صندوقٌ عازلٌ للصوت

بناء صندوقٍ عازلٍ للصوت قدر الإمكان.

120-90 دقيقة

الفصول 12-6

اكتشف
أسبوع المهندسين
22-16 فبراير 2020

مُقدمة

عند التفكير بشأن الصوت في غرفةٍ ما، فإننا نهتم غالبًا بتحسين الصوت - وكيفية التأكد من إمكانية سماع الصوت في أحد الأفلام أو موسيقى العازفين أو المتحدث الذي يُقدِّم عرضًا تقديميًا على نحوٍ واضح؛ غير أننا لا نُفكِّر عادةً في كيفية منع الصوت من التسرّب من مكانٍ ما، ولكن الأشخاص الذين يشاهدون فيلمًا خلف الجانب الآخر من الحائط في دار السينما لا يرغبون في سماع الفيلم الذي تشاهده، والعكس صحيح. وكذلك فإن الأشخاص الذين يعيشون بالقرب من مكانٍ تُعزف فيه الموسيقى لا يريدون سماع العزف في منتصف الليل.

في واقع الأمر، هناك العديد من المواقف التي تتمثل فيها مهمة المهندسين في إنشاء مكانٍ مغلقٍ عازلٍ للصوت قدر الإمكان. وتحتاج الشركات المُصنِّعة والصناعات التي تستخدم معداتٍ عاليةَ الضجيج إلى احتواء الضوضاء الصادرة عنها؛ وكذلك تُعد غرف المستشفيات والمباني السكنية من الأماكن التي تهدف إلى منع انتشار الصوت وإزعاج الأشخاص في الغرف المجاورة. وثمة مواقفٌ أخرى تحظى فيها الخصوصية بأهمية بالغة ويجب فيها ألا يسمع أي شخصٍ خارج إحدى الغرف ما يُقال داخلها.

يُطلق على المهندسين الذين يُناط بهم تحسين الصوتيات في مكانٍ ما والعمل في المشاريع التي تجعل الضوضاء العالية مُحتملة أو آمنة على الأذن البشرية مُسمى "مهندسي الصوت"، وهم يتميزون بخبراتهم في خفض مستوى الضجيج من مختلف المصادر ويعملون على منع تسرّب الصوت من الأماكن: فهم يعرفون كيف يجعلون غرفةً ما مثل صندوقٍ عازلٍ للصوت.

نقيس الصوت باستخدام وحدات قياس تُسمى الديسيبل، والذي يُشار إليه بالاختصار dB؛ علمًا بأن أقل صوت يمكننا سماعه - الذي يكون صمتًا في الغالب - يكون عند مستوى 0 ديسيبل؛ وكل 10 ديسيبل تمثل زيادة بمقدار 10 أضعاف في مستوى الصوت. ويكون الهمس عند مستوى 15 ديسيبل، والحديث العادي عند مستوى 60 ديسيبل، بينما يكون مستوى الصوت في حفل موسيقى روك عند مستوى 110 ديسيبل. وقد تتسبب الأصوات التي تزيد عن 85 ديسيبل في فقدان حاسة السمع. يقيس عدّاد الديسيبل الأصوات بوحدة الديسيبل.

ثمة العديد من المواد التي تمتص الصوت؛ حيث تقوم هذه المواد على وجه التحديد بامتصاص صدى الصوت وهو ما يُخمِّد الصوت ويكون مفيدًا في تحسين الأصوات في الغرفة. وهناك موادُ أخرى تمنع الصوت من الدخول إلى المكان أو الخروج منه، وغالبًا ما يدمج المهندسون هذه الأنواع من المواد لتقليل مستوى الصوت قدر الإمكان.

المواد المستخدمة

لكل فريق:

- ☐ صندوق من الورق المقوى (بنفس الحجم والسمك لكل فريق)
- ☐ مواد عازلة (قصاصات من أوراق الستايروفوم، حشوة من القطن، ورق مُقوى، قماش سميك، فلين، لوح رغوي مقوى، فينيل، مستلزمات تعبئة وتغليف قابلة لإعادة الاستخدام.)
- ☐ اختياري: ألواح من زجاج بليكسيجلاس أو ألواح معدنية خردة، ومنشار يدوي لتقطيعها (يُستخدم تحت إشراف البالغين)
- ☐ مِقصّات
- ☐ شريط ثقيل، غراء
- ☐ مسطرة
- ☐ اختياري: مسدس غراء (يُستخدم تحت إشراف البالغين)
- ☐ أقلام رصاص وورق لرسم التصميمات وتسجيل بيانات الاختبار

مُعدات الاختبار:

- ☐ مُكبِّر صوت محمول مُزوَّد بخاصية Bluetooth
- ☐ هاتف ذكي مُزوَّد بمدخل للموسيقى (للتزامن مع مُكبِّر الصوت المُزوَّد بخاصية Bluetooth)
- ☐ عدّاد ديسيبل
- ☐ صندوق غير مُعدَّل وغير معزول (يُستخدم كوحدة تحكم)

التعليمات

يقوم الطلاب في هذا النشاط بتصميم صندوقٍ يمنع الصوت قدر الإمكان من التسرّب من داخله.

