استخدام العزل الصوتي في تصميم الفضاءات الداخلية لقاعات الاجتماعات الكبرى

م .د. نمير قاسم خلف كلية التربية الاساسية /جامعة ديالى

اهمية البحث والحاجة اليه :

إن التصميم الداخلي الجيد من الناحية الصوتية السمعية يرتبط بأسس ومبادئ لابد من توفرها ولابد للمصمم من اتباعها في المراحل الأولى من عمله وهي تتعلق بالهيكل الإنشائي والاشكال والمساحات والحجوم والمصادر الصوتية المتوقعة ومصادر الضجيج الداخلية والخارجية وعلاقة المبنى بالموقع المحيط به وعلاقة الفضاءات الداخلية بعضها بالأخر وجميع عناصرها مهمة ولها تأثير كبير على الجو الصوتي السمعي .

بشكل عام أصبحت هناك معايير عالمية يجري تطبيقها بتفهم وحزم للإسهام في تحقيق راحة الإنسان وتحسين الأجواء المحيطة به من النواحي المختلفة ومن ضمنها الناحية الصوتية السمعية .

فمستوى الضجيج الناتج من أجهزة التكييف وتمديداتها المستعملة في بناية ما ، أصبحت مقيدة ولابد من تطبيق أصول لتحقيقها تبدأ جذورها مع التصميم المعماري .

كذلك في مجال التمديدات الصحية وشبكات التغذية بالمياه وصرفها، فقد اصبح انتقال الصوت بين فضاء داخلي واخر مجاور له في مسكن او فندق او مستشفى او أي مبنى موضع عناية فائقة وتحددت أصول علاجه ومستويات عزله.

من جانب أخر نجد أن نسب الجودة في مجال العزل تتفاوت في مستوياتها فتتدرج بين حدود النسب الكافية وحسب نوع الفضاء وبين نسب عالية العزل لبعض الفضاءات الداخلية الخاصة كالاستوديوهات مثلاً أو المختبرات الصوتية أو غرف القياسات السمعية في أقسام معالجة الأذن في المستشفيات ..الخ .

لذا فالعزل الصوتي هو مجموعة العمليات والإجراءات التي يقوم بها المصمم الداخلي (فضلاً عن مهندس الصوت) لعزل فضاء ما عن ما يحيط به عزلاً تاماً بحيث لا يدخله ولا يخرج منه اي صوت ، سواء كان محمولاً بطريق الهواء او عن طريق الاهتزاز عن طريق الهيكل الإنشائي للمبنى فيبقى الصوت داخل الفضاء المعزول بالنسبة للصوت الداخلي وخارج المبنى بالنسبة للأصوات الناتجة عن المصادر الخارجية[1] ، ولكي تكون أبنيتنا مثالية تجاه العزل الصوتي ، لابد من تطبيق العزل الصوتي في كافة جوانبه العملية ، ولكن الاعتبارات المادية والصعوبات العملية منعت من انتشار العزل الصوتي في كامل جوانب الأبنية العامة والخاصة في البلدان المختلفة ، حيث لازال البعض يعتقد بان تطبيق العزل الصوتي الكامل يعتبر من الكماليات وبان اختصار استعماله على بعض الأبنية والحالات الخاصة يعتبر كافياً ، على العكس من هذا نجد ان انتشار تطبيق العزل الصوتي في البلدان المتقدمة قد قطع شوطاً كبيراً واصبح اساساً من أسس تصميم المشاءات وعاملا واجب التحقق في تصميم الأبنية .

عموماً ليس العلاج الصوتي السمعي في مكان ما هو العنصر الوحيد الذي يتحكم بتصاميمنا الداخلية ، فهناك عناصر كثيرة كما ذكرنا يجب مراعاتها جميعاً للحصول على

١- عملياً في التصميم الداخلي من المتعذر الوصول الى نسبة ١٠٠% من العزل الصوتي ، حيث يتطلب هذا الامر عزلاً كاملاً بين الحيز وما يحيط به تبعاً لطريقة نشأة الصوت المتولد في الفضاء وانتشاره ، لكن يمكن الوصول الى حد مقبول ومريح وفق معايير موضوعة عالمياً وحسب الفعاليات المقامة داخل الفضاءات الداخلية .

التصميم الجيد ،فمن الممكن ان يضرنا الاهتمام الزائد بالنواحي الصوتية فقط دون النواحي الأخرى ، ومع ان العامل الصوتي السمعي مهم جداً ولكن يجب الاخذ بنظر الاعتبار تساويه في الأهمية مع العوامل الأخرى بحيث نضعها جميعها في اعتبارنا منذ بداية أي مشروع تصميمي لنحصل على نتيجة نهائية اقرب ما يمكن الى الحالة المثالية ،على العموم فان المشاكل الصوتية السمعية مختلفة الحلول ولكل مكان وضعه الخاص به الذي نسير على أساسه في علاجنا لتصميمنا فضلاً عن العوامل الأخرى واسسها.

إن تحقيق التوازن بين احتياجات المجالات المختلفة يعتبر من المهمات الأساسية للمصمم الداخلي وتأتي اهمية هذا البحث مساهمة في التعريف باهمية العزل الصوتي وكيفية التقليل من الضوضاء والملوثات الصوتية التي تحدثها في الفضاءات الداخلية عدة مصادر كما سيأتي ذكرها لاحقا .ومن هذه الفضاءات ، الفضاءات الداخلية لقاعات الاجتماعات الكبرى محور بحثنا الحالي ، فالإشكالية المتكونة لدينا هي مدى تحقيق الأسلوب الأمثل للعزل الصوتي في هكذا فضاءات والتي تتميز بحدة الأصوات المتولدة فيها نتيجة طبيعة الفعاليات المقامة فيها فضلاً عن مصادر ضوضاء أخرى خارجية وأخرى متعلقة بهيكلية المبنى الذي يحوي هذه الفضاءات الداخلية .

أهداف البحث :

١- التعريف بأهمية العزل الصوتي وبيان مزاياه والهدف من استخدامه في المباني العامة ومنها قاعات الندوات والمؤتمرات والاجتماعات الكبرى.

٢- الاستخدام الأمثل لوسائل العزل الصوتي من حيث الكفاءة والمتانة والموائمة والكلفة وغيرها من المواصفات .

٣-التعريف بمواد العزل الصوتي وأنواعها والخواص المختلفة لها والمعالجات التصميمية لها في الفضاءات الداخلية .

٤-الوصول إلى الاسلوب الامثل لتصميم فضاءات داخلية مريحة للمستخدم (الإنسان) صحيا ونفسيا من حيث البيئة الصوتية الملائمة والحفاظ على موجودات الفضاءات الداخلية وهيكلية المبنى من تأثيرات الضوضاء على المدى الطويل.

حدود البحث :

يتحدد البحث الحالي بدراسة العزل الصوتي للمباني بصورة عامة وقاعات الاجتماعات والمؤتمرات الكبرى بصورة خاصة ولأغراض تطبيقية فقد تمثلت الدراسة الميدانية باختيار ثلاثة قاعات كبرى في جامعة ديالى تستخدم لأغراض الاجتماعات وعقد الندوات والمهرجانات والمؤتمرات العلمية والفنية فضلاً عن المحاضرات وهي قاعة (١) كلية الهندسة – القاعة الكبرى وقاعة (٢) كلية التربية الأساسية- الأصمعي وقاعة (٣) كلية العلوم – مصطفى جواد وقد أجريت الدراسة الميدانية على نماذج البحث للفترة من ٢٠٠٥ - ٢٠٠٦ م.

تحديد المصطلحات :

يرى الباحث ان هناك عدة مصطلحات وردت في متن البحث تحتاج الى تعريف ومن هذه المصطلحات:

١- العزل الصوتي : هو منع انتقال الأصوات الغير مرغوب بها من فضاء داخلي الى فضاء آخر أو من طابق الى طابق آخر ، ويسمى كل صوت غير مرغوب به بالإزعاج (Noise).

٢- الترديد وزمن الترديد (Reverberation & Reverberation Time (RT: يعرف ترديد الصوت داخل حيز ما ،بأنه استمرار حدوث الصوت وبقاؤه فترة من الزمن بعد انقطاع مصدر ذلك الصوت ويتأثر بالعوامل التالية :

- زيادة مستوى ضغط الصوت يؤدي الى زيادة الترديد
- كبر حجم الفضاء الداخلي يؤدي الى زيادة الترديد

- وجود مواد ماصة للصوت تقلل منه .

كما يعرف زمن الترديد لغرفة ما بأنه الزمن (ثانية) الذي يمضي على الصوت حتى ينقص منسوب ضغطه مقدار (٦٠ ديسبل) ، مقاساً من لحظة توقف مصدر ذلك الصوت ، وحتى تكون الأصوات واضحة ومميزة ، يجب ان يكون زمن الترديد لذلك المكان ضمن الحدود القياسية ، والا استدعى تكييفه ضمن القيم القياسية . والجدول رقم (١) يبين زمن الترديد القياسي والمناسب لبعض الفضاءات الداخلية العامة .

٣- مستوى الضجيج : يقاس مستوى الضجيج لمكان ما بالديسبل (dB) .فاذا تعدى مستوى الضجيج لمكان ما عن القيم القياسية المقبولة له ، نتيجة لانتقال الصوت من خلال عناصر البناء ، فانه يسبب تلوثاً ضوضائياً له تأثيرات سلبية على اذن الإنسان ، مما يستدعي تخفيضه الى القيم المقبولة لذلك الفضاء الداخلي.(٨،ص٢٤).

٤- معامل خفض الصوت: يعرف معامل خفض الصوت لحاجز ما عند ذبذبة معينة ، وفي ظروف محددة ، بانه معدل الخفض في الصوت بعد انتقاله عبر عنصر البناء ويقاس بالديسبل (dB) ويتم حسابه حسب المعادلة التالية :

[٢] R= Lpe-Lpr+10log10 ST/ 0.1263V

٥- معامل امتصاص الصوت (Sound Absorption Coefficient) : يعرف معامل امتصاص الصوت لأي مادة بانه نسبة الطاقة الصوتية الممتصة من قبل تلك المادة الى الطاقة الصوتية الساقطة عليها .

ويعتبر معامل امتصاص الصوت للمادة صفة مميزة لها فكلما زاد معامل امتصاص المادة للصوت عن تردد معين ، زادت كفاءتها في امتصاص الصوت عن ذلك التردد .(٨،ص٢٤).

٦- الموجات الصوتية :الموجة هي اضطراب يحيد عن حالة التوازن وينتقل من مكان الى اخر ، ومع انتقال هذا الاضطراب تنتقل الطاقة وكمية الحركة من نقطة الى اخرى دون ان تتحرك جزيئات الوسط الذي تنتقل فيه الموجة، ولكي نتعرف على أنواع الموجات نلاحظ بانه اذا اثرت قوى خارجية لحظة في جسم ما فان الجزيئات التي تقع تحت التأثير المباشر للقوة الصوتية تبدأ بالتحرك بشكل ذبذبة حول مراكز اتزانها ثم تنتقل من هذه الحركة الى ما يليها من جزيئات وهكذا فتكون من خلال هذه الحركة المتتالية لهذه الجزيئات مجموعة اضطرابات او ازعاجات تنتقل خلال الجسم ويمكن ان نميز مثل هذه الاضطرابات أشكال متعددة تبعاً لطبيعة الجسم واتجاه القوة التي تحدث الاضطراب وعادة ما تسمى بالحركة الموجية . (9،ص٣٠٨)

واهم الموجات الناتجة :

- موجات مستعرضة : اذا كان اتجاه الجسيمات للمادة الحاملة للموجة عمودياً على اتجاه حركة الموجة نفسها فان الموجة تسمى موجة مستعرضة .
- موجات طولية : ومنها تذبذب جسيمات المادة في اتجاه انتشار الموجه الصوتية.
- موجات ساكنة : وتنشأ عن سريان موجتين متساويتان في التردد وتنتشران في اتجاهين متضادين وقد تكونان موجتين طوليتين او مستعرضتين اما عرضيا او طوليا وشروط حدوث الموجة الساكنة ان يكون لموجتين المتقابلتين نفس الطول والسعة والسرعة وان تكونان متضادتين في الاتجاه . (٤ ، ص١٥) .

