الضجيج في المدينة

① مقدمة

تعتبر الضوضاء من أنواع التلوث السمعي حيث انها صنفت بأنها ضارة على صحة الانسان وتزداد يومًا بعد يوم وخصوصًا في المناطق الحضرية المزدحمة بالسكان وبجانب الطرق السريعة والمطارات والمناطق الصناعية والبناء والانشاءات والخدمات العامة.

والضجيج هو نوع من التلوث الجوي الاهتزازي لصدر على شكل موجات ويوجد هناك تعاريف كثيرة ومختلفة للضوضاء على سبيل المثال: تعرف الموسوعة البريطانية الضوضاء بأنه " الصوت الغير مرطوب " أما الموسوعة الامريكية فتعرفه بأنه " الصوت الغير مرغوب " إذن الضجيج هو الصوت المرتفع الغير مرغوب فيه، يقاس بوحدة دولية تسمى الديسبال dB (decibel) نسبة الى المخترع الأمريكي (غراهام بل) مخترع الهاتف

② الخاصية الفيزيائية للصوت.

سرعة الصوت في الهواء الطلق 340m/s و 5000m/s في الحديد و 1430 m/s في الماء

سرعة الصوت تتغير حسب تغير درجة الحرارة T

$$v = 331 + 0,6\,T \quad (m/s)$$

v : سرعة الصوت

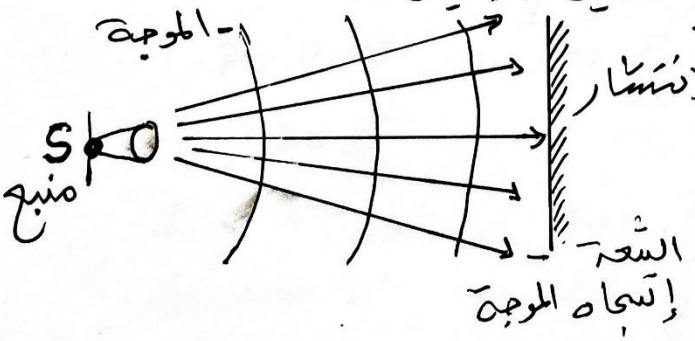
T درجة الحرارة

الاشارات الصوتية التي تقطع الموجة الى أذن الانسان العادي يكون ترددها (16Hz – 16000Hz)

③ تقسيم الضجيج

يقسم الضجيج حسب اشارتين رئيسيتين.

- مكان البث أو المنبع
- خاصيات التسجيل والانتشار



* يوجد ضجيج منبعه خارجي :
- ضجيج طرق المرور والسكك الحديدية
- ضجيج الطائرات النفاثة
- ضجيج الورشات الصناعية
- ضجيج ناتج عن سقوط الامطار والعواصف والرياح والرعد

* ضجيج منبعه داخلي
- أصوات ناتجة عن محادثة أو جهاز تلفزيون أو مذياع
- أجهزة كهرومنزلية
- خطى الانسان في غرف العمارات
- تنقل الاثاث من مكان الى آخر

4) الضغط الصوتي

نرمز لـ P ووحدته الباسكال Pa

يعطى بالعلاقة $P = \rho c v$

ρ كثافة المحيط (Kg/m^3)

c سرعة إنتشار الموجة m/s

v سرعة إهتزاز جسيمات أو جزيئات الصوت m/s

من أجل تردد صوتي $f = 1000Hz$ أذن الانسان تسمع الصوت إذا كان الضغط الصوتي $P_0 = 2.10^{-5} Pa$ هذه القيمة تسمى بعتبة السمع أما إذا كان الضغط الصوتي يتجاوز $P_d = 63 Pa$ أذن الانسان لا تتحمل هذا الضغط ويسبب الم في طبلة الاذن وتسمى هذه القيمة بعتبة الالم.

5) الشدة الصوتية

هي كمية الطاقة التي تبعثها الموجة الصوتية على مساحة سطح عمودي تلتقط إنتشار الموجات في مدة زمنية معينة ووحدتها (W/m^2) وتعطى بالعلاقة التالية : $I = P v$

$$P = \rho c v \Rightarrow v = \frac{P}{\rho c} \Rightarrow I = \frac{P}{\rho c} \cdot P = \frac{P^2}{\rho c}$$

$$I = \frac{P^2}{\rho c}$$

$I_0 = 10^{-12} w/m^2 \Rightarrow I_0 = \frac{P_0^2}{\rho c}$ شدة (عتبة السمع)

$I_d = 1 w/m^2 \Rightarrow I_d = \frac{P_d^2}{\rho c}$ (شدة عتبة الالم)

إن المستوى الصوتي عند عتبة الالم $L = 10 \log \frac{1}{10^{-12}}$

$L = 120\,dB = L = 12.10 \underbrace{\log 10}_{=1} = L = 10\log 10^{12} \Leftrightarrow L = 10\log \frac{1}{10^{-12}}$

