سلسلة من الضغوط والتخلخلات المتناوبة) ينتقل في المادة بحيث يؤدي إلى اهتزاز طبلة الأذن وبالتالي الإحساس بالسمع، بمعنى آخر الصوت هو عبارة عن حركة اهتزازية موجية تنتشر في الهواء (أو وسط آخر) الذي تلامسه الأذن مباشرة، تتميز بدورها T (الذي يُقاس بالثانية) وبترددتها f (الذي يُقاس بـ Hz) وبترددتها الزاوي w (الذي يُقاس بـ $\frac{\text{rad}}{\text{sec}}$) وبطولها الموجي λ (الذي يُقاس بواحدات الطول) وبشعاع انتشارها K (الذي يُقاس بواحدة مقلوب الطول m^{-1} والذي يسمى بوحدة كايزر في الكيمياء) وبسرعة انتشارها v ، وتعتبر الأمواج الصوتية أمواجاً طولانية، ولا يمكن للصوت الانتقال في الفراغ. وقد بينت الظواهر الصوتية أنه لا يمكن للأمواج الميكانيكية أن تمنح الإنسان الإحساس بالسمع إلا إذا تحققت الشروط التالية:

- 1- وجود وسط مرن بين الأذن ومصدر الصوت.
- 2- أن يكون للأمواج الصوتية قدرة (طاقة) كافية كي يشعر الإنسان بالصوت.
- 3- أن يكون تردد الصوت ضمن المجال السمعي للإذن البشرية.

$$f = \frac{1}{T} = \frac{w}{2\pi} = \frac{v}{\lambda} = \left(\frac{f}{2\pi}\right) \cdot K \Rightarrow w = vK$$

مجالات الصوت المختلفة وبعض تطبيقاته:

يمكن تقسيم الصوت إلى أربعة مجالات وفقاً للتردد والطول الموجي بالإصافة إلى سرعة الصوت:

1- **المجال دون الصوتي:** الذي تردد $> 20\text{Hz}$ ، وتحدث أثناء الزلزال كما تنتج عن حركة المواد المنصهرة، تسمعها بعض الحيوانات كالأبقار والأرانب وتحسها الأفاعي بجلدها أثناء حركتها بالحركة الاهتزازية لهذه الأمواج.

2- **المجال الصوتي:** يتراوح تردداته بين $20 - 20000\text{Hz}$ ، يُسمى التردد المسموع والذي له طول موجي يتراوح بين $0.017 - 17\text{m}$. تجدر الإشارة إلى أنَّ الأذن البشرية تتآلم إذا كانت الترددات أدنى من 100Hz وأعلى من 15000Hz . وللحصول على أمواج صوتية ذات ترددات موافقة لسمع الإنسان، يفضل استخدام أبواق أنصاف قطرها كبيرة، لأنها تولد أمواجاً كروية تنتشر بشكل متساوي في جميع الاتجاهات.

3- المجال فوق الصوتي: حيث تردد $> 20KHz$ ، وبالتالي فهو غير مسموع، يتم الحصول عليها حديثاً من البلورات الصلبة ومحولات الطاقة وأحد أهم هذه المحولات مكبر الصوت والتيلفون ومسجل الصوت المجهري (الميكروفون)، وهناك المفعول الكهرباغطي (الذي يرمز له PZT) الذي يحول جهداً ميكانيكياً مطبيقاً إلى فرق كمون (كما في القداحة التي تحول الضغط إلى شارة لهب). ويستخدم العديد من الحيوانات الترددات فوق الصوتية لتحديد موضع الصدى (الكشف المزدوج)، فالخفافش يستخدم التردد $200KHz$ بينما تستخدم الدلافين والحيتان التردد $100KHz$ وتستخدم الكلاب التردد $50KHz$.