التصميم الداخلي : هو فن معالجة الفضاء الداخلي من خلال استغلال جميع العناصر المتاحة بطريقة تساعد على الشعور بالراحة وتساعد على العمل داخل المبنى (٣،ص١٩).

---

[٢]-(حيث ان معامل الصوت (**dB**) = **R**) ، (متوسط منسوب ضغط الصوت في الغرفة المصدرة له (**Lpe=(dB**) ، (متوسط منسوب ضغط الصوت في الغرفة المستقبلة له = **Lpe**) (مساحة سطح العينة **S=** (**m2**))،(معدل ومن الترديد في الغرفة المستقبلة (ثانية) =**T**) ، (الحجم الداخلي للغرفة المستقبلة للصوت (**m3**) = **V**)

او هو التخطيط والابتكار بناء على معطيات تصميمية واخراج هذا التخطيط إلى حيز الوجود ثم تنفيذه في الأماكن والفراغات كافة مهما كانت أغراض استخدامها وطابعها .

كما تم تعريفه على انه معالجة ووضع الحلول المناسبة لكافة الصعوبات المعينة في الفضاءات الداخلية وجعل هذه الفضاءات مريحة وهادئة ومميزة بكافة الشروط والمقاييس الجمالية وأساليب المتعة والبهجة .(٣،ص٢٢).

الفضاء الداخلي: عرف الفضاء المصمم على انه المادة الأولية التي يتعامل معها المصمم وهو العنصر المهم في تصميم الداخل . كما تم تعريفه على انه الحيز الذي يتحدد باشياء مادية طبيعية وصنعية ويحيط بها الفضاء ، و له صفتين الأولى الفسحة التي تملأ القسم الاعلى من الحيز والمحدد بنفس المقومات المادية التي تحد الحيز والثانية التي تمتد ابتداء من خارج الحيز ولا تحدد بمقوم معين او بامتداد معين وذلك لان امتداده الى الخارج المطلق . (٣، ص٣٤).[٣]

الإطار النظري

تمهيد :

مع تقدم الحضارة ، وتزايد الوسائل والآلات الحديثة المستخدمة في حياتنا ، ظهر الى حيز الوجود ملوث آخر من ملوثات البيئة ، وهو الملوث الضوضائي الذي يؤثر سلبيا في حياة الفرد وصحته وإنتاجيته .

فالصوت والضوضاء هي من المؤثرات الرئيسة التي تسبب للانسان مختلف الامراض النفسية والعصبية مما حدى به الى التفكير لايجاد حلول للتخلص من هذه المؤثرات (٦،ص ٧).

ويمكن على سبيل المثال أيجاز اهم الأضرار الناتجة من الضوضاء على صحة الإنسان النفسية والجسدية ناهيك عن الاضرار التي يسببها على هيكلية المبنى نفسها ، فقد اوجز المختصون بصحة الإنسان التأثيرات التي يسببها الإزعاج الصوتي على الإنسان ومنها :

- التاثير السلبي على ضغط الدم والنبض ومستوى السكر فيه والتاثير السلبي على الجهاز السمعي للإنسان خاصة عند الترددات العالية .
- ارتباك النظام الهرموني و التأثير السيء على الأغشية المخاطية والجلد لدى الإنسان.
- فقدان الشهية والشعور بالإرهاق و عدم التمكن من التركيز في التفكير ،فضلاً عن عدم الشعور بالراحة والهدوء.
- عدم التمكن من النوم العميق و التأثير السلبي على جودة الإنتاج وإتقان العمل .

لهذا كله لابد من التعامل مع هذا المؤثر بشيء من الاهتمام والجدية للحد من تأثيره وذلك عن طريق استخدام مواد ذات مواصفات خاصة تعمل على امتصاص الصوت وتمنع انتقاله او ارتداده (٨،ص٢٣) .

اخيراً ان التطور التكنولوجي قد وفر العديد من وسائل وطرق العزل الصوتي ويبقى الدور الأكبر على المصمم الداخلي في كيفية تحقيق العزل الصوتي داخل هذه الفضاءات من خلال التصميم الداخلي الجيد لها (٩،ص١٥٩).

نشأة الصوت وانتشاره :

ينتشر الصوت وينتقل في الفضاءات الداخلية للمباني باحدى الطريقتين :

١- انتقال الصوت بالهواء (Air-Borne Noise) : حيث ينتقل الصوت بالهواء مباشرة في الفضاءات الداخلية من خلال الفتحات كالابواب والشبابيك او من خلال اهتزاز الجدار الفاصل بين حيزين داخليين حيث ينقل هذا الاهتزاز الصوت الى هواء فضاء داخلي ثاني.

---

(٣) لمزيد من المعلومات والتفاصيل حول مفهوم الفضاء وفلسفته يمكن مراجعة المصدر رقم (٣) .

ان الأصوات التي تنتقل عبر الهواء هي الأصوات الصادرة من الأشخاص ، الأثاث وحركته ، الاجهزة والمذياع ومكبرات الصوت ومثيلاتها والتي تنشأ عن اهتزاز الاجسام .(11، ص١٩٦)، وينتج عنها اهتزاز لدقائق الهواء اثناء انتقالها من خلالها ، مما يحدث حقلاً من ترديد الصوت داخل المكان فيؤدي الى تداخل هذه الاصوات واذا تعدى زمن الترديد لذلك المكان القياسي فانه يؤدي الى القيم القياسية المقبولة.والجدول رقم (١) يبين بعض القيم المسموح بها لمستوى الضجيج لبعض الفضاءات الداخلية العامة ومنها قاعات الاجتماعات ..

وتنتقل هذه الأصوات الى الفضاءات المجاورة من خلال عناصر البناء ، مما يحدث تلوثاً ضوضائياً فيها ،ويتوقف هذا على تردد الصوت ونوع عنصر البناء وسماكته وكتلته (٩،ص٣٠٩).

وقد حددت جمعية الصوتيات الأمريكية (Acoustical Society of America) ومؤسسة ASHREA[٤] للدراسات الميكانيكية المعايير المسموح بها لانتقال الصوت غير المرغوب به بين الفضاءات الداخلية وبين الشقق والطوابق في البنايات السكنية وغيرها .ولتحديد القيم المسموح بها تم تحديد رقم يعطى للفواصل كالجدران وغيرها يعطي قيمة الخسارة بالصوت بعد انتقاله من خلال الفاصل ويعرف هذا الرقم بـ STC(Sound Transmission class) وقيمته بالديسبل (dB) .(١١،ص ١٩٨).

٢- انتقال الصوت بواسطة جسم المنشأة (Structural-Borne Noise): عن طريق هيكل البناء وهذا يحدث عادة بالطرق او اهتزاز آلة مثبتة بالأرض او السقف او الجدار . (٨،ص٣٠٩)، وتسمى هذه الطريقة ايضا في انتقال الأصوات بالأصوات الصدمية (Impact Sound) وهي عبارة عن الأصوات الناشئة عن صدم الأجسام لعناصر البناء مباشرة مما يؤدي الى احداث اهتزازات تنقل عبرها الى جميع اجزاء البناء مثل خطوات الأقدام والاهتزازات الناتجة عن الآلات الملاصقة لعنصر البناء مباشرة .

وتختلف المواد في مدى تأثرها بهذه الاهتزازات ، فالمواد الانشائية مثلاً تعمل على نقل هذه الاهتزازات بشكل كبير ، مما يستدعي عزل الجزء المتأثر من عناصر البناء بمادة ماصة للاهتزازات عن هيكل البناء كلياً .

ويبين مثلاً الشكل رقم (١) انخفاضاً في منسوب ضغط الصوت الصدمي في الأماكن المغطاة أرضيتها بالسجاد عن الأماكن ذات الأرضية العارية (غير المغطاة) .

امتصاص الصوت :

تتصرف الأمواج الصوتية في الفضاءات الداخلية تبعاً لشكل الفضاء ومحدداته الأفقية والعمودية وبالتالي تنعكس الموجات الصوتية نتيجة شكل الفضاء بانعكاسات معينة قبل انتهائها يصل عدد الانعكاسات من ٢٠٠-٣٠٠ انعكاس وينتج عنها استطالة للموجات الصوتية، فالصوت في الفضاء الداخلي ينتهي بعد هذه الاستطالة لانه في كل انعكاس من الانعكاسات التي يعانيها يفقد جزء صغير من طاقته وهذا الجزء اما يتم امتصاصه او يتم كتمه من خلال أربع طرق :

اولا: الامتصاص عن طريق الهواء : ان الهواء الموجود داخل الفضاءات الداخلية يمتص جزءاً من الأصوات المنتشرة في الفضاء سواء كان هذا الصوت مباشراً او منعكس وهذا الامتصاص يحصل نتيجة احتكاك جزيئات الهواء في الحركة التي تسببها الأمواج الصوتية ، وامتصاص الهواء للصوت ليس بالكمية الكبيرة التي يمكن اخذها بنظر الاعتبار عندما يراد تصميم فضاء داخلي معين .

ثانياً: الامتصاص بواسطة الأسطح المحيطة بالفضاء (محددات الفضاء الداخلي) : عندما تصطدم الموجات الصوتية مع محددات الفضاء الداخلي بما تمثل من جدران وسقوف

[٤] Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. American

وارضيات تحدث عملية امتصاص للصوت الناتج في الفضاء الداخلي ويكون هذا الامتصاص باشكال مختلفة منها :

١- عن طريق الاحتكاك المباشر مع هذه الأسطح .
٢- عن طريق نفاذ الصوت مع المواد المسامية .
٣- عن طريق احتكاك الجزيئات مع المواد الرجوعية .
٤- احتكاك الجزيئات في المواد نتيجة حدوث رنين .
٥- بالانتشار على الجدران الخارجية نتيجة للرنين .
٦- بالانتشار نتيجة التوصيل خلال مواد هيكل البناء .

ثالثاً: امتصاص الصوت بواسطة موجودات الفضاء الداخلي (أثاث ، قواطع ، إكسسوارات ..الخ) : ان الاثاث بما يشمل من مفروشات وستائر وجميع الموجودات يساهم في عملية امتصاص الصوت بدرجة معينة ، حيث ان كل مادة من مواد الاثاث معامل امتصاص خاص بها .(١٠،ص١٥٧). وعادة توضع جداول ووحدات عالمية تبين فيها معامل الامتصاص للمواد المستخدمة في التأثيث كما في الجدول رقم (٢) .

رابعاً: امتصاص الصوت عن طريق أجسام وملابس مستخدمي الفضاءات الداخلية : في الحقيقة ان امتصاص الصوت عن طريق اجسام مستخدمي الفضاءات الداخلية لاية بناية يعتمد على كثافة المستخدمين داخل فضاءاتها وكلما كانت كثافتهم عالية فان معامل امتصاص الصوت يزداد وهو بالأساس يعتمد على امتصاص ملابسهم للصوت ، لذلك فان الحد الصوتي في الفضاء الداخلي يتغير وفقاً لعدد المستخدمين ، وربما يغطي امتصاص الصوت عن طريق المستخدمين على بعض الحالات الأخرى التي يمكن من خلالها ان يمتص الصوت بها ومنها قطع الأثاث ، مثال ذلك عندما يجلس شخص ما على مقعد فان المقعد يعتبر ملغيا تقريبا ويحل محله امتصاص ملابس الشخص نفسه للصوت الناتج (٤،ص٢٠) .

المواد الماصة للصوت :

ان امتصاص الصوت يعني اما فقدانه او تشتته داخل الفضاء نتيجة الطاقة الاهتزازية للموجات الصوتية وتحولها الى طاقة حركية او حرارية او غيرها ، وفي الحقيقة ان اغلب المواد المستعملة في التصميم الداخلي تمتص الصوت لكنها تختلف من حيث درجة امتصاصها ، حيث ان هناك مواد تمتاز بدرجة عالية وجيدة لامتصاص الصوت واخرى ذات كفاءة قليلة بهذا الجانب .

ان اكثر المواد التي تمتاز بدرجات عالية من الامتصاص هي اما مواد رخوة او مسامية او قابلة للانضغاط او الانحناء او تجمع بين اكثر من صفة من هذه الصفات (٤،ص٢٠) .

