

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นายภานุพงศ์ ทวีผล

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 1

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านพื้นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

- ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)
- ลดลงเหลือ 1/4 (25%)
- อื่นๆ: _____

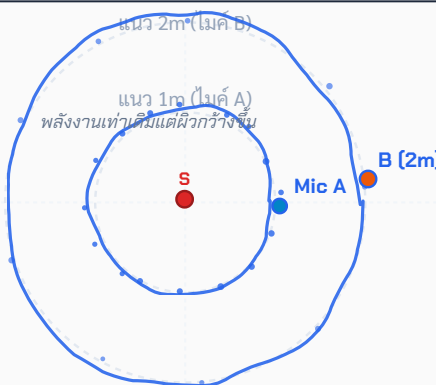
1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:
● ลดลง 10 dB (น่าจะเบาลงครึ่งหนึ่ง)

🧠 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{ m} \rightarrow 2\text{ m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ **4 เท่า** ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **1/4 เท่า** ของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.57	8.0×10^{-5}	79.1
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.27	1.99×10^{-5}	72.9
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.2	3.17×10^{-6}	65.0

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 1/4 (ประมาณ 25%)**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_2/I_1):

$$I_2/I_1 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1/I_2 = 7.96 \times 10^{-5} / 1.99 \times 10^{-5} = 4 \text{ เท่า (ความเข้มลดลง 4 เท่า)}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = 73.0 - 79.0 = -6.0 \text{ dB ตรงกับทฤษฎี } 10 \log(1/4)$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB เสียงเบาลงชัดเจน

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ขอสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
แนะนำให้จัดบุรุษที่ตำแหน่ง บุรุษ B ซึ่งอยู่ห่างจากเวที 5.0 เมตร

📊 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ
จากการทดลองอ่านค่ามิเตอร์ บุรุษ A ระยะ 2m ระดับเสียง 73 dB ($I = 1.99 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) เกิน 70 dB อาจเป็นอันตรายหากอยู่นาน
ส่วนบุรุษ B ระยะ 5m ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์
ตามกฎกำลังสองผกผัน ($I \propto 1/r^2$) คลื่นเสียงแผ่ออกจากลำโพงเป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ ($A = 4\pi r^2$) เมื่อถอยห่างจาก 2m ไปเป็น 5m (ห่างขึ้น 2.5 เท่า) พื้นที่ผิวจะขยายตัวขึ้นเป็น $2.5^2 = 6.25$ เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียงเจือจางลงเหลือเพียง $1/6.25$ (ประมาณ 16%) ระดับเสียงจึงลดลงจาก 73 dB เหลือ 65 dB ซึ่งต่ำกว่า 70 dB ตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย ทำให้เจ้าหน้าที่สามารถพูดคุยและปฏิบัติหน้าที่ตลอดวันได้โดยไม่สูญเสียการได้ยิน

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?
ลดลงเหลือ $1/9$ เท่า (ประมาณ 11.1%)

💬 เพื่อบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?
ผิดครับ เพราะระดับเสียงไม่ได้ลดลงตามระยะทางตรงๆ แต่เป็นไปตามสมการ $\Delta\beta = 10 \log(I_2/I_1) = 10 \log(1/4) \approx -6 \text{ dB}$ ดังนั้นเสียงจะเบาประมาณ 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นายณัฐดนัย รัตนไพศาล

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 2

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านพื้นที่หน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

- ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)
- ลดลงเหลือ 1/4 (25%)
- อื่นๆ: _____

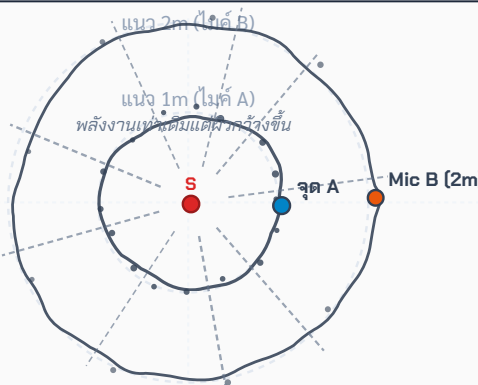
1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:
ลดลง 2 dB

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิววงกว้างขึ้นประมาณ **4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **1/4 (หรือ 25%)** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.6	8.0×10^{-5}	79.1
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.26	0.0000199	73.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.16	3.18×10^{-6}	65.0

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น **4 เท่า** ทำให้ความเข้มเสียง **เหลือ 25%**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_1/I_2):

$$I_1/I_2 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1/I_2 = r_2^2/r_1^2 = 2^2/1^2 = 4 \text{ เท่า (สอดคล้องกับค่าทดลอง 7.96/1.99 = 4)}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2m} - \beta_{1m}$$

$$73.0 \text{ dB} - 79.0 \text{ dB} = -6.0 \text{ dB (เสียงลดลง 6 dB)}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB (เดิมหายไป 4 dB จริงๆ คือ 6 dB เพราะเป็นสเกล Log)

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบูธกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบูธ 2 ตำแหน่งคือ บูธ A (ระยะ 2.0 m) และ บูธ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จะใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ขอสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
เลือก บูธ B (ระยะ 5.0 m) เหมาะสมที่สุดสำหรับตั้งบูธกิจกรรม

📊 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

หลักฐานจากการทดลอง: บูธ A วัดระดับเสียงได้ 73 dB ความเข้ม $1.99 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ ซึ่งเกินเกณฑ์ทำงานต่อเนื่อง 70 dB ส่วนบูธ B วัดได้ 65 dB ความเข้ม $3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ เสียงเบา 8 dB และต่ำกว่าเกณฑ์ความปลอดภัย

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เพราะคลื่นเสียงเดินทางตามกฎ inverse-square law ยิ่งระยะห่างมากขึ้น พลังงานเสียงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่จะลดลงเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง การตั้งบูธที่ระยะ 5 เมตร ทำให้ความเข้มเสียงลดลงจนระดับเสียงเหลือ 65 dB ซึ่งไม่เกินขีดจำกัดความปลอดภัย 70 dB เหมาะสมที่สุดต่อสุขภาพของเจ้าหน้าที่

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ $1/9$ (ประมาณ 11.1%) ของที่ระยะ 1 เมตร เพราะ $I \propto 1/r^2 = 1/3^2 = 1/9$

💬 เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ผิดค่ะ เพราะเดซิเบลคิดจากสูตรลอการิทึม $10 \log(1/4)$ ซึ่งคำนวณได้ -6 dB เสียงจึงลดลง 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นายเมธัส ปัญญาวงศ์

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 3

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยหลังออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

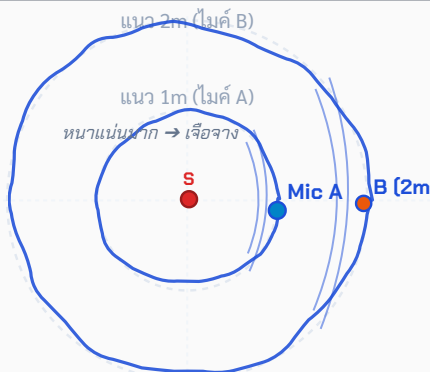
คาดว่าจะระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 10 dB (น่าจะเบาลงครึ่งหนึ่ง)

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 **คำถามท้าทาย:** วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{ m} \rightarrow 2\text{ m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิววงกว้างขึ้นประมาณ **4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **0.25** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.56	7.96×10^{-5}	79.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	$16\pi \approx 50.27$	0.0000199	73.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.16	3.18×10^{-6}	65

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **เจือจางลงเหลือ 1/4**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_1/I_2):

$$I_1/I_2 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1/I_2 = r_2^2/r_1^2 = 2^2/1^2 = 4 \text{ เท่า (สอดคล้องกับค่าทดลอง 7.96/1.99 = 4)}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2m} - \beta_{1m}$$

$$\Delta\beta = 73 - 79 = -6 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB ตรงกับสมมติฐาน

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหาค่าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษ (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

ข้อเสนอแนะคือควรเลือก บุรุษ B (ระยะ 5 เมตรจากเวทีแสดงดนตรี)



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

จากซิม 3D ที่บุรุษ A (2m) มีค่า $\beta = 73.0$ dB เกินเกณฑ์ 70 dB แต่บุรุษ B (5m) มีค่า $\beta = 65.0$ dB เสียงลดลงไป 8.0 dB และมีความเข้มเสียงลดลงจาก 1.99×10^{-6} เหลือ 3.18×10^{-6} W/m² ซึ่งปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมง



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เพราะคลื่นเสียงเดินทางตามกฎ inverse-square law ยิ่งระยะห่างมากขึ้น พลังงานเสียงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่จะลดลงเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง การตั้งบุรุษที่ระยะ 5 เมตร ทำให้ความเข้มเสียงลดลงจนระดับเสียงเหลือ 65 dB ซึ่งไม่เกินขีดจำกัดความปลอดภัย 70 dB เหมาะสมที่สุดต่อสุขภาพของเจ้าหน้าที่

คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ $1/9$ เท่า (หรือประมาณ 11%) เพราะระยะเพิ่มเป็น 3 เท่า พื้นที่ผิวทรงกลมกว้างขึ้น $3^2 = 9$ เท่า ความเข้มเสียงจึงลดลงเหลือ $1/9$

เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ผิดค่ะ เพราะเดซิเบลคิดจากสูตรลอการิทึม $10 \log(1/4)$ ซึ่งคำนวณได้ -6 dB เสียงจึงลดลง 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวนภัสสร กุลนรา

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 4

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านพื้นที่หน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยหลังออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

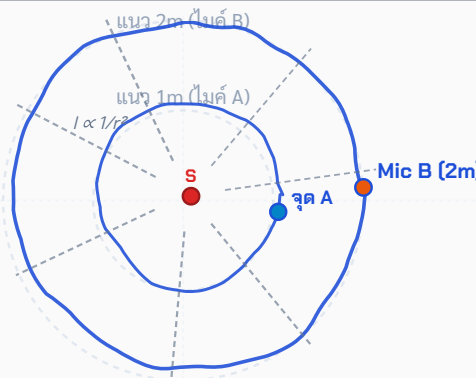
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 3-6 dB

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ **4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **1/4** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.6	7.95×10^{-5}	79
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.26	0.0000199	73
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.16	3.18×10^{-6}	65.0

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 1/4 (ประมาณ 25%)**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_2/I_1):

$$I_2/I_1 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1 / I_2 = (7.96 \times 10^{-5}) / (1.99 \times 10^{-5}) = 4.00 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ 1/4 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = 73 - 79 = -6 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB จากที่เดิมหายไป 3 dB พบว่าความจริงลดลงถึง 6 dB

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบูธกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบูธ 2 ตำแหน่งคือ บูธ A (ระยะ 2.0 m) และ บูธ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

ขอแนะนำให้เลือก บูธ B ที่ระยะ 5.0 เมตร เป็นตำแหน่งจัดบูธกิจกรรม



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

จากซิม 3D ที่บูธ A (2m) มีค่า $\beta = 73.0$ dB เกินเกณฑ์ 70 dB แต่บูธ B (5m) มีค่า $\beta = 65.0$ dB เสียงลดลงไป 8.0 dB และมีความเข้มเสียงลดลงจาก 1.99×10^{-5} เหลือ 3.18×10^{-6} W/m² ซึ่งปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมง



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

ตามกฎกำลังสองผกผัน ($I \propto 1/r^2$) คลื่นเสียงแผ่ออกจากลำโพงเป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ ($A = 4\pi r^2$) เมื่อถอยห่างจาก 2m ไปเป็น 5m (ห่างขึ้น 2.5 เท่า) พื้นที่ผิวจะขยายตัวขึ้นเป็น $2.5^2 = 6.25$ เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียงเจือจางลงเหลือเพียง 1/6.25 (ประมาณ 16%) ระดับเสียงจึงลดลงจาก 73 dB เหลือ 65 dB ซึ่งต่ำกว่า 70 dB ตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย ทำให้เจ้าหน้าที่สามารถพูดคุยและปฏิบัติหน้าที่ตลอดวันได้โดยไม่สูญเสียการได้ยิน



คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ 1/9 (11.1%) เพราะ I แปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($1/3^2$)



เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบาลง 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ผิดครับ เพราะระดับเสียงไม่ได้ลดลงตามระยะทางตรงๆ แต่เป็นไปตามสมการ $\Delta\beta = 10 \log(I_2/I_1) = 10 \log(1/4) \approx -6$ dB ดังนั้นเสียงจะเบาลงประมาณ 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวสุพิชชา พิทักษ์

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 5

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = P/A \propto 1/r^2$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยหลังออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

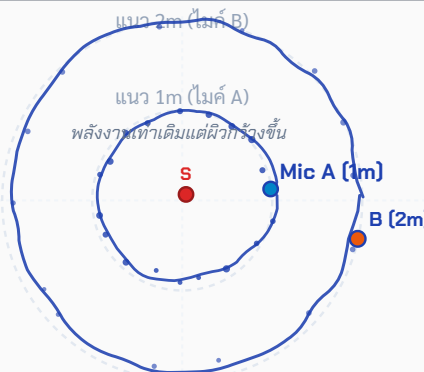
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 5 dB (คิดว่าเบาลงปานกลาง)

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมล์ A) และ 2.0 m (ไมล์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ 4 เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ 1 ใน 4 เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมล์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.56	8.0×10^{-5}	79.1
ไมล์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	$16\pi \approx 50.27$	0.0000199	73.0 dB
ไมล์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.2	3.2×10^{-6}	65

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = P/A$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 1/4 (ประมาณ 25%)**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_1/I_2):

$$I_1/I_2 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1/I_2 = r_2^2/r_1^2 = 2^2/1^2 = 4 \text{ เท่า (สอดคล้องกับค่าทดลอง 7.96/1.99 = 4)}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = 73.0 - 79.0 = -6.0 \text{ dB ตรงกับทฤษฎี } 10 \log(1/4)$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB ตรงตามที่คำนวณ