4- مجال فرط الصوت: (أو أمواج وراء صوتية) التي لها ترددات أكبر من $10^{10} Hz$ ، وتنتج عن الأمواج الحرارية التي تنتشر في السوائل أو الأجسام الصلبة.

بعض من تطبيقات مجالات الصوت:

1- الاستفادة من سلوك بعض الحيوانات في ترقب حدوث الزلازل.

2- شدة وطاقة المجال فوق الصوتي عالية لذلك فإنّ له استخدامات في مجال الكشف والمعالجة، فتستخدم أمواجاً ترددتها بين ($0.2 - 2MHz$) في الكشف الطبي فوق الصوتي عن الحصى في الكلى ومن ثم تقنيتها، ومراقبة وضع الجنين وشفط الدهون بالاستفادة من الحرارة المتولدة عنها.

3- تُستخدم الأمواج فوق الصوتية في المخابر لتنظيف العناصر الضوئية من الأوساخ والغبار وفي اللحام فوق الصوتي.

4- تُستخدم تلك الأمواج لكشف العيوب في الأجسام الصلبة، كالثقوب والفتحات، وقياس سمكية جدران الأنابيب، كما تُستخدم في مجال الهندسة لأغراض التحكم والقياس.

5- تُستخدم في البحار للكشف عن الغواصات في الأعماق بالمبمار الصوتي.

سرعة الأمواج الصوتية في الوسط:

إنّ الصوت ينتشر في الوسط، وبالتالي فسرعة انتشاره تختلف بحسب كثافة الوسط وبنية المادة وخصائصها الترابطية المرنة، وتقوم الذرات والجزيئات بنقل الصوت، وسنرى أنّ سرعة الصوت أقل من سرعة الضراء أو الجزيئية الحاملة له. لكن الصوت لا ينتشر في جميع الأوساط، لذلك هناك مواد ناقلة للصوت مثل الهواء والغازات والسوائل وبعض المواد الصلبة المعدنية، ومواد عازلة له لأنّها تحوي تشوهات أو فيها فراغات مثل المطاط والفلين والإسفنج والخشب وغيرها. وكما هو معروف هناك علاقة بين الناقلية الحرارية والكهربائية في الجسم الصلب لأنّ الألكترونات تقوم بعملية النقل. يمكن إيجاد علاقة بين الموصليّة الحرارية والكهربائية

وموصلية المادة للصوت، علماً أنَّ الفونونات (واحدة كم الصوت، كما الفوتونات واحدة كم الضوء) هي التي تقوم بعملية نقل الصوت.

سرعة الأمواج الصوتية في الهواء والغازات:

تعتبر عملية تغير الضغط في الغاز الذي تنتشر فيه الأمواج الصوتية عملية تحول كظوم (أي لا يوجد تبادل للطاقة والأنتروبية تبقى ثابتة). عامل المرونة الحجمية K في الغاز المثالي، في هذه العملية $P = \gamma K$ ، حيث ضغط الغاز المثالي غير المثار، γ عامل التحول الكظوم. تُعطى سرعة الأمواج الصوتية في الغاز المثالي بالعلاقة التالية:

$$v = \sqrt{K/\rho} = \sqrt{\gamma P/\rho} = \sqrt{\gamma RT/M} \quad (1)$$

حيث T درجة حرارة الغاز المطلقة، ρ الكتلة النوعية للغاز المثالي، $C_p/C_v = \gamma$ والتي تُعرف في الترموديناميكي بأنها النسبة بين الحرارة المولية (النوعية) عند ضغط ثابت ومتناهياً تحت حجم ثابت، وقيمتها لـ الهواء تساوي 1.4 و R ثابتة الغاز المثالي (الكامل). وتعتبر سرعة الصوت في الهواء مقداراً ثابتاً له أهمية علمية خاصة، وتبلغ قيمته في الشرطين النظاميين من الضغط ودرجة الحرارة STP حوالي 330 m/s . أما سرعة الصوت في الغازات فتتغير بتغيير عدة عوامل منها:

1- الضغط، فإذا فرضنا أنَّ درجة الحرارة ثابتة، فإنَّ تغير الضغط يؤدي إلى تغير الكثافة، مما يؤدي إلى ثبات المقدار P/ρ .

