بسم الله الرحمن الرحيم

الإضاءة والصوتيات في العمارة

د. سعود صادق حسن

أستاذ مشارك قسم العمارة وعلوم البناء

كلية العمارة والتخطيط - جامعة الملك سعود

ⓒ جامعة الملك سعود، ١٤٢٨هـ - ٢٠٠٧م

فهرسة مكتبة الملك فهد الوطنية أثناء النشر

حسن ، سعود صادق

الإضاءة والصوتيات في العمارة . / سعود صادق حسن - الرياض، ١٤٢٧هـ

٣٥٥ص، ١٧×٢٤سم

ردمك: ٠-١٣٥-٥٥-٩٩٦٠

١- المباني - إضاءة ٢- تصميم الإضاءة ٣- الإضاءة تخطيط

أ . العنوان

ديوي ٦٢١,٣٢١١ ١٤٢٨/٢٣٢٤

رقم الإيداع: ١٤٢٨/٢٣٢٤

ردمك: ٠-١٣٥-٥٥-٩٩٦٠

حكمت هذا الكتاب لجنة شكلها المجلس العلمي بالجامعة ، وقد وافق المجلس العلمي على نشره ، بعد الإطلاع على تقارير المحكمين في اجتماعه الثالث للعام الدراسي ١٤٢٧/١٤٢٨هـ المعقود بتاريخ ١٤٢٧/٩/١٥هـ الموافق ٢٠٠٦/١٠/٨م .

النشر العلمي والمطابع ١٤٢٨هـ

شكر وتقدير

يود المؤلف أن يعبر عن شكره وتقديره لكل من أسهم في هذا العمل المتواضع بصورة مباشرة أو غير مباشرة. الشكر موصول لأعضاء المجلس العلمي وأخص منهم بالذكر الأستاذ الدكتور/ طارق بن محمد السليمان. كما يود المؤلف أن يشكر سعادة الأستاذ الدكتور/ محمد بن عبدالله بن صالح عميد كلية العمارة والتخطيط، والدكتور/ صالح بن عبدالعزيز الفوزان وكيل الكلية، والدكتور/ عبدالعزيز بن سعد المقرن وكيل الكلية للشئون الأكاديمية، والدكتور/ طلال بن عبدالرحمن الردادي رئيس قسم العمارة وعلوم البناء لتشجيعهم لي وإتاحتهم الفرصة للاستفادة من موارد الكلية. والشكر والتقدير والامتنان إلى كل من الزميلين الأستاذ الدكتور/ أسامه عبده والدكتور/ محمد علي باحبيل للجهد القيم الذي بذلاه من مراجعة النص.

والشكر موصول إلى كل الزملاء الذين أسهموا بآرائهم ودعمهم المعنوي الذي كان له أبلغ الأثر، وأخيراً أود أن أعبر عن شكري وامتناني الكبيرين لأخي وصديقي/ إبراهيم عزت السيد للجهد الكبير الذي ما توانى في بذله في طباعة وتصميم الكتاب، والحمد لله رب العالمين.

المؤلف

المقدمة

تعتبر البيئة الداخلية للمبني من المسائل التقنية والتصميمية المهمة والمكملة في برنامج المبنى عند مرحلتي الدراسات والتصميم وفي مرحلة تشغيل المبني عند اكتماله. وتشمل البيئة الداخلية مختلف الخدمات والتسهيلات بدءاً من إمداد المياه والصرف الصحي والنظم الميكانيكية ومرورا بالتحكم في الحرارة والرطوبة والتهوية والإضاءة الطبيعية والاصطناعية وتسهيل الأداء الصوتي الأمثل وانتهاء بالنظم الإلكترونية المتقدمة. ويبقي الهدف دائماً هو الراحة البيئية للإنسان.

تتأثر هذه الخدمات والتسهيلات أيضا بالبيئة الخارجية، في محيط المبني القريب، وعلى النطاق أو المقياس الأكبر للمدنية أو التجمع الحضري أو الريفي، حيث يشمل هذا كلاً من النواحي الطبيعية والاقتصادية والاجتماعية.

وتمثل كل من الإضاءة والصوتيات جزءاً هاماً لايتجزأ عن بقية المتطلبات التصميمة والتقنية لأي نوع من المباني، كما أن هناك العديد من المواصفات والكودات الخاصة بالإضاءة والصوتيات في معظم أنحاء العالم تقوم بوضعها الجمعيات المهنية المتخصصة والجهات البلدية والقانونية وخلافها.

حاولنا في هذا الكتاب تقديم بعض المبادئ والمفاهيم الأساسية للإضاءة والصوتيات؛ تلك التي تمكن طلاب العمارة وغيرهم من المهتمين من فهم واستيعاب

أسس تصميم الإضاءة والصوتيات في العمارة، علما بأن المكتبات تزخر بالإصدارات المخصصة لهذين الموضوعين، لكن يمكن تلخيص أهداف وأسلوب الكتاب في الآتي:

أولا: تقديم مادة مختصرة ومبسطة تعين الطالب أو المطلع العام على فهم أسس الإضاءة والصوتيات في العمارة.

ثانيا: التبسيط ما أمكن، للنواحي الفيزيائية البحتة والمعادلات الرياضية المعقدة، مع الشرح بالأمثلة المباشرة للقوانين والمعادلات الواردة التي تساعد على استيعاب الفكرة العامة للموضوع المعني.

ثالثا: التوضيح بالرسومات والأشكال المعبرة متى مالزم الأمر ذلك.