تحديد المشكلة

1 أوضح للطلاب أن مهندسي الصوت يستخدمون عدّادات الديسيبل في قياس مستوى الصوت والتحكم به داخل مكانٍ ما أو الصوت الصادر عنه، ونحن نُفكّر اليوم في كيفية منع الصوت من التسرّب خارج مكانٍ مغلقٍ.

2 اطلب من الطلاب التفكير في المواقف التي يكون فيها منع الضجيج من التسرّب من المكان أمرًا مُهمًا.

3 توضيح المواصفات للطلاب:

1- يجب أن تكون أبعاد الصندوق واحدة لكل مجموعة.

2- يجب أن يستقر الصندوق على نفس السطح لجميع المجموعات.

3- يجب ترك مساحة كافية داخل الصندوق لوضع مُكبِّر الصوت المُزوَّد بخاصية Bluetooth. (قد يُقرر الطلاب إنشاء صندوقٍ مغلقٍ مُزوَّدٍ بأغطية قلابة/ غطاءٍ معزولٍ يحمل مُكبِّر الصوت بالكامل أو صندوقٍ ذي جانبٍ واحدٍ مفتوحٍ يتم قلبه على الجزء العلوي من مُكبِّر الصوت).

الحلول الناتجة عن شحذ الأفكار

4 قسِّم الطلاب إلى فرقٍ مُكوَّنة من 3 إلى 4 طلابٍ ووزِّع الصناديق والورق والأقلام الرصاص والمِقصّات والشريط والغراء والمساطر، وأوضح لهم مجموعة المواد العازلة.

5 اطلب من الفرق التحقق من المواد المتوفرة واختيار المواد التي سيستخدمونها، واطلب منهم رسم أفكارهم.

6 اطلب من الفرق إجراء تجاربٍ باستخدام المواد الخاصة بهم وتنقيح مخططاتهم لتشمل مقاييس ومواضع المواد التي قرروا اختبارها. وإذا كان الطلاب غير متأكدين من كيفية إجراء التجارب، فاقترح عليهم أن يحمل أحدهم المواد أمام أذنه بينما يهمس طالبٌ آخر داخل هذه المواد. ويمكن للطلاب كذلك الضغط على المواد في اتجاهٍ واحدٍ من الصندوق ونطق شيءٍ ما بينما يضع طالبٌ آخر أذنه أمام الجانب الآخر من الصندوق. ويستطيع الطلاب الضغط على المواد أمام آذانهم وطقطقة أصابعهم لمعرفة مدى قدرتهم على كتم الصوت. (تأكد من تنبيه الطلاب حول مدى خطورة إصدار أي ضجيج مرتفعٍ في أذن شخصٍ آخر وعدم الاستهانة بهذا الأمر).

أسئلة إرشادية ؟

ما مقدار الصوت المتسرّب من مواضع لحام الصندوق؟ هل من الأفضل قلب الصندوق الخاص بك فوق مُكبِّر الصوت على طاولة أم وضع مُكبِّر الصوت في صندوقٍ مُزوَّدٍ بأغطية قلابة/ غطاءٍ مغلقٍ؟

ما الذي سيحدث إذا قمت بملء المزيد من المساحة داخل الصندوق باستخدام مادة عازلة للصوت؟

ما التأثير المحتمل إذا تركت جيوبًا هوائية بين طبقات المادة العازلة للصوت؟

ما المواد الأخرى التي قد تكون مفيدةً في صدِّ الموجات الصوتية؟

البناء والاختبار

7 أخبر الطلاب أنه يمكنهم بناء الصناديق الخافضة للصوت خاصتهم، مع التأكيد لهم أن بإمكانهم تحسين نتائجهم بعد اختبار تصميماتهم الأولى عن طريق اختبار مواد مختلفة وتعديل تصميماتهم.

8 ضع صندوق التحكم غير المعزول فوق مُكبِّر الصوت، وأدّر أغنية عند مستوى الديسيبل الذي اخترته لإجراء الاختبار. ضع عدّاد الديسيبل على الجزء العلوي من الصندوق لمدة 30 ثانية وسجِّل أعلى قراءة. دوِّن هذه القراءة على السبورة واطلب من الطلاب تدوينها؛ حيث تمثل هذه القراءة خط الأساس الذي يُقيِّم عزل الصوت على أساسه.

