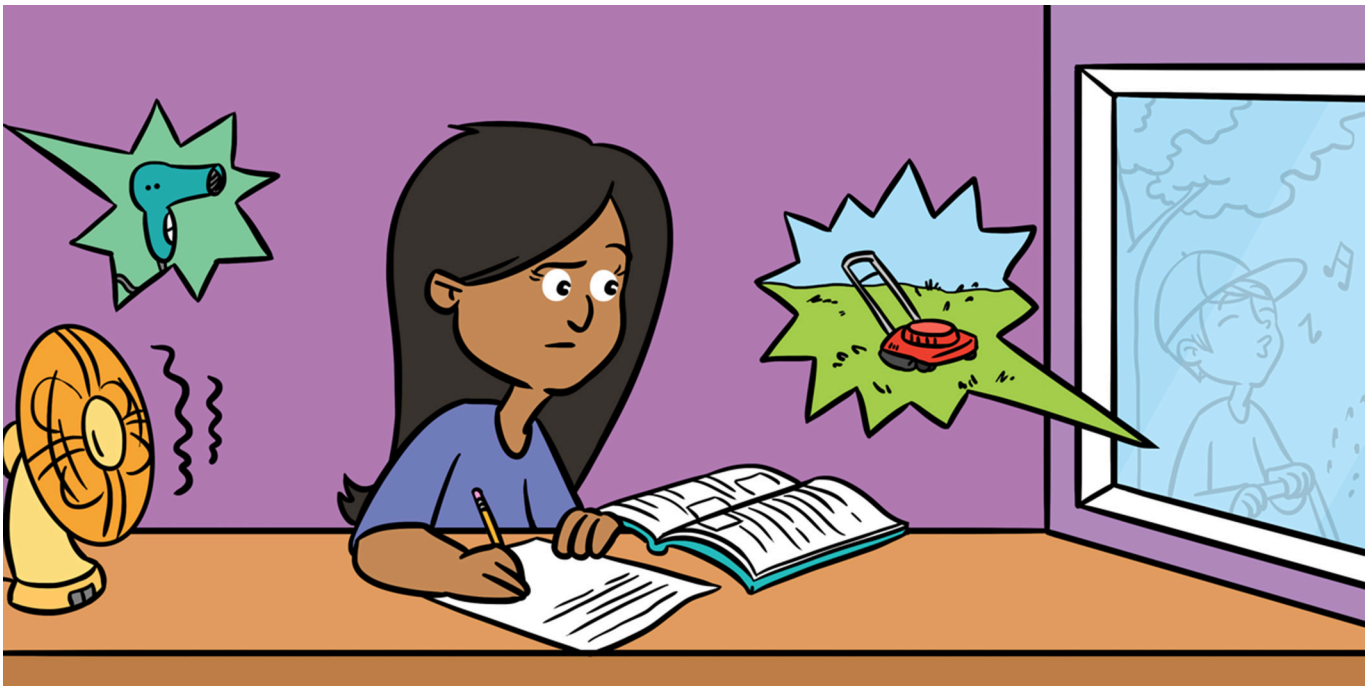
الرياضيات
نُشر على الإنترنت بتاريخ: 09 يناير 2023
doi: 10.3389/frym.2021.703592-ar



التلوث السمعي وطرق معالجته

William J. Parnell*, William D. Rowley and Naomi R. M. Curati
قسم الرياضيات، جامعة مانشستر، مانشستر، المملكة المتحدة

يُمكن أن يؤثر التلوث السمعي على جودة حياتنا، وقد يقلل أعمارنا، حيث يتسبب في حدوث حوالي 12 ألف حالة وفاة مبكرة في أوروبا سنويًّا. فيُمكن استخدام أجهزة تُدعى الرنانات؛ لخفض الضوضاء الزائدة عن الحد الصادرة من المحركات والمراوح؛ من خلال إبطال خروج الموجات الصوتية. ومن ناحيةٍ أُخرى، يَصعب إبطال موجات الصوت منخفضة الضجيج؛ لأنها تنتشر بشكلٍ واسع: ففي بعض الأحيان تنتشر تلك الموجات لمسافة تصل إلى 17 مترًا! ويتطلب إبطال موجات الصوت المتدة هذه الاستعانة بأحد الرنانات الكبيرة غير العملية. وتكمن أحد حلول هذه المشكلة في تصنيع رنانات من فئة خاصة من المواد، تُسمى المواد المصنعة الخارقة. حيث تملك المواد المصنعة الخارقة بنيات مصممة من نوع خاص، تمنحها خصائص غير موجودة في المواد الطبيعية العادية. ونستعرض بالشرح في هذا المقال كيف استخدمنا الرياضيات في تصميم إحدى هذه المواد الصناعية الخارقة التي تُبطئ سرعة الموجات الصوتية. إذ نتمكن إثر إبطاء سرعة الصوت من استخدام رنانات أصغر في الحجم، ومن ثمّ يُمكننا إبطال الضجيج المنخفض بواسطة مثل هذه الرنانات على عكس الرنانات الأخرى التي تستخدم المواد العادية.