من اجل التحكم في زمن ترديد الصوت لاي فضاء داخلي ، ومن اجل التقليل من مستوى الضجيج الناتج من انتقال الصوت خلال عناصر البناء ، فانه يستلزم استخدام مواد ذات مواصفات خاصة تتميز بمعامل عال لامتصاص الصوت للحد من انتقاله او ارتداده ، وتختلف المواد في مدى قدرتها على امتصاص الصوت(كما مر ذكره) ، حسب طبيعة المادة وما تحتويه من فراغات هوائية متصلة بالهواء الخارجي .

الجدول رقم (٣) يبين معامل امتصاص الصوت لبعض انواع المواد المستخدمة في البناء والتصميم الداخلي ،اعتماداً على زمن الترديد القياسي لكل مادة، وتصنف المواد الماصة للصوت الى عدة أنواع منها :

١- ***المواد المسامية (Porous Material)*** : وهي مواد تحتجز بداخلها فراغات هوائية ، يتصل بعضها بالهواء الخارجي مثل (الصوف الصخري والصوف الزجاجي ...الخ) وتتميز بقدرتها على امتصاص الأصوات ذات الترددات المختلفة ، وعلى الاخص الترددات العالية ، اما الترددات المتوسطة والمنخفضة ، فتقتضي أما زيادة سماكة المادة المسامية ، او يتم تركيبها

على مسافة ما من الجدار ، وذلك لان أقصى امتصاص للصوت لهذه المواد يكون عندما تكون سرعة دقائق الهواء في الفراغات أقصى ما يمكن .وحيث ان أقصى سرعة لدقائق الهواء تكون على مسافة (ربع – ثلاثة أرباع) طول الموجة ، وان طول موجة الصوت للترددات المنخفضة يكون كبيراً ،فان زيادة امتصاص الصوت لهذه المواد عند الترددات المنخفضة يستلزم زيادة في سماكة المادة المسامية أو تركيبها على مسافة من الجدار(٨،ص٢٥).

ولكي تكون المواد المسامية ذات فاعلية في امتصاص الصوت ، فانه يستلزم ان تحتوي على اكبر قدر من الفراغات الهوائية المتصلة بالهواء الخارجي ، ففاعلية مسامية المادة التي تتمثل بمحصلة ((حجم الفراغات الهوائية المتصلة بالهواء الخارجي الى الحجم الكلي للمادة)) تتحكم في كمية الطاقة الصوتية المعرضة للامتصاص ، بينما يمكن تجاهل تأثير الهواء المحصور في الفراغات المغلقة او الفراغات الموازية لسطح المادة .والرسم البياني في الشكل رقم (٢) يبين اثر سماكة المادة المسامية على امتصاص الصوت عند الترددات المختلفة .

وعندما تصطدم موجات الصوت بهذه المواد المسامية ، ينشأ عن ذلك اهتزاز دقائق الهواء في الفراغات المتصلة بالهواء الخارجي ، حيث ان حركة دقائق الهواء محكومة بمقاومة سريانها في المادة ، فان جزء من هذه الطاقة يتحول الى حرارة ، كما ان مدى اهتزازات دقائق الهواء تتضاءل لاحتكاكها بجدران المسامات ، مما يحد من انتقال الصوت من خلال هذه المادة المسامية للاماكن المجاورة .

٢- ***الألواح الرنينية (Resonant Panels)*** : وهي عبارة عن صفائح تثبت حوافها على قوائم خشبية مثبتة على الجدار المراد عزله ، وتترك خلفها فراغاً هوائياً محصوراً كما في الشكل رقم (٣) .

فعندما تصدم موجات الصوت هذه الصفائح تبدأ بالاهتزاز ، فينشأ عن ذلك اهتزاز في دقائق الهواء المحصور خلفها .ونتيجة لاحتكاك هذه الدقائق بالسطوح المحيطة فان هذه الاهتزازات تتضاءل مما يقلل من فاعلية انتقال الصوت خلالها .

يكون أقصى تحول للطاقة الصوتية عندما يكون التردد للطاقة الصوتية الساقطة مساو لتردد الرنين ، مما يعني حدوث أقصى امتصاص للصوت ، بينما يقل امتصاص الصوت للترددات التي تزيد على تردد الرنين .لذا فان فاعلية امتصاص الألواح الرنينية للصوت تكون أقصاها للترددات المنخفضة والمتوسطة .

لزيادة هذه الفاعلية ، يمكن إضافة مواد ماصة للصوت (صوف صخري مثلاً) في الفراغ خلف الألواح الرنينية ، التي من شأنها ان تزيد ذبذبة الرنين فيزيد من فاعلية امتصاص الصوت للترددات الأعلى ، يمكن حساب ذبذبة الرنين حسب المعادلة التالية : (Freq=6000/√mxd) [°] (٨،ص٢٦).

٣- ***الرنات التجويفية (Cavity Resonators)*** : وهي عبارة عن فتحات صغيرة تمثل الرقبة وتتصل بفراغ هوائي خلفها كما هو مبين في الشكل رقم (٤ A) .فعندما تصدم موجات الصوت فوهة رقبة الرنانة التجويفية ، فان دقائق الهواء في الرقبة تهتز فتحدث انضغاطا وتخلخلا في دقائق الهواء داخل التجويف (ويمكن تمثيل الهواء داخل الرقبة بالكتلة ، والهواء داخل التجويف بالزنبرك) ونتيجة لذلك يحدث احتكاك بين دقائق الهواء من ناحية وبين جدران الرقبة من ناحية اخرى ، مما يؤدي الى امتصاص جزء كبير من الطاقة الصوتية .اما الجزء المتبقي من الطاقة فينتقل الى داخل التجويف ومن ثم تشعه الى داخل الفضاء بعد توقف مصدر الصوت .

[°] **حيث ان** :(ذبذبة الرنين /Freq....Hz) ، (وزن الصفيحة المهتزة /كغم ....M)، (المسافة بين الصفيحة والجدار /م .....d)

يصل امتصاص الرنات التجويفية للصوت أقصاه عند ذبذبة الرنين ، بينما يقل امتصاص الصوت للترددات التي تزيد او تقل عن ذبذبة الرنين ، والتي يمكن حسابها حسب المعادلة التالية : (Freq=c/2ji√siv) [٦]

وباضافة مواد مسامية ماصة للصوت (صوف صخري مثلاً)[٧] في التجويف فان مجال الترددات التي يتم فيها امتصاص الصوت يتسع ليشمل الترددات المنخفضة والمرتفعة .

٤- الألواح المثقبة (Perforated Panels) : وهي عبارة عن الواح تثبت على مسافة من الجدار وتقوم بنفس الدور التي تقوم به الرنانات التجويفية ، حيث يمثل الثقب فيها رقبة الرنانة ، والفراغ خلفه يمثل تجويف الرنانة ، ولاداعي لفصل الفراغ خلف الالواح بفواصل ، ويصل امتصاص الالواح المثقبة للصوت اقصاه عند ذبذبة الرنين .

ولزيادة فاعلية امتصاص الصوت للترددات المنخفضة والمرتفعة ، تضاف مواد مسامية ماصة للصوت خلف هذه الالواح كما في الشكل (B ٤) .

٥- الماصات العملية للصوت (Functional Absorbers) : في بعض الاماكن او القاعات التي لاتوجد فيها اسطح كافية لامتصاص الصوت ، تستخدم مثل هذه الماصات للصوت ، وهي عبارة عن اجسام ذات ثلاثة ابعاد مصنوعة من مواد ماصة للصوت تعلق حرة على مسافة ما من السقف والجدران والارض .وتستخدم مثل هذه الانواع في الورش وصالات الالعاب وحمامات السباحة .

واخيراً في هذا المجال يمكن تلخيص اهم المواد المستخدمة في العزل الصوتي التي تتميز بقابليتها على امتصاص الصوت :

١- وحدات جدارية عازلة للصوت (Acoustique tiles) : بلاطات ممتصة للصوت، تتكون من وجهين غالبا وتكون محببة من الكوارتز الملون والملصق بالراتنج، وتتميز بقدرتها على التحمل وسهولة التنظيف ولا يمكن تشويهها بالرسم عليها.

٢- ألواح الصوف المعدني : يتكون اللوح من وجه من الصوف الزجاجي والوجه الآخر من ورق الألمنيوم المثقب الذي يقوم بامتصاص الصوت، ويمكن تركيبها في الحوائط و الأرضيات والأسقف، وتستخدم في المباني التجارية والصناعية الجديدة أو التي تحتاج إلى تجديد.(٢ ، ص١٢٨) .

٣- ألواح من رغوة البلاستيك مثقبة أو محببة الوجه.

٤- ألواح من مواد ورقية مضغوطة ومثقبة الوجه.

٥- ألواح مربعة أو مستطيلة من الجبس مع ألياف في الوجه والداخل.

٦- ألواح من ألياف المعادن مع مادة الإسمنت البورتلندي الأسود.

كما ان هناك مواد تتميز بقابليتها على العزل الحراري والصوتي معاً ومنها:

١- ألواح الصوف الزجاجي: مصنوعة من الصوف الزجاجي المغطى بطبقة رفيعة من الزجاج تكسبها الصلابة، كما أن هذه الألواح لديها القدرة على مقاومة الرطوبة وسوء الاستخدام إذ أنها تخلو من المواد القابلة للصدأ، ويمكن استخدامها في مختلف أنواع المباني لعزل الجدران والأسقف.

٢- ألواح العزل الحراري والصوتي :(Thermal and acoustic sheets) تستخدم هذه الألواح دون الحاجة إلى تغطيتها من الداخل وتصلح خاصة لأسقف المصانع حيث تناسب جميع الأبعاد الكبيرة للإنشاء، وهذه الألواح تقاوم الغبار والرطوبة والتآكل حيث تغلفها طبقة حماية بلاستيكية ذات عمر طويل، وهذه الألواح نقية من المواد المشجعة على الصدأ.

---

[٦] **حيث ان** : (ذبذبة الرنين /**Freq**....**Hz**) ، (سرعة الصوت في الهواء م / ث ....**C**) ، (مساحة مقطع الرقبة / م٢....**S**) ، (طول الرقبة /م.....**I**) ،(حجم الفراغ داخل الرنانة / م٣ .....**V**)

٧ نجد استخدام هذا النوع من العزل في الجدران المجوفة (**Cavity Walls**) والتي تبنى من طبقتين متوازيتين يفصل بينهما فراغ سمكه يعتمد على سمك الجدار ، يملاء بالمواد العازلة للصوت والحرارة **(٦، ص ١٢)** .

٣- البيرلايت: هو عبارة عن صخور بركانية على شكل حبيبات بيضاء اللون، ويعتبر البيرلايت من أفضل العوازل المستخدمة لصناعة وتخزين الغازات السائلة تحت درجات حرارة منخفضة جدا، كما أنه يعتبر عازل جيد للصوت ويعطي السطح مقاومة كبيرة للحرائق، ويستخدم البيرلايت لعزل الأسقف والجدران والأرضيات. حيث يمكن عمل الواح عازلة منه او خلطه مع الاسمنت والرمل لانتاج خرسانة او مونة مقاومة للانضغاط وعازلة للحرارة والصوت . (٢، ص١٢٨) .

٤- الفلين : من المواد الطبيعية العازلة الجاستة ذات قابلية عالية للعزل الصوتي فضلاً عن العزل الحراري حيث يوجد على شكل الواح بقياسات ٣٠×٩٠ سم او ٩٠ × ٩٠ سم وسمك ١٠-٢٠ سم ، ومن مواصفاته اشتعاله بصعوبة وذو موصلية للحرارة ٠،٠٤٥ (وات /م.س) يمكن استخدامه في عزل الانابيب وتستخدم حبيباته على الحوائط المزدوجة،وهو من المواد الشائعة الاستعمال في عزل استوديوهات ومختبرات التسجيل الصوتي .

٥- البولسترين الممدد والمشكل بالبثق : هما من الانواع الشائعة الاستخدام في العزل الحراري والصوتي ، يتكون اما على شكل بلاطات عازلة او يدخل في تصنيع الطوب الخفيف والمونة الخفيفة واسقف الديكور وينتج بالوان مختلفة .(٢ ، ص١٣٠) .