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ขอสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
แนะนำให้จัดบุรุษที่ตำแหน่ง บุรุษ B ซึ่งอยู่ห่างจากเวที 5.0 เมตร

📊 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

จากการทดลองอ่านค่ามิเตอร์ บุรุษ A ระยะ 2m ระดับเสียง 73 dB ($I = 1.99 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) เกิน 70 dB อาจเป็นอันตรายหากอยู่นาน ส่วนบุรุษ B ระยะ 5m ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เสียงแผ่ออกรอบทิศทางเป็นหน้าคลื่นทรงกลม พื้นที่ผิว A แปรผันตาม r^2 เมื่อขยับไปที่ระยะ 5m พลังงานเสียงจึงกระจายบนพื้นที่ที่กว้างกว่าระยะ 2m มาก ความเข้มเสียงลดลงเหลือเพียง 16% ส่งผลให้ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ซึ่งปลอดภัยต่อหูตามหลักอาชีวอนามัย เจ้าหน้าที่ไม่ต้องใส่ที่อุดหูและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?
ลดลงเหลือ $1/9$ เท่า (ประมาณ 11.1%)

💬 เพื่อนบอกว่า "ลด 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?
ไม่ถูกต้อง เพราะความเข้มเสียงลดลง 4 เท่าจริง แต่ระดับเสียงคำนวณแบบล็อก: $10 \log(0.25) \approx -6 \text{ dB}$ ดังนั้นเสียงจะเบา 6 เดซิเบล

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวกัญญาณัฐ ศรีมงคล

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 6

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านพื้นที่หน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

- ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)
- ลดลงเหลือ 1/4 (25%)
- อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

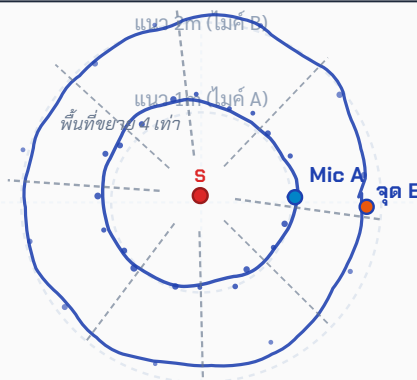
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

● ลดลง 3 dB (เดาว่าน่าจะเบาลงทีละ 3)

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ 2 เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ 1/2 เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.57	7.96×10^{-5}	79.1
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.27	1.99×10^{-5}	73.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.159	0.00000318	65.0

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **เจือจางลงเหลือ 1/4**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_2/I_1):

$$I_2/I_1 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$(7.96 \times 10^{-5}) \div (1.99 \times 10^{-5}) \approx 4 \text{ เท่าพอดี}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$73.0 \text{ dB} - 79.0 \text{ dB} = -6.0 \text{ dB} \text{ (เสียงลดลง 6 dB)}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB (เดิมหายไป 4 dB จริงๆ คือ 6 dB เพราะเป็นสเกล Log)

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบูธกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบูธ 2 ตำแหน่งคือ บูธ A (ระยะ 2.0 m) และ บูธ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ขอสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
เลือก บูธ B ที่ระยะ 5 เมตร เพราะปลอดภัยต่อระบบการได้ยิน

📊 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

ข้อมูลจากโปรแกรม phy3dsim: ที่บูธ A (2m) เสียงดัง 73.0 dB อยู่ในโซนเตือนควรจำกัดเวลา แต่ที่บูธ B (5m) เสียงลดลงเหลือ 65.0 dB อยู่ในระดับปลอดภัย (Safe Zone) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 70 dB

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เนื่องจากพลังงานเสียงกระจายตัวเป็นทรงกลมตามสมการ $I = P / (4\pi r^2)$ เมื่อระยะทางเพิ่มจาก 2m เป็น 5m พื้นที่รับเสียงจะเพิ่มขึ้นเป็น $(5/2)^2 = 6.25$ เท่า ทำให้ความเข้มเสียงลดลงอย่างมาก ส่งผลให้ระดับเสียงลดลง 8 dB (คำนวณจาก $\Delta\beta = 10 \log(1/6.25) \approx -7.96 \text{ dB}$) ทำให้ระดับเสียงที่บูธ B เหลือเพียง 65 dB ไม่เกินมาตรฐานความปลอดภัย 70 dB จึงป้องกันอาการหูตึงและสื่อสารได้ชัดเจน

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?
เหลือ $1/9$ เท่า (0.111 เท่า) ของตำแหน่ง 1 เมตร ตามกฎกำลังสองผกผัน

💬 เพื่อนบอกว่า "ลด 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?
ผิดค่ะ เพราะเดซิเบลคิดจากสูตรลอการิทึม $10 \log(1/4)$ ซึ่งคำนวณได้ -6 dB เสียงจึงลดลง 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวอารียา สุขใจ

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 7

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านพื้นที่หน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

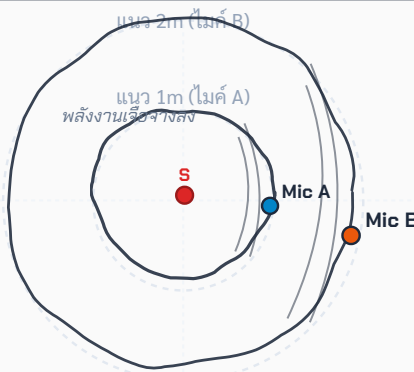
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลงประมาณ 6 dB

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{ m} \rightarrow 2\text{ m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิววงกว้างขึ้นประมาณ **4 เท่า** ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **1/4 เท่า** ของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.566	7.96×10^{-5}	79.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.26	1.99×10^{-5}	73.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.159	3.17×10^{-6}	65

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 1/4 (ประมาณ 25%)**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I/I_0):

$$I/I_0 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$\text{อัตราส่วน} = 7.96 / 1.99 = 4.00 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2m} - \beta_{1m}$$

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 73.0 - 79.0 = -6.0 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB เสียงเบาลงชัดเจน

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรณกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรณกิจกรรม 2 ตำแหน่งคือ บุรณกิจกรรม A (ระยะ 2.0 m) และ บุรณกิจกรรม B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
ทางทีมงานควรเลือกจัดตั้งที่ บุรณกิจกรรม B (ระยะ 5.0 เมตร)

📋 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

จากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ บุรณกิจกรรม A (2.0 m) มีระดับเสียงสูงถึง 73.0 dB ($I = 1.99 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) ซึ่งเกินเกณฑ์ปลอดภัย 70 dB และอยู่ในแถบสีเหลือง 'ควรจำกัดเวลา' ขณะที่บุรณกิจกรรม B (5.0 m) มีระดับเสียงเพียง 65.0 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในแถบสีเขียว 'ปลอดภัย' และเบากว่าบุรณกิจกรรม A ถึง 8.0 dB

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เสียงแผ่ออกทรงกลมเป็นหน้าคลื่นทรงกลม พื้นที่ผิว A แปรผันตาม r^2 เมื่อขยับไปที่ระยะ 5m พลังงานเสียงจึงกระจายบนพื้นที่ที่กว้างกว่าระยะ 2m มาก ความเข้มเสียงลดลงเหลือเพียง 16% ส่งผลให้ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ซึ่งปลอดภัยต่อหูตามหลักอาชีวอนามัย เจ้าหน้าที่ไม่ต้องใส่ที่อุดหูและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ $1/9$ (ประมาณ 11.1%) ของที่ระยะ 1 เมตร เพราะ $I \propto 1/r^2 = 1/3^2 = 1/9$

💬 เพื่อนบอกว่า "ลด 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ผิดค่ะ เพราะเดซิเบลคิดจากสูตรลอการิทึม $10 \log(1/4)$ ซึ่งคำนวณได้ -6 dB เสียงจึงลดลง 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาววัลรัตน์ สิริโกศล

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 8

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

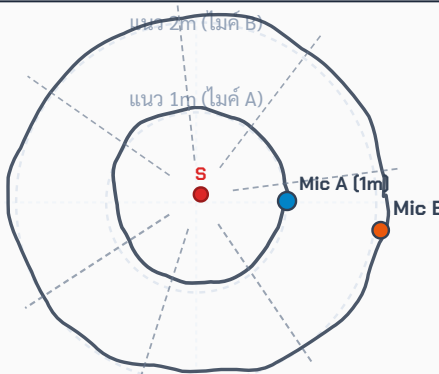
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 5 dB (คิดว่าเบาลงปานกลาง)

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ 4 เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ 25% เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.57	8.0×10^{-5}	79
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.27	1.98×10^{-5}	72.9
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.2	3.17×10^{-6}	65

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 1/4 ของเดิม**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I/I_0):

$$I/I_0 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$\text{อัตราส่วน} = 7.96 / 1.99 = 4.00 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 73.0 - 79.0 = -6.0 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB เสียงเบาลงชัดเจน

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ขอสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
ทางทีมงานควรเลือกจัดตั้งที่ บุรุษ B (ระยะ 5.0 เมตร)

📊 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

หลักฐานจากการทดลอง: บุรุษ A วัดระดับเสียงได้ 73 dB ความเข้ม $1.99 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ ซึ่งเกินเกณฑ์ทำงานต่อเนื่อง 70 dB ส่วนบุรุษ B วัดได้ 65 dB ความเข้ม $3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ เสียงเบา 8 dB และต่ำกว่าเกณฑ์ความปลอดภัย

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เสียงแผ่รอบทิศทางเป็นหน้าคลื่นทรงกลม พื้นที่ผิว A แปรผันตาม r^2 เมื่อขยับไปที่ระยะ 5m พลังงานเสียงจึงกระจายบนพื้นที่ที่กว้างกว่าระยะ 2m มาก ความเข้มเสียงลดลงเหลือเพียง 16% ส่งผลให้ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ซึ่งปลอดภัยต่อหูตามหลักอาชีวอนามัย เจ้าหน้าที่ไม่ต้องใส่ที่อุดหูและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?
เหลือ $1/9$ เท่า (0.111 เท่า) ของตำแหน่ง 1 เมตร ตามกฎกำลังสองผกผัน

💬 เพื่อนบอกว่า "ลด 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?
ผิดค่ะ เพราะเดซิเบลคิดจากสูตรลอการิทึม $10 \log(1/4)$ ซึ่งคำนวณได้ -6 dB เสียงจึงลดลง 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นายธนกฤต ศิริวัฒนา

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 9

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยหลังออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

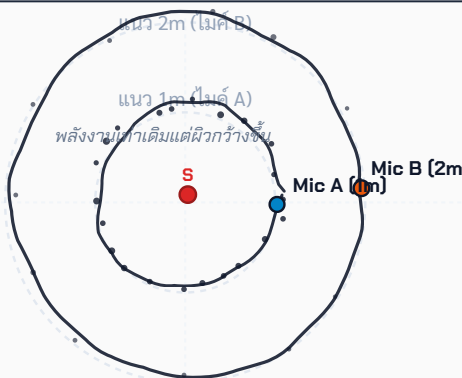
คาดว่าจะระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 3-6 dB

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ **ประมาณ 4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **1/4** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.566	7.96×10^{-5}	79.1
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.26	1.99×10^{-5}	73.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.16	3.2×10^{-6}	65.0 dB

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 0.25 เท่า**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_1/I_2):

$$I_1/I_2 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1/I_2 = r_2^2/r_1^2 = 2^2/1^2 = 4 \text{ เท่า (สอดคล้องกับค่าทดลอง 7.96/1.99 = 4)}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = 73 - 79 = -6 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB เสียงเบาลงชัดเจน

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรณกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรณ 2 ตำแหน่งคือ บุรณ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรณ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
เลือก บุรณ B (ระยะ 5.0 m) เหมาะสมที่สุดสำหรับจัดบุรณกิจกรรม

📊 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ
จากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ บุรณ A (2.0 m) มีระดับเสียงสูงถึง 73.0 dB ($I = 1.99 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) ซึ่งเกินเกณฑ์ปลอดภัย 70 dB และอยู่ในแถบสีเหลือง 'ควรจำกัดเวลา' ขณะที่บุรณ B (5.0 m) มีระดับเสียงเพียง 65.0 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในแถบสีเขียว 'ปลอดภัย' และเบากว่าบุรณ A ถึง 8.0 dB

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์
เสียงแผ่ออกทรงกลมเป็นหน้าคลื่นทรงกลม พื้นที่ผิว A แปรผันตาม r^2 เมื่อขยับไปที่ระยะ 5m พลังงานเสียงจึงกระจายบนพื้นที่ที่กว้างกว่าระยะ 2m มาก ความเข้มเสียงลดลงเหลือเพียง 16% ส่งผลให้ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ซึ่งปลอดภัยต่อหูตามหลักอาชีวอนามัย เจ้าหน้าที่ไม่ต้องใส่ที่อุดหูและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?
เหลือ $1/9$ เท่า (0.111 เท่า) ของตำแหน่ง 1 เมตร ตามกฎกำลังสองผกผัน

💬 เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบาลง 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?
ผิดค่ะ เพราะเดซิเบลคิดจากสูตรลอการิทึม $10 \log(1/4)$ ซึ่งคำนวณได้ -6 dB เสียงจึงลดลง 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวภัทรวดี รุ่งเรือง

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 10

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านพื้นที่หน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

- ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)
- ลดลงเหลือ 1/4 (25%)
- อื่นๆ: _____

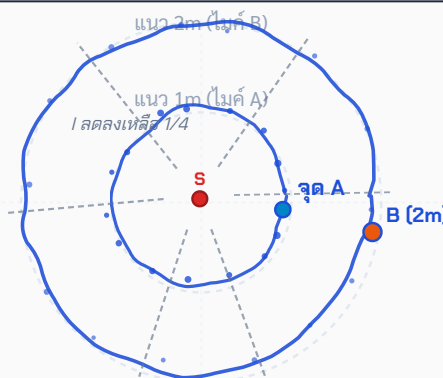
1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:
ลดลง 10 dB (น่าจะเบาลงครึ่งหนึ่ง)