المراجعون الصغار

GINNY
العمر: 12

هل سبق لك محاولة تأدية واجبك المدرسي، أو قراءة أحد الكتب بينما شخص ما يقص حشائش الحديقة، أو يستخدم مجفف الشعر بجانبك؟ حيث تجعل الضوضاء التركيز أمرًا في غاية الصعوبة! والآن تخيل نفسك تقطن بجانب أحد المطارات المزدحمة دائمًا برحلاتها. إذ تُقدر وكالة البيئة الأوروبية أن الضوضاء المنبعثة من الطائرات تتسبب في إيذاء 12500 طفل من أطفال المدارس الأوروبية أثناء تلقيهم العلم [1].

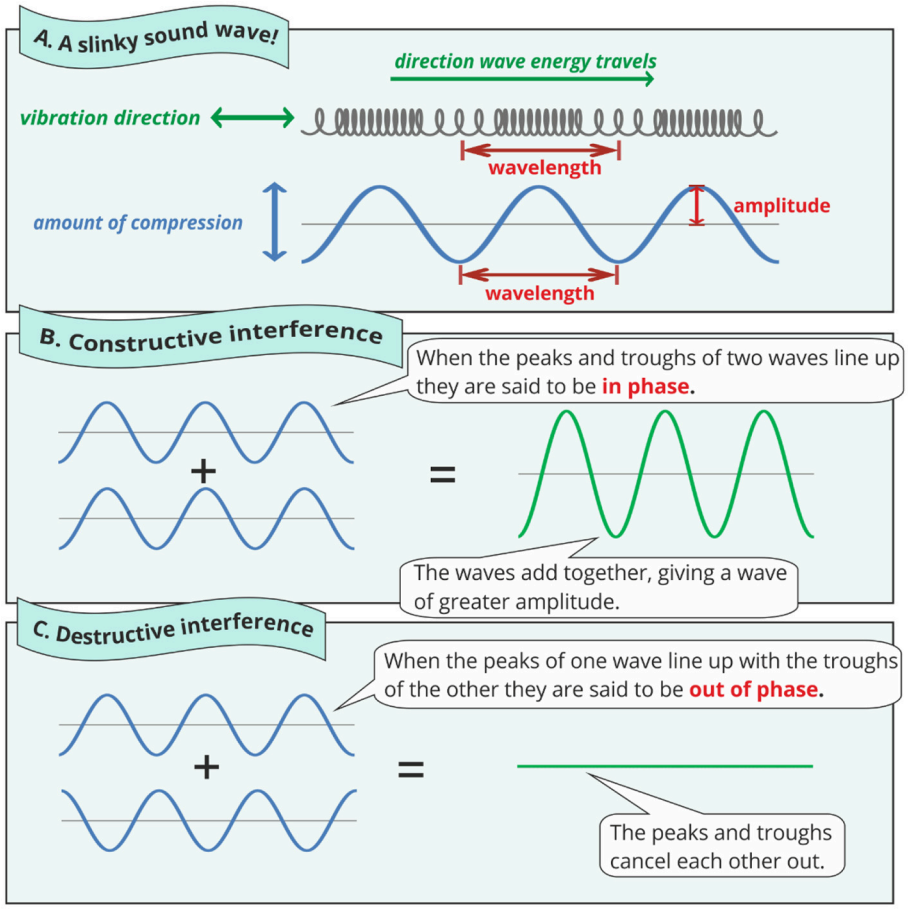
ويُمكن أن تضر الضوضاء الزائدة عن الحد بصحتنا أيضًا؛ حيث تؤدي إلى حدوث ما يقرب من 12 ألف حالة وفاة مبكرة في أوروبا سنويًّا، نتيجة زيادة أمراض القلب الناجمة عن أثر تلك الضوضاء.

تكمن إحدى الطرق التي يُمكننا من خلالها تقليل الضوضاء الصادرة من المحركات والمراوح، في إدراج أحد أجهزة إبطال الضوضاء في تصميم هذه المحركات، إلا أن تلك الأجهزة يُمكن أن تكون كبيرة الحجم وغير عملية. ونستعرض في هذا المقال كيف نستخدم المواد المصنعة الخارقة لمعالجة هذه المشكلة؛ وذلك من خلال تصميم إحدى هذه المواد التي يُمكننا استخدامها لصُنع أجهزة إبطال ضوضاء الصوت صغيرة الحجم. أولًا، نستعرض حديثنا بخصوص موجات الصوت، وما يحدث عند اجتماعها معًا. ثُم نتابع شرح كيفية عمل أحد أجهزة إبطال الصوت الصغيرة، وسنتطرق كذلك إلى فهم أهمية حجم جهاز إبطال الضوضاء. بعدئذٍ، سنستعرض كيف يُمكن، باستخدام المعادلات الرياضية، تقليص حجم أجهزة إبطال الصوت من خلال مادتنا الجديدة المُصنّعة.