٦- الثرمستون (الخرسانة الخفيفة) Light weight concrete: تستعمل على شكل كتل خرسانية في الجدران وعلى شكل الواح للسقوف والجدران الخارجية والداخلية ومن خواصها خفة وزنها وقابليتها الكبيرة على العزل الصوتي والحراري .(٦ ، ص١٧) .

أن المعرفة بأنواع وخواص المواد العازلة للصوت من قبل المصمم الداخلي والمعماري هو من الامور المهمة والواجبة لتحقيق التصميم الداخلي الناجح من حيث العزل الصوتي الجيد فضلا عن الجوانب الشكلية والوظيفية لهذه المواد ومنها ميكانيكية العزل الصوتي كما في الفقرة آلاتية :

ميكانيكية العزل الصوتي :

عند دخولنا بناية ما سرعان ما نحس بالحماية والتطويق ، ان هذا الإدراك له علاقة وثيقة بما يحيطنا ، الأرضية ، الجدران ، السقف ، والمستويات التي تحدد الفضاءات الداخلية هي العناصر التصميمية التي تحدد الحدود الفيزياوية وتفصله عن الفضاء الخارجي وعما يحيط به من فضاءات داخلية أخرى .

فالمحددات الأفقية للفضاء تشمل الارضيات والسقوف وتعرف على انها تلك الأجزاء الأفقية في الابنية التي بواسطتها يمكننا تقسيم الفضاءات الداخلية العالية الى مستويات متعددة وتسمى بالطوابق وهي الأرضيات اما المستويات الأفقية الأخيرة والتي لا يعلوها اي مستوى افقي فتسمى بالسقوف. (٣ ،ص ٨٤) .

اما المحددات العمودية للفضاء فهي العناصر العمودية الخطية والاعمدة او الجدران التي تعد من العناصر المهمة والضرورية والاساسية في الفضاءات الداخلية وتشكل ايضاً واجهات المباني وهي توفر الحماية والخصوصية في الفضاءات الداخلية التي تحيط بها .(٣،ص٩٠).

للمصمم الداخلي الدور الكبير في معالجة المحددات الافقية والعامودية تجاه العزل الصوتي لتوفير الجو السمعي الملائم لراحة الانسان في الفضاءات الداخلية وفيما يلي بعض الطرق المستخدمة في معالجة الجدران والارضيات والسقوف .

١- الجدران (Walls) : ان الطاقة الصوتية الساقطة على جدار تتأثر بقوة الصوت الصادر عن المصدر ومجموع الامتصاص الحادث في الغرفة ، اذ ينعكس جزء من هذه الطاقة الى داخل الغرفة ، والجزء الاخر يتم امتصاصه من قبل الجدران ، ويتحول قسم منه الى طاقة حرارية ، والقسم الاخر ينتقل الى الغرفة المجاورة على شكل اهتزازات تحدث في الجدار الذي بدوره يشعها في الغرفة المجاورة على شكل طاقة صوتية .وتعتمد عازلية الجدار (مقدار

الخفض في انتقال الصوت من خلاله للفضاءات الداخلية المجاورة على : (١- تردد الصوت ٢- نوعية الجدار ٣- كتلة الجدار) وذلك على النحو التالي : - انظر شكل رقم (٥).
أ- عند الترددات المنخفظة يكون لنوع الجدار من حيث صلابته وليونته الاثر الفعال في معدل الخفض في انتقال الصوت ، اذ يقل معدل الخفض للجدران الصلبة ويزيد للاسطح اللينة ، ولا يكون لكتلة الجدار اي تاثير عند هذه الترددات .(١١،ص١٩٩).
ب- عند زيادة التردد قليلاً ، تبدأ فاعلية رنين الجدار في التحكم في انتقال الصوت .
جـ- عند مضاعفة التردد ، تبدأ فاعلية كتلة الجدار بالتأثير ، فزيادة الكتلة من شأنها ان تزيد من معدل الخفض في انتقال الصوت الى ان يصل التردد الى التردد الحرج (اي عندما يكون طول الموجة المنحنية في الجدار مساويا لطول موجة الصوت التي يشعها الجدار في الغرفة المجاورة) .
د- عند زيادة التردد على التردد الحرج ، يعود تاثير صلابة وليونة الجدار الى معدل الخفض في انتقال الصوت .
هـ- وبأضافة مواد ماصة للصوت الى الجدار ، فمن شكل ذلك ان يزيد من مقدار الخفض في انتقال الصوت من خلاله .

في حالة تاثير فاعلية الكتلة فان معدل الخفض في انتقال الصوت يزيد (٦ dB) لكل ضعف في سماكة الجدار ، او ضعف التردد الى ان يصل الى التردد الحرج ، بينما ينعدم تاثير كتلة الجدار عند الترددات المنخفضة .

وحتى يكون الجدار ذا كفاءة عالية في الخفض من انتقال الاصوات المنتقلة في الهواء (Air borne sound) من خلاله كافة الترددات فانه يستلزم ان يكون الجدار ذا كتلة كبيرة وصلابة قليلة .اذ من الممكن ان يكون الجدار ذا كتلة كبيرة ولكنه يكون غالباً ذا صلابة عالية ، تمكن معالجتها بتغطية الجدار بمواد مسامية ماصة للذبذبات (مثل الصوف الصخري) لزيادة معدل الخفض في انتقال الصوت من خلاله ،ان زيادة كتلة الجدار تزيد من عازليته،الا انه في زيادة كتلة الجدار تكون في بعض الاحيان امراً غير عملي ،وقد يكون الظن الاول وهلة بانه بالامكان زيادة عازلية الجدار ببناء اخر خلف الجدار الاول ، فعندما يكون معدل الخفض في انتقال الصوت لجدار هو (٤٠db) فان مقدار الخفض للجدارين سيكون (٨٠ dB=٤٠-٤٠) ، وهذا امر غير ممكن الا اذ كان الجداران منفصلين تماماً ، وبوجود مسافة اكبر من متر ،لذا كان التوجيه في العزل من خلال الجدران باستخدام الجدران المجوفة وهي الجدران الفاصلة بين الفضاءات الداخلية المختلفة في الابنية ومنها الابنية الفندقية والصحية وان زيادة كفاءة الجدران اتجاه العزل الصوتي يعتمد على ملء الفراغ الفاصل بين جداري الجدار (كما مر ذكره) المجوف بواسطة المواد العازلة وكما هو الحال في استوديوهات السينما او التسجيل الصوتي فضلا عن القاعات الكبرى ، ومن بين الحلول المستخدمة في زيادة عازلية الجدران هي باستخدام فواصل بينها ،حيث يتم استخدام فاصل يكون صلباً جداً وذا كتلة كبيرة ومثبت بشكل قوي كما مر ذكره بحيث لن تستطيع موجات الصوت هزه بسهولة ، اوان يكون هنالك فصل بين طرفيه بحيث ان اهتزاز احد اطرافه او جهاته لن ينقل الى الجهة الاخرى لعدم وجود رابط صلب يربطهما ببعض ،وهذا يجعل بالامكان عمل فواصل خفيفة ذات سماكات بسيطة ولها عازلية صوتية عالية ومن هذه الفواصل فاصل من الالواح بينها دعائم خشبية مفرقة Partition with staggered studs حتى لا يتم انتقال الاهتزازات من الالواح الموجودة على طرفي الدعامات المعدنية او الخشبية ، بين صفين من الدعامات يتم انشاؤها وليست على نفس المستوى ،بحيث تثبت الواح الجبس او الفيبر او الخشب على الصف الاول واللوح الثاني على الصف الاخر كما هو مبين بالشكل رقم (٦).

Gypsum wallboard with staggered wooden studs	16 CM	STS=44

يمكن ملء الفراغ بين الطبقتين والدعائم بفرشات من الصوف الصخري والتي تساعد في امتصاص الصوت ومنع انتقال الصوت من الطرفين خلال الفراغ الهوائي بينهما وتتحسن قيمة العازلية الصوتية فيها (١،ص٦).

Gypsum wallboard with staggered wooden studs and fiberglass Ins	12-16cm	Stc=46-50

٢- الأرضية العائمة (Floating Floor) : تعتبر الأرضيات العائمة من افضل الطرق العملية لخفض انتقال الصوت ، وخاصة الصوت الصدمي ،وتكون هذه الأرضية مفصولة تماماً عن الارضية الاساسية بمواد ماصة للذبذبات ، مثل الاصواف المعدنية ، وتمثل الأرضية العائمة في هذه الحالة (Mass-spring damping element system) .وان اي اتصال بينها وبين الأرضية الأساسية من شأنه ان يسمح بانتقال الصوت من خلاله ، مما يقلل من الخفض في انتقال الصوت ، وفي هذه الطريقة توضع دعامات من المعدن او الخشب على مسافات تتراوح من ٤٠-٦٠ سم توضع بينها الواح من البليثيرين الصلب (الرغوة الصلبة) فوقها طبقة رقيقة من الخرسانة مع قضبان صغيرة من التسليح فالرمل والبلاط كما هو مبين في الشكل (رقم ٧) .

ان اقصى عازلية للارضية للصوت تكون عند الترددات التي تزيد على تردد الرنين ، لذا يفضل ان يكون تردد الرنين للارضية اقل ما يمكن (اقل من ٢٠ هيرتز) ولتحقيق هذه الغاية يستلزم زيادة في كتلتها كما ان معدل الخفض في انتقال الصوت من خلالها يزيد (١٢ dB) عند مضاعفة التردد فوق تردد الرنين .

٣-الاسقف (Ceiling) : يمكن للاسقف المستعارة او المعلقة ، والمصنعة من مواد ماصة للصوت ، ان تعمل على الحد من انتقال الصوت من خلالها .(١١،ص١٩٨)،وخاصة الأصوات المنتقلة في الهواء (Air borne sound) ، بينما ينحصر دورها في الحد من انتقال الأصوات الصدمية (Impact sound) من خلالها فقط ، ولا تمنع من انتقالها او اشعاعها من خلال الجدران وعناصر البناء .لذا يستلزم عزل الارضية التي فوق السقف بأرضية عائمة (Floating Floor) تفصلها عن هيكل البناء بمواد ماصة للاهتزازات .شكل رقم (٨).(٨ ،ص٢٧) .

معالجات تصميمية اخرى للتقليل من اثر الضوضاء في الفضاءات الداخلية

من بين المعالجات التصميمية الصوتية التي يمكن ان يقوم بها المصمم الداخلي في بعض الفضاءات الداخلية سواء كانت من خلال نظام العزل الصوتي او من خلال بقية عناصر التصميم الداخلي التي تم التطرق اليها في هذا البحث فنجد مثلاً ان في غرف او قاعات الاجتماعات يستطيع المصمم الداخلي ان يقوم بالمعالجات آلاتية :

١- يتغير ترتيب المقاعد بحسب حجم الفضاء ولكن في كل الحالات يتم الترتيب بحيث يقابل المجتمعون بعضهم الأخر وليس من الضروري اللجوء الى الشكل التقليدي الذي ينطلق من التوازي والامتداد مهما كان الطول .

٢- لا يتطلب ان يكون حجم قاعات الاجتماعات كبيراً ولا يكون سقفها عالياً وذلك لضرورة توفير جو اكثر ملاءمة من الناحية الصوتية .

٣- ان حجم الفضاء بالعلاقة مع عدد مستخدميه او عدد الحضور يتطلب عادة استعمال مواد ماصة للتقليل من الضجيج الحاصل واحسن مواضع لهذه المواد هي ان توزع على اسطح الجدران .

٤- عندما يكون حجم الفضاء كافياً لأحداث صدى الزوايا فان استعمال الأسطح المشتتة او الماصة على الجدران او الزوايا ذات الاتجاه الداخلي يصبح ضرورياً .شكل رقم (٩).

٥- يفضل ان يكون السقف افقياً عاكساً ليعطي تقوية صوتية متجانسة عن طريق الانعكاس الصوتي ،كما يفضل ان تكون الأرضية ذات انهاءات قابلة لامتصاص الصوت فضلاً عن خامات قطع الأثاث الموجودة .(٣،ص٢٣٥).