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 **คำถามท้าทาย:** วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไม้ A) และ 2.0 m (ไม้ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{ m} \rightarrow 2\text{ m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิววงกว้างขึ้นประมาณ **4 เท่า** ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **1/4 เท่า** ของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไม้ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.6	7.96×10^{-5}	79.1
ไม้ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.27	2.0×10^{-5}	73.0 dB
ไม้ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314	3.2×10^{-6}	65.0

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 0.25 เท่า**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I/I_0):

$$I/I_0 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$\text{อัตราส่วน} = 7.96 / 1.99 = 4.00 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2m} - \beta_{1m}$$

$$\Delta\beta = 73 - 79 = -6 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB (เดิมคิดว่า 3 dB สรุปคือลดลง 6 dB)

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบูธกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบูธ 2 ตำแหน่งคือ บูธ A (ระยะ 2.0 m) และ บูธ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

ขอแนะนำให้เลือก บูธ B ที่ระยะ 5.0 เมตร เป็นตำแหน่งจัดบูธกิจกรรม



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

จากการทดลองอ่านค่ามิเตอร์ บูธ A ระยะ 2m ระดับเสียง 73 dB ($I = 1.99 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) เกิน 70 dB อาจเป็นอันตรายหากอยู่นาน ส่วนบูธ B ระยะ 5m ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เพราะคลื่นเสียงเดินทางตามกฎ inverse-square law ยิ่งระยะห่างมากขึ้น พลังงานเสียงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่จะลดลงเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง การตั้งบูธที่ระยะ 5 เมตร ทำให้ความเข้มเสียงลดลงจนระดับเสียงเหลือ 65 dB ซึ่งไม่เกินขีดจำกัดความปลอดภัย 70 dB เหมาะสมที่สุดต่อสุขภาพของเจ้าหน้าที่



คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

เหลือ $1/9$ เท่า (0.111 เท่า) ของตำแหน่ง 1 เมตร ตามกฎกำลังสองผกผัน



เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบาลง 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ผิดครับ เพราะระดับเสียงไม่ได้ลดลงตามระยะทางตรงๆ แต่เป็นไปตามสมการ $\Delta\beta = 10 \log(I_2/I_1) = 10 \log(1/4) \approx -6 \text{ dB}$ ดังนั้นเสียงจะเบาลงประมาณ 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวชลธิชา ทองงาม

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 11

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยหลังออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

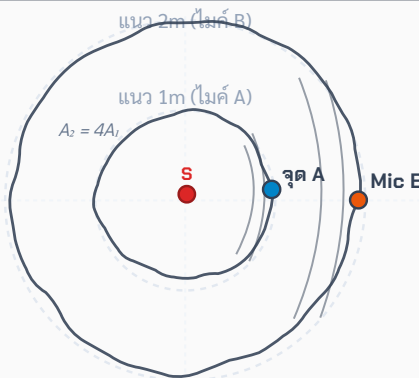
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลงประมาณ 6 dB

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 **คำถามท้าทาย:** วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมล์ A) และ 2.0 m (ไมล์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{ m} \rightarrow 2\text{ m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ **4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **25%** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมล์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	$4\pi \approx 12.57$	7.96×10^{-5}	79.0
ไมล์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.27	2.0×10^{-5}	73.0
ไมล์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.2	3.2×10^{-6}	65.0

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **เจือจางลงเหลือ 1/4**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_2/I_1):

$$I_2/I_1 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1/I_2 = 7.96 \times 10^{-5} / 1.99 \times 10^{-5} = 4 \text{ เท่า (ความเข้มลดลง 4 เท่า)}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = 73 - 79 = -6 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB (เดิมคิดว่า 3 dB สรุปคือลดลง 6 dB)

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ขอสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
แนะนำให้จัดบุรุษที่ตำแหน่ง บุรุษ B ซึ่งอยู่ห่างจากเวที 5.0 เมตร

📋 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ
จากการทดลองอ่านค่ามิเตอร์ บุรุษ A ระยะ 2m ระดับเสียง 73 dB ($I = 1.99 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$) เกิน 70 dB อาจเป็นอันตรายหากอยู่นาน
ส่วนบุรุษ B ระยะ 5m ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์
ตามกฎกำลังสองผกผัน ($I \propto 1/r^2$) คลื่นเสียงแผ่ออกจากลำโพงเป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ ($A = 4\pi r^2$) เมื่อถอยห่างจาก 2m ไปเป็น 5m (ห่างขึ้น 2.5 เท่า) พื้นที่ผิวจะขยายตัวขึ้นเป็น $2.5^2 = 6.25$ เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียงเจือจางลงเหลือเพียง $1/6.25$ (ประมาณ 16%) ระดับเสียงจึงลดลงจาก 73 dB เหลือ 65 dB ซึ่งต่ำกว่า 70 dB ตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย ทำให้เจ้าหน้าที่สามารถพูดคุยและปฏิบัติหน้าที่ตลอดวันได้โดยไม่สูญเสียการได้ยิน

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?
ลดลงเหลือ $1/9$ เท่า (ประมาณ 11.1%)

💬 เพื่อบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบาลง 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?
ผิดครับ เพราะระดับเสียงไม่ได้ลดลงตามระยะทางตรงๆ แต่เป็นไปตามสมการ $\Delta\beta = 10 \log(I_2/I_1) = 10 \log(1/4) \approx -6 \text{ dB}$ ดังนั้นเสียงจะเบาลงประมาณ 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นายวรมะ ไชยชนะ

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 12

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto 1/r^2$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

- ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)
- ลดลงเหลือ 1/4 (25%)
- อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

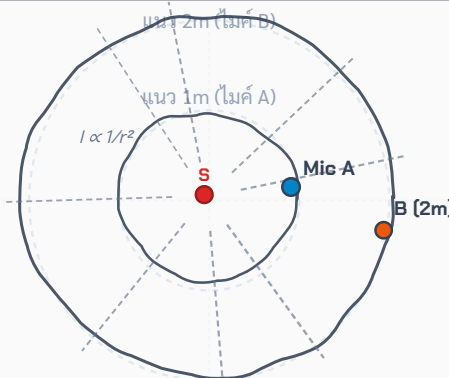
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

● ลดลง 5 dB (คิดว่าเบาปานกลาง)

🧠 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

🔗 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ 4 เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ 1 ใน 4 เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.6	8.0×10^{-5}	79.1
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.26	1.99×10^{-5}	73.0 dB
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.16	3.18×10^{-6}	65

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 1/4 (ประมาณ 25%)**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_1/I_2):

$$I_1/I_2 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1/I_2 = 7.96 \times 10^{-5} / 1.99 \times 10^{-5} = 4 \text{ เท่า (ความเข้มลดลง 4 เท่า)}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 73.0 - 79.0 = -6.0 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB จากที่เดิมทนายไว้ 3 dB พบว่าความจริงลดลงถึง 6 dB

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
เลือก บุรุษ B ที่ระยะ 5 เมตร เพราะปลอดภัยต่อระบบการได้ยิน

📋 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

หลักฐานจากการทดลอง: บุรุษ A วัดระดับเสียงได้ 73 dB ความเข้ม $1.99 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$ ซึ่งเกินเกณฑ์การทำงานต่อเนื่อง 70 dB ส่วนบุรุษ B วัดได้ 65 dB ความเข้ม $3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ เสียงเบา 8 dB และต่ำกว่าเกณฑ์ความปลอดภัย 70 dB

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เนื่องจากพลังงานเสียงกระจายตัวเป็นทรงกลมตามสมการ $I = P / (4\pi r^2)$ เมื่อระยะทางเพิ่มจาก 2m เป็น 5m พื้นที่รับเสียงจะเพิ่มขึ้นเป็น $(5/2)^2 = 6.25$ เท่า ทำให้ความเข้มเสียงลดลงอย่างมาก ส่งผลให้ระดับเสียงลดลง 8 dB (คำนวณจาก $\Delta\beta = 10 \log(1/6.25) \approx -7.96 \text{ dB}$) ทำให้ระดับเสียงที่บุรุษ B เหลือเพียง 65 dB ไม่เกินมาตรฐานความปลอดภัย 70 dB จึงป้องกันอาการหูตึงและสื่อสารได้ชัดเจน

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?
ลดลงเหลือ $1/9$ (11.1%) เพราะ I แปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($1/3^2$)

💬 เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?
ผิดค่ะ เพราะเดซิเบลคิดจากสูตรลอการิทึม $10 \log(1/4)$ ซึ่งคำนวณได้ -6 dB เสียงจึงลดลง 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวปริยาภรณ์ แก้วมณี

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 13

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านพื้นที่หน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยหลังออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

- ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)
- ลดลงเหลือ 1/4 (25%)
- อื่นๆ: _____

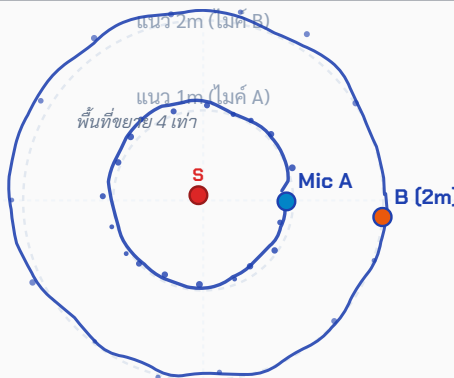
1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:
ลดลง 3-6 dB

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิววงกว้างขึ้นประมาณ **ประมาณ 4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **1/4** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.56	7.96×10^{-5}	79.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.26	2.0×10^{-5}	73.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314	3.18×10^{-6}	65.0

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = P/A$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **เจือจางลงเหลือ 1/4**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I/I_0):

$$I/I_0 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$7.96 \times 10^{-5} / 1.99 \times 10^{-5} = 4 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ 1/4 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 73.0 - 79.0 = -6.0 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB (เดิมทนายไว้ 4 dB จริงๆ คือ 6 dB เพราะเป็นสเกล Log)

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบูธกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบูธ 2 ตำแหน่งคือ บูธ A (ระยะ 2.0 m) และ บูธ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

แนะนำให้จัดบูธที่ตำแหน่ง บูธ B ซึ่งอยู่ห่างจากเวที 5.0 เมตร



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

ข้อมูลจากโปรแกรม phy3dsim: ที่บูธ A (2m) เสียงดัง 73.0 dB อยู่ในโซนเตือนควรจำกัดเวลา แต่ที่บูธ B (5m) เสียงลดลงเหลือ 65.0 dB อยู่ในระดับปลอดภัย (Safe Zone) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 70 dB



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เสียงแผ่ออกทรงกลมเป็นหน้าคลื่นทรงกลม พื้นที่ผิว A แปรผันตาม r^2 เมื่อขยับไปที่ระยะ 5m พลังงานเสียงจึงกระจายบนพื้นที่ที่กว้างกว่าระยะ 2m มาก ความเข้มเสียงลดลงเหลือเพียง 16% ส่งผลให้ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ซึ่งปลอดภัยต่อหูตามหลักอาชีวอนามัย เจ้าหน้าที่ไม่ต้องใส่ที่อุดหูและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ 1/9 เท่า (ประมาณ 11.1%)



เพื่อนบอกว่า "ลด 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ไม่ถูกต้อง เพราะความเข้มเสียงลดลง 4 เท่าจริง แต่ระดับเสียงคำนวณแบบล็อก: $10 \log(0.25) \approx -6 \text{ dB}$ ดังนั้นเสียงจะเบา 6 เดซิเบล

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวจิตาภา เลิศวิไล

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 14

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

- ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)
- ลดลงเหลือ 1/4 (25%)
- อื่นๆ: _____

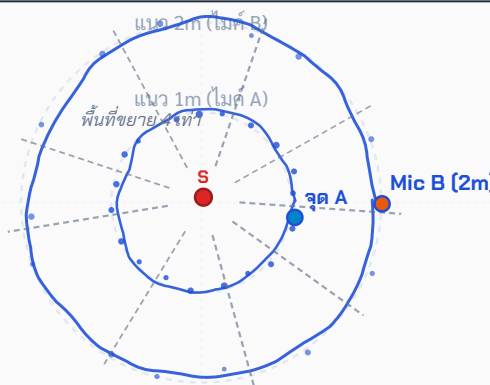
1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:
ลดลง 10 dB (น่าจะเบาลงครึ่งหนึ่ง)

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{ m} \rightarrow 2\text{ m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิววงกว้างขึ้นประมาณ **4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **0.25** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.56	7.96×10^{-5}	79.1
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.26	2.0×10^{-5}	72.9
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	$100\pi \approx 314.16$	3.18×10^{-6}	65.0

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 1/4 (ประมาณ 25%)**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I/I_0):

$$I/I_0 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$7.96 \times 10^{-5} / 1.99 \times 10^{-5} = 4 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ 1/4 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = 73 - 79 = -6 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB (เดิมคิดว่า 3 dB สรุปคือลดลง 6 dB)

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรณกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรณ 2 ตำแหน่งคือ บุรณ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรณ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

ทางทีมงานควรเลือกจัดตั้งที่ บุรณ B (ระยะ 5.0 เมตร)

📊 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

จากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ บุรณ A (2.0 m) มีระดับเสียงสูงถึง 73.0 dB ($I = 1.99 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$) ซึ่งเกินเกณฑ์ปลอดภัย 70 dB และอยู่ในแถบสีเหลือง 'ควรจำกัดเวลา' ขณะที่บุรณ B (5.0 m) มีระดับเสียงเพียง 65.0 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในแถบสีเขียว 'ปลอดภัย' และเบากว่าบุรณ A ถึง 8.0 dB