رابعا: تقديم تجارب عملية يمكن للطلاب القيام بها بأنفسهم لترسيخ المعرفة بالتجريب العملي.

خامسا: الإشارة إلى المناطق المدارية في بعض موضوعات الكتاب.

يضم الكتاب خمسة وعشرين فصلا في قسمين؛ القسم الأول للإضاءة والثاني للصوتيات. خصصت الفصول الثلاث عشر الأولى منها للإضاءة، وتتدرج هذه الفصول من التعريف بالضوء والإضاءة وكيفية الرؤية إلى تقديم مفاهيم الإضاءة الطبيعية والإضاءة الاصطناعية والتعريف بأجهزة الإضاءة وطرق الإضاءة الداخلية والخارجية وكيفية التصميم لنوعية الإضاءة. مع فصل للتجارب العملية في الإضاءة أما الفصول الاثنا عشر التي تليها والتي خصصت للصوتيات، فقد شملت التعريف بالصوتيات في العمارة مع توضيح لوحدات وقياسات الصوت وكيفية السمع؛ تمهيدا لشرح أسس صوتيات الفراغات المغلقة والتصميم الصوتي للقاعات، خصائصها الصوتية وتصنيفها. كما شملت هذه الفصول أسس ومعايير الضوضاء ووسائل التحكم في الضوضاء وعزل الصوت، وفصل أخير للتجارب العملية في الصوتيات.

جدير بالذكر، بالنسبة للتجارب العملية في الإضاءة والصوتيات أننا قد قدمنا – بقدر الإمكان – تجارب يمكن للطلاب أو الدارسين القيام بها وباستعمال أجهزة بسيطة يمكن توفيرها مع الشرح الوافي للأسس النظرية للتجارب والطريقة التي تتم بها ولكيفية الحصول على النتائج.

أخيرا، ذيلنا الكتاب بقائمة للمصطلحات الفنية مع مقابلها باللغة الإنجليزية لمساعدة الطالب في الاطلاع على الكتب الأجنبية في هذا المجال، كما قدمنا قائمة بالوحدات الدولية المستعملة في الكتاب.

هذا ونرجو أن نكون قد وفقنا في هذا العمل وان نكون قد قدمنا إضافة للمكتبة العربية في مواد علوم البيئة العمرانية بمجالي الإضاءة والصوتيات في العمارة.

والله ولي التوفيق ؛ ؛ ؛ ؛

المحتويات

شكر وتقدير ..... هـ

المقدمة ..... ز

قائمة الأشكال ..... ث

قائمة الوحدات ..... أأ

الباب الأول : الإضاءة

الفصل الأول: الضوء والإضاءة ٣

تقديم ٣

(١-١)طبيعة الضوء ٤

(١-٢)نفاذ الضوء ٥

(١-٣)انعكاس الضوء ٦

(١-٤)الضوء والألوان ٦

(١-٥)بعض التعريفات الأساسية للضوء ٨

(١-٦)الإضاءة ٩

(١-٧)كمية الإضاءة ٩
(١-٨)نوعية الإضاءة ١٠
الفصل الثاني: الضوء وفسيولوجيا العين ١١
تقديم ١١
(٢-١)تركيب العين ١٢
(٢-٢)عملية الإبصار ١٣
(٢-٣)الإبصار والفكر ١٤
(٢-٤)إدراك الأجسام ١٥
(٢-٥)إدراك السطح ١٦
(٢-٦)إدراك اللون والملمس ١٧
(٢-٧)التكيف ١٨
الفصل الثالث: الإضاءة الطبيعية ٢١
تقديم ٢١
(٣-١)المناخ والضوء ٢٢
(٣-٢)معامل الضوء الطبيعي ٢٣
(٣-٣)متغيرات التصميم ٢٤
(٣-٤)الإضاءة الطبيعية ٢٦
(٣-٥)الإضاءة الاصطناعية التكميلية ٣٠
(٣-٦)متطلبات الإضاءة الطبيعية ٣٠
(٣-٧)تقنيات القياس والتنبؤ ٣١
(٣-٨)الإضاءة الطبيعية في حالة السماء الصافية ٣٢
(٣-٩)استعمال النماذج المصغرة ٣٤

الفصل الرابع: تصميم الإضاءة الطبيعية ٣٥
تقديم ٣٥
(٤-١)طريقة معامل الضوء الطبيعي ٣٥
(٤-٢)طريقة اللومن للإضاءة الطبيعية ٤٤
(٤-٣)طريقة القبة السماوية الاصطناعية ٤٥
الفصل الخامس: الإضاءة الاصطناعية ٤٩
تقديم ٤٩
(٥-١)المصطلحات والوحدات ٤٩
(٥-٢)الإضاءة ٥١
(٥-٣)النصوع ٥٢
(٥-٤)معامل النصوع ٥٢
(٥-٥)معامل الإنعكاس ٥٣
(٥-٦)أنواع المصابيح ٥٣
(٥-٧)المصابيح وإظهار الألوان ٥٧
الفصل السادس: حساب الإضاءة الاصطناعية ٥٩
تقديم ٥٩
(٦-١)المركبة المباشرة للإضاءة ٥٩
(٦-٢) طريقة اللومن التصميمية ٦٠
(٦-٣) متوسط الإضاءة وكمياتها ٦٤
(٦-٤)معامل الصيانة ٦٦
(٦-٥)معامل الاستعمال ٦٦
(٦-٦)نسبة الضوء الناتج من وحدات الإضاءة LOR ٦٧
(٦-٧)توزيع سريان الضوء بالنسبة لوحدة الإضاءة ٦٨
(٦-٨)نسبة أبعاد الغرفة ٦٨