6) المستوى الصوتي L

وحدة الديسبال dB يعطى بواسطة قانون ويبر فيخنر (Weber Fechner) باستعمال اللوغريتم العشري

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

مثال المستوى الصوتي لصوت شدته $I = 10^{-6}\,W/m^2$ هو

$$L = 10\log \frac{10^{-6}}{10^{-12}}$$

$$L = 10\log 10^6 = 6.10\underbrace{\log 10}_{=1} = 60\,dB$$

طبيعة هذا الصوت هو محادثة بين شخصين

7) العلاقة بين المستوى الصوتي والضغط الصوتي

$$I = \frac{P^2}{\rho c}\ ,\quad I_0 = \frac{P_0^2}{\rho c}\ ,\quad I_d = \frac{P_d^2}{\rho c}$$

$$L = 10\log \frac{I}{I_0} = 10\log \frac{\frac{P^2}{\rho c}}{\frac{P_0^2}{\rho c}} = 10\log \frac{P^2}{P_0^2}$$

$$L = 10\log\left(\frac{P}{P_0}\right)^2 = 20\log \frac{P}{P_0} \Rightarrow L = 20\log \frac{P}{P_0}$$

مثال: إذا كان الضغط الصوتي يساوي $0{,}4\,Pas$ فإن مستوى الصوتي عند عتبة السمع ($P_0 = 2.10^{-5}\,Pa$) يساوي:

$$L = 20\log \frac{0{,}4}{2.10^{-5}} = 20\log 2.10^4 = 20\left[\log 2 + \log 10^4\right]$$

$$L = 20\left[\log 2 + 4\underbrace{\log 10}_{=1}\right] = 20(\log 2 + 4) = 20(0{,}3+4)$$

$$L = 20(4{,}3) = 86 \qquad L = 86\,dB$$

8) الاستطاعة الصوتية W وحدتها الواط (w) وتعطى بالعلاقة

$$L = 10\log \frac{W}{W_0}$$

عتبة السمع $W_0 = 10^{-12}\,wat$

عتبة الالم $W_d = 1\,wat$

تعطى كذلك بالعلاقة التالية

$$W = 4\pi R^2 I$$

$I\ (W/m^2)$

R: المسافة الى منبع الصوت (m)

$4\pi R^2$ مساحة الكرة

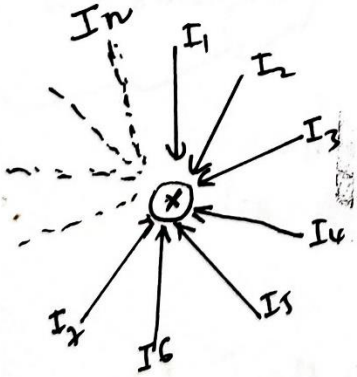
جدول يبين العلاقة ما بين الإستطاعة والمستوى والضغط الصوتي

طبيعة الصوت	الاستطاعة W واط (W)	المستوى الصوتي L الديسبال (dB)	الضغط الصوتي P البسكال (Pa)
إنطلاق صاروخ	10^6	180	2.10^4
محرك نفاث	10^4	160	2.10^3
طائرة نفاثة	10^2	140	2.10^2
شاعب الصخور (عتبة الالم)	1	120	20
منبه سيارة	10^{-2}	100	2
طريق كثير الازدحام	10^{-4}	80	2.10^{-1}
محادثة عادية بين شخصين	10^{-6}	60	2.10^{-2}
منزل هادئ	10^{-8}	40	2.10^{-3}
حديقة هادئة	10^{-10}	20	2.10^{-4}
عتبة السمع	10^{-12}	0	2.10^{-5}

مثال: على مسافة $R=6m$ من منبع الصوت الذي له استطاعة صوتية $W=4.10^{-3}$ watt
البحث عن الشدة الصوتية I والمستوى الصوتي L

$$I=\frac{W}{4\pi R^2}=\frac{4.10^{-3}}{4.3,14.6^2}=8,84.10^{-6}\ w/m^2$$

$$L=10\log\frac{I}{I_0}\Rightarrow L=10\log\frac{8,84.10^{-3}}{10^{-12}}\Rightarrow L=69,5\ dB$$



9) جمع الاصوات:

الحاصل عن جمع الاصوات هو كالتالي

$$I_R=I_1+I_2+I_3+\dots+I_n=\sum_{i=1}^{n}I_i$$

المستوى الصوتي $L_R=10\log\frac{I_R}{I_0}$

$$L=10\log\frac{I}{I_0}\Rightarrow\frac{L}{10}=\log\frac{I}{I_0}\Rightarrow\frac{I}{I_0}=10^{L/10}=10^{0,1L}$$

$$\frac{I_R}{I_0}=\frac{I_1}{I_0}+\frac{I_2}{I_0}+\frac{I_3}{I_0}+\dots+\frac{I_n}{I_0}=\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{I_n}{I_0}\right)i=\sum_{i=1}^{n}10^{0,1L_i}$$