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เนื่องจากพลังงานเสียงกระจายตัวเป็นทรงกลมตามสมการ $I = P / (4\pi r^2)$ เมื่อระยะทางเพิ่มจาก 2m เป็น 5m พื้นที่รับเสียงจะเพิ่มขึ้นเป็น $(5/2)^2 = 6.25$ เท่า ทำให้ความเข้มเสียงลดลงอย่างมาก ส่งผลให้ระดับเสียงลดลง 8 dB (คำนวณจาก $\Delta\beta = 10 \log(1/6.25) \approx -7.96 \text{ dB}$) ทำให้ระดับเสียงที่บุรณ B เหลือเพียง 65 dB ไม่เกินมาตรฐานความปลอดภัย 70 dB จึงป้องกันอาการหูตึงและสื่อสารได้ชัดเจน

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

เหลือ 1/9 เท่า (0.111 เท่า) ของตำแหน่ง 1 เมตร ตามกฎกำลังสองผกผัน

💬 เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ไม่ถูกต้อง เพราะสเกลเดซิเบลเป็นแบบ logarithm การที่ระยะเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงจะลดลงเหลือ 1/4 ซึ่งทำให้ระดับเสียงลดลง 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นายศุภกิตติ อัครเมธี

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 15

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

- ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)
- ลดลงเหลือ 1/4 (25%)
- อื่นๆ: _____

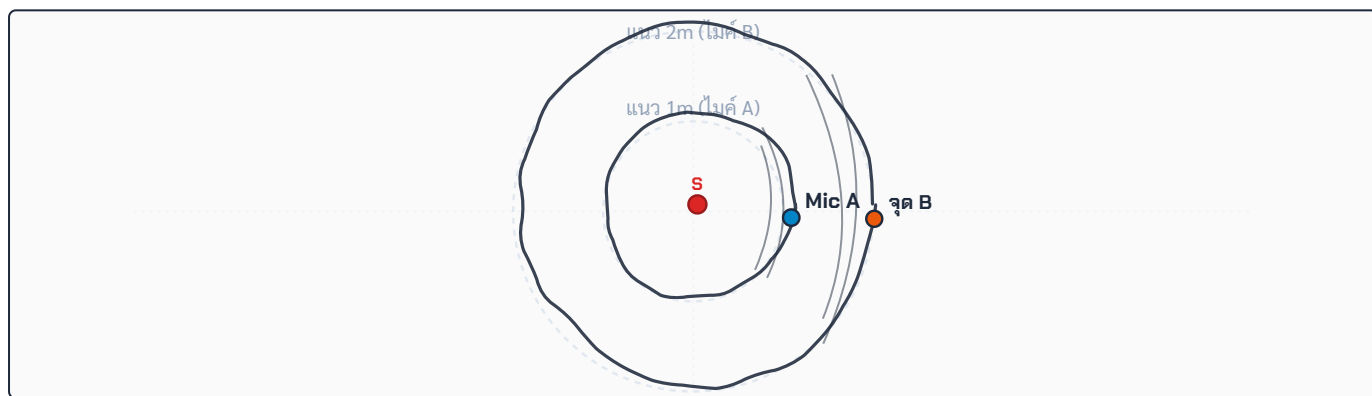
1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:
ลดลงประมาณ 6 dB

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{ m} \rightarrow 2\text{ m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ **4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **0.25** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	$4\pi \approx 12.57$	7.96×10^{-5}	79.1
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.27	1.98×10^{-5}	73.0 dB
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	$100\pi \approx 314.16$	3.18×10^{-6}	65

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 0.25 เท่า**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I/I_0):

$$I/I_0 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$\text{อัตราส่วน} = 7.96 / 1.99 = 4.00 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$73.0 \text{ dB} - 79.0 \text{ dB} = -6.0 \text{ dB} \text{ (เสียงลดลง 6 dB)}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB จากที่เดิมทนายไว้ 3 dB พบว่าความจริงลดลงถึง 6 dB

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ขอสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
ทางทีมงานควรเลือกจัดตั้งที่ บุรุษ B (ระยะ 5.0 เมตร)

📊 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

จากซิม 3D ที่บุรุษ A (2m) มีค่า $\beta = 73.0 \text{ dB}$ เกินเกณฑ์ 70 dB แต่บุรุษ B (5m) มีค่า $\beta = 65.0 \text{ dB}$ เสียงลดลงไป 8.0 dB และมีความเข้มเสียงลดลงจาก 1.99×10^{-6} เหลือ $3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ ซึ่งปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมง

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เสียงแผ่ออกทรงกลมเป็นหน้าคลื่นทรงกลม พื้นที่ผิว A แปรผันตาม r^2 เมื่อขยับไปที่ระยะ 5m พลังงานเสียงจึงกระจายบนพื้นที่ที่กว้างกว่าระยะ 2m มาก ความเข้มเสียงลดลงเหลือเพียง 16% ส่งผลให้ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ซึ่งปลอดภัยต่อหูตามหลักอาชีวอนามัย เจ้าหน้าที่ไม่ต้องใส่ที่อุดหูและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?
เหลือ $1/9$ เท่า (0.111 เท่า) ของตำแหน่ง 1 เมตร ตามกฎกำลังสองผกผัน

💬 เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?
ไม่ถูกต้อง เพราะเดซิเบลเป็นสเกลลอการิทึม เมื่อถอย 2 เท่า ความเข้มลดลง $1/4$ ทำให้ $\Delta\beta = 10 \log(1/4) \approx -6.02 \text{ dB}$ ไม่ใช่ลดลง 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวทิพวรรณ พิงพา

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 16

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยหลังออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

- ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)
- ลดลงเหลือ 1/4 (25%)
- อื่นๆ: _____

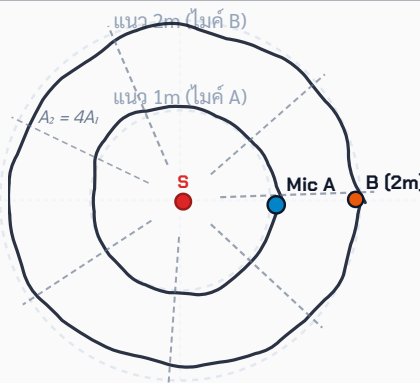
1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:
● ลดลง 4 dB (ตามระยะ 2 เท่า)

🧠 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

🔗 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ 4 เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ 1 ใน 4 เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.566	7.96×10^{-5}	79
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.27	1.98×10^{-5}	73.0 dB
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.159	3.2×10^{-6}	65

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **เหลือ 25%**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_1/I_2):

$$I_1/I_2 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1 / I_2 = (7.96 \times 10^{-5}) / (1.99 \times 10^{-5}) = 4.00 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$73.0 - 79.0 = -6 \text{ dB (ลดลง 6 เดซิเบล)}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB จากที่เดิมทนายไว้ 3 dB พบว่าความจริงลดลงถึง 6 dB

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษ (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

ข้อเสนอแนะคือควรเลือก บุรุษ B (ระยะ 5 เมตรจากเวทีแสดงดนตรี)



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

หลักฐานจากการทดลอง: บุรุษ A วัดระดับเสียงได้ 73 dB ความเข้ม $1.99 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$ ซึ่งเกินเกณฑ์ทำงานต่อเนื่อง 70 dB ส่วนบุรุษ B วัดได้ 65 dB ความเข้ม $3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ เสียงเบา 8 dB และต่ำกว่าเกณฑ์ความปลอดภัย



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เสียงแผ่ออกรอบทิศทางเป็นหน้าคลื่นทรงกลม พื้นที่ผิว A แปรผันตาม r^2 เมื่อขยับไปที่ระยะ 5m พลังงานเสียงจึงกระจายบนพื้นที่ที่กว้างกว่าระยะ 2m มาก ความเข้มเสียงลดลงเหลือเพียง 16% ส่งผลให้ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ซึ่งปลอดภัยต่อหูตามหลักอาชีวอนามัย เจ้าหน้าที่ไม่ต้องใส่ที่อุดหูและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ $1/9$ เท่า (หรือประมาณ 11%) เนื่องจากระยะเพิ่มเป็น 3 เท่า พื้นที่ผิวทรงกลมกว้างขึ้น $3^2 = 9$ เท่า ความเข้มเสียงจึงลดลงเหลือ $1/9$



เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ไม่ถูกต้อง เพราะสเกลเดซิเบลเป็นแบบ logarithm การที่ระยะเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงจะลดลงเหลือ $1/4$ ซึ่งทำให้ระดับเสียงลดลง 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาววิญญา ลินทรัพย์

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 17

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

- ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)
- ลดลงเหลือ 1/4 (25%)
- อื่นๆ: _____

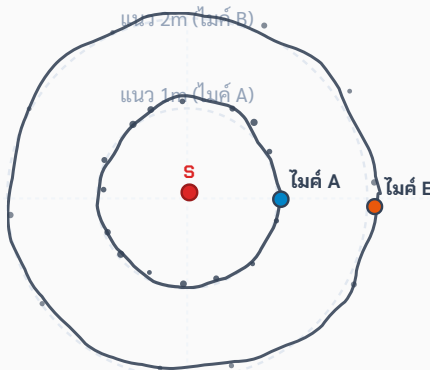
1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:
● ลดลง 10 dB (น่าจะเบาลงครึ่งหนึ่ง)

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

🔍 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไม้ A) และ 2.0 m (ไม้ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{ m} \rightarrow 2\text{ m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ **ประมาณ 4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **1/4** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไม้ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.57	8.0×10^{-5}	79.1
ไม้ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.3	2.0×10^{-5}	73
ไม้ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.16	3.2×10^{-6}	65.0

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = P/A$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 1/4 (ประมาณ 25%)**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_2/I_1):

$$I_2/I_1 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$7.96 \times 10^{-5} / 1.99 \times 10^{-5} = 4 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = 73 - 79 = -6 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB เสียงเบาลงชัดเจน

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบูธกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบูธ 2 ตำแหน่งคือ บูธ A (ระยะ 2.0 m) และ บูธ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

ขอแนะนำให้เลือก บูธ B ที่ระยะ 5.0 เมตร เป็นตำแหน่งจัดบูธกิจกรรม



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

จากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ บูธ A (2.0 m) มีระดับเสียงสูงถึง 73.0 dB ($I = 1.99 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$) ซึ่งเกินเกณฑ์ปลอดภัย 70 dB และอยู่ในแถบสีเหลือง 'ควรจำกัดเวลา' ขณะที่บูธ B (5.0 m) มีระดับเสียงเพียง 65.0 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในแถบสีเขียว 'ปลอดภัย' และเบากว่าบูธ A ถึง 8.0 dB



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เนื่องจากพลังงานเสียงกระจายตัวเป็นทรงกลมตามสมการ $I = P / (4\pi r^2)$ เมื่อระยะทางเพิ่มจาก 2m เป็น 5m พื้นที่รับเสียงจะเพิ่มขึ้นเป็น $(5/2)^2 = 6.25$ เท่า ทำให้ความเข้มเสียงลดลงอย่างมาก ส่งผลให้ระดับเสียงลดลง 8 dB (คำนวณจาก $\Delta\beta = 10 \log(I_2/I_1) \approx -7.96 \text{ dB}$) ทำให้ระดับเสียงที่บูธ B เหลือเพียง 65 dB ไม่เกินมาตรฐานความปลอดภัย 70 dB จึงป้องกันอาการหูตึงและสื่อสารได้ชัดเจน



คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ $1/9$ เท่า (ประมาณ 11.1%)



เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบาลง 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ผิดครับ เพราะระดับเสียงไม่ได้ลดลงตามระยะทางตรงๆ แต่เป็นไปตามสมการ $\Delta\beta = 10 \log(I_2/I_1) = 10 \log(1/4) \approx -6 \text{ dB}$ ดังนั้นเสียงจะเบาลงประมาณ 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวศิริภัสสร อินทร์แก้ว

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 18

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยหลังออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

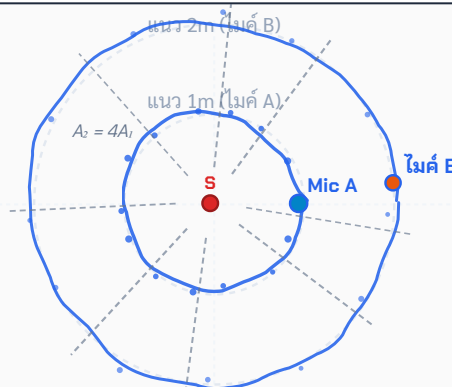
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลงประมาณ 6 dB

🧠 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า (1m $\rightarrow$ 2m) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ **4 เท่า** ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **1/4 เท่า** ของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.566	0.0000796	79.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.27	1.98×10^{-5}	73.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.16	3.2×10^{-6}	65

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 0.25 เท่า**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_1/I_2):

$$I_1/I_2 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1 / I_2 = (7.96 \times 10^{-5}) / (1.99 \times 10^{-5}) = 4.00 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ 1/4 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 73.0 - 79.0 = -6.0 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB ตามที่คาดไว้

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบูธกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบูธ 2 ตำแหน่งคือ บูธ A (ระยะ 2.0 m) และ บูธ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ขอสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
เลือก บูธ B (ระยะ 5.0 m) เหมาะสมที่สุดสำหรับตั้งบูธกิจกรรม

📋 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

หลักฐานจากการทดลอง: บูธ A วัดระดับเสียงได้ 73 dB ความเข้ม $1.99 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$ ซึ่งเกินเกณฑ์ทำงานต่อเนื่อง 70 dB ส่วนบูธ B วัดได้ 65 dB ความเข้ม $3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ เสียงเบา 8 dB และต่ำกว่าเกณฑ์ความปลอดภัย 70 dB จึงป้องกันอาการหูตึงและสื่อสารได้ชัดเจน

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เนื่องจากพลังงานเสียงกระจายตัวเป็นทรงกลมตามสมการ $I = P / (4\pi r^2)$ เมื่อระยะทางเพิ่มจาก 2m เป็น 5m พื้นที่รับเสียงจะเพิ่มขึ้นเป็น $(5/2)^2 = 6.25$ เท่า ทำให้ความเข้มเสียงลดลงอย่างมาก ส่งผลให้ระดับเสียงลดลง 8 dB (คำนวณจาก $\Delta\beta = 10 \log(1/6.25) \approx -7.96 \text{ dB}$) ทำให้ระดับเสียงที่บูธ B เหลือเพียง 65 dB ไม่เกินมาตรฐานความปลอดภัย 70 dB จึงป้องกันอาการหูตึงและสื่อสารได้ชัดเจน