(٦-٩)معاملات انعكاس الغرفة ٧٢
(٦-١٠)التدلي ٧٢
(٦-١١)النسبة بين مسافات وحدات الإضاءة وارتفاعها عن سطح العمل..... ٧٥
(٦-١٢)توزيع عدد من وحدات الإضاءة ٧٦
(٦-١٣)أمثلة محلولة ٧٨
الفصل السابع: أجهزة الإضاءة ٨٥
تقديم ٨٥
(٧-١)تصنيف أجهزة الإضاءة..... ٨٥
(٧-٢)تصنيف الأجهزة طبقا لتوزيع الضوء ٨٨
(٧-٣)التصنيف طبقا لنظام المناطق البريطانية ٨٩
(٧-٤)المسطح المضيء للجهاز..... ٩٠
(٧-٥)وسائل التحكم في الضوء ٩١
(٧-٦)المواد المستعملة في أجهزة الإضاءة..... ٩٥
(٧-٧)التكامل مع أجهزة التهوية والتكييف ٩٦
الفصل الثامن: الإضاءة الداخلية ٩٩
تقديم ٩٩
(٨-١)طرق الإضاءة..... ١٠٠
(٨-٢)إضاءة المساكن ١٠١
(٨-٣)إضاءة المكاتب..... ١٠٣
(٨-٤)إضاءة المباني التعليمية..... ١٠٥
(٨-٥)إضاءة المحلات التجارية ١٠٨
(٨-٦)إضاءة المستشفيات ١١٣
الفصل التاسع: الإضاءة الخارجية للمباني ١١٩
تقديم ١١٩

(٩-١)أنواع الكاشفات ١٢٠
(٩-٢)تحديد الإضاءة اللازمة للواجهات ١٢١
(٩-٣)إضاءة الحدائق والمجسمات والأحواض ١٢٢
(٩-٤)إضاءة الأشجار والحدائق ١٢٣
(٩-٥)إضاءة مجموعات الزهور والمروج والتماثيل ١٢٤
(٩-٦)إضاءة الأحواض والنافورات ١٢٥
(٩-٧)الإضاءة اللازمة للأحواض ١٢٦
الفصل العاشر: إضاءة الشوارع ١٢٧
تقديم ١٢٧
(١٠-١)فئات الشوارع وفقا لحركة السير ١٢٨
(١٠-٢)حسابات الإضاءة الأساسية ١٢٨
(١٠-٣)اختبار نوع الأجهزة الضوئية الملائمة لتأمين راحة النظر ١٢٩
(١٠-٤)التوزيع المنتظم لانعكاسات سطح الشارع ١٣٠
(١٠-٥)مواصفات أعمدة الإضاءة ١٣١
الفصل الحادي عشر: الإضاءة في المباني الصناعية ١٣٥
تقديم ١٣٥
(١١-١)تحديد سريان الضوء الأساسي ١٣٦
(١١-٢)توزيع الأجهزة الضوئية ١٣٦
(١١-٣)اتزان نصوع الأجهزة الضوئية والأسطح ١٣٦
(١١-٤)إظهار الألوان بشكل متناسق ١٣٧
(١١-٥)تأثير شكل مسقط القاعة على الإضاءة ١٣٨
(١١-٦)الأسقف المضاءة من الأعلى ١٣٨
(١١-٧)الأسقف المضاءة من الجوانب ١٣٩
(١١-٨)الأسقف المصمتة ١٤١

الفصل الثاني عشر: التصميم لنوعية الإضاءة ١٤٣
تقديم ١٤٣
(١٢-١)اتجاه سريان الضوء ١٤٤
(١٢-٢)الإضاءة اللامتجهة ١٤٥
(١٢-٣)موّجه الإضاءة ١٤٦
(١٢-٤)الوهج والإبهار ١٤٧
الفصل الثالث عشر: تجارب عملية في الإضاءة ١٤٩
تقديم ١٤٩
(١٣-١)تحديد معامل الضوء الطبيعي وخطوط الإضاءة المتساوية لغرفة ١٤٩
(١٣-٢)تحديد انعكاس السطح (الطريقة رقم ١) ١٥١
(١٣-٣)تحديد انعكاس السطح (الطريقة رقم ٢) ١٥٢
(١٣-٤)مسح لنصوع أسطح الغرفة ١٥٣
(١٣-٥)جهاز صندوق غراي الضوئي لدراسة الإضاءة في نماذج الغرف ١٥٤
(١٣-٦)توقيع منحنى قطبي باستخدام وحدة صوتية نموذجية ١٥٥
(١٣-٧)تحديد نسبة الضوء الناتج من وحدة الإضاءة ١٥٨
(١٣-٨)قياس الإضاءة لغرف بمعاملات غرف مختلفة ١٥٩
(١٣-٩)دراسة أثر نسب المسافات بين وحدات الإضاءة وارتفاعها عن سطح العمل على الإضاءة ١٦٢
(١٣-١٠)مقارنة السريان الضوئي لمصابيح فلورسنت مختلفة ١٦٥

الباب الثاني : الصوتيات

الفصل الرابع عشر: الصوتيات والعمارة ١٦٩
تقديم ١٦٩
(١٤-١)الصوتيات والتحكم البيئي ١٦٩
(١٤-٢)المشاكل الصوتية في العمارة ١٧٠