خصائص الموجات الصوتية

ينتج الصوت نتيجة الاهتزازات. فعندما يهتز جسم ما؛ يهتز الهواء من حوله. وتتسبب جزيئات الهواء المهتزة في اهتزاز جزيئات هوائية أخرى من حولها، ويتكرر الأمر تهتز إلى آذاننا. ثم تهتز العظام الصغيرة داخل آذاننا، وتُميز عقولنا تلك الإشارات باعتبارها صوتًا. وتنتقل الحركات *الاهتزازية* - وليست الجسيمات الهوائية - في إحدى الموجات الصوتية طوليًّا.

تتجمع الجسيمات الهوائية معًا في إحدى الموجات الصوتية، ثم تتفرق كاللفائف في لعبة السلينكي عند اجتماعها وتفرقها. وعلى الرغم من أن الجسيمات الهوائية تتحرك للخلف والأمام طوليًّا في اتجاه الموجة الصوتية، فإننا نرسم الموجات الصوتية على شكل خطوط مموجة تصعد وتهبط، بحيث تكون أكثر شبهًا بموجات المحيط (انظر الشكل 1A). حيث يدل ارتفاع الخط الموجي على مقدار انضغاط الموجة؛ أي إلى مدى الجسيمات الصوتية مضغوطة معًا في أي نقطة. وتُوضح النقاط العليا (القمم) المنطقة الأكثر تكدسًا بالجسيمات، بينما تشير النقاط المنخفضة (القيعان) إلى المنطقة الأكثر تفرقًا للجسيمات.



شكل 1

شكل 1

(A) تُميّز الموجات الصوتية من خلال طولها الموجي، وسعة صوتها. وكلما زادت سعة الصوت؛ زادت شدة الصوت. **(B)** ينتج عن تداخل الموجات البنّاء موجة ذات سعة صوت أكبر؛ مما ينتج عنه صوت مرتفع. **(C)** بينما ينتج عن تداخل الموجات الهدّام إلغاء الموجات بعضها بعضًا، وينتج عن ذلك صوت منخفض.

ويطلق مصطلح سعة الصوت على المسافة بين المركز وأعلى أو أدنى نقطة؛ كما هو موضح في رسمنا للموجة الصوتية. ويُقصد بسعة الصوت: طريقة قياس ارتفاع شدة الصوت. فتُخبرنا كيف تتقارب الجسيمات الصوتية معًا أو تتباعد، مقارنةً بوضعياتها في حالة السكون. وكلما زاد الفارق بينهما، زادت شدة الصوت. ونستخدم مقياس الديسبل لقياس شدة الصوت.

بالإضافة لقياس سعة الصوت، نقيس أيضًا الطول الموجي للصوت، وتردده. ويُقصد بمصطلح الطول الموجي: المسافة من نقطة ما في موجة ما للنقطة نفسها في الموجة التالية؛ فمثلًا، المسافة من قمة إحدى الموجات إلى القمة التي تليها. ويُقصد بالتردد: عدد الموجات التي تمر من خلال نقطة ثابتة في زمن قدره ثانية واحدة. ويقاس التردد بالهرتز، أو (Hz)، أو عدد الموجات/الثانية. تذكر جيدًا لعبة السلينكي: إذا قمت بتجميع وتفريق لفائف السلينكي بسرعة؛ فسينتج عنه موجة ذات تردد مرتفع. ويقل التردد بخفض عدد الحركات في الثانية. ويُطلعنا التردد على درجة الصوت - فكلما زاد التردد؛ زادت درجة الصوت.

سعة الصوت (AMPLITUDE)

يُقصد بها أقصى إزاحة لأحد الجسيمات في إحدى الموجات الصوتية من موضع السكون. وتصبح الموجات الصوتية أعلى صوتًا مع اتساع سعتها، بينما تكون منخفضة الصوت مع قلة سعتها.

الطول الموجي (WAVELENGTH)

يُقصد به طول الموجة الصوتية، ويُقاس بالمتر بدايةً من أي نقطة في إحدى الموجات الصوتية إلى النقطة نفسها في الموجة التالية لها.