2- تزداد سرعة الصوت بزيادة درجة الحرارة، حيث إنَّ تغييراً في درجة الحرارة بمقدار 10 درجات مئوية يؤدي إلى تغير سرعة الصوت بحوالي 6 m/s ، ويؤدي ذلك إلى تغير الكثافة، لذلك فإنَّ سرعة الصوت تتغير في طبقات الجو العليا.

3- تغير سرعة الصوت مع اتجاه الرياح، فيجب أن تزداد أو تتناقص وفق كون الرياح موافقة أو معاكسة لاتجاه الصوت.

4- تغير سرعة الصوت مع الكتلة المولية للغاز (الوزن الجزيئي للغاز- M)، ذلك لأنَّ الذرات والجزيئات تقوم بنقل الصوت، ولما كانت سرعة الجزيئية وفقاً لدروس الحرارة هي: $v_m = \left(\frac{3P}{\rho}\right)^{\frac{1}{2}}$ ، فيمكن أن نجد أنَّ النسبة بين سرعة الصوت وسرعة الجزيئية تُعطى بالعلاقة: $\frac{V}{V_m} = \frac{\gamma}{3}$ ، مما يُظهر أنَّ سرعة الصوت

لا يمكن أن تكون أكبر من سرعة الجزيئة الناقلة له. سرعة الصوت في الغازات أكبر من سرعته في الهواء.

الجدول (1): سرعة الصوت لبعض الغازات عند درجة الحرارة $20^{\circ}C$

$v(m/s)$	M(g)	الغاز
343	28.8	الهواء
280	44	ثاني أكسيد الكربون
328	32	الأوكسجين
355	28	النتروجين
926	4	الهيليوم
1310	2	الهيدروجين

سرعة الأمواج الصوتية في السوائل:

بما أنَّ الأمواج الصوتية انضغاطية، فإنَّ سرعتها في الماء تُعطى بالعلاقة التالية:

$$v = \sqrt{\frac{B}{\rho}} \quad (2)$$

حيث ρ كثافة الماء، B : معامل المرونة الحجمي، $B = \frac{\Delta P}{\Delta V/V}$ ، حيث ΔV : التغير في الحجم V الذي يسببه تغير في الضغط قدره ΔP ، وبما أنَّ الماء صعب الانضغاط (قيمة B كبيرة) فإنَّ سرعة الصوت v فيها كبيرة.

سرعة الأمواج الصوتية في الأجسام الصلبة:

تُعطى سرعة الأمواج الصوتية في وسط متجانس بالعلاقة التالية:

$$v = \sqrt{(Y/\rho) \cdot F(\mu)} \quad (3)$$

$F(\mu)$: مقدار ما يتغير بحسب قيمة عامل بواسون μ (الذي يحدد العلاقة بين الانفعال الطولي والانفعال القطري، حيث $0.5 < \mu < 1$ في معظم الأجسام الصلبة بينما قيمته تقترب من الواحد في الأجسام الصلبة المرنة).

أما في الأجسام غير المتجانسة فتختلف الصفات المرنة باختلاف الاتجاهات، ولذلك تختلف سرعات الأمواج الصوتية باختلاف اتجاه انتشارها.