(١٤-٣)العناصر الأساسية في مشاكل الصوتيات ١٧٢
الفصل الخامس عشر: وحدات وقياسات الصوت ١٧٣
تقديم ١٧٣
(١٥-١)انتقال الموجات الصوتية ١٧٣
(١٥-٢)موجة الضغط ١٧٥
(١٥-٣)المتوسط الضغطي ١٧٦
(١٥-٤)النغمات النقية والصوت ذو النطاق الموجي الواسع ١٧٨
(١٥-٥)قياس كثافة وارتفاع الصوت ١٧٩
(١٥-٦)ارتفاع الصوت ١٨١
(١٥-٧)مستويات عتبة السمع ١٨١
(١٥-٨)مقياس الديسيبل ١٨٢
(١٥-٩)إضافة مستويات الصوت رياضياً ١٨٣
(١٥-١٠)حاسبة إضافة مستويات الصوت ١٨٣
(١٥-١١)العلاقة بين مستوى كثافة الصوت ومستوى قدرة الصوت ١٨٤
(١٥-١٢)أمثلة محلولة ١٨٥
الفصل السادس عشر: الصوت وفسيولوجيا الأذن ١٨٩
تقديم ١٨٩
(١٦-١)تركيب ووظائف الأذن ١٨٩
(١٦-٢)حساسية الأذن ١٩١
(١٦-٣)طبقة الصوت ١٩٢
(١٦-٤)ظاهرة التحجب الصوتي ١٩٢
الفصل السابع عشر: أسس صوتيات الفراغات المغلقة ١٩٥
تقديم ١٩٥
(١٧-١)انعكاس الصوت ١٩٦

(١٧-٢)امتصاص الصوت ١٩٨
(١٧-٣)معامل الامتصاص ١٩٨
(١٧-٤)المواد الماصة الليفية ٢٠٠
(١٧-٥)المواد الماصة الغشائية ٢٠٢
(١٧-٦)زيادة الصدى وخمود الصوت ٢٠٢
(١٧-٧)الامتصاصي الكلي ٢٠٣
(١٧-٨)ارتداد الصوت ٢٠٣
(١٧-٩)أمثلة محلولة ٢٠٥
الفصل الثامن عشر: المواد الماصة للصوت ٢٠٧
تقديم ٢٠٧
(١٨-١)المواد المسامية ٢٠٩
(١٨-٢)الوحدات الصوتية الجاهزة ٢٠٩
(١٨-٣)البياض الصوتي والمواد المرشوشة ٢١٠
(١٨-٤)الأغطية الصوتية ٢١١
(١٨-٥)السجاجيد والستائر ٢١١
(١٨-٦)الألواح الصوتية الماصة ٢١٢
(١٨-٧)الفراغات الرنانه ٢١٢
(١٨-٨)الوحدات الرنانه ٢١٣
(١٨-٩)الألواح الرنانه المثقبة ٢١٤
(١٨-١٠)الشقوق الرنانه ٢١٤
(١٨-١١)المواص الفراغية ٢١٦
(١٨-١٢)المواص المتغيرة ٢١٦
(١٨-١٣)امتصاص الصوت في الهواء ٢١٨
(١٨-١٤)امتصاص الصوت بواسطة الفتحات ٢١٨

(١٨-١٥)اختيار المواد الصوتية الماصة ٢١٨
(١٨-١٦)الطرق المختلفة لتركيب وتوزيع المواد الماصة ٢١٩
الفصل التاسع عشر: التصميم الصوتي للفراغات ٢٢٣
تقديم ٢٢٣
(١٩-١)حجم الفراغ ٢٢٤
(١٩-٢)أشكال المساقط ٢٢٤
(١٩-٣)الجدران ٢٢٥
(١٩-٤)الأسقف ٢٢٧
(١٩-٥)الشرفات ٢٢٨
(١٩-٦)منصة العرض ٢٢٩
(١٩-٧)تنسيق المقاعد ٢٣٠
(١٩-٨)الخصائص الصوتية ٢٣١
(١٩-٩)المعالجات الصوتية ٢٣١
(١٩-١٠)أمثلة محلولة ٢٣٢
الفصل العشرون: الخصائص الصوتية للفراغات ٢٣٥
تقديم ٢٣٥
(٢٠-١)تقييم وضوح الحديث ٢٣٧
(٢٠-٢)الخصائص الصوتية للتحدث ٢٣٨
(٢٠-٣)الصفات المميزة للموسيقى ٢٣٩
(٢٠-٤)الخصائص الصوتية للموسيقى ٢٤١
الفصل الحادي والعشرون: التصنيف الصوتي للقاعات ٢٤٣
تقديم ٢٤٣
(٢١-١)الفصول وقاعات المحاضرات ٢٤٤
(٢١-٢)قاعات المحاكم ٢٤٥