التردد (FREQUENCY)

يُقصد به عدد الموجات الصوتية التي تعبر نقطة ثابتة في ثانية واحدة، أو عدد الذبذبات في الثانية. ويقاس التردد بالهرتز (Hz، أو ثانية$^{-1}$).

كيف يُمكن أن ينتج عن اجتماع الموجات الصوتية معًا صوت منخفض؟

تؤثر الموجات الصوتية على بعضها البعض بعدة طرق عند تلاقيها معًا. ونُسمي ذلك بالتداخل. ويختلف نوع التداخل تبعًا لكيفية انتظام الموجات الصوتية مع بعضها البعض. فيُوضح الشكل 1B تموضع موجتين صوتيتين حيث تصطف قممتاهما اصطفافًا تامًا. وهنا نقول إن الموجتين الصوتيتين متطابقتان. وتجتمع الموجات الصوتية المتطابقة لتَخرج لنا بموجة ذات قمة أعلى وسعة صوت أكبر. وبالنسبة لأنواع الموجات الصوتية، يعطينا هذا التداخل موجة عالية الصوت. ونُسمي هذه العملية بتداخل الموجات البنّاء.

الآن انظر الشكل 1C. حيث تصطف قمم إحدى الموجات مع قيعان موجةٍ أخرى. ونشير إلى هذا الاصطفاف بمصطلح الموجات المتنافرة. وينتج عن ذلك، إلغاء الموجتين بعضهما بعضًا، وينتهي الأمر بعدم وجود موجة صوتية من الأساس. ونُسمي هذه العملية بتداخل الموجات الهدّام. وينتج عن تداخل الموجات الهدّام صوت منخفض.

تداخل الموجات البنّاء (CONSTRUCTIVE INTERFERENCE)

يحدث عند اصطفاف الموجات الصوتية معًا، أي اصطفاف قممها وقيعانها معًا اصطفافًا تامًا، وتُصبح النتيجة ارتفاع سعة صوت الموجة الصوتية.

تداخل الموجات الهدّام (DESTRUCTIVE INTERFERENCE)

يحدث عند اصطفاف الموجات معًا؛ ولكن هنا يقصد به اصطفاف قمم موجة ما مع قيعان موجة أخرى، وينتج عن ذلك إلغاء الموجات بعضها بعضًا.

رنان الطول الموجي الربعي (QUARTER-WAVELENGTH QUARTER-RESONATOR)

أحد أجهزة إلغاء الضوضاء التي تعتمد في عملها على تداخل الموجات الهدّام.

إلغاء الضوضاء: رنان الطول الموجي الربعي

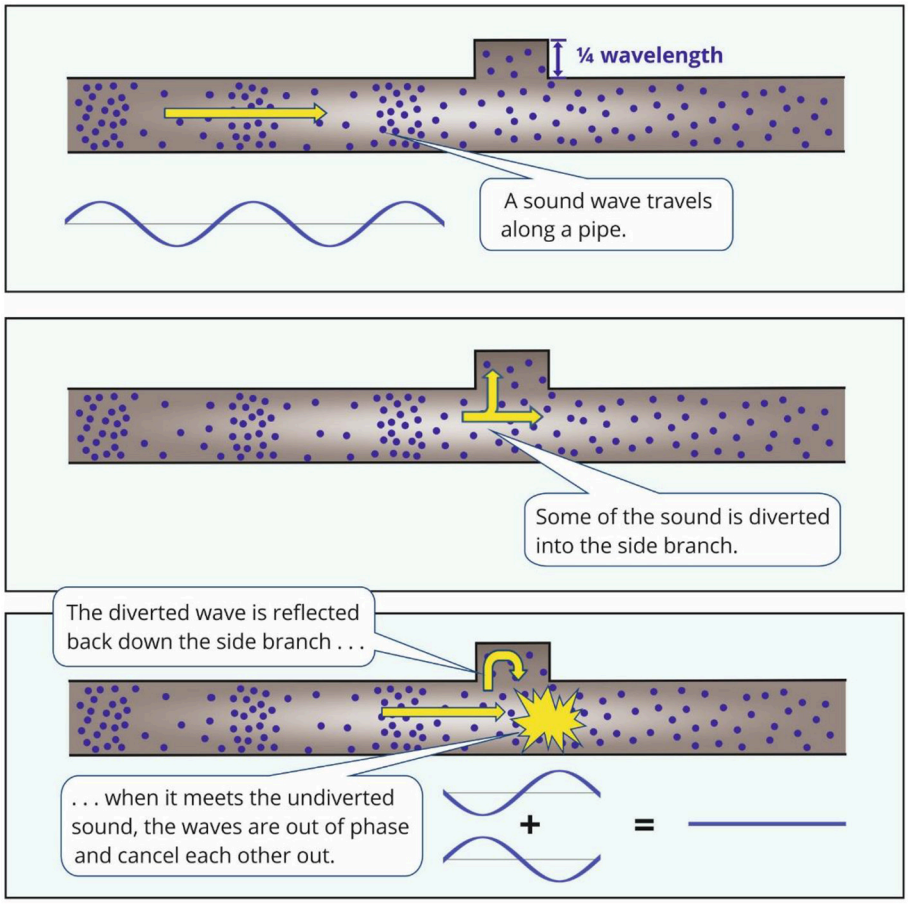
تعتمد العديد من الآلات على تداخل الموجات الهدّام؛ لخفض الضوضاء الزائدة عن الحد. فمثلًا، تعمل سماعات الرأس القائمة على خاصية إلغاء الضوضاء على إصدار موجات صوتية تتنافر مع الأصوات الزائدة عن الحد. فعند التقاء الموجات الصوتية، تلغي بعضها بعضًا. بينما تعتمد الأجهزة الأخرى على تركيبها الهندسي للقيام بذلك. وتتضمن تلك الأجهزة رنان الطول الموجي الربعي، الذي يُستخدم للحد من الضوضاء الصادرة عن المحركات والمراوح [2, 3].