ملاحظات هامة:

- سرعة الصوت في الماء أكبر من سرعته في الهواء بعده مرات.
- سرعة الصوت في الجسم الصلب أكبر من سرعته في الهواء بحوالي 15 مرة.
- سرعة الصوت في الأوساط الثلاثة لها التابعية نفسها للكثافة والمرنة، لكن يجب التنويه إلى أنَّ سرعة الصوت في المائع تزداد قليلاً مع زيادة درجة الحرارة لكنها تتناقص مع زيادة حرارة المعدن (النحاس مثلاً) نظراً لتناقص المرنة بالحرارة، لذلك يفضل مقارنة سرعة الصوت في الأوساط المختلفة ولكن $\frac{u}{v} = M$ مع سرعته في الهواء v . وبالتالي نُعرف عدد ماك (ماخ) بأنَّ النسبة بين هاتين السرعتين: $M = \frac{u}{v}$ ونقارن مختلف السرع بالنسبة لهذا العدد:
 - إذا كان $1 < M$ فالسرعة دون صوتية كما في سرعة المركبات.
 - إذا كان $1 = M$ فالسرعة صوتية أي تعادل سرعة الصوت في الهواء.
 - إذا كان $1 > M$ فالسرعة فوق صوتية كما في سرعة بعض الطائرات الحربية التي تصل إلى $3.3M$ مع العلم أننا نحصل على سرعة صوتية مفرطة عندما تتجاوز سرعة المتحرك خمسة أضعاف سرعة الصوت.

الشدة الصوتية:

نعلم أنَّ الجسم المهترز الذي يرسل الموجة على وتر يبعث الطاقة مع هذه الموجة، وكذلك جميع الأمواج تحمل الطاقة معها خلال انتشارها بما فيها الأمواج الصوتية، وقد سبق أن بينما اختلف حساسية الأذن البشرية باختلاف تواتر المنبع الصوتي حيث لا يُسمع الصوت ذو التواتر المنخفض الشدة (الجهارة) ولا الصوت ذو التواتر المرتفع جداً الذي يسبب الألم، لكن حساسية الأذن تتوقف أيضاً على شدة المنبع الصوتي. يُرمز للشدة الصوتية بالرمز I وتحطى بالعلاقة التالية سواءً كانت الموجة تواافقية أو كروية:

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2} = v \left(\frac{\rho w^2 s_0^2}{2} \right) = \frac{P_0^2}{2\rho v} \quad (4)$$

حيث: P القدرة مقاسة بواحدة w , r : نصف قطر الكرة، $P_0 = v \rho w s_0$: الضغط الذي تولده الموجة على الأذن، s_0 : الإزاحة. نلاحظ من العلاقة (4) أنَّ الشدة تتناسب عكساً مع مربع البعد r أي أنها تحقق التربع

العكسى، فيكون: $\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$ ، ويتبين لنا مما سبق أن هناك عتبة لسماع (شدة صغرى) وعتبة ألم (شدة عظمى)، وفيما بينهما يمكن سماع الصوت.

تعبر رياضياً عن تأثير الأذن بالأصوات وفقاً للمقياس التالي:

$$\beta = 10 \log\left(\frac{I}{I_0}\right) \quad (5)$$

حيث: $I_0 = 10^{-12} \text{ W/m}^2$ شدة صوت معيارية أو مرجعية، أي أنه كلما زادت شدة الصوت بمقدار 10 وحدات، ارتفع مستوى شدته بمقدار 10dB. مع العلم أن dB هي الديسيبل.

تمرين: لدينا متبوعان صوتيان شدتهما I_1 و I_2 قارن بين مستوى شدتهما، علماً أن مستوى الشدة للموسيقى الصالحة 110dB، ومستوى الشدة للضرب بالمطرقة 90dB

الحل: لنفرض أن $\beta_2 = 10 \log\left(\frac{I_2}{I_0}\right)$ و $\beta_1 = 10 \log\left(\frac{I_1}{I_0}\right)$

$$\beta_2 - \beta_1 = 10(dB)[\log I_2 - \log I_1] = 10(dB)\log\left(\frac{I_2}{I_1}\right)$$

$$\beta_2 - \beta_1 = 110 - 90 = 20dB$$

فالنسبة بين شدتي المتبوعان هي: 10^2 .



A to Z مكتبة