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ 1/9 เท่า (หรือประมาณ 11%) เนื่องจากระยะเพิ่มเป็น 3 เท่า พื้นที่ผิวทรงกลมกว้างขึ้น $3^2 = 9$ เท่า ความเข้มเสียงจึงลดลงเหลือ 1/9

💬 เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ไม่ถูกต้อง เพราะความเข้มเสียงลดลง 4 เท่าจริง แต่ระดับเสียงคำนวณแบบล็อก: $10 \log(0.25) \approx -6 \text{ dB}$ ดังนั้นเสียงจะเบา 6 เดซิเบล

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวพิมพ์มาดา เจริญพร

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 19

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

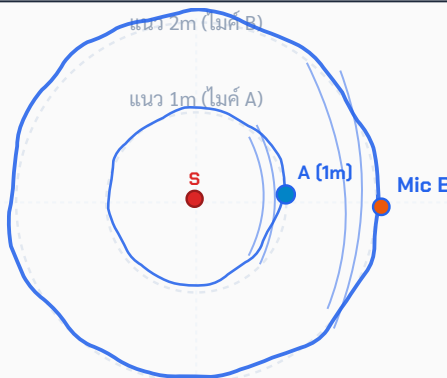
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 3-6 dB

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{ m} \rightarrow 2\text{ m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ 4 เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ 0.25 เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	$4\pi \approx 12.57$	7.95×10^{-5}	79
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.26	1.98×10^{-5}	72.9
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.16	3.17×10^{-6}	65

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **เจือจางลงเหลือ 1/4**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I/I_0):

$$I/I_0 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$(7.96 \times 10^{-5}) \div (1.99 \times 10^{-5}) \approx 4 \text{ เท่าพอดี}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = 73 - 79 = -6 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB เสียงเบาลงชัดเจน

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบูธกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบูธ 2 ตำแหน่งคือ บูธ A (ระยะ 2.0 m) และ บูธ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ขอสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
ทางทีมงานควรเลือกจัดตั้งที่ บูธ B (ระยะ 5.0 เมตร)

📋 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

หลักฐานจากการทดลอง: บูธ A วัดระดับเสียงได้ 73 dB ความเข้ม $1.99 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$ ซึ่งเกินเกณฑ์ทำงานต่อเนื่อง 70 dB ส่วนบูธ B วัดได้ 65 dB ความเข้ม $3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ เสียงเบา 8 dB และต่ำกว่าเกณฑ์ความปลอดภัย 70 dB

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เนื่องจากพลังงานเสียงกระจายตัวเป็นทรงกลมตามสมการ $I = P / (4\pi r^2)$ เมื่อระยะทางเพิ่มจาก 2m เป็น 5m พื้นที่รับเสียงจะเพิ่มขึ้นเป็น $(5/2)^2 = 6.25$ เท่า ทำให้ความเข้มเสียงลดลงอย่างมาก ส่งผลให้ระดับเสียงลดลง 8 dB (คำนวณจาก $\Delta\beta = 10 \log(1/6.25) \approx -7.96 \text{ dB}$) ทำให้ระดับเสียงที่บูธ B เหลือเพียง 65 dB ไม่เกินมาตรฐานความปลอดภัย 70 dB จึงป้องกันอาการหูตึงและสื่อสารได้ชัดเจน

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?
ลดลงเหลือ $1/9$ (11.1%) เพราะ I แปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($1/3^2$)

💬 เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?
ผิดค่ะ เพราะเดซิเบลคิดจากสูตรลอการิทึม $10 \log(1/4)$ ซึ่งคำนวณได้ -6 dB เสียงจึงลดลง 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นายสิทธิชัย จันทรัมย์

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 20

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านพื้นที่หน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยหลังออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

- ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)
- ลดลงเหลือ 1/4 (25%)
- อื่นๆ: _____

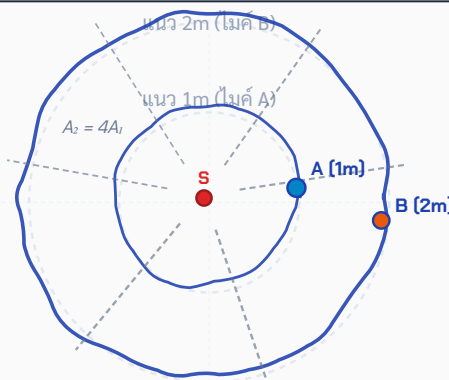
1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:
● ลดลง 4 dB (ตามระยะ 2 เท่า)

🧠 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

🔍 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมล์ A) และ 2.0 m (ไมล์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า (1m $\rightarrow$ 2m) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ **ประมาณ 4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **เหลือเศษ 1 ส่วน 4** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมล์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.57	0.0000796	79.0 dB
ไมล์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	$16\pi \approx 50.27$	1.98×10^{-5}	73.0
ไมล์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.2	3.18×10^{-6}	65.0

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = P/A$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น **4 เท่า** ทำให้ความเข้มเสียง **เหลือ 25%**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I/I_0):

$$I/I_0 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$(7.96 \times 10^{-5}) \div (1.99 \times 10^{-5}) \approx 4 \text{ เท่าพอดี}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ 1/4 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 73.0 - 79.0 = -6.0 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB (เดิมคิดว่า 3 dB สรุปคือลดลง 6 dB)

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ขอสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
ทางทีมงานควรเลือกจัดตั้งที่ บุรุษ B (ระยะ 5.0 เมตร)

📊 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

จากการทดลองอ่านค่ามิเตอร์ บุรุษ A ระยะ 2m ระดับเสียง 73 dB ($I = 1.99 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$) เกิน 70 dB อาจเป็นอันตรายหากอยู่นาน ส่วนบุรุษ B ระยะ 5m ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เสียงแผ่ออกรอบทิศทางเป็นหน้าคลื่นทรงกลม พื้นที่ผิว A แปรผันตาม r^2 เมื่อขยับไปที่ระยะ 5m พลังงานเสียงจึงกระจายบนพื้นที่ที่กว้างกว่าระยะ 2m มาก ความเข้มเสียงลดลงเหลือเพียง 16% ส่งผลให้ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ซึ่งปลอดภัยต่อหูตามหลักอาชีวอนามัย เจ้าหน้าที่ไม่ต้องใส่ที่อุดหูและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?
เหลือ 1/9 เท่า (0.111 เท่า) ของตำแหน่ง 1 เมตร ตามกฎกำลังสองผกผัน

💬 เพื่อนบอกว่า "ลด 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?
ไม่ถูกต้อง เพราะความเข้มเสียงลดลง 4 เท่าจริง แต่ระดับเสียงคำนวณแบบล็อก: $10 \log(0.25) \approx -6 \text{ dB}$ ดังนั้นเสียงจะเบา 6 เดซิเบล

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวณิชานันท์ สว่างวงศ์

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 21

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

- ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)
- ลดลงเหลือ 1/4 (25%)
- อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

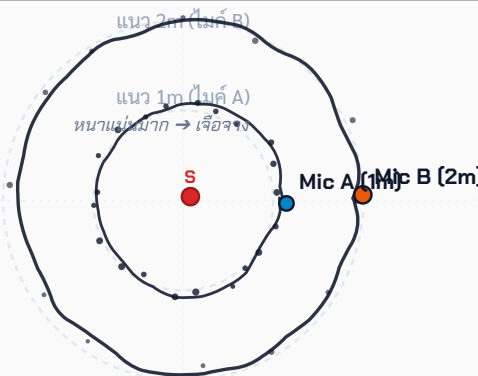
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

● ลดลง 3 dB (เดาว่าน่าจะเบาลงทีละ 3)

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ **4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **1 ใน 4** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.57	7.96×10^{-5}	79.0 dB
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	$16\pi \approx 50.27$	1.99×10^{-5}	73.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314	3.2×10^{-6}	65.0 dB

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 1/4 (ประมาณ 25%)**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_1/I_2):

$$I_1/I_2 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1/I_2 = 7.96 \times 10^{-5} / 1.99 \times 10^{-5} = 4 \text{ เท่า (ความเข้มลดลง 4 เท่า)}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$73.0 - 79.0 = -6 \text{ dB (ลดลง 6 เดซิเบล)}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB เสียงเบาลงชัดเจน

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษ (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ขอสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
เลือก บุรุษ B ที่ระยะ 5 เมตร เพราะปลอดภัยต่อระบบการได้ยิน

📋 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ
จากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ บุรุษ A (2.0 m) มีระดับเสียงสูงถึง 73.0 dB ($I = 1.99 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) ซึ่งเกินเกณฑ์ปลอดภัย 70 dB และอยู่ในแถบสีเหลือง 'ควรจำกัดเวลา' ขณะที่บุรุษ B (5.0 m) มีระดับเสียงเพียง 65.0 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในแถบสีเขียว 'ปลอดภัย' และเบากว่าบุรุษ A ถึง 8.0 dB

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์
เสียงแผ่ออกทรงกลมเป็นหน้าคลื่นทรงกลม พื้นที่ผิว A แปรผันตาม r^2 เมื่อขยับไปที่ระยะ 5m พลังงานเสียงจึงกระจายบนพื้นที่ที่กว้างกว่าระยะ 2m มาก ความเข้มเสียงลดลงเหลือเพียง 16% ส่งผลให้ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ซึ่งปลอดภัยต่อหูตามหลักอาชีวอนามัย เจ้าหน้าที่ไม่ต้องใส่ที่อุดหูและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?
ลดลงเหลือ $1/9$ เท่า (หรือประมาณ 11%) เพราะระยะเพิ่มเป็น 3 เท่า พื้นที่ผิวทรงกลมกว้างขึ้น $3^2 = 9$ เท่า ความเข้มเสียงจึงลดลงเหลือ $1/9$

💬 เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?
ผิดค่ะ เพราะเดซิเบลคิดจากสูตรลอการิทึม $10 \log(1/4)$ ซึ่งคำนวณได้ -6 dB เสียงจึงลดลง 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวขวัญข้าว บุญชู

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 22

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

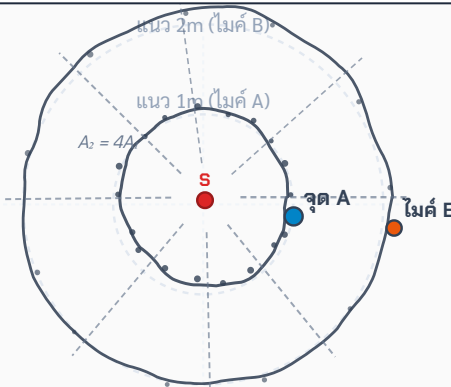
คาดว่าจะระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 5 dB (คิดว่าเบาปานกลาง)

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

🔍 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไม้ A) และ 2.0 m (ไม้ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ **4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **0.25** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไม้ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.56	7.96×10^{-5}	79
ไม้ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.3	0.0000199	73.0 dB
ไม้ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.159	3.18×10^{-6}	65.0

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น **4 เท่า** ทำให้ความเข้มเสียง **เหลือ 25%**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_1/I_2):

$$I_1/I_2 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1/I_2 = 7.96 \times 10^{-5} / 1.99 \times 10^{-5} = 4 \text{ เท่า (ความเข้มลดลง 4 เท่า)}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$73.0 \text{ dB} - 79.0 \text{ dB} = -6.0 \text{ dB (เสียงลดลง 6 dB)}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB เสียงเบาลงชัดเจน

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรณกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรณ 2 ตำแหน่งคือ บุรณ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรณ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

ควรเลือก บุรณ B (ระยะ 5 เมตร) เพื่อความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่และผู้ร่วมงาน



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

ข้อมูลจากโปรแกรม phy3dsim: ที่บุรณ A (2m) เสียงดัง 73.0 dB อยู่ในโซนเตือนควรจำกัดเวลา แต่ที่บุรณ B (5m) เสียงลดลงเหลือ 65.0 dB อยู่ในระดับปลอดภัย (Safe Zone) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 70 dB



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

ตามกฎกำลังสองผกผัน ($I \propto 1/r^2$) คลื่นเสียงแผ่ออกจากลำโพงเป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ ($A = 4\pi r^2$) เมื่อถอยห่างจาก 2m ไปเป็น 5m (ห่างขึ้น 2.5 เท่า) พื้นที่ผิวจะขยายตัวขึ้นเป็น $2.5^2 = 6.25$ เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียงเจือจางลงเหลือเพียง $1/6.25$ (ประมาณ 16%) ระดับเสียงจึงลดลงจาก 73 dB เหลือ 65 dB ซึ่งต่ำกว่า 70 dB ตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย ทำให้เจ้าหน้าที่สามารถพูดคุยและปฏิบัติหน้าที่ตลอดวันได้โดยไม่สูญเสียการได้ยิน

คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ $1/9$ เท่า (หรือประมาณ 11%) เพราะระยะเพิ่มเป็น 3 เท่า พื้นที่ผิวทรงกลมกว้างขึ้น $3^2 = 9$ เท่า ความเข้มเสียงจึงลดลงเหลือ $1/9$

เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ไม่ถูกต้อง เพราะเดซิเบลเป็นสเกลลอการิทึม เมื่อถอย 2 เท่า ความเข้มลดลง $1/4$ ทำให้ $\Delta\beta = 10 \log(1/4) \approx -6.02 \text{ dB}$ ไม่ใช่ลดลง 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวปัทมา แซ่ลิ้ม

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 23

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

- ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)
- ลดลงเหลือ 1/4 (25%)
- อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