يعمل أنبوب العادم في السيارة على إزالة الدخان من المحرك، وإطلاقه في الهواء. ولكن تنتقل كذلك الضوضاء عبر هذا الأنبوب. ويُعد رنان الطول الموجي الربعي أنبوبًا إضافيًّا آخر يتفرع من أنبوب إخراج العوادم الرئيسي. فمهمته حبس الموجات الصوتية وعكسها. ويوضح الشكل 2 كيفية عمله. ينتقل الصوت عبر الأنبوب، وتنحرف بعض من جزيئات الموجة الصوتية انحرافًا جانبيًّا، ثم تلتقي من جديد مع الموجة الصوتية الأساسية مرةً أخرى. وعند تلاقي الموجتين - المنحرفة والأساسية - مرةً ثانية تصبحان متنافرتين؛ مما ينتج عنه وقوع تداخل الموجات الهدّام، الذي يصدر عنه صوت أكثر انخفاضًا.

يُعد طول الانحراف الجانبي مهمًّا بالنسبة لتنافر الموجتين عند اجتماعهما، ويجب ألا يتعدى طوله ربع الطول الموجي للصوت الذي نريد إبطاله. وهذا سبب تسميتنا له برنان الطول الموجي الربعي.

مشكلة الضوضاء منخفضة التردد

تسير الأمور على نحوٍ جيد حتى الآن. لكن ماذا لو أصبحت الموجات الصوتية طويلة جدًّا؟ يجب أن يكون الانحراف الجانبي ربع طول الموجة الصوتية، لذا كلما أصبح حجم



شكل 2

شكل 2

يُمكن أن يصدر عن رنان الطول الموجي الربعي أصوات أكثر انخفاضًا إثر انحراف بعض من جزيئات الصوت. وتتحد الموجات الصوتية المنحرفة وغير المنحرفة مرةً أخرى، تحت مسمى تداخل الموجات الهدّام؛ لتنخفض الأصوات داخل الأنبوب.

الطول الموجي أكبر، أصبحنا في حاجة إلى زيادة حجم رنان الطول الموجي الربعي. ويمكن أن تُصبح الموجات الصوتية كبيرةً للغاية! حيث تملك أصوات التردد المنخفض أطول طول موجي، وأصوات التردد المرتفع أقصر طول موجي. كما يستطيع البشر سماع الترددات المنخفضة التي تصل إلى 20 هرتزًا، والتي يبلغ طولها الموجي 17 مترًا!

يُمكن أن تشتمل الضوضاء الصادرة عن المحركات ترددات بطول موجي أطول من 3 أمتار [4]. وعند ذلك نحتاج أن يكون طول رنان الطول الموجي الربعي 75 سم؛ لمنع موجة صوتية طولها 3 أمتار من خلال تداخل الموجات الهدّام. وتضيف الأجهزة الكبيرة وزنًا وسعرًا أكبر، ناهيك عن صعوبة استخدام جهاز بهذا الحجم!