اما في مدرجات المحاضرات فان استعمال عاكس صوتي علوي فوق منصة المحاضر وكذلك سقف عاكس افقي فوق منطقة الجلوس يعطي تقوية صوتية متجانسة في اغلب الحالات وهذا بفرض ان السقف غير مرتفع كثيراً فضلاً عن ان الجدران الجانبية يجب ان تكون مشتتة للضجيج .(٥،ص٧).

وفي حالة تصميم قاعات لاغراض العروض المسرحية والموسيقية والاحتفالات فأنها تحتاج في بعض الاحيان من قبل المصمم الداخلي (وبمساعدة مهندس الصوت) الى معالجات من نوع خاص يلائم هذه الفضاءات الخاصة تبعاً للفعاليات التي تجري داخلها حيث يمكن ان يقوم المصمم الداخلي بـ:

١- الاقتصاد في مساحات توزيع المقاعد والممرات وبشكل يسمح بتقليل المسافة بين المنصة والصفوف الخلفية البعيدة عنها .

٢- ان احاطة المنصة بالعواكس القابلة للترتيب حسب الفعالية تعتبر مطلوبة ليس لتشجيع من يقوم بالعرض على المنصة عن طريق عاكسية الصوت المساعدة فوق رووسهم ،فحسب بل لتوفير عاكسية قريبة وقوية توجه للمواقع المطلوبة وتمنع حدوث الانعكاسات والصدى غير المرغوب فيه داخل فراغ المنصة وجوانبها . شكل رقم(١٠).

٣- ان توزيع وترتيب صفوف المقاعد في كل من الصالة والشرفات يجب ان يضمن مشاهدة جيدة من جميع المواقع فضلاً عن الانفتاح لاستقبال الصوت فيها ودون وجود حواجز وان دراسة علاقة المتفرج بالمتفرج الأخر الجالس أمامه يجب ان تدقق بحرص اخذين بعين الاعتبار مصادر الصوت المباشر منها او القادم عن طريق الانعكاس .شكل رقم (١١).

٤- يجب ان تصمم العواكس بحيث تعطي تقوية صوتية متزايدة باتجاه خلف الصالة والشرفات ويطلب ان يحقق التصميم قدر الإمكان مواقع لوضع العواكس قريبة وغير مرتفعة وهذا اساسي ومهم لاعطاء عاكسية جيدة .

٥- المقاعد وبقية الاثاث المستخدم في مثل هذهِ الفضاءات يجب ان يكون من خامات ماصة للصوت بدرجة عالية للتعويض قدر الإمكان عن الامتصاص الصوتي للشخص[٨] في حال عدم حضوره .(٧،ص١٨٥) .

وفي مجال انظمة السيطرة الصوتية بالنسبة للفضاءات الداخلية فان العلم والتكنولوجيا الحديثة قد وفرت للمصمم الداخلي حلولاً متعددة تتيح له الطريقة المناسبة لاختيار ما هو ملائم وجيد تقنيا وفنيا (وظيفياً وجمالياً) للفضاء المصمم وبما يحقق الراحة الصوتية لمستخدمي الفضاءات الداخلية . فمثلاً يمكن التخلص من الازعاج والضوضاء الناتجة عن غرف المحركات والمولدات وكراجات السيارات الداخلية التي ترتبط عادة بهيكلية المبنى الذي يحوي القاعات حيث يمكن استخدام بعض التقنيات ومنها .

١- الأصوات والضوضاء الناتجة عن الكراجات وغرف المحركات :

ان غرف المحركات والكراجات الداخلية في الابنية تعتبر من مصادر الازعاج الصوتي ومن الممكن تخفيف الازعاج وانتقاله في مواقف السيارات المغلقة او غرف المحركات والمولدات بواسطة احدى الطريقتين :

أ- وضع مواد ماصة للصوت على الجدران خاصة الواح الصوف الصخري والزجاجي وكذلك الالواح المصنوعة من الالياف النباتية الخفيفة وغير المضغوط .وهذه الالواح لها معامل امتصاص للصوت مرتفع جداً ويزيد عن ٩٠% ولكن هذه الطريقة مكلفة عادة وهذه الالواح خفيفة ولا تتحمل ظروف صعبة مما يؤدي الى تلفها وتآكلها مع مرورالوقت.

([٨]) لجسم الإنسان والملابس ولنوعية الملابس التي يلبسها قابلية على امتصاص الأصوات

ب- استعمال الطابوق المجوف مع فتحات Sound Cell Blocks وهذا الطابوق يحتوي على ثقوب وفراغات في كتلته مما تؤدي الى قلة وزنه وزيادة عزله للحرارة والصوت وتماسكه مع المونة .(٦ ، ص١٢) وهو عالي الامتصاص للصوت بواسطة ظاهرة الرنين Resonance ، ويمكن ان يكون الطابوق ذو فتحات ويمكن ان يكون جزء منه فقط والباقي مغلق .

٢- الأصوات الناشئة عن جسم المنشأة (Structural – Borne Noise)

يمكن تقليل الاصوات الناشئة عن الطرق واهتزاز الماكنات وذلك من خلال احدى الطرق الآتية :

أ- استعمال قواعد مطاطية مناسبة تحت الماكينات والأجسام المهتزة او رفع الماكينات على جكات هوائية .

ب- وضع الماكينات او المحركات فوق سطح تحته عجلات مطاطية منفوخة بالهواء او وضع الماكينات او المحركات فوق سطح محمول على زنبركات .

جـ- في حالة الحاجة الى الطرق على الجدران يوضع جدار آخر داخلي مثبت على الجدار الأصلي بواسطة زنبركات .

د- اذا كانت كل الطرق السابقة غير كافية نعمل غرفة معدنية معلقة داخل الغرفة الأصلية بواسطة زنبركات قوية ومعلقة من أعلى لضمان عزل صوتي جيد والتخلص من الازعاج الصوتي المتولد من الطرق والماكنات شكل رقم (١٢) .(١،ص٩) .

منهج البحث وإجراءاته :

منهج البحث :

يتضمن منهج البحث وإجراءاته تحديداً لمجتمع البحث وعينته واسلوب اختيارها وادوات البحث ونوعها ، حيث استخدم في إنجاز البحث الحالي المنهج الوصفي التحليلي بالاعتماد على الملاحظة المباشرة من قبل الباحثين لنماذج البحث والمقارنة مع المعلومات العلمية المتوفرة والمستقاة من المصادر العلمية المتخصصة في موضوع الدراسة بغية الوصول الى أهداف البحث الرئيسة.

أدوات البحث :

اعتمد البحث على مجموعة من الأدوات أهمها :

١- الملاحظة العلمية لجمع المعلومات من خلال الملاحظة المباشرة (استمارة ملاحظة خاصة وضعت مسبقا لجمع معلومات محددة تصب في اهداف البحث) والتأكد من معلومات الدراسة من خلال الرؤية المباشرة.

٢- المناقشة الجماعية من خلال عقد لقاءات مع خبراء في مجال التصميم والعمارة والهندسة الصوتية والهندسة المدنية فضلاً عن استبانة آراء مستخدمي نماذج البحث من قاعات الاجتماعات الكبرى (نماذج البحث المختارة)[٩].

مجتمع البحث :

يتكون مجتمع البحث من نماذج البحث المختارة لقاعات الاجتماعات وتتمثل بثلاث قاعات كبرى لعقد الاجتماعات والندوات والمؤتمرات موزعة على مواقع أبنية جامعة ديالى وهي قاعة (١) كلية الهندسة (٢) كلية التربية الأساسية (٣) كلية العلوم .

(٩) (مستخدمي نماذج البحث شمل التدريسين والموظفين والطلبة والضيوف اثناء انعقاد المؤتمرات والندوات والمناسبات المختلفة فضلا عن تواجدهم في هذه القاعات).

وصف عينة البحث :

تم اختيار ثلاثة نماذج كعينات لتقويم ومقارنة المعلومات والبيانات التي تم جمعها عن العزل الصوتي ومواد العزل ومدى تحقيقها ضمن هذه القاعات وبالاعتماد على أهداف البحث الرئيسية .وهذه النماذج هي :

النموذج الاول :(قاعة كلية الهندسة – القاعة الكبرى) وتقع ضمن مجمع كليات الهندسة والقانون.

النموذج الثاني :(قاعة كلية التربية الأساسية – الأصمعي) وتقع ضمن مجمع كلية التربية الأساسية.

النموذج الثالث :(قاعة كلية العلوم – مصطفى جواد) وتقع ضمن المجمع الرئيسي للجامعة ضمن ابنية كلية العلوم.راجع شكل رقم ١٣ نموذج استمارة الملاحظة

ان جميع النماذج تستخدم لعقد الندوات والمؤتمرات والاجتماعات الكبرى فضلا عن الاحتفالات والمناسبات الخاصة بجامعة ديالى والمحافظة.

النتائج :

تم التوصل الى النتائج التالية من خلال وسائل جمع وتحليل المعلومات وكما يلي :

١- تعاني نماذج البحث الثلاثة من شدة الضوضاء والازعاج الصوتي وذلك لعدم تطبيق العزل الصوتي بصورته العلمية الصحيحة في بعض النماذج وانعدامه في نماذج أخرى وقد جاءت هذه النتيجة من خلال الملاحظة المباشرة من قبل الباحثين اثناء المعايشة مع نماذج البحث[١٠] حيث تبين ان سبب الإزعاج الرئيسي يأتي من حركة المتواجدين داخل القاعة ، وحركة الاثاث (الكراسي بصورة خاصة) ومكبرات الصوت والصدى الناتج عنها فضلا عن الأصوات الناتجة عن مكيفات الهواء والاصوات الخارجية والأصوات المنتقلة عبر هيكلية المبنى وقد عزز هذه النتيجة استبانه اراء مستخدمي نماذج البحث من الحضور سواء كانوا طلبة ، تدريسيين ،موظفين ، ضيوف ، ..الخ، وآراء المختصين في مجال التصميم والعمارة والصوتيات .شكل رقم ١٤و١٥

٢- لوحظ انه كلما كبر حجم القاعة وزاد عدد الحضور زادت نسبة الازعاج الصوتي الناتج عن حركتهم وحركة الأثاث ، وفي نفس الوقت تقل نسبة الضوضاء على مستوى الفضاء ككل وذلك لبعد السطوح العاكسة عن مصادر الصوت وبالتالي تشتته وانعدامه وهذه ليست ميزة في القاعات التي تقام فيها الاحتفالات والمؤتمرات لكن كبر الحجم وكثرة الحضور معناه الحاجة الى اعداد إضافية من مكيفات الهواء والى زيادة في صوت مكبرات الصوت ووضع اعداد إضافية منها وبالتالي الحاجة الى معالجات صوتية مناسبة ، وقد تم ملاحظة هذا الامر بالمقارنة مابين نموذج رقم (١) والنموذج رقم (٣).

٣- اما فيما يخص مدى استخدام مواد العزل الصوتي ومدى عازلية نماذج البحث اتجاه العزل الصوتي فقد لوحظ ما يأتي:

أ- لم يتم مراعاة التقنيات والوسائل التي تساعد على العزل الصوتي خصوصا الاصوات الخارجية الناتجة عن كراجات السيارات وحركتها وغرف المحركات (مولدات الكهرباء) كون الابنية مرتبطة هيكلياً بها كما لم يتم استخدام قواعد مطاطية للمولدات او عزل الجدران

([١٠]) في فترة الدراسة الميدانية لنماذج البحث عقدت عدة ندوات ومؤتمرات ولقاءات ومحاضرات في نماذج البحث الثلاث من القاعات وقد حضرها الباحثون للتعايش ميدانيا مع الجو السمعي والصوتي لها للوقوف على مدى تطبيق العزل الصوتي أولا واسباب الإزعاج والضوضاء الحاصل داخلها ومن هذه الندوات على سبيل المثال لا الحصر ، مهرجان يوم الجامعة ، مؤتمر التآخي الوطني في محافظة ديالى ، لقاءات رئيس الجامعة مع طلبة الكليات ومع أساتذتها ، ندوات ومحاضرات علمية حول مرض أنفلونزا الطيور والمخدرات والصحة العامة ومهرجانات لتكريم الأساتذة والطلبة الأوائل وبعض تمارين طلبة قسم التربية الفنية .