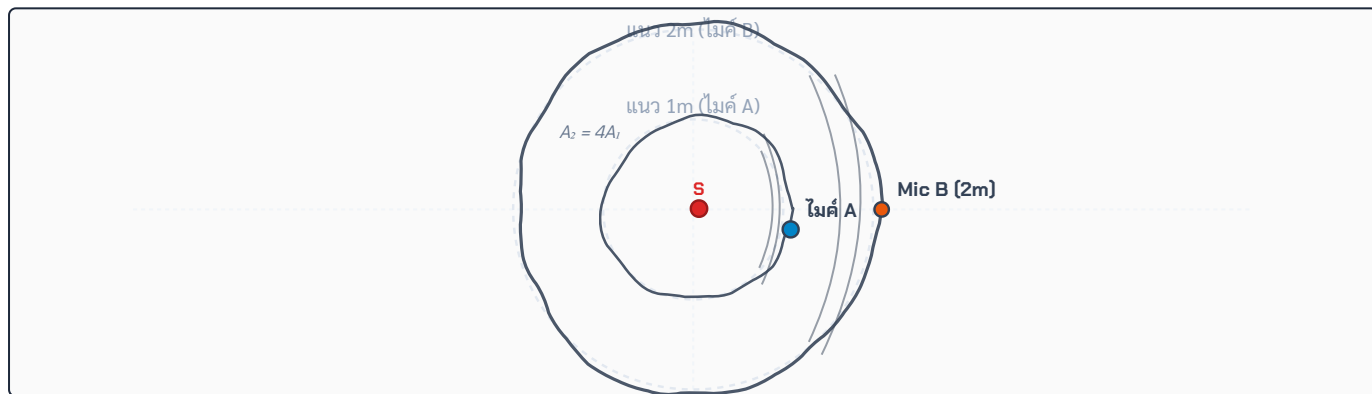
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

● ลดลง 3 dB (เดาว่าน่าจะเบาลงทีละ 3)

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{ m} \rightarrow 2\text{ m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ 4 เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ 1/4 เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.56	7.96×10^{-5}	79.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.27	1.99×10^{-5}	73.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.159	3.18×10^{-6}	65.0

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง ลดลงเหลือ 1/4 (ประมาณ 25%)

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_2/I_1):

$$I_2/I_1 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1 / I_2 = r_2^2 / r_1^2 = 2^2 / 1^2 = 4 \text{ เท่า (สอดคล้องกับค่าทดลอง 7.96/1.99 = 4)}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2m} - \beta_{1m}$$

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 73.0 - 79.0 = -6.0 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB จากที่เดิมหายไป 3 dB พบว่าความจริงลดลงถึง 6 dB

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ขอสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
ข้อเสนอแนะคือควรเลือก บุรุษ B (ระยะ 5 เมตรจากเวทีแสดงดนตรี)

📊 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ
จากซิม 3D ที่บุรุษ A (2m) มีค่า $\beta = 73.0$ dB เกินเกณฑ์ 70 dB แต่บุรุษ B (5m) มีค่า $\beta = 65.0$ dB เสียงลดลงไป 8.0 dB และมีความเข้มเสียงลดลงจาก 1.99×10^{-6} เหลือ 3.18×10^{-6} W/m² ซึ่งปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมง

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์
เสียงแผ่รอบทิศทางเป็นหน้าคลื่นทรงกลม พื้นที่ผิว A แปรผันตาม r^2 เมื่อขยับไปที่ระยะ 5m พลังงานเสียงจึงกระจายบนพื้นที่ที่กว้างกว่าระยะ 2m มาก ความเข้มเสียงลดลงเหลือเพียง 16% ส่งผลให้ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ซึ่งปลอดภัยต่อหูตามหลักอาชีวอนามัย เจ้าหน้าที่ไม่ต้องใส่ที่อุดหูและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?
ลดลงเหลือ $1/9$ (ประมาณ 11.1%) ของที่ระยะ 1 เมตร เพราะ $I \propto 1/r^2 = 1/3^2 = 1/9$

💬 เพื่อนบอกว่า "ลด 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?
ผิดครับ เพราะระดับเสียงไม่ได้ลดลงตามระยะทางตรงๆ แต่เป็นไปตามสมการ $\Delta\beta = 10 \log(I_2/I_1) = 10 \log(1/4) \approx -6$ dB ดังนั้นเสียงจะเบาประมาณ 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวณัฏฐา เจริญผล

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 24

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

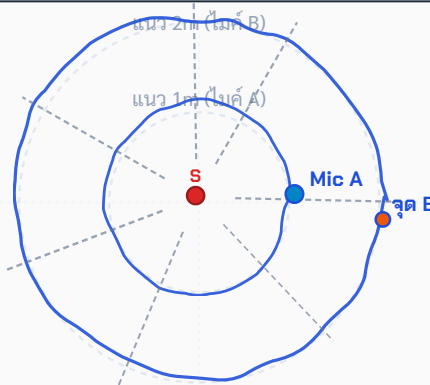
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 3 dB (เดาว่าน่าจะเบาลงทีละ 3)

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิววงกว้างขึ้นประมาณ **4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **1/4 (หรือ 25%)** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.57	7.96×10^{-5}	79.1
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.3	1.98×10^{-5}	73.0 dB
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.159	3.18×10^{-6}	65.0

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 0.25 เท่า**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_1/I_2):

$$I_1/I_2 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1 / I_2 = (7.96 \times 10^{-5}) / (1.99 \times 10^{-5}) = 4.00 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$73.0 - 79.0 = -6 \text{ dB (ลดลง 6 เดซิเบล)}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB (เดิมหายไป 4 dB จริงๆ คือ 6 dB เพราะเป็นสเกล Log)

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบูธกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบูธ 2 ตำแหน่งคือ บูธ A (ระยะ 2.0 m) และ บูธ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ขอสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

เสนอแนะให้ทางทีมงานเลือกตั้งบูธกิจกรรมที่ บูธ B (ระยะ 5.0 เมตรจากเวที)



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

จากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ บูธ A (2.0 m) มีระดับเสียงสูงถึง 73.0 dB ($I = 1.99 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$) ซึ่งเกินเกณฑ์ปลอดภัย 70 dB และอยู่ในแถบสีเหลือง 'ควรจำกัดเวลา' ขณะที่บูธ B (5.0 m) มีระดับเสียงเพียง 65.0 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในแถบสีเขียว 'ปลอดภัย' และเบากว่าบูธ A ถึง 8.0 dB



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เพราะคลื่นเสียงเดินทางตามกฎ inverse-square law ยิ่งระยะห่างมากขึ้น พลังงานเสียงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่จะลดลงเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง การตั้งบูธที่ระยะ 5 เมตร ทำให้ความเข้มเสียงลดลงจนระดับเสียงเหลือ 65 dB ซึ่งไม่เกินขีดจำกัดความปลอดภัย 70 dB เหมาะสมที่สุดต่อสุขภาพของเจ้าหน้าที่

? คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ $1/9$ เท่า (หรือประมาณ 11%) เพราะระยะเพิ่มเป็น 3 เท่า พื้นที่ผิวทรงกลมกว้างขึ้น $3^2 = 9$ เท่า ความเข้มเสียงจึงลดลงเหลือ $1/9$

เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ผิดค่ะ เพราะเดซิเบลคิดจากสูตรลอการิทึม $10 \log(1/4)$ ซึ่งคำนวณได้ -6 dB เสียงจึงลดลง 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวพัชรภา ยิ้มยง

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 25

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านพื้นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = P/A \propto 1/r^2$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

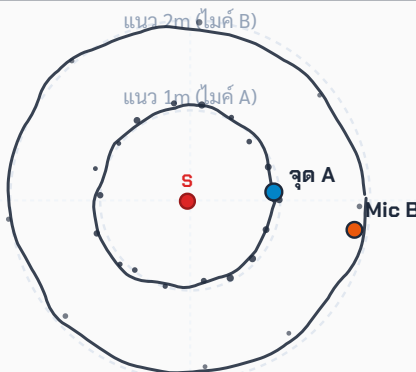
คาดว่าจะระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 4 dB (ตามระยะ 2 เท่า)

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

🔍 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิววงกว้างขึ้นประมาณ **ประมาณ 4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **เหลือเศษ 1 ส่วน 4** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	$4\pi \approx 12.57$	8.0×10^{-5}	79
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.27	1.99×10^{-5}	73.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	$100\pi \approx 314.16$	3.2×10^{-6}	65.0

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = P/A$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 1/4 ของเดิม**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I/I_0):

$$I/I_0 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$(7.96 \times 10^{-5}) \div (1.99 \times 10^{-5}) \approx 4 \text{ เท่าพอดี}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = 73.0 - 79.0 = -6.0 \text{ dB ตรงกับทฤษฎี } 10 \log(1/4)$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB (เดิมหายไป 4 dB จริงๆ คือ 6 dB เพราะเป็นสเกล Log)

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรณกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรณกิจกรรม 2 ตำแหน่งคือ บุรณ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรณ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

ควรเลือก บุรณ B (ระยะ 5 เมตร) เพื่อความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่และผู้ร่วมงาน



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

จากซิม 3D ที่บุรณ A (2m) มีค่า $\beta = 73.0$ dB เกินเกณฑ์ 70 dB แต่บุรณ B (5m) มีค่า $\beta = 65.0$ dB เสียงลดลงไป 8.0 dB และมีความเข้มเสียงลดลงจาก 1.99×10^{-5} เหลือ 3.18×10^{-6} W/m² ซึ่งปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมง



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

ตามกฎกำลังสองผกผัน ($I \propto 1/r^2$) คลื่นเสียงแผ่ออกจากลำโพงเป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ ($A = 4\pi r^2$) เมื่อถอยห่างจาก 2m ไปเป็น 5m (ห่างขึ้น 2.5 เท่า) พื้นที่ผิวจะขยายตัวขึ้นเป็น $2.5^2 = 6.25$ เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียงเจือจางลงเหลือเพียง $1/6.25$ (ประมาณ 16%) ระดับเสียงจึงลดลงจาก 73 dB เหลือ 65 dB ซึ่งต่ำกว่า 70 dB ตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย ทำให้เจ้าหน้าที่สามารถพูดคุยและปฏิบัติหน้าที่ตลอดวันได้โดยไม่สูญเสียการได้ยิน



คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ $1/9$ เท่า (หรือประมาณ 11%) เพราะระยะเพิ่มเป็น 3 เท่า พื้นที่ผิวทรงกลมกว้างขึ้น $3^2 = 9$ เท่า ความเข้มเสียงจึงลดลงเหลือ $1/9$



เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ไม่ถูกต้อง เพราะความเข้มเสียงลดลง 4 เท่าจริง แต่ระดับเสียงคำนวณแบบล็อก: $10 \log(0.25) \approx -6$ dB ดังนั้นเสียงจะเบา 6 เดซิเบล

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวเกศรา จินดารัตน์

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 26

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

- ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)
- ลดลงเหลือ 1/4 (25%)
- อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

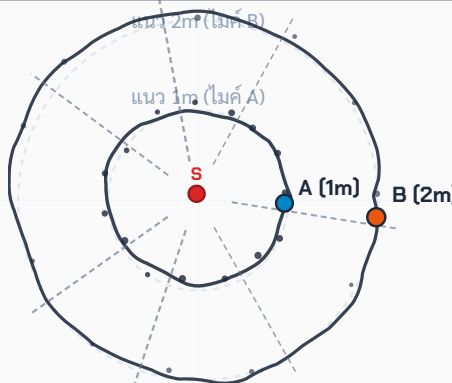
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

● ลดลง 5 dB (คิดว่าเบาลงปานกลาง)

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมล์ A) และ 2.0 m (ไมล์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{ m} \rightarrow 2\text{ m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ 2 เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ 1/2 เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมล์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.57	8.0×10^{-5}	79.0 dB
ไมล์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.26	1.99×10^{-5}	73.0
ไมล์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.2	3.2×10^{-6}	65.0 dB

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 1/4 ของเดิม**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_2/I_1):

$$I_2/I_1 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$7.96 \times 10^{-5} / 1.99 \times 10^{-5} = 4 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = 73.0 - 79.0 = -6.0 \text{ dB ตรงกับทฤษฎี } 10 \log(1/4)$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB (เดิมทนายไว้ 4 dB จริงๆ คือ 6 dB เพราะเป็นสเกล Log)

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบูธกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบูธ 2 ตำแหน่งคือ บูธ A (ระยะ 2.0 m) และ บูธ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

ข้อเสนอแนะคือควรเลือก บูธ B (ระยะ 5 เมตรจากเวทีแสดงดนตรี)



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

ข้อมูลจากโปรแกรม phy3dsim: ที่บูธ A (2m) เสียงดัง 73.0 dB อยู่ในโซนเตือนควรจำกัดเวลา แต่ที่บูธ B (5m) เสียงลดลงเหลือ 65.0 dB อยู่ในระดับปลอดภัย (Safe Zone) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 70 dB



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เสียงแผ่ออกรอบทิศทางเป็นหน้าคลื่นทรงกลม พื้นที่ผิว A แปรผันตาม r^2 เมื่อขยับไปที่ระยะ 5m พลังงานเสียงจึงกระจายบนพื้นที่ที่กว้างกว่าระยะ 2m มาก ความเข้มเสียงลดลงเหลือเพียง 16% ส่งผลให้ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ซึ่งปลอดภัยต่อหูตามหลักอาชีวอนามัย เจ้าหน้าที่ไม่ต้องใส่ที่อุดหูและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

? คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

เหลือ $1/9$ เท่า (0.111 เท่า) ของตำแหน่ง 1 เมตร ตามกฎกำลังสองผกผัน

💬 เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ไม่ถูกต้อง เพราะเดซิเบลเป็นสเกลลอการิทึม เมื่อถอย 2 เท่า ความเข้มลดลง $1/4$ ทำให้ $\Delta\beta = 10 \log(1/4) \approx -6.02 \text{ dB}$ ไม่ใช่ลดลง 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นายพชร คงเจริญ

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 27

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยหลังออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