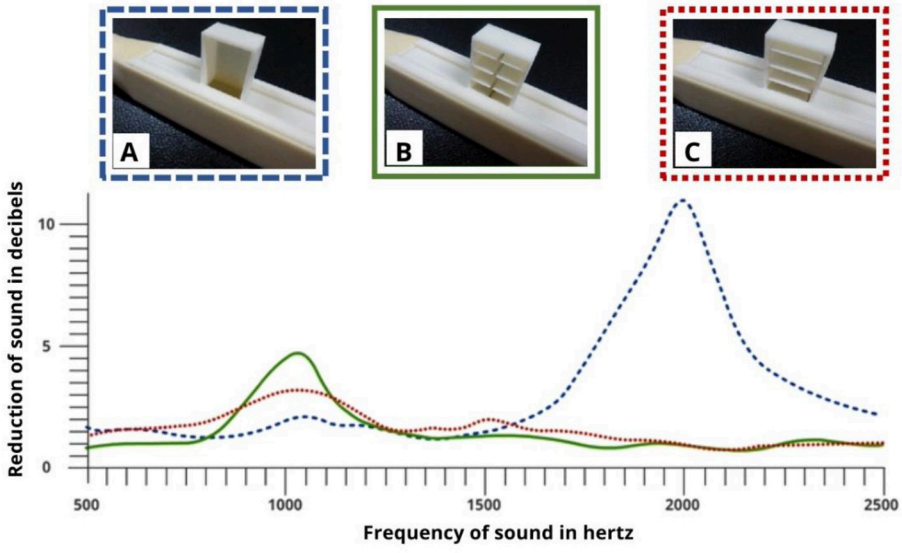
تصميم المواد بالاستعانة بعلم الرياضيات

المواد المصنعة الخارقة (METAMATERIAL)

مواد خاصة ذات مميزات استثنائية تُحدَّد عادةً من خلال تركيبها الهندسي.

استخدمنا النمذجة الرياضية؛ لتصميم مواد خاصة تساعد في حل هذه المشكلة. وتُسمى موادنا هذه بالمواد المُصنعة الخارقة. وتعتمد خواص المواد المصنعة الخارقة على أشكالها وتركيبها، دونًا عن المواد الخام المصنعة منها. وتتفاعل المواد المصنعة الخارقة مع الموجات الصوتية بطرق لا نشهدها مع المواد العادية [5]. وقد استخدمنا إحدى

الطابعات ثلاثية الأبعاد لإدخال رنانات الطول الموجي الربعي مع تركيبات المواد المصنعة الخارقة (الشكلان 3B، C). ويبلغ طول كل منهما 4 سم، ذات أشكال دقيقة وبيضاوية متراكمة داخلهما. ويملك أحدهما منفذًا ضيقًا جدًّا في كل جانب من جانبيه، في حين أن الشكل الأخر لديه منفذ واسع إلى حد ما في منتصفه. وقمنا أيضًا بصنع أحد رنانات الطول الموجي الربعي العادية دون وضع تركيبات المواد المصنعة الخارقة بداخله (الشكل 3A).



شكل 3

شكل 3

مقارنة رنان الطول الموجي الربعي المصنوع من المواد المصنعة الخارقة **(B، C)** بمثله المصنوع من المواد العادية **(A)**. **(A)** يملك رنان الطول الموجي الربعي العادي (الأزرق) قمة يبلغ ترددها 2000 هرتز، إذ يُقلل الصوت عند ذلك التردد بمعدل 10 ديسبل. **(B)** يوضح رنان الطول الموجي الربعي هذا (الأخضر) تقليل معدل الصوت ليصبح 5 ديسبل لقمة يبلغ ترددها 1000 هرتز. **(C)** يُقلل رنان الطول الموجي الربعي (الأحمر) الموجة الصوتية التي يبلغ ترددها 1000 هرتز، لكن بصورة أقل فعالية. فمقياس الديسبل ليس منتظمًا: حيث يعني الانخفاض بمعدل 3 ديسبل تقليل طاقة الصوت للنصف، بينما يُقلل 10 ديسبل طاقة الصوت بنسبة 90%. تُعتبر الانخفاضات المُقاسة بالديسبل متشابهة، على الرغم من ارتفاع الصوت في الحالة **(A)**.

تبطئ موادنا المصنعة الخارقة سرعة الصوت لنصف سرعته العادية. وتستطيع فعل ذلك من خلال تمديد الفراغ الذي تنتقل عبره الموجات الصوتية. ولعملية خفض سرعة الصوت تأثير ربما لا تتوقعه: حيث تُلغي رنانات المواد المصنعة الخارقة الصوت ذا التردد المنخفض بفاعلية أكبر من رنانات الطول الموجي العادية. وهذا نتاج العلاقة الرياضية بين الطول الموجي، والتردد، وسرعة الصوت:

سرعة الصوت = الطول الموجي x التردد

يُمكننا إعادة ترتيب هذه المعادلة لغرض احتساب قياسات رنانات الطول الموجي الربعي لتُصبح:

التردد للصوت المنخفض = سرعة الصوت/الطول الموجي

حيث يمثل الطول الموجي أربعة أضعاف طول رنان الطول الموجي الربعي. وإذا خفضنا سرعة الصوت في هذه المعادلة إلى النصف، فسينخفض بالتبعية تردد الصوت إلى النصف. لذا نتوقع أن تُلغي رنانات المواد المصنعة الخاصة بنا الصوت بتقليل تردده إلى النصف مقارنةً برنان الطول الموجي الربعي العادي.