من خلال استعمال الطابوق المجوف والمعزول صوتياً لعزل هذه القاعات حيث تم بناء النموذج الاول من وحدات جاهزة من الخرسانة ونموذج الثاني و الثالث من الطابوق العادي .
ب- لوحظ ان فتحات الابواب والشبابيك غير محكمة الاغلاق وغير معالجة تجاه منع الاصوت الخارجية بالنسبة للنماذج البحث الثاني والثالث ماعدا النموذج الاول كون الفتحات المستخدمة من الالمنيوم و ذات احكام او عزل جيد اما نموذج ٢ فهو من الحديد و٣ فهو من الخشب .
ج- اثاث الجلوس في نموذج رقم١ و ٣ غير فعال لكبت الصوت والصدى كونه مصنوع من مواد صلبة وصقيلة بلاستك و خشب فورمايكا) عكس نموذج رقم ٢ فان اثا الجلوس من القماش المنجد وذو خاصية جيدة لامتصاص الصوت.شكل رقم ١٦ و١٧ و١٨
د- ارضية القاعات من مواد انهاء تتميز بعاكسية عالية للصوت مما يزيد من شدة الازعاج اما الجدران والسقوف فهي من مواد تعتبر مناسبة لامتصاص الصوت خصوصا النموذج رقم ١ حيث استخدمت فيه وحدات عازلة للصوت ضمن السقف الثانوي .شكل رقم ١٥
٤- عدم استخدام اسطح مشتتة للصوت على الجدران والسقوف كما لم تراعى قواعد العواكس الصوتية في القاعات الثلاث و لم يتم تصميم منصة العروض والمحاضرين تجاه العزل وهي عامل اضافي لاحداث الضوضاء كونها مصنوعة من الخشب والسير عليها بدون معالجة صوتية يولد ازعاج صوتي غير مرغوب فيه.شكل رقم١٩
٥- اخيراً لوحظ ان الشركة المشيدة للنموذج الاول هي شركة عالمية (المانية) راعت في تصميم القاعة قواعد العزل الصوتي في كثير من الجوانب الا انها لم تراعي تغير الاستعمال بالنسبة للقاعة وبالتالي التخطيط المستقبلي في وضع معالجات طارئة وهو ما احدث بعض الاخفاق في العزل الصوتي للقاعة خصوصا اثاث الجلوس واستخدام الجدار الزجاجي للقاعة اما الشركات التي قامت بانشاء النموذج الثاني والثالث فهي شركات محلية لم تراعى هذه القواعد سواء باستخدام مواد الانهاء للجدران والسقوف والارضيات او ابواب وشبابيك القاعات او حتى استخدام مواد العزل الصوتي.

الاستنتاجات :

١- من خلال المعلومات الواردة في البحث ونتائج الدراسة الميدانية يمكن الاستنتاج بأن مصادر الضوضاء (الإزعاج) المتولدة في الفضاءات الداخلية والتي يجب على المصمم الداخلي التعامل معها بصورة ابداعية لوضع الحلول المناسبة لمعالجتها تتمثل بما يلي :
- أصوات الأشخاص وحركتهم التي لا نرغب بانتقالها الى الفضاءات الداخلية المجاورة او الطوابق الأخرى .
- أصوات الاجهزة ومكبرات الصوت وحركة الاثاث والطرق واصوات الماكينات والمعدات ذات الاهتزازات العالية .
- أصوات السيارات او المولدات الكهربائية او المضخات وغيرها التي تتواجد في كراجات او غرف مغلقة بالمبنى .
- أصوات انتقال الهواء في اجهزة التكييف بالمباني .
٢- ولكي نحد من الضوضاء داخل الفضاءات يجب على المصمم الداخلي مراعاة المعالجات الآتية :
- أحكام إغلاق الشبابيك او الأبواب والتأكد من عدم وجود فتحات او شقوق ينتقل الصوت من خلالها ، ويتم ذلك بوضع إطارات مطاطية على أطراف الأبواب والشبابيك تضمن اغلاق الشقوق تماما عند إغلاقها .
- عدم السماح للجدران الفاصلة بنقل الاهتزازات المنتقلة بالهواء من جهة المصدر الى الجهة الأخرى ، بحيث ان هذا الفاصل لن يهتز عند تعرضه للصوت ولن ينقل الاهتزازات الى الجهة الاخرى منه .ويكون ذلك من خلال فواصل ثابتة جداً او فواصل ذات طرفين غير متصلين مباشرة لنقل الاهتزازات .

- حل مشكلة عدم وضوح الصوت في القاعات العامة (مؤتمرات ، محاضرات ..) وذلك بالتحكم في زمن ترديد الصوت لتلك الفضاءات الداخلية.
- الحد من انتقال الأصوات المحدثة لاهتزاز الهواء (Air borne sound).
- الحد من انتقال الاهتزازات ، خاصة ذات الذبذبات العالية التي تحدثها الآلات والمكائن في هيكل البناء مباشرة فضلاً عن الاهتزازات الناتجة عن عملية الطرق من خلال وضع مواد تقوم بامتصاص الصوت بحيث لا ينتقل مباشرة الى عناصر الإنشاءات المختلفة كالأعمدة والجسور والجدران ، وبهذا لن ينتقل الصوت من خلالها الى بقية فضاءات المبنى الداخلية .

٣- وضع عواكس صوتية في مواقع مصممة ومختارة لاعطاء عاكسية جيدة وتمنع حدوث الصدى والانعكاسات غير المرغوب فيها داخل القاعات واستعمال الأسطح المشتتة او الماصة على الجدران او الزوايا ذات الاتجاه الداخلي للحد من شدة الضوضاء في الفضاءات الداخلية .

٤- استعمال الاسقف المستعارة او المعلقة والمصنعة من مواد ماصة للصوت ، للتقليل من الازعاج والضوضاء والحد من انتقال الأصوات الصدمية فضلا عن عزل الارضية فوق السقف بارضية عائمة تفصلها عن هيكل البناء بمواد ماصة للاهتزازات . ومن الضروري استخدام الجدران العازلة للصوت المغطاة بمواد مسامية ماصة للذبذبات والمبنية من الطابوق المجوف والتي يتم حشوها بمواد العزل الصوتي (مثل الصوف الصخري) خصوصاً في القاعات التي تحتاج الى معالجات صوتية اعتماداً على الفعاليات المقامة فيها.

٥- يستطيع المصمم الداخلي من خلال تصميمه لشكل الفضاء وطريقة توزيع الأثاث ونوعية الأثاث المستخدم ومواد إنهاءه ومواد العزل الصوتي والمعالجات المتبعة في التصميم الداخلي ان يقلل من الضوضاء والازعاج الصوتي الحاصل داخل الفضاءات وصولاً الى افضل الطرق في العزل الصوتي للفضاءات الداخلية خصوصا القاعات الكبرى .

٦- ضرورة استخدام المواد الماصة للصوت المتعارف عليها محلياً ودولياً منذ المراحل الاولى لانشاء الابنية فضلاً عن المواد التي يمكن استخدامها في مراحل التصميم الداخلي ومنها المواد العازلة التي تم التطرق اليها في بحثنا هذا.

٧- على المصمم الداخلي ان يتحدد بالقيم العالمية لمعدلات الضجيج وترددات الصوت للمواد المستخدمة في التصميم الداخلي وذلك بالرجوع الى المعايير والجداول العالمية المتعارف عليها وحسب نوعية الفضاءات الداخلية .

التوصيات:

١. التشجيع على استخدام وسائل العزل الصوتي في الابنية العامة والخاصة للتقليل من اثر الضوضاء والإزعاج الصوتي على صحة الإنسان النفسية والجسدية .
٢. العمل على فرض قوانين ولوائح وإرشادات تلزم شركات البناء والدوائر ذات العلاقة بأنشاء الأبنية، وضع تصاميم مسبقة للمعالجات الصوتية خصوصا في الأبنية التي تحوي فضاءاتها قاعات اجتماعات او مختبرات صوتية فضلا عن أبنية المستشفيات وغيرها من الأبنية التي تحتاج الى العزل الصوتي .
٣. الرجوع الى المصمم الداخلي والمعماري في وضع معالجات صوتية للأبنية القائمة فعلا والتي تتميز بوجود مشاكل صوتية واضحة ولم يتم معالجتها مسبقا .

المقترحات:

ضرورة تشكيل لجنة او جمعية عراقية من ذوي الاختصاصات التي تعنى بالعمارة والتصميم الداخلي (تصميم داخلي ، عمارة ، صوتيات ، مختصين في الإضاءة والتكييف) تهتم بمعالجة المشاكل التي تعاني منها الفضاءات الداخلية للأبنية وخصوصا في مجال المكملات الداخلية ومنها مشكلة الضوضاء والإضاءة والعزل الحراري وغيرها ، وتقوم هذه اللجنة بوضع قوانين ولوائح محلية مستندة الى القوانين والأنظمة العالمية ومقاييس الجهاز

المركزي العراقي للسيطرة النوعية و ذلك لخلق بيئة تصميمية ملائمة صحيا ونفسيا لراحة الإنسان .

المصادر العربية :

١- بعباع ، معتصم " العزل الصوتي في المباني " ورشة عمل عزل وحماية المنشآت ،مركز أبحاث البناء – جامعة النجاح الوطنية – نابلس ، رام الله .فلسطين ٢٠٠٣ .
٢- جمعة ، حسين محمد " موسوعة التنفيذ الحديث المعماري والإنشائي " .ط١.الناشر مجموعة النيل العربية .مصر ، ٢٠٠١
٣- خلف ، نمير قاسم " الف باء التصميم الداخلي " ط ١ ،مطبعة خالد ، جامعة ديالى .ديالى ٢٠٠٥ .
٤- خلف ، نمير قاسم " محاضرات مقرر مكملات التصميم الداخلي " ألقيت على طلبة المرحلة الرابعة تصميم داخلي ، كلية الهندسة – قسم العمارة ، جامعة درنة ، ليبيا ، ٢٠٠٢ .
٥- خلف ،نمير قاسم "انظمة السيطرة على الصوت في قاعات الاجتماعات الكبرى "مجلة الآفاق الجديدة – مجلة ثقافية دورية تصدرها جامعة ديالى ،العدد ٩ السنة الثانية ، جامعة ديالى. ٢٠٠٥ .
٦- سلمان ، أنيس جواد " تركيب المباني " الجدران الحاملة وتفاصيلها المعمارية .الشركة العراقية للطباعة الفنية المحدودة ، ط٢ ، بغداد .١٩٨٨ .
٧- الخيمي ،محمد زهير "الصوت والعمارة " ط٤،مطبعة دمشق سوريا، ١٩٩٤.
٨- المدني ، محمود " العزل الصوتي في القطاع الإنشائي " مجلة المهندس الأردني ،مجلة هندسية فصلية تصدرها نقابة المهندسين الأردنيين ، العدد ٧٥ السنة ٣٩ عمان – الأردن ٢٠٠٥ .