(٢١-٣)قاعات المناقشة ٢٤٥
(٢١-٤)قاعات العرض المسرحي ٢٤٦
(٢١-٥)العرض الموسيقي - الكونسيرت ٢٥١
(٢١-٦)دور الأوبرا ٢٥٢
الفصل الثاني والعشرون: أسس ومعايير الضوضاء ٢٥٥
تقديم ٢٥٥
(٢٢-١) تعريف الضوضاء ٢٥٥
(٢٢-٢)الضوضاء البيئية وأنواعها ٢٥٦
(٢٢-٣)العوامل المؤثرة على انتشار الضوضاء ٢٥٨
(٢٢-٤)تأثير الضوضاء ٢٥٩
(٢٢-٥)قياس الضوضاء ٢٦١
(٢٢-٦)معيار الضوضاء ٢٦٢
(٢٢-٧)مصادر الضوضاء ٢٦٥
(٢٢-٨)انتقال الضوضاء في المباني ٢٦٦
الفصل الثالث والعشرون: وسائل التحكم في الضوضاء ٢٦٩
تقديم ٢٦٩
(٢٣-١)التحكم في الضوضاء عند المصدر ٢٧١
(٢٣-٢)العوامل المؤثرة على الضوضاء في مسارها ٢٧٢
(٢٣-٣)التحكم في الضوضاء على مستوى التخطيط ٢٧٥
(٢٣-٤)استخدام السواتر ٢٧٦
(٢٣-٥)كفاءة الساتر ٢٧٧
(٢٣-٦)وضعية الساتر ٢٧٨
(٢٣-٧)التحكم في الضوضاء على مستوى التصميم ٢٧٨
(٢٣-٨)التحكم في الضوضاء باستعمال المواد الماصة ٢٨٣

(٢٣-٩)استخدام الضوضاء الحاجبة ٢٨٦
الفصل الرابع والعشرون: عزل الصوت ٢٨٩
تقديم ٢٨٩
(٢٤-١)العزل ضد الضوضاء المحمولة جوا ٢٩٠
(٢٤-٢)الفواصل المفردة ٢٩١
(٢٤-٣)القواطيع المزدوجة أو المتعددة ٢٩٢
(٢٤-٤)القواطيع المركبة ٢٩٣
(٢٤-٥)العزل ضد الضوضاء المحمولة انشائيا ٢٩٣
(٢٤-٦)التفاصيل الإنشائية لوسائل العزل ٢٩٤
الفصل الخامس والعشرون: تجارب عملية في الصوتيات ٢٩٧
تقديم ٢٩٧
(٢٥-١)تحديد مستوى قدرة الصوت لآلة في حجرة ارتداد معملية ٢٩٨
(٢٥-٢)تحديد مستوى قدرة الصوت تحت ظروف خارجية حرة ٣٠٣
(٢٥-٣)قياس زمن الارتداد لحجرة باستخدام ضوضاء مثالية (الطريقة ١) ٣٠٧
(٢٥-٤)قياس زمن الارتداد لحجرة باستخدام ضوضاء مثالية (الطريقة ٢) ٣١١
(٢٥-٥)قياس عزل الصوت المحمول هوائياً في جدار فاصل ٣١٣
(٢٥-٦)قياس عزل صوت الصدمات في أرضية ٣١٥
(٢٥-٧)استقصاء كيفية اختلاف ارتفاع الصوت مع التردد ٣١٩
(٢٥-٨)قياس معاملات امتصاص الصوت في حجرة ارتداد ٣٢١
(٢٥-٩)قياس معاملات امتصاص باستخدام أنبوب الموجات المستقرة ٣٢٥
(٢٥-١٠)تحديد فئات ومعيار الضوضاء من طيف طبقاتها الصوتية ٣٢٩
المراجع ٣٣٥
ثبت المصطلحات ٣٣٧
كشاف الموضوعات ٣٥١

قائمة الأشكال

الشكل رقم (١-١)	المجال الطيفي الكهرومغناطيسي	٥
الشكل رقم (١-٢)	أنواع انعكاس الضوء	٧
الشكل رقم (٢-١)	قطاع توضيحي للعين	١٢
الشكل رقم (٢-٢)	توزيع المتقبلات على الشبكية	١٣
الشكل رقم (٢-٣)	خطوط المنظور والخداع البصري	١٥
الشكل رقم (٢-٤)	تأثير الخبرة السابقة على إدراك الشكل	١٦
الشكل رقم (٢-٥)	تأثير الإضاءة على إدراك الشكل	١٧
الشكل رقم (٢-٦)	المدى الواسع للإضاءة الذي تستجيب له العين	١٩
الشكل رقم (٣-١)	استقبال الضوء على نقطة داخل مبنى	٢٢
الشكل رقم (٣-٢)	انعكاس الوهج من الأسطح الخارجية	٢٧
الشكل رقم (٣-٣)	تشتيت الضوء المنعكس بواسطة السقف الداخلي	٢٨
الشكل رقم (٣-٤)	معالجة جوانب النوافذ	٢٩
الشكل رقم (٤-١)	كنتورات معامل الضوء الطبيعي في غرفة	٣٧
الشكل رقم (٤-٢)	أبعاد الغرفة الرئيسة ونسب عرض النوافذ إلى طول الغرفة	٣٨
الشكل رقم (٤-٣)	الإعاقة الخارجية للنوافذ من المباني المجاورة	٣٩
الشكل رقم (٤-٤)	أثر تصميم النوافذ على معامل الضوء الطبيعي	٤٠
الشكل رقم (٤-٥)	كنتورات معامل الضوء الطبيعي لفتحات في جدارين متجاورين	٤١
الشكل رقم (٤-٦)	توزيع الإضاءة الطبيعية في السقف الجمالونية	٤٢
الشكل رقم (٤-٧)	توزيع الإضاءة الطبيعية من فتحات علوية وجانبية لأسقف مختلفة	٤٣
الشكل رقم (٤-٨)	النسبة المئوية لمساحة النوافذ إلى الأرضية بالمدينة المنورة والرياض وينبع	٤٤