9 اختبر تصميمات الفرق بواقع تصميم واحدٍ في المرة، بوضع كل صندوق فوق مُكبِّر الصوت. لتوحيد الاختبار، أدّر نفس الأغنية عند نفس مستوى الصوت بالضبط. ضع عدّاد الديسيبل على الجزء العلوي من الصندوق لمدة 30 ثانية وسجِّل أعلى قراءة.

التقييم وإعادة التصميم

10 اطلب من الفرق النظر إلى جميع تصميمات ومواد الطلاب الآخرين، وناقش سبب كون بعض الصناديق أفضل في منع تسرّب الصوت عن غيرها.

11 اطلب من الفرق الرجوع مرة أخرى إلى لوحة الرسم لإضافة تعديلاتٍ على التصميمات والمواد.

12 أجرِّ اختبارات جديدة.

- تتسبب الموجات الصوتية في حدوث اهتزازاتٍ في الهواء تنتقل إلى الأذن وتتحوّل إلى اهتزازات سائلة داخل قوقعة الأذن، وهي هيكلٌ مملوءٌ بالسوائل في الأذن الداخلية. ويُقسِّم القوقعة غشاءٌ يحتوي على خلايا حسية أو خلايا شعر تستقر فوقه؛ حيث تُوجِّه خلايا الشعر هذه الموجات الناشئة عن اهتزازات الصوت. وعند تحرّك خلايا الشعر، فإنها تتصادم مع الهياكل التي تطلق المواد الكيميائية، والتي تخلق بدورها إشارة كهربائية؛ حيث تنتقل هذه الإشارة إلى المخ والذي يُترجم الاهتزاز إلى صوتٍ يمكننا إدراكه. وقد تتسبب الأصوات التي تزيد عن مستوى 85 ديسيبل في تلف خلايا الشعر والقضاء عليها في نهاية الأمر، وهي لا تستطيع النموّ مرة أخرى.

- كيف تعمل عدّادات الديسيبل؟ تحسب هذه العدّادات ضغط الموجات الصوتية التي تنتقل عبر الهواء من مصدر الصوت. وعلى النقيض من المسطرة، وهي مقياس طولي، تُعد مقاييس الديسيبل من المقاييس اللوغاريتمية، وهو ما يعني أنها تزيد بمقدار 10 أضعاف؛ ومن ثَمَ يكون الصوت عند مستوى 20 ديسيبل أكثر شدة بمقدار 10 أضعاف من الصوت عند مستوى 10 ديسيبل. ويُعزى السبب في كون الديسيبل مقياسًا لوغاريتميًا إلى أن آذاننا تستجيب للصوت بصورة متماثلة: الزيادة بمقدار 10 أضعاف في شدة الصوت تجعلنا نشعر بأن الضجيج قد تضاعف.

ديسيبل

صامت	1–15
هادئ	15–20
همس	20–40
محادثة عادية	40–60
مكنسة كهربائية	60–70
طريق مزدحم	70–90
قاطعة عشب	90–100
حفل لموسيقى روك	100+

- يُعيَّن مهندسو الصوت لتقليل مستويات الصوت غير المرغوب فيها في المباني، وهم يستخدمون مواد عازلة للصوت لمنع الموجات الصوتية من الانتقال بين الغرف (أو الموجات الصوتية القادمة من الخارج) كما أنهم يستخدمون مواد ماصة للصوت لتقليل الأصداء المترددة داخل كل غرفة. وتُعد المواد الثقيلة والكثيفة والصلبة - مثل ألواح الجبس أو الكتل الخرسانية - المواد المثلى في منع (عزل) الصوت لأنه يكون من الصعب على الموجات الصوتية الاهتزاز خلالها؛ بينما تعمل المواد الناعمة والرقيقة سهلة الاختراق - مثل السجَّاد أو الفلين - كأفضل ما يكون كماصاتٍ للصوت؛ لأن الموجات الصوتية لا تنعكس عن جيوبها الهوائية الصغيرة مثلما تفعل بسهولة مع الأسطح الملساء.

- يحتاج المهندسون إلى اكتشاف كيفية خفض مستويات الضجيج الخارجية القادمة عبر النوافذ في المدن المزدحمة، إذ قد يكون الضجيج مرتفعًا للغاية في الشوارع ولا تستطيع النوافذ البسيطة خفض مستويات الصوت بدرجة كبيرة؛ حيث تنتقل الموجات الصوتية خلالها بصورة جيدة. وهناك طريقة لمنع دخول الصوت تتمثل في استخدام زجاجٍ كثيفٍ للغاية لا يهتز بسهولة، وكذلك هناك طريقة أخرى تكمن في استخدام ألواحٍ زجاجيةٍ بينيةٍ، مع وجود فراغٍ بينها؛ بحيث لا يتمكن الصوت من جعل جزيئات الهواء تهتز بين الألواح.