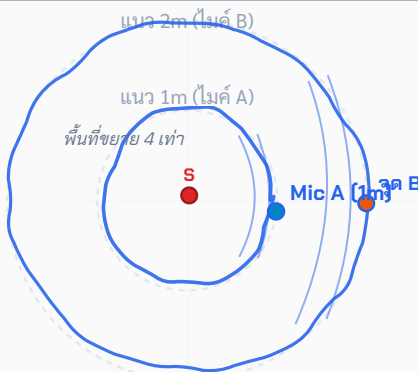
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 2 dB

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ 4 เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ 1/4 เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	$4\pi \approx 12.57$	8.0×10^{-5}	79.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.265	1.99×10^{-5}	73.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.2	0.00000318	65

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 0.25 เท่า**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I/I_0):

$$I/I_0 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$\text{อัตราส่วน} = 7.96 / 1.99 = 4.00 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 73.0 - 79.0 = -6.0 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB (เดิมคิดว่า 3 dB สรุปคือลดลง 6 dB)

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบูธกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบูธ 2 ตำแหน่งคือ บูธ A (ระยะ 2.0 m) และ บูธ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

เสนอแนะให้ทางทีมงานเลือกตั้งบูธกิจกรรมที่ บูธ B (ระยะ 5.0 เมตรจากเวที)



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

จากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ บูธ A (2.0 m) มีระดับเสียงสูงถึง 73.0 dB ($I = 1.99 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) ซึ่งเกินเกณฑ์ปลอดภัย 70 dB และอยู่ในแถบสีเหลือง 'ควรจำกัดเวลา' ขณะที่บูธ B (5.0 m) มีระดับเสียงเพียง 65.0 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในแถบสีเขียว 'ปลอดภัย' และเบากว่าบูธ A ถึง 8.0 dB



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เพราะคลื่นเสียงเดินทางตามกฎ inverse-square law ยิ่งระยะห่างมากขึ้น พลังงานเสียงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่จะลดลงเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง การตั้งบูธที่ระยะ 5 เมตร ทำให้ความเข้มเสียงลดลงจนระดับเสียงเหลือ 65 dB ซึ่งไม่เกินขีดจำกัดความปลอดภัย 70 dB เหมาะสมที่สุดต่อสุขภาพของเจ้าหน้าที่



คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ $1/9$ (ประมาณ 11.1%) ของที่ระยะ 1 เมตร เพราะ $I \propto 1/r^2 = 1/3^2 = 1/9$



เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ไม่ถูกต้อง เพราะเดซิเบลเป็นสเกลลอการิทึม เมื่อถอย 2 เท่า ความเข้มลดลง $1/4$ ทำให้ $\Delta\beta = 10 \log(1/4) \approx -6.02 \text{ dB}$ ไม่ใช่ลดลง 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวลลิตา ประเสริฐยิ่ง

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 28

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยหลังออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

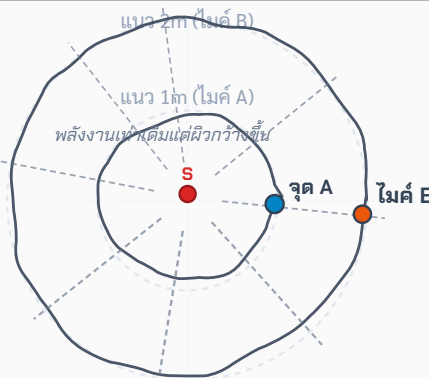
คาดว่าจะระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 3 dB (เดาว่าน่าจะเบาลงทีละ 3)

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไม้ A) และ 2.0 m (ไม้ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ 2 เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ 1/2 เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไม้ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.57	0.0000796	79.0
ไม้ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.26	1.99×10^{-5}	73.0
ไม้ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.2	3.2×10^{-6}	65.0

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **เจือจางลงเหลือ 1/4**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_1/I_2):

$$I_1/I_2 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1/I_2 = 7.96 \times 10^{-5} / 1.99 \times 10^{-5} = 4 \text{ เท่า (ความเข้มลดลง 4 เท่า)}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2m} - \beta_{1m}$$

$$73.0 \text{ dB} - 79.0 \text{ dB} = -6.0 \text{ dB (เสียงลดลง 6 dB)}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB ตรงตามที่คำนวณ

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษ (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ขอสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
แนะนำให้จัดบุรุษที่ตำแหน่ง บุรุษ B ซึ่งอยู่ห่างจากเวที 5.0 เมตร

📋 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

ข้อมูลจากโปรแกรม phy3dsim: ที่บุรุษ A (2m) เสียงดัง 73.0 dB อยู่ในโซนเตือนควรจำกัดเวลา แต่ที่บุรุษ B (5m) เสียงลดลงเหลือ 65.0 dB อยู่ในระดับปลอดภัย (Safe Zone) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 70 dB

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

ตามกฎกำลังสองผกผัน ($I \propto 1/r^2$) คลื่นเสียงแผ่ออกจากลำโพงเป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ ($A = 4\pi r^2$) เมื่อถอยห่างจาก 2m ไปเป็น 5m (ห่างขึ้น 2.5 เท่า) พื้นที่ผิวจะขยายตัวขึ้นเป็น $2.5^2 = 6.25$ เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียงเจือจางลงเหลือเพียง $1/6.25$ (ประมาณ 16%) ระดับเสียงจึงลดลงจาก 73 dB เหลือ 65 dB ซึ่งต่ำกว่า 70 dB ตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย ทำให้เจ้าหน้าที่สามารถพูดคุยและปฏิบัติหน้าที่ตลอดวันได้โดยไม่สูญเสียการได้ยิน

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ $1/9$ (11.1%) เพราะ I แปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($1/3^2$)

💬 เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบาลง 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ผิดครับ เพราะระดับเสียงไม่ได้ลดลงตามระยะทางตรงๆ แต่เป็นไปตามสมการ $\Delta\beta = 10 \log(I_2/I_1) = 10 \log(1/4) \approx -6 \text{ dB}$ ดังนั้นเสียงจะเบาลงประมาณ 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวนันทน์ พงษ์พานิช

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 29

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยหลังออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

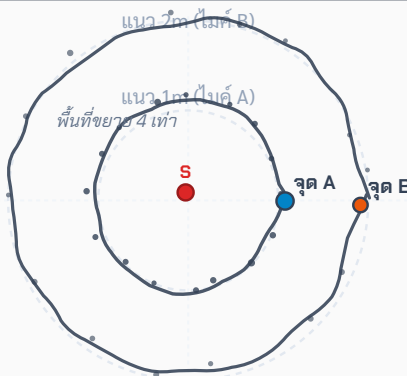
คาดว่าจะระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 5 dB (คิดว่าเบาลงปานกลาง)

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมล์ A) และ 2.0 m (ไมล์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ 4 เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ 25% เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมล์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.57	7.96×10^{-5}	79.0
ไมล์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.265	1.99×10^{-5}	73.0
ไมล์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.16	0.00000318	65.0

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 1/4 ของเดิม**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I/I_0):

$$I/I_0 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$\text{อัตราส่วน} = 7.96 / 1.99 = 4.00 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = 73 - 79 = -6 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB ตามที่คาดไว้

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบูธกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบูธ 2 ตำแหน่งคือ บูธ A (ระยะ 2.0 m) และ บูธ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ขอสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
เลือก บูธ B (ระยะ 5.0 m) เหมาะสมที่สุดสำหรับตั้งบูธกิจกรรม

📋 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ
จากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ บูธ A (2.0 m) มีระดับเสียงสูงถึง 73.0 dB ($I = 1.99 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) ซึ่งเกินเกณฑ์ปลอดภัย 70 dB และอยู่ในแถบสีเหลือง 'ควรจำกัดเวลา' ขณะที่บูธ B (5.0 m) มีระดับเสียงเพียง 65.0 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในแถบสีเขียว 'ปลอดภัย' และเบากว่าบูธ A ถึง 8.0 dB

🧠 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์
เนื่องจากพลังงานเสียงกระจายตัวเป็นทรงกลมตามสมการ $I = P / (4\pi r^2)$ เมื่อระยะทางเพิ่มจาก 2m เป็น 5m พื้นที่รับเสียงจะเพิ่มขึ้นเป็น $(5/2)^2 = 6.25$ เท่า ทำให้ความเข้มเสียงลดลงอย่างมาก ส่งผลให้ระดับเสียงลดลง 8 dB (คำนวณจาก $\Delta\beta = 10 \log(1/6.25) \approx -7.96 \text{ dB}$) ทำให้ระดับเสียงที่บูธ B เหลือเพียง 65 dB ไม่เกินมาตรฐานความปลอดภัย 70 dB จึงป้องกันอาการหูตึงและสื่อสารได้ชัดเจน

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?
เหลือ $1/9$ เท่า (0.111 เท่า) ของตำแหน่ง 1 เมตร ตามกฎกำลังสองผกผัน

💬 เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?
ไม่ถูกต้อง เพราะเดซิเบลเป็นสเกลลอการิทึม เมื่อถอย 2 เท่า ความเข้มลดลง $1/4$ ทำให้ $\Delta\beta = 10 \log(1/4) \approx -6.02 \text{ dB}$ ไม่ใช่ลดลง 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวพิชญ์สินี ดวงแก้ว

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 30

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยหลังออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

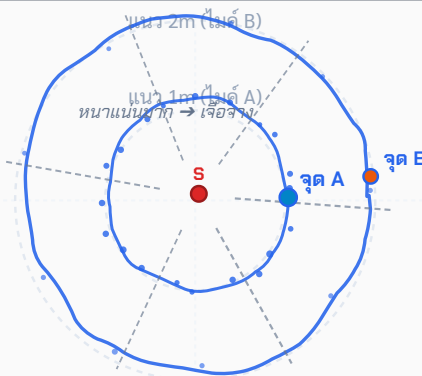
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 4-5 dB

🧠 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

🔗 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมล์ A) และ 2.0 m (ไมล์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ **4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **0.25** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมล์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.6	7.95×10^{-5}	79.0
ไมล์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.3	1.99×10^{-5}	72.9
ไมล์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.16	3.18×10^{-6}	65.0 dB

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 0.25 เท่า**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_1/I_2):

$$I_1/I_2 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1/I_2 = r_2^2/r_1^2 = 2^2/1^2 = 4 \text{ เท่า (สอดคล้องกับค่าทดลอง 7.96/1.99 = 4)}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = 73.0 - 79.0 = -6.0 \text{ dB ตรงกับทฤษฎี } 10 \log(1/4)$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB จากที่เดิมหายไป 3 dB พบว่าความจริงลดลงถึง 6 dB

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหาค่าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษ (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จะใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

เสนอแนะให้ทางทีมงานเลือกตั้งบุรุษกิจกรรมที่ บุรุษ B (ระยะ 5.0 เมตรจากเวที)



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

ข้อมูลจากโปรแกรม phy3dsim: ที่บุรุษ A (2m) เสียงดัง 73.0 dB อยู่ในโซนเตือนควรจำกัดเวลา แต่ที่บุรุษ B (5m) เสียงลดลงเหลือ 65.0 dB อยู่ในระดับปลอดภัย (Safe Zone) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 70 dB



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เพราะคลื่นเสียงเดินทางตามกฎ inverse-square law ยิ่งระยะห่างมากขึ้น พลังงานเสียงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่จะลดลงเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง การตั้งบุรุษที่ระยะ 5 เมตร ทำให้ความเข้มเสียงลดลงจนระดับเสียงเหลือ 65 dB ซึ่งไม่เกินขีดจำกัดความปลอดภัย 70 dB เหมาะสมที่สุดต่อสุขภาพของเจ้าหน้าที่

คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ $1/9$ (11.1%) เพราะ I แปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($1/3^2$)

เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบาลง 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ผิดค่ะ เพราะเดซิเบลคิดจากสูตรลอการิทึม $10 \log(1/4)$ ซึ่งคำนวณได้ -6 dB เสียงจึงลดลง 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นายกิตติศักดิ์ บุญประเสริฐ

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 31

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto 1/r^2$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

- ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)
- ลดลงเหลือ 1/4 (25%)
- อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

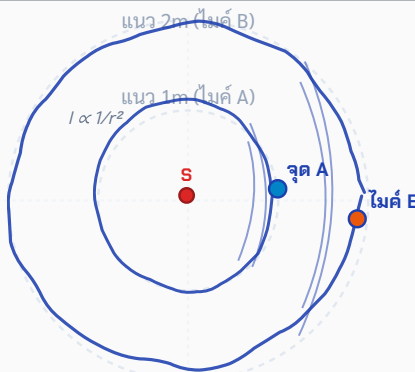
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 6.02 dB (คำนวณจาก $\log 4$)

🧠 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

🔍 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไม้ A) และ 2.0 m (ไม้ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า (1m $\rightarrow$ 2m) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ **ประมาณ 4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **เหลือเศษ 1 ส่วน 4** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไม้ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	$4\pi \approx 12.57$	7.96×10^{-5}	79
ไม้ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.27	1.99×10^{-5}	72.9
ไม้ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.159	3.2×10^{-6}	65.0 dB

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 1/4 (ประมาณ 25%)**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_1/I_2):

$$I_1/I_2 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1 / I_2 = (7.96 \times 10^{-5}) / (1.99 \times 10^{-5}) = 4.00 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = 73.0 - 79.0 = -6.0 \text{ dB ตรงกับทฤษฎี } 10 \log(1/4)$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB เสียงเบาลงชัดเจน

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษ (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ขอสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

ควรเลือก บุรุษ B (ระยะ 5 เมตร) เพื่อความปลอดภัยของเจ้าหน้าที่และผู้ร่วมงาน



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

จากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ บุรุษ A (2.0 m) มีระดับเสียงสูงถึง 73.0 dB ($I = 1.99 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$) ซึ่งเกินเกณฑ์ปลอดภัย 70 dB และอยู่ในแถบสีเหลือง 'ควรจำกัดเวลา' ขณะที่บุรุษ B (5.0 m) มีระดับเสียงเพียง 65.0 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในแถบสีเขียว 'ปลอดภัย' และเบากว่าบุรุษ A ถึง 8.0 dB