قائمة الأشكال

الشكل رقم (٤-٩)	قبة سماوية اصطناعية مرسلة للضوء	٤٦
الشكل رقم (٤-١٠)	قبة سماوية اصطناعية عاكسة للضوء	٤٦
الشكل رقم (٤-١١	سماء اصطناعية ذات مرايا	٤٧
الشكل رقم (٥-١)	تعريف الزاوية المصمتة	٥٠
الشكل رقم (٥-٢)	العلاقة بين الكاندلا(الشمعة) واللومن	٥١
الشكل رقم (٥-٣)	إصدار الضوء في مصباح التوهج والمصباح الفلوري	٥٤
الشكل رقم (٥-٤)	مصباح التوهج وأنواع الفتيل	٥٥
الشكل رقم (٥-٥)	المصباح الفلوري ودائرته الكهربية	٥٧
الشكل رقم (٦-١)	قانون جيب التمام في الإضاءة	٦١
الشكل رقم (٦-٢)	توزيع المسافات بين وحدات الإضاءة	٦٣
الشكل رقم (٦-٣)	تصنيف وحدات الإضاءة	٦٩
الشكل رقم (٦-٤)	نسب الضوء الناتجة من الوحدات المباشرة	٧٠
الشكل رقم (٦-٥)	نسب الضوء الناتجة من الوحدات شبه المباشرة	٧١
الشكل رقم (٦-٦)	اختلاف النسبة المباشرة للإضاءة	٧٣
الشكل رقم (٦-٧)	توضيح معادلة معامل الغرفة	٧٤
الشكل رقم (٦-٨)	تأثير نسبة المسافات/ ارتفاع الوحدات على توزيع الإضاءة	٧٦
الشكل رقم (٦-٩)	توزيع المسافات في شبكة مربعة	٧٧
الشكل رقم (٦-١٠)	مثال مبسط للوحة البيانات الضوئية	٨٠
الشكل رقم (٦-١١)	توزيع وحدات إضاءة طولية	٨١
الشكل رقم (٧-١)	تصنيف أجهزة الإضاءة طبقا لطريقة التعليق	٨٦
الشكل رقم (٧-٢)	بعض الأصناف العامة لأجهزة الإضاءة من حيث نوع المصباح المستعمل	٨٧
الشكل رقم (٧-٣)	فكرة توزيع الضوء من سطح الكرة	٨٨
الشكل رقم (٧-٤)	المنحنيات القطبية لتصنيف نظام المناطق البريطاني	٩١
الشكل رقم (٧-٥)	وسائل خروج الضوء من جهاز الإضاءة	٩٢
الشكل رقم (٧-٦)	أجهزة الإضاءة بالانعكاس	٩٣
الشكل رقم (٧-٧)	أجهزة الإضاءة بالانكسار	٩٤
الشكل رقم (٧-٨)	أجهزة الإضاءة بالنفاذ المشتت	٩٤
الشكل رقم (٧-٩)	أجهزة الإضاءة بالانعكاس المشتت	٩٤

الشكل رقم (٧-١٠)	درجات تكامل أجهزة الإضاءة مع مخارج الهواء الراجع	٩٨
الشكل رقم (٨-١)	إضاءة الغرف الكبيرة	١٠٤
الشكل رقم (٨-٢)	إضاءة غرف التدريس	١٠٦
الشكل رقم (٨-٣)	إضاءة قاعات المحاضرات	١٠٧
الشكل رقم (٨-٤)	إضاءة أرفف العرض	١١١
الشكل رقم (٨-٥)	إضاءة نوافذ العرض	١١٢
الشكل رقم (١٠-١)	الأشكال الرئيسة لترتيب أعمدة إضاءة الشوارع	١٣٣
الشكل رقم (١٣-١)	مقياس الضوء الطبيعي (فوتومتر)	١٥٠
الشكل رقم (١٣-٢)	جهاز صندوق غراي الضوئي	١٥٦
الشكل رقم (١٣-٣)	وضع جهاز المنحنى القطبي على سطح الصندوق الضوئي	١٥٦
الشكل رقم (١٣-٤)	مكعب التكامل	١٥٧
الشكل رقم (١٣-٥)	إضاءة الأجهزة الضوئية الستة آنيا	١٥٧
الشكل رقم (١٣-٦)	جهاز لمقارنة السريان الضوئي	١٦٦
الشكل رقم (١٥-١)	الحركة الاهتزازية أمام صف من الجزيئات	١٧٤
الشكل رقم (١٥-٢)	منحنى جيب الموجة الصوتية	١٧٤
الشكل رقم (١٥-٣)	انخفاض حجم الاهتزازات	١٧٥
الشكل رقم (١٥-٤)	الحركة الاهتزازية في وسط مادي	١٧٦
الشكل رقم (١٥-٥)	منحنى موجة الضغط	١٧٧
الشكل رقم (١٥-٦)	العلاقة الجيبية بين ضغط الصوت والزمن	١٧٩
الشكل رقم (١٥-٧)	العلاقة بين كثافة وقدرة الصوت	١٨٠
الشكل رقم (١٥-٨)	حاسبة إضافة مستويات الصوت	١٨٤
الشكل رقم (١٦-١)	قطاع توضيحي للأذن	١٩٠
الشكل رقم (١٦-٢)	اختلاف عتبة الإحساس والسمع مع التردد	١٩٣
الشكل رقم (١٧-١)	سلوك الصوت في الفراغات المغلقة	١٩٦
الشكل رقم (١٧-٢)	تأثير شكل السطح على كيفية الانعكاس	١٩٧
الشكل رقم (١٧-٣)	خواص الامتصاص في المواد الليفية	٢٠١
الشكل رقم (١٧-٤)	خواص الامتصاص في المواد الغشائية	٢٠٢
الشكل رقم (١٨-١)	الانعكاس والامتصاص والنفاذ	٢٠٨