المصادر الأجنبية

9-Ching ,Francis D.K" Interior Design " Illustrated .John Wiley &Sons,Inc.Canda,1987 .
10-Jane & Richard Fellows " Buildings For Hospitality " Addison Wesley Longman Limited Edinburgh Gate , Harlow , England 1996 .
11-Rayfielo, Julie K." The Office Interior Design " John Wiley &Sons .Inc .Canada 1994

الملاحق : الجداول

الرقم	نوع الفضاء الداخلي	مستوى معدل الضجيج المسموح به (R) / ديسبل (dB)
١	درج داخلي ، ممرات داخلية	٣٠
٢	غرف العاب الأطفال	٣٠-٢٠
٣	قاعة مؤتمرات، غرفة الدراسة	٣٠-٢٠
٤	صالة العاب	٥٠-٤٠
٥	صالة طعام	٤٠-٣٠

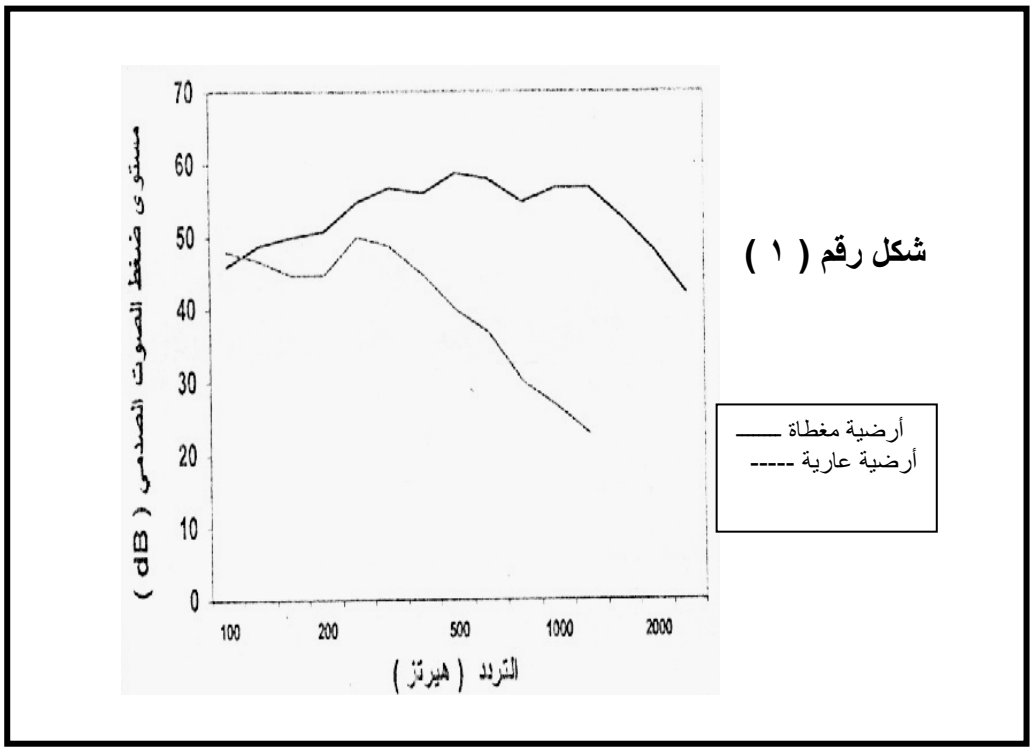
جدول رقم (١) يبين مستوى معدل الضجيج المسموح به لبعض الفضاءات الداخلية العامة

النوع	تردد الصوت هيرتز (Hz)					
	١٢٥	٢٥٠	٥٠٠	١٠٠٠	٢٠٠٠	٤٠٠٠
هواء	Nil	Nil	Nil	٠,٠٠٣	٠,٠٠٧	٠,٠٢
قصارة	٠,٠٣	٠,٠٣	٠,٠٢	٠,٠٣	٠,٠٤	٠.٠٥
خرسانة ناعمة	٠,٠٢	٠,٠٢	٠,٠٢	٠,٠٤	٠,٠٥	٠,٠٥
ألواح جبص	٠,٢٥	٠,٢٠	٠,١٠	٠,٠٨	٠,٠٥	٠,٠٥
أرضية خشب	٠,١٥	٠,٢٠	٠,١٠	٠.١٠	٠,١٠	٠.١٠
أرضية سجاد	٠,١٠	٠,١٥	٠,٢٥	٠,٣٠	٠,٣٠	٠.٣٠
أرضية مطاط	٠.٠٥	٠,٠٥	٠,٠٧	٠.٠٨	٠,١٠	٠,٢٠
جدار مطاط	٠,٠٥	٠,٠٤	٠.٠٢	٠.٠٤	٠,٠٥	٠.٠٥
زجاج ٤ ملم	٠,١	٠,٠٥	٠.٠٤	٠.٠٣	٠,٠٢	٠.٠٢
ستائر	٠,٠٥	٠,١٢	٠.١٥	٠.٢٧	٠,٣٧	٠,٥٠
كراسي خشبية	٠,٠٣	٠,٠٣	٠.٠٣	٠.٠٥	٠,٠٥	٠,٠٤
أشخاص / عادي	٠,١٠	٠،٣٠	٠,٤٠	٠,٥٠	٠.٦٠	٠.٦٠
ألواح الصوف الصخري	٠,٢٨	٠,٦٥	٠,٩٨	٠,٩٧	٠,٩٥	٠,٨٧

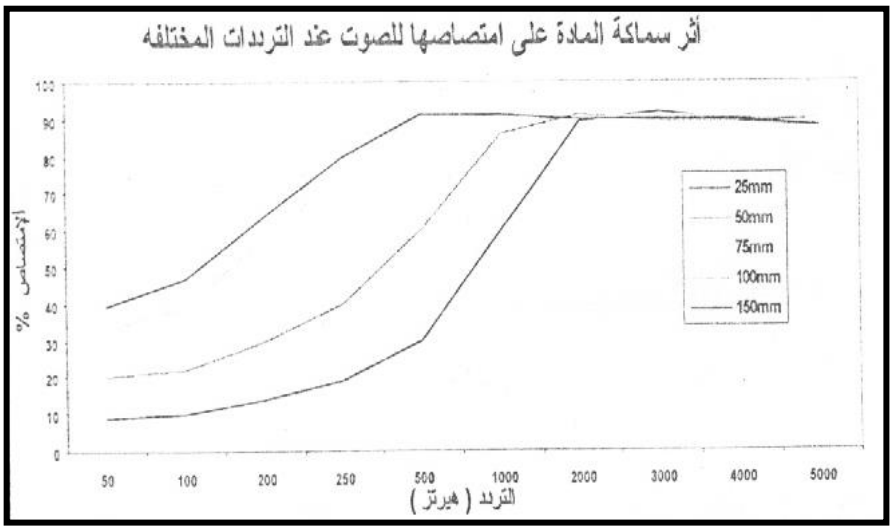
جدول رقم (٢) يبين تردد الصوت (هيرتزHZ) لبعض المواد المستخدمة في هيكلية وتأثيث الفضاءات الداخلية

الرقم	نوع الفضاء الداخلي	زمن الترديد القياسي /ثانية (RT) للتردد ٥٠٠ هيرتز
١	درج داخلي ، صالة العاب	١،٥
٢	ممرات داخلية	١،٠
٣	غرف العاب الأطفال	٠،٦٠
٤	قاعة مؤتمرات ، صالة طعام ، غرفة الدراسة	٠,٩٠

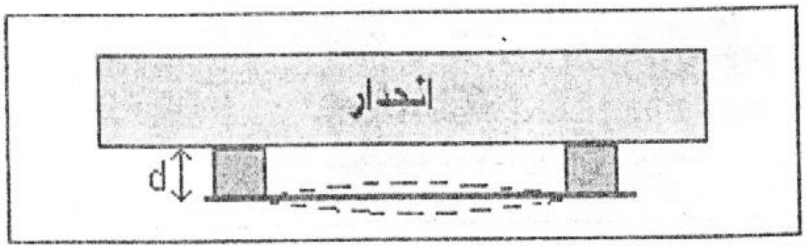
جدول رقم (٣) يبين زمن الترديد القياسي والمناسب لبعض الفضاءات الداخلية العامة
الملاحق:الأشكال



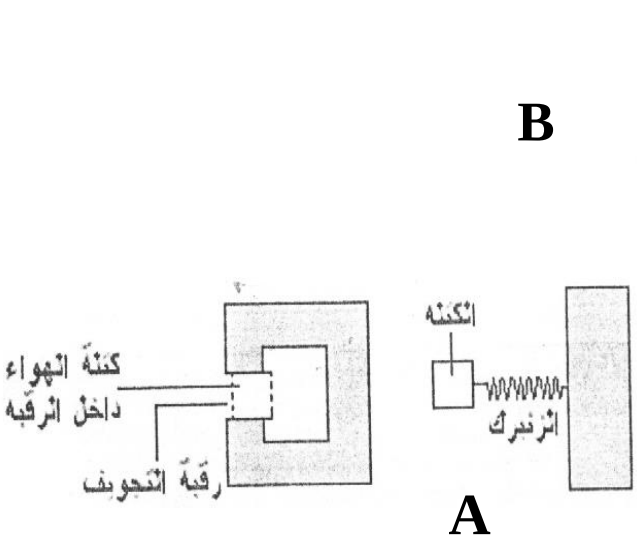
شكل رقم (١)



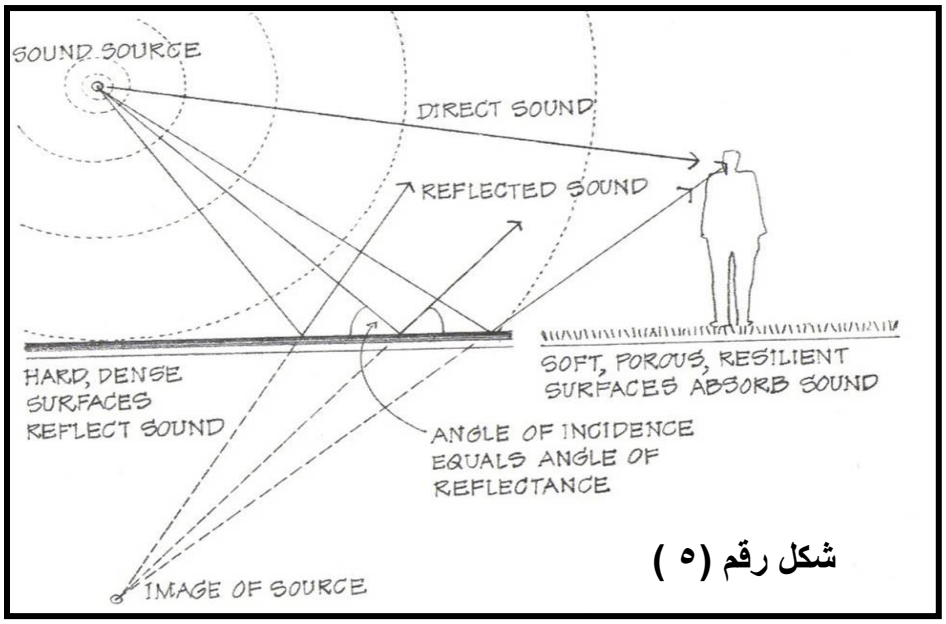
شكل رقم (٢)



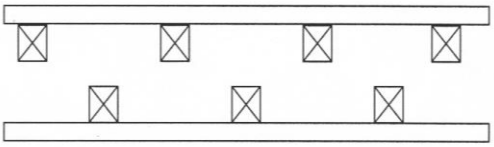
شكل رقم (٣)

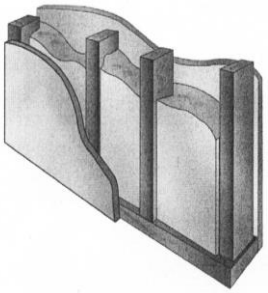


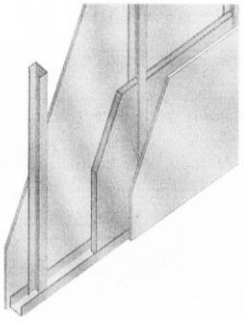
شكل رقم (٤)



شكل رقم (٥)





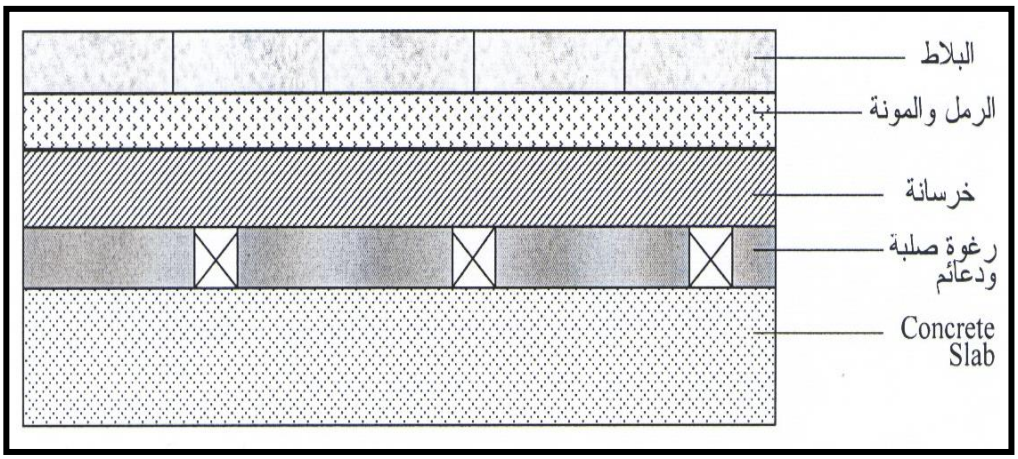


STC 52
Staggered 2" x 4" (51 mm x 102 mm) wood studs 16" OC (406 mm): single layer 1/2" (13 mm) Type X gypsum board each side; one thickness 3 5/8" (92 mm) JM Formaldehyde-free thermal/acoustical fiber glass ba