إذن $L_R = 10\log \sum_{i=1}^{n} 10^{0,1L_i}$ حاصل مجموع الأصوات

مثال على ذلك: ثلاثة محركات لهم مستوى صوتي كالتالي

$L_1 = 100dB, \quad L_2 = 90dB, \quad L_3 = 80dB$

$L_R = 10\log[10^{0,1.100} + 10^{0,1.90} + 10^{0,1.80}]$

$L_R = 10\log(10^{10} + 10^9 + 10^8)$

$L_R = 10\log 10^8(10^2 + 10 + 1) = 10\log 10^8 . 111$

$L_R = 10(8\log 10 + \log 111) = 10(8 + \log 111)$

$L_R = 80 + 10\log 111 \simeq \boxed{90,33\,dB}$

في حالة تساوي الأصوات يكون المستوى الصوتي الحاصل على الشكل التالي:

$L_1 = L_2 = L_3 + \dots = L_n$

$L_R = 10\log(n.10^{0,1L}) = 10\log n + 10\log 10^{0,1L}$

$L_R = 10\log n + 10.0,1L \underbrace{\log 10}_{=1} = 10\log n + L$

$\boxed{L_R = L + 10\log n}$

إذا كان $L_1 = L_2 = 65dB$

$L_R = 65 + 10\log 2 = 65 + 10(0,3)$

$L_R = 65 + 3 = \boxed{68dB}$

10) ظاهرة القناع

عند جمع قيمة تفاضلية للمستوى الصوتي المجموع يزيد بـ 3dB

وعندما نجمع قيمتين مختلفتين من المستوى الصوتي ويكون الفارق بينهما أقل من 10dB نستعمل ظاهرة القناع مثال:

شاحنة 70dB + سيارة 60dB = صوت الشاحنة يحجب صوت السيارة

في حالة ما إذا كانت الاصوات لها نفس المستوى :

المستوى الصوتي الحاصل (63dB) = سيارة 60dB + سيارة 60dB

نستعمل العلاقة $L_R = L + 10\log n$

$L_R = 60 + 10\log 2 = 60 + 10 \cdot 0{,}3 = 60 + 3 = 63\,dB$

11) أخطار الضجيج

من وجهة النظر الفيزيائية الضجيج والاصوات هي إشارات تحدثها الموجات الميكانيكية التي تلتقطها أذن الانسان
ومن جهة النظر الفيزيولوجية الاصوات هي إشارات ضرورية والضوضاء أو الضجيج هي اشارات غير ضرورية ومضرة للإنسان ترعجه ويضطرب منها وخاصة في نشاطه العادي
والضرر الذي يحدثه الضجيج يتمثل في مايلي :

- يحدث الصم المؤقت للإنسان اذا كان المستوى الصوتي لا يتعدى القيمة الحرجة كما يعتبر الصم مرض مهني أو كليا في حالة العكس يصبح الصم دائما
- يؤثر على مردود العامل في تشغله
- يحدث نقص في النوم وقد يؤدي الى نوبات عصبية لها تأثير على الجسم عندما يعمل الانسان في محيط فيه ضجيج كثيف مما يسبب له صفير في الأذن وارتفاع في ضغط الدم وسرعة دقات القلب وعدم التوازن مما يرفع من درجة الحوادث في العمل

12) الوسائل الوقائية الشخصية :

- تستعمل : صمامات الأذن وكذلك صدفة الأذن الخاصة بالصوت الحاد 120 dB
- تستعمل كذلك الخوذة التي تعتبر خط الدفاع الأخير الواجب استخدامه للسيطرة على الضجيج وهي مايلي أمثلة عن ذلك : سدادات الأذن تخفض 10dB
كاتمات الصوت تخفض 30dB والخوذة الواقية للضجيج تخفض 45dB

13. الحماية وكيفية السيطرة على التلوث الضوضائي

يتزايد الاهتمام بالتلوث الضوضائي حيث تعددت مصادره وازدادت أخطاره خصوصاً على الانسان حيث يعمل على خلل بعض الاعضاء داخل جسم الانسان لذلك يتطلب إتخاذ إجراءات وقائية من أهمها

- إختيار التصميم الصحيح أي وضع الآلات التي تصدر الضجيج داخل غرف خاصة بعيدة عن المنشأة لكي لا يكون هناك ضجيج خارجي
- إستعمال المواد المماثلة للضجيج بتغطية الجدران بمواد عازلة للصوت مثل المطاط والفلين الذي يخفف الضجيج بمقدار 7dB
- استعمال أشجار الكزوارينا أو الصنوبر الاسترالي Casuarina sp. التي تساعد في الحد من الضوضاء وتستعمل كذلك كمصد للرياح
- اصدار التشريعات اللازمة وتطبيقها بحزم لمنع استعمال منبهات السيارات ومراقبة محركاتها.