الشكل رقم (١٨-٢)	أمثلة للوحدات الرنانة	٢١٣
الشكل رقم (١٨-٣)	تأثير نسبة الفتحات في الألواح الرنانة على معامل الامتصاص	٢١٥
الشكل رقم (١٨-٤)	الشقوق الرنانة	٢١٥
الشكل رقم (١٨-٥)	المواص الفراغية	٢١٦
الشكل رقم (١٨-٦)	أنواع مختلفة من المواص المتغيرة	٢١٧
الشكل رقم (١٩-١)	أشكال المساقط الأفقية للقاعات الكبرى	٢٢٦
الشكل رقم (١٩-٢)	الأسطح المقعرة والمحدبة في القاعات	٢٢٧
الشكل رقم (١٩-٣)	قطاع يوضح فلطحة السقف في مقدمة وخلفية الفراغ	٢٢٨
الشكل رقم (١٩-٤)	تشكيل أسفل الشرفة لدعم الصوت	٢٢٩
الشكل رقم (١٩-٥)	تحديد ميل الأرضية بواسطة خطوط الرؤية	٢٣٠
الشكل رقم (١٩-٦)	مسارات الصوت في القاعات الكبرى	٢٣٢
الشكل رقم (٢١-١)	الأشكال الأساسية المستخدمة في المسارح	٢٤٧
الشكل رقم (٢١-٢)	أمثلة لمسارح مختلفة	٢٤٨
الشكل رقم (٢١-٣)	الاستعمالات المختلفة للمسرح المتكيف	٢٥٠
الشكل رقم (٢١-٤)	أشكال مختلفة لقاعات الموسيقي	٢٥٣
الشكل رقم (٢٣-١)	تأثير الرياح على انتشار الصوت وتكوين منطقة الظل	٢٧٤
الشكل رقم (٢٣-٢)	تأثير الحرارة على سرعة الصوت وانتشاره	٢٧٤
الشكل رقم (٢٣-٣)	وضعيات السواتر	٢٧٩
الشكل رقم (٢٣-٤)	استغلال الفراغات الأقل حساسية للضوضاء كسواتر	٢٨٠
الشكل رقم (٢٣-٥)	توفير الأفنية الداخلية للحماية من الضوضاء	٢٨٠
الشكل رقم (٢٣-٦)	انتقال الضوضاء في المباني التي بها أنصاف مستويات	٢٨٣
الشكل رقم (٢٣-٧)	وضع المواد الماصة على السطح السفلي للمظلة	٢٨٦
الشكل رقم (٢٣-٨)	لزق المواد الماصة على عوارض الشيش	٢٨٧
الشكل رقم (٢٥-١)	قياس زمن الارتداد باستعمال مولد ضوضاء مثالية كمصدر للصوت	٣٠٩
الشكل رقم (٢٥-٢)	قياس زمن الارتداد باستخدام مسدس كمصدر للصوت	٣١٢
الشكل رقم (٢٥-٣)	قياس عزل الصوت المحمول هوائيا	٣١٤
الشكل رقم (٢٥-٤)	قياس عزل صوت الصدمة على أرضية	٣١٧
الشكل رقم (٢٥-٥)	جهاز مقارنة ارتفاع الصوت مع التردد	٣١٩

الشكل رقم (٢٥-٦)	خطوط ارتفاع الصوت المتساوية.	٣٢١
الشكل رقم (٢٥-٧)	قياس زمن الارتداد باستخدام مذبذب ضربات	٣٢٢
الشكل رقم (٢٥-٨)	أنبوب الموجات المستقرة	٣٢٦
الشكل رقم (٢٥-٩)	تكوين نمط الموجة المستقرة في أنبوب المقاومة	٣٢٦
الشكل رقم (٢٥-١٠)	علاقة معامل الامتصاص ونسب الموجة المستقرة بمقياس أنبوب صغير	٣٢٧
الشكل رقم (٢٥-١١)	علاقة معامل الامتصاص ونسب الموجة المستقرة بمقياس أنبوب كبير	٣٢٧
الشكل رقم (٢٥-١٢)	منحنيات فئات الضوضاء	٣٣٢
الشكل رقم (٢٥-١٣)	منحنيات معيار الضوضاء	٣٣٣

قائمة الوحدات

هناك ثلاثة أصناف من الوحدات حسب "النظام الدولي للوحدات"، المعروف عالمياً (S1 Units (Systeme International d'Unites– هذه الأصناف هي :

١ – وحدات الأساس.

٢ – الوحدات الملحقة.

٣ – الوحدات المشتقة.

الجداول الآتية توضح الأصناف الثلاثة مع أمثلة للوحدات :

١ – وحدات الأساس

1- Base Units

الكميـــــــــــة	الـــــرمز		اسم الوحدة	
			(إنجليزي)	(عربي)
الطول	م	m	metre	متر
الكتلة	كغ	kg	KiLogram	كيلوجرام
الزمن	ث	S	second	ثانية
التيار الكهربائي	أ	A	ampere	أمبير
درجة الحرارة الدينامية	ك	K	kelvin	كلفن
شدة الإضاءة	قد	Cd	Candela	قنديل (كاندلا)
كمية المادة	مول	mol	Mole	مول

٢- وحدات الملحقة 1- Supplementary Units

الكمية	الرمز	اسم الوحدة	
		(إنجليزي)	(عربي)
الزاوية المستوية	راد rad	radian	راديان
الزاوية المجسمة (المصمتة)	سر Sr	Steradian	(أ) ستراديان