النتائج التي توصلنا إليها

يوضح الشكل 3 ما حدث عند اختبارنا لثلاثة رنانات للطول الموجي الربعي. وقد قسنا كمية الأصوات المرتفعة التي فُقدت عند ترددات مختلفة. وقد توقعنا أن المواد المصنعة الخارقة لرنانات الطول الموجي الربعي تقلل من شدة الصوت بمقدار نصف التردد، مقارنةً بالرنانات العادية، وبالفعل نجح الأمر مع رنانات الطول الموجي الربعي المصنعة من المواد الخارقة! حيث تملك المواد الصناعية الخارقة في الشكل 3B منفذًا أوسع في منتصفها مقارنةً بمثيلتها ذات المنافذ الضيقة على الجوانب، وأدى ذلك الاختلاف البسيط إلى جعلها أكثر كفاءة عن المادة الصناعية الخارقة في الشكل 3C؛ حيث قل الصوت في هذه الحالة بمقدار 5 ديسبل. ويُعد هذا اختلافًا جوهريًّا، على غرار انخفاض الصوت الذي تحصل عليه نتيجة الابتعاد عن المصدر المنبعث منه الصوت لمسافة تزيد عن المسافة الأصلية بمقدار 1.8 مرة (فمثلًا، إذا كنت تبعد 100 متر عن مصدر الصوت، فيعني ذلك الانتقال لتصبح على بُعد مسافة 180 مترًا منه).

لماذا نستخدم أجهزة أصغر حجمًا إذا انخفض التردد إلى النصف؟

نُدرك أن انخفاض تردد إحدى الموجات الصوتية يعني ازدياد طولها الموجي. وإذا قللنا تردد موجة صوتية ما في الهواء إلى النصف يعني ذلك زيادة طولها الموجي بمقدار الضعف. وتُقلل رنانات الطول الموجي الربعي الطول الموجي للصوت بطبيعة الحال بمقدار أربعة أمثاله، بينما تقلل رنانات الطول الموجي الربعي المصنعة من المواد الصناعية الخارقة الطول الموجي للصوت بمقدار ثمانية أمثاله. فبدلًا من تسميتها برنانات الطول الموجي الربعية، يمكننا تسميتها برنانات الطول الموجي الثمانية. وبناءً عليه، وباستخدام المواد المصنعة الخارقة، يُمكننا تقليل طول جهاز إلغاء الضوضاء اللازم لأي تردد إلى النصف. وهذا من شأنه أن يوفر المساحة والموارد، ويسمح لنا بتقليل الضوضاء المزعجة ذات الترددات الأقل بفعالية أكبر مقارنةً بالمواد العادية. ومن هنا، نرجو أن نحقق مستقبلًا أكثر هدوءًا بالاستعانة بنتائج هذه الأبحاث!

مقال المصدر الأصلي

Rowley, W. D., Parnell, W. J., Abrahams, I. D., Voisey, S. R., Lamb, J., and Etaix, N. 2018. Deepening subwavelength acoustic resonance via metamaterials with universal broadband elliptical

microstructure. *Appl Phys Lett.* 112:251902. doi: 10.1063/1.5022197

المراجع

1. European Environment Agency. 2020. *Environmental Noise in Europe 2020*. EEA. Report No: 22/2019. doi: 10.2800/686249
2. Wu, C., Chen, L., Ni, J., and Xu, J. 2016. Modeling and experimental verification of a new muffler based on the theory of quarter-wavelength tube and the Helmholtz muffler. *SpringerPlus* 5:1366. doi: 10.1186/s40064-016-3060-1
3. Field, C. D., and Fricke, F. R. 1998. Theory and applications of quarter-wave resonators: a prelude to their use for attenuating noise entering buildings through ventilation openings. *Appl Acoustics*. 53:117–32. doi: 10.1016/S0003-682X(97)00035-2
4. Ih, J. G., Choi, C. Y., Kim, T. K., Jhang, S. H., and Kim, H. J. 2011. Optimal design of the exhaust system layout to suppress the discharge noise from an idling engine. *Int. J Automot. Technol.* 12:617–30. doi: 10.1007/s12239-011-0072-2
5. Cummer, S. A., Christensen, J., and Alù, A. 2016. Controlling sound with acoustic metamaterials. *Nat Rev Mater*. 1:16001. doi: 10.1038/natrevmats.2016.1