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

ตามกฎกำลังสองผกผัน ($I \propto 1/r^2$) คลื่นเสียงแผ่ออกจากลำโพงเป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ ($A = 4\pi r^2$) เมื่อถอยห่างจาก 2m ไปเป็น 5m (ห่างขึ้น 2.5 เท่า) พื้นที่ผิวจะขยายตัวขึ้นเป็น $2.5^2 = 6.25$ เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียงเจือจางลงเหลือเพียง $1/6.25$ (ประมาณ 16%) ระดับเสียงจึงลดลงจาก 73 dB เหลือ 65 dB ซึ่งต่ำกว่า 70 dB ตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย ทำให้เจ้าหน้าที่สามารถพูดคุยและปฏิบัติหน้าที่ตลอดวันได้โดยไม่สูญเสียการได้ยิน

คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ $1/9$ (ประมาณ 11.1%) ของที่ระยะ 1 เมตร เพราะ $I \propto 1/r^2 = 1/3^2 = 1/9$

เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ผิดครับ เพราะระดับเสียงไม่ได้ลดลงตามระยะทางตรงๆ แต่เป็นไปตามสมการ $\Delta\beta = 10 \log(I_2/I_1) = 10 \log(1/4) \approx -6 \text{ dB}$ ดังนั้นเสียงจะเบาประมาณ 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นายชยพล ศรีวิโรจน์

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 32

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านพื้นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยหลังออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

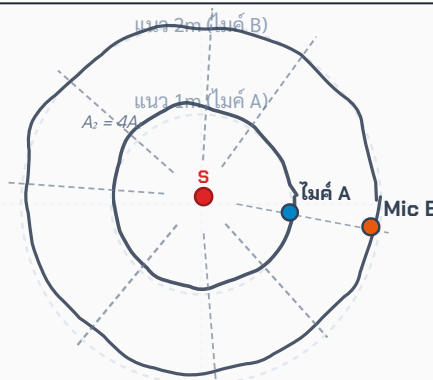
คาดว่าจะระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 6 dB (จำได้ว่าเดซิเบลเป็นล็อก)

🧠 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

🔗 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ **4 เท่า** ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **1/4 เท่า** ของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.566	8.0×10^{-5}	79.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.27	1.98×10^{-5}	72.9
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314	3.17×10^{-6}	65.0

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **เจือจางลงเหลือ 1/4**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_2/I_1):

$$I_2/I_1 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$(7.96 \times 10^{-5}) \div (1.99 \times 10^{-5}) \approx 4 \text{ เท่าพอดี}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2m} - \beta_{1m}$$

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 73.0 - 79.0 = -6.0 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB ตามที่คาดไว้

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบูธกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบูธ 2 ตำแหน่งคือ บูธ A (ระยะ 2.0 m) และ บูธ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ขอสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
เลือก บูธ B ที่ระยะ 5 เมตร เพราะปลอดภัยต่อระบบการได้ยิน

📋 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

หลักฐานจากการทดลอง: บูธ A วัดระดับเสียงได้ 73 dB ความเข้ม $1.99 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$ ซึ่งเกินเกณฑ์ทำงานต่อเนื่อง 70 dB ส่วนบูธ B วัดได้ 65 dB ความเข้ม $3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ เสียงเบา 8 dB และต่ำกว่าเกณฑ์ความปลอดภัย

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เนื่องจากพลังงานเสียงกระจายตัวเป็นทรงกลมตามสมการ $I = P / (4\pi r^2)$ เมื่อระยะทางเพิ่มจาก 2m เป็น 5m พื้นที่รับเสียงจะเพิ่มขึ้นเป็น $(5/2)^2 = 6.25$ เท่า ทำให้ความเข้มเสียงลดลงอย่างมาก ส่งผลให้ระดับเสียงลดลง 8 dB (คำนวณจาก $\Delta\beta = 10 \log(1/6.25) \approx -7.96 \text{ dB}$) ทำให้ระดับเสียงที่บูธ B เหลือเพียง 65 dB ไม่เกินมาตรฐานความปลอดภัย 70 dB จึงป้องกันอาการหูตึงและสื่อสารได้ชัดเจน

❓ คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?
ลดลงเหลือ $1/9$ (11.1%) เพราะ I แปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($1/3^2$)

💬 เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?
ไม่ถูกต้อง เพราะความเข้มเสียงลดลง 4 เท่าจริง แต่ระดับเสียงคำนวณแบบล็อก: $10 \log(0.25) \approx -6 \text{ dB}$ ดังนั้นเสียงจะเบา 6 เดซิเบล

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning ฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นางสาวเบญญาภา จันทร์โฮส

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 33

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านพื้นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

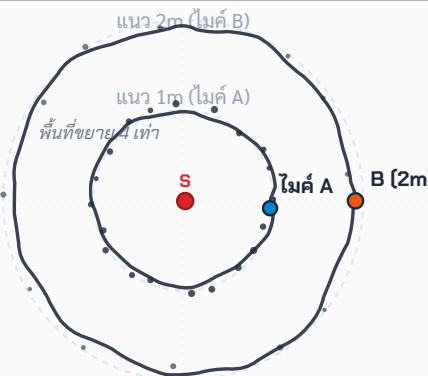
คาดว่าจะระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 6.02 dB (คำนวณจาก $\log 4$)

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมล์ A) และ 2.0 m (ไมล์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิววงกว้างขึ้นประมาณ 4 เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ 25% เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมล์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.57	0.0000796	79.0
ไมล์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.26	2.0×10^{-5}	73.0
ไมล์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	$100\pi \approx 314.16$	3.18×10^{-6}	65

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 0.25 เท่า**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I/I_0):

$$I/I_0 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$\text{อัตราส่วน} = 7.96 / 1.99 = 4.00 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$73.0 - 79.0 = -6 \text{ dB (ลดลง 6 เดซิเบล)}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB ตามที่คาดไว้

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบูธกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบูธ 2 ตำแหน่งคือ บูธ A (ระยะ 2.0 m) และ บูธ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

เลือก บูธ B (ระยะ 5.0 m) เหมาะสมที่สุดสำหรับตั้งบูธกิจกรรม



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

จากซิม 3D ที่บูธ A (2m) มีค่า $\beta = 73.0$ dB เกินเกณฑ์ 70 dB แต่บูธ B (5m) มีค่า $\beta = 65.0$ dB เสียงลดลงไป 8.0 dB และมีความเข้มเสียงลดลงจาก 1.99×10^{-6} เหลือ 3.18×10^{-6} W/m² ซึ่งปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมง



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เพราะคลื่นเสียงเดินทางตามกฎ inverse-square law ยิ่งระยะห่างมากขึ้น พลังงานเสียงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่จะลดลงเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง การตั้งบูธที่ระยะ 5 เมตร ทำให้ความเข้มเสียงลดลงจนระดับเสียงเหลือ 65 dB ซึ่งไม่เกินขีดจำกัดความปลอดภัย 70 dB เหมาะสมที่สุดต่อสุขภาพของเจ้าหน้าที่



คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ $1/9$ เท่า (ประมาณ 11.1%)



เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบาลง 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ไม่ถูกต้อง เพราะเดซิเบลเป็นสเกลลอการิทึม เมื่อถอย 2 เท่า ความเข้มลดลง $1/4$ ทำให้ $\Delta\beta = 10 \log(1/4) \approx -6.02$ dB ไม่ใช่ลดลง 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นายธีรภัทร ทองสุข

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 34

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = P/A \propto 1/r^2$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

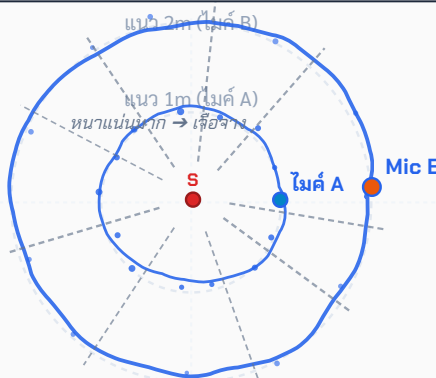
คาดว่าจะระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 4-5 dB

🧠 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ **4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **1/4 (หรือ 25%)** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.57	7.96×10^{-5}	79.1
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	$16\pi \approx 50.27$	2.0×10^{-5}	73.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.16	3.2×10^{-6}	65.0 dB

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = P/A$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 1/4 ของเดิม**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I/I_0):

$$I/I_0 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$7.96 \times 10^{-5} / 1.99 \times 10^{-5} = 4 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$73.0 \text{ dB} - 79.0 \text{ dB} = -6.0 \text{ dB} \text{ (เสียงลดลง 6 dB)}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB จากที่เดิมหายไป 3 dB พบว่าความจริงลดลงถึง 6 dB

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษ (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

ข้อเสนอแนะคือควรเลือก บุรุษ B (ระยะ 5 เมตรจากเวทีแสดงดนตรี)



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

จากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ บุรุษ A (2.0 m) มีระดับเสียงสูงถึง 73.0 dB ($I = 1.99 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$) ซึ่งเกินเกณฑ์ปลอดภัย 70 dB และอยู่ในแถบสีเหลือง 'ควรจำกัดเวลา' ขณะที่บุรุษ B (5.0 m) มีระดับเสียงเพียง 65.0 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในแถบสีเขียว 'ปลอดภัย' และเบากว่าบุรุษ A ถึง 8.0 dB



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เนื่องจากพลังงานเสียงกระจายตัวเป็นทรงกลมตามสมการ $I = P / (4\pi r^2)$ เมื่อระยะทางเพิ่มจาก 2m เป็น 5m พื้นที่รับเสียงจะเพิ่มขึ้นเป็น $(5/2)^2 = 6.25$ เท่า ทำให้ความเข้มเสียงลดลงอย่างมาก ส่งผลให้ระดับเสียงลดลง 8 dB (คำนวณจาก $\Delta\beta = 10 \log(1/6.25) \approx -7.96 \text{ dB}$) ทำให้ระดับเสียงที่บุรุษ B เหลือเพียง 65 dB ไม่เกินมาตรฐานความปลอดภัย 70 dB จึงป้องกันอาการหูตึงและสื่อสารได้ชัดเจน



คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

เหลือ $1/9$ เท่า (0.111 เท่า) ของตำแหน่ง 1 เมตร ตามกฎกำลังสองผกผัน



เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ผิดค่ะ เพราะเดซิเบลคิดจากสูตรลอการิทึม $10 \log(1/4)$ ซึ่งคำนวณได้ -6 dB เสียงจึงลดลง 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นายณรวิชญ์ พงษ์ภักดี

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 35

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านพื้นที่หน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

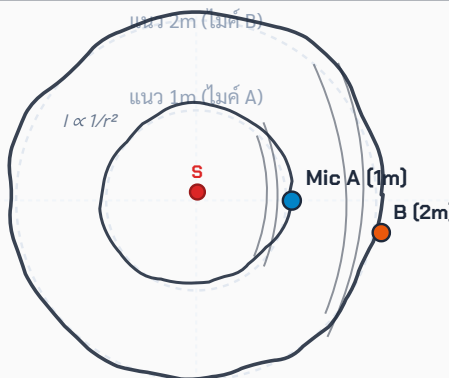
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลงประมาณ 6 dB

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด: เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ 2 เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ 1/2 เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.566	7.95×10^{-5}	79.0 dB
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	$16\pi \approx 50.27$	1.99×10^{-5}	73
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	$100\pi \approx 314.16$	3.2×10^{-6}	65.0

🔍 ข้อสังเกต: ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **เจือจางลงเหลือ 1/4**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_1/I_2):

$$I_1/I_2 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1/I_2 = 7.96 \times 10^{-5} / 1.99 \times 10^{-5} = 4 \text{ เท่า (ความเข้มลดลง 4 เท่า)}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2m} - \beta_{1m}$$

$$\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1 = 73.0 - 79.0 = -6.0 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB จากที่เคยได้ยิน 79 dB พบว่าความจริงลดลงถึง 6 dB

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

เสนอแนะให้ทางทีมงานเลือกตั้งบุรุษกรรมที่ บุรุษ B (ระยะ 5.0 เมตรจากเวที)



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

จากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ บุรุษ A (2.0 m) มีระดับเสียงสูงถึง 73.0 dB ($I = 1.99 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) ซึ่งเกินเกณฑ์ปลอดภัย 70 dB และอยู่ในแถบสีเหลือง 'ควรจำกัดเวลา' ขณะที่บุรุษ B (5.0 m) มีระดับเสียงเพียง 65.0 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในแถบสีเขียว 'ปลอดภัย' และเบากว่าบุรุษ A ถึง 8.0 dB



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

ตามกฎกำลังสองผกผัน ($I \propto 1/r^2$) คลื่นเสียงแผ่ออกจากลำโพงเป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ ($A = 4\pi r^2$) เมื่อถอยห่างจาก 2m ไปเป็น 5m (ห่างขึ้น 2.5 เท่า) พื้นที่ผิวจะขยายตัวขึ้นเป็น $2.5^2 = 6.25$ เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียงเจือจางลงเหลือเพียง $1/6.25$ (ประมาณ 16%) ระดับเสียงจึงลดลงจาก 73 dB เหลือ 65 dB ซึ่งต่ำกว่า 70 dB ตามเกณฑ์มาตรฐานความปลอดภัย ทำให้เจ้าหน้าที่สามารถพูดคุยและปฏิบัติหน้าที่ตลอดวันได้โดยไม่สูญเสียการได้ยิน

คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ $1/9$ เท่า (หรือประมาณ 11%) เนื่องจากระยะเพิ่มเป็น 3 เท่า พื้นที่ผิวทรงกลมกว้างขึ้น $3^2 = 9$ เท่า ความเข้มเสียงจึงลดลงเหลือ $1/9$