٣- الوحدات المشتقة 3- Derived units

الكمية	العلاقة بوحدات الأساس أو الوحدات الملحقة	الرمز	اسم الوحدة	
			إنجليزي	عربي
التردد	1 Hz = 1 s-1	هز Hz	hertz	هرتز (هرتز)
القوة	1 N = 1 kg ms-2	ن N	newton	نيوتن
الضغط، الإجهاد	1 Pa = 1 N m-2	با Pa	Pascal	باسكال
الطاقة، الشغل كمية الحرارة	1 J = 1 N m	ج J	Joule	جول
القدرة	1 W 1 Js-1	و W	Watt	واط
كمية الكهرباء	1 C = 1 As	كل C	Coulomb	كولوم
الجهد الكهربائي، فرق الجهد، القوة الدافعة الكهربائية	1 V = 1 W A-1	ف V	Volt	فولت
المقاومة الكهربائية	1Ω = 1WV A-1	Ω Ω	Ohm	أوم
السعة الكهربائية	1 F = 1 AsV-1	فر F	FARAD	فاراد
المحاثة	1 H = 1 VsA-1	هـ H	HENRY	هنري

التدفق (السريان) الضوئي	1 Lm = 1 cd sr	لم Lm	Lumen	لومين (لومن)
الاستضاءة (الإضاءة)	1 Lx = 1 1m m-2	لكس Lx	Lux	لكس

٤ – المضاعفات

4-Multiples

الاسم (عربي)	الرمز (عربي)	العامل	الرمز والاسم	(إنجليزي)
تيرا	ت	1012	T	Tera
جيجا	غ	109	G	Giga
ميجا	مغ	10٦	M	Mega
كيلو	ك	103	k	Kilo
هكتو	هـ	10٢	h	Hecto
ديكا	دا	10	da	Deca
ديسي	د	10-1	d	Deci
سنتي	س	10-2	c	Centi
مللي	م	10-3	m	Milli
ميكرو	مك	10-6	μ	Micro
نانو	ن	10-9	n	Nano
بيكو	ب	10-12	p	Pico
فيمتو	ف	10-15	f	Femto
أتو	أ	10-18	a	Atto

ملحوظة: الأسماء والرموز العربية للمضاعفات من وضع "دليل النظام الدولي للوحدات.

٥- أمثلة للوحدات

الكمية (إنجليزي)	الوحدة	المضاعفات	الكمية (عربي)
plane angle	Rad	rad μ M rad,	الزاوية المستوية
length	M	Km, cm, mm, um, nm	الطول
area	M2	Km2, dm2, cm2, mm2	المساحة
volume	M3	Dm3, cm3, mm3	الحجم
time	S	s, ns μ Ks, ms,	الزمن
angular velocity	Rad/s		السرعة الزاوية
velocity	m/s		السرعة
acceleration	m/s2		العجلة
mass	Kg	Mg, g, mg, ug	الكتلة
density	Kg/m3		الكثافة
moment	Kgm/s		العزوم
moment of inertia	Kgm/2		عزم القصور
force	N	MN, kN, mN, N μ	القوة
moment of force	Nm		عزم القوة
pressure	Pa	GPa, MPa, kPa, Pa μ mPa,	الضغط
stress	Pa, N/m2	GPa, MPa, (N/mm2), kPa mPa, uPa	الإجهاد
surface tension	N/m	mN/m	التوتر السطحي
heat, energy, work	J	MJ, kJ	الطاقة، الحرارة، الشغل
power, heat flow rate	W	MW, kW, mW, W μ	القدرة، معدل سريان الحرارة
celcius temperature	oC		درجة حرارة مئوية
temperature in terval	K		فاصل درجة حرارة

linear expansion coefficient	K-1		معامل التمدد الطولي
thermal conductivity	W/(mK)		توصيلية حرارية
heat capacity	J/K	kJ/K	السعة الحرارية
specific heat capacity	J/(kgK)	kJ/(kgK)	السعة الحرارية النوعية
specific latent heat	J/kg	MJ/kg, kJ/kg	الحرارة الكامنة النوعية
electric current	A	kA, mA : uA, nA, pA	تيار كهربائي
electric charge			شحنة كهربائية
quantity of electricity	C	kC, uC, nC, pC	كمية الكهرباء
potential difference	V	MV, kV, mV, uV	فرق الجهد
capacitance	F	mF, uF, nF, pF	وحدة سعة
resistance	Ω	GΩ, MΩ, kΩ, Ω cm, Ω m μ mΩ m, uΩ m,	مقاومة
resistivity	Ω m	GΩ m, MΩ, kΩ m, cm, mm, uΩ m, nΩ m,	مقاومية
wavelength	M	Nm, pm	طول الموجة
radiant energy	J		طاقة إشعاعية
luminous intensity	Cd		شدة ضوئية
luminous flux	Lm		سريان ضوئي
quantity of light	Lm s		كمية الضوء
luminance	Cd/m2		الإضاءة (الاستضاءة)
illuminance	Lx		الإضاءة
Sound power level	dB ديسيبل	(الأساس 12- 10واط)	مستوى قدرة الصوت
Sound pressure level	dB ديسيبل	الأساس٢×١٠- ١٢ نيوتن/متر مربع	مستوى ضغط الصوت
Sound reduction index	dB ديسيبل		معيار تخفيض الصوت
-Reverberation time	S ثانية		زمن الارتداد