نُشر على الإنترنت بتاريخ: 09 يناير 2023

المحرر: Marco Aldi

'مرشدو العلوم': Stefano Zapperi

الاقتباس: Parnell WJ, Rowley WD and Curati NRM (2023) التلوث السمعي وطرق معالجته. Front. Young Minds doi: 10.3389/frym.2021.703592-ar

مُترجَم ومقتبس من: Parnell WJ, Rowley WD and Curati NRM (2021) Tackling Noise Pollution With Slow Sound. Front. Young Minds 9:703592. doi: 10.3389/frym.2021.703592

إقرار تضارب المصالح: يعلن المؤلفون أن البحث قد أُجري في غياب أي علاقات تجارية أو مالية يمكن تفسيرها على أنها تضارب محتمل في المصالح.

COPYRIGHT © 2021 © 2023 Parnell, Rowley and Curati. هذا مقال مفتوح الوصول يتم توزيعه بموجب شروط ترخيص المشاركة الإبداعية Creative Commons Attribution License (CC BY). يُسمح بالاستخدام أو التوزيع أو الاستنساخ في منتديات أخرى، شريطة أن يكون المؤلف (المؤلفون) الأصلي أو مالك (مالكو) حقوق النشر مقيدًا وأن يتم الرجوع إلى المنشور الأصلي في هذه المجلة وفقًا للممارسات الأكاديمية المقبولة. لا يُسمح بأي استخدام أو توزيع أو إعادة إنتاج لا يتوافق مع هذه الشروط.

المراجعون الصغار

GINNY، العمر: 12
نشأتُ في عالم العلوم، حيث عثرت على حبي للرياضيات وأجهزة الكمبيوتر، منذ أن كنت طفلة صغيرة. وقررت أن أعمل مراجعةً؛ لأنه سيتيح لي الفرصة لمعرفة الطريقة المُتبعة في نشر الأوراق العلمية. كما أنني أُحب القراءة، وأن أكون بصحبة أصدقائي. أنا متحمسة جدًّا لما ينتظرني في المستقبل.

المؤلفون

WILLIAM J. PARNELL
أنا أستاذ جامعي متخصص في الرياضيات التطبيقية، وأترأس مجموعة من الباحثين في مجال رياضيات الموجات الصوتية والمواد بجامعة مانشستر. فقد حصلت على درجة علمية في الرياضيات، ثم على درجة الماجستير في الرياضيات التطبيقية، مع التركيز على كيفية استخدام الرياضيات لمحاكاة وفهم العالم حولنا. وأثناء دراستي لنيل الدكتوراه، استخدمت الرياضيات لتصميم مواد مركبة جديدة، في محاولة لدراسة كيف يُمكن استخدام المواد لامتصاص الموجات الصوتية. وأعمل الآن على عدة مشاريع متعلقة بفهم كيفية تصميمنا للمواد التي من شأنها أن تتحكم في الموجات الصوتية والأشكال الأخرى من الموجات.
*william.parnell@manchester.ac.uks

WILLIAM D. ROWLEY
لقد درست بجامعة مانشستر للحصول على الشهادة الجامعية في تخصص الرياضيات، ثم التحقت بها مرةً أخرى لنيل الدكتوراه. فقد ركزت في دراستي للدكتوراة على كيفية تصميمنا للمواد التي من شأنها تغيير مفهومنا حول الموجات الصوتية، فمثلًا يمكننا من خلالها تقليل حجم الضوضاء أو إبعادها. ومنذ أن حصلت على الدكتوراة، شرعت بعدها في كتابة برمجيات للأجهزة المُضمّنة في إحدى شركات التكنولوجيا، بلندن، بشركة تُسمى تي جي زيرو.

NAOMI R. M. CURATI
أعمل كمديرة لبرنامج التوعية العامة في مجال رياضيات الموجات الصوتية وعلم المواد لمجموعة من الباحثين بجامعة مانشستر. وحصلت على درجة الدكتوراه في الكيمياء، حيث ارتكز بحثي فيها على كيفية تفاعل الجزيئات التي تحتوي على معادن مع الضوء، كما حصلت على ماجستير العلوم في دراسات المتاحف، حيث قمت بفحص كيفية تصوير الكيمياء في متاحف العلوم. ومنذ ذلك الحين، عملت في مجالات عدة، بما في ذلك متاحف العلوم وعلم النانو تكنولوجي. ويبحث علماء الرياضيات الذين عملت معهم الآن في رياضيات الموجات الصوتية، وكيف تتفاعل الموجات الصوتية مع المواد. فقد ساعدتهم في نشر أبحاثهم وتوصيلها للعامة.

النسخة العربية مقدمة من
Arabic version provided by

جامعة الملك عبدالله للعلوم والتقنية
King Abdullah University of Science and Technology