STC 37
Non-Staggered metallic studs with insulation

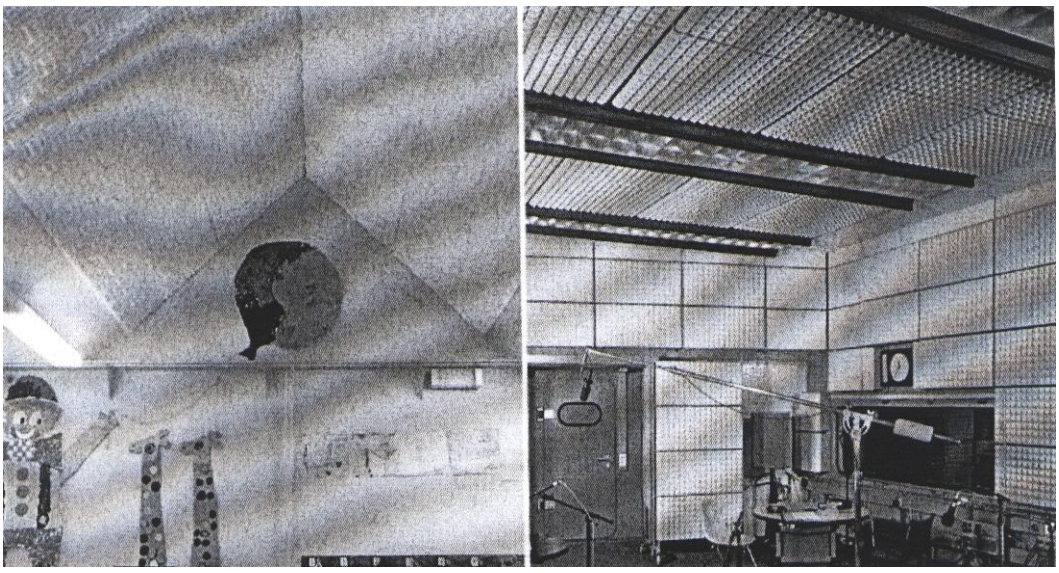
وضع ألواح من الجبس او الفيبر او الخشب كدعائم خشبية للحد من انتقال الاهتزازات الصوتية بين فراغ الجدار العازل وملء هذا الفراغ بحشوه من الصوف الصخري لكي يساعد على امتصاص ومنع انتقال الصوت .

شكل رقم (٦)

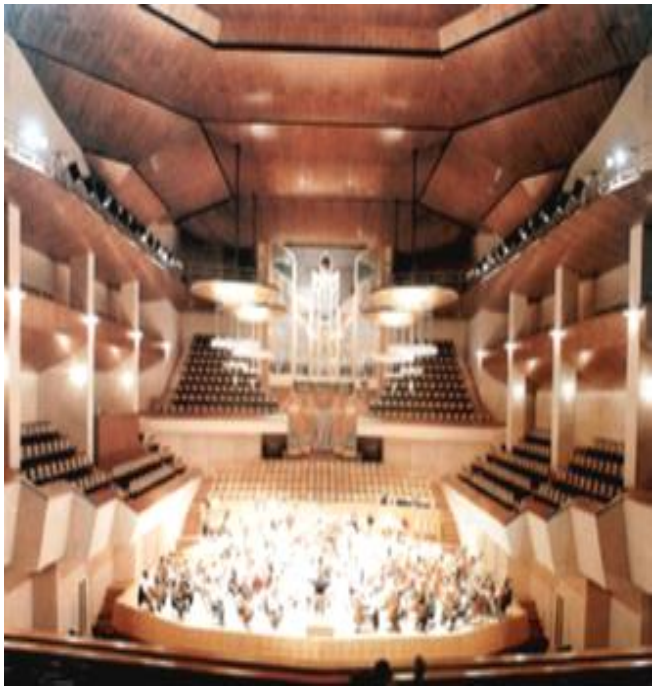


وضع دعامات من المعدن او الخشب على مسافات تتراوح بين ٤٠-٦٠ سم توضع بينها الواح من الرغوة الصلبة فوقها طبقة من الخرسانة مع قضبان صغيرة من التسليح والرمل والبلاط وذلك لزيادة فاعلية العزل الصوتي في الارضيات

شكل رقم (٧)



شكل رقم (٨)

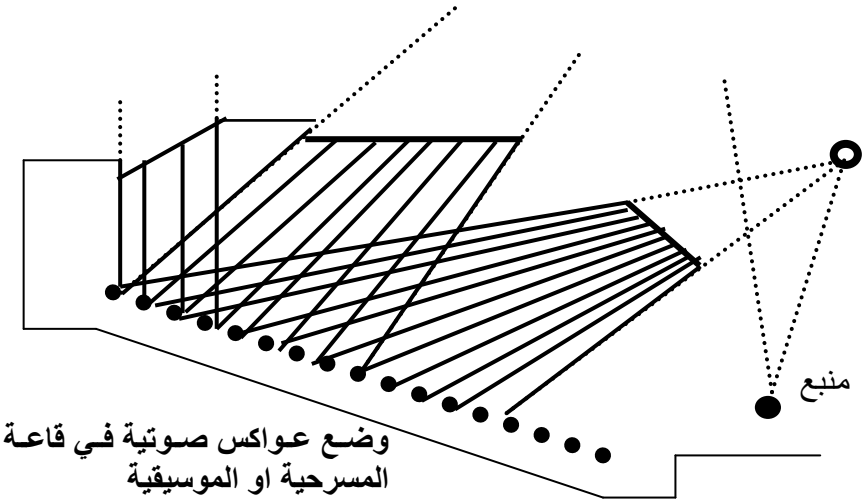


يلعب تصميم شكل الفضاء الداخلي وكيفية الجلوس فيه دوراً هاماً في التقليل من الإزعاج الصوتي (الضوضاء) .

شكل رقم (٩)

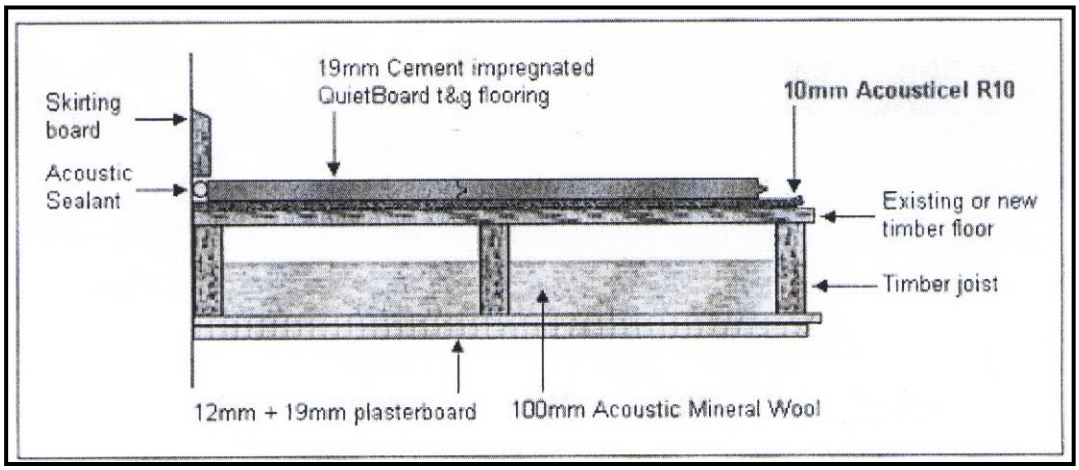
عواكس صوتية وماصات صوت على سقف قاعة مؤتمرات عامة

شكل رقم (١٠)



وضع عواكس صوتية في قاعة العروض المسرحية او الموسيقية

شكل رقم (١١)



شكل رقم (١٢)

الملاحق : أشكال نماذج البحث

نموذج: رقم (١) قاعة كلية الهندسة	الموقع: مجمع كلية الهندسة	الاستخدام:اجتماعات ، مؤتمرات ، ندوات ، كافتتريا للطلبة	الاستيعاب:اكثر من ٣٠٠
مواد الانهاء			
الارضية: بلاط موزائيك	الجدران :بياض ، زجاج		السقف :وحدات جاهزة (سقف ثانوي)
مواد التشييد			
خرسانة مسلحة / وحدات جاهزة مسبقة الصب			
الاثاث المستخدم			
مقاعد وكراسي متحركة مصنوعة من البلاستك وكراسي منجدة للحضور المهمين/ منصة القاء مصنوعة من الخشب			

منصة العروض والمحاضر			
مصنوعة من الخشب مع سلالم خشبية			
الشبابيك:المنيوم مفصلي /محكم		الابواب :المنيوم مفصلي / محكم	
مواد العزل			
اسطح عاكسة ومشتتة للصوت	السقف : وحدات عازلة الارضية : لايوجد الجدران : مواد انهاء الجدران		
مواد عزل انشائية	مستخدمة	مواد عزل تصميم داخلي	لايوجد
عزل هيكل القاعة عن بقية الفضاءات	معزول جزئيا	عزل القاعة عن الاصوات الخارجية	معزولة

نموذج: رقم (٢) قاعة الاصمعي	الموقع: مجمع كلية التربية الاساسية	الاستخدام:اجتماعات ، مؤتمرات ، ندوات ، مسرح،محاضرات	الاستيعاب:اكثر من ٢٠٠
مواد الانهاء			
الارضية: بلاط موزائيك	الجدران :بياض	السقف :بياض	
مواد التشييد			
خرسانة مسلحة / طابوق			
الاثاث المستخدم			
مقاعد وكراسي ثابتة من القماش المنجد/ منصة القاء مصنوعة من الخشب			
منصة العروض والمحاضر			
مشيدة من الخرسانة والخشب			
الشبابيك:حديد		الابواب :خشب	
مواد العزل			
اسطح عاكسة ومشتتة للصوت	السقف : لايوجد الارضية : لايوجد الجدران : مواد انهاء الجدران		
مواد عزل انشائية	غير مستخدمة	مواد عزل تصميم داخلي	لايوجد
عزل هيكل القاعة عن بقية الفضاءات	غير معزولة	عزل القاعة عن الاصوات الخارجية	معزولة جزئيا

نموذج: رقم (٢) قاعة مصطفى جواد	الموقع: مجمع كلية العلوم	الاستخدام:اجتماعات ، مؤتمرات ، ندوات ، مسرح،محاضرات	الاستيعاب:اكثر من ١٠٠
مواد الانهاء			
الارضية: بلاط موزائيك	الجدران :بياض	السقف :بياض	
مواد التشييد			
خرسانة مسلحة / طابوق			
الاثاث المستخدم			

مقاعد وكراسي ثابتة من الفورمياكا/ منصة القاء مصنوعة من الخشب			
منصة العروض والمحاضر			
مشيدة من الخرسانة والخشب			
الشبابيك:حديد	الابواب :حديد		
مواد العزل			
اسطح عاكسة ومشتتة للصوت	السقف : لايوجد الارضية : لايوجد الجدران : مواد انهاء الجدران		
مواد عزل انشائية	غير مستخدمة	مواد عزل تصميم داخلي	لايوجد
عزل هيكل القاعة عن بقية الفضاءات	غير معزولة	عزل القاعة عن الاصوات الخارجية	غير معزولة

شكل رقم ١٣ (استمارة ملاحظة)

شكل رقم (١٤) قاعة كلية الهندسة

شكل رقم (١٥) قاعة كلية الهندسة

شكل رقم (١٦) قاعة كلية التربية الأساسية

شكل رقم (١٨) قاعة كلية العلوم- مصطفى جواد

شكل رقم (١٧) قاعة كلية التربية الاساسية

شكل رقم (١٩) قاعة كلية التربية الأساسية- الاصمعي

منصة العرض مشيدة من الخرسانة والارضية من بلاطات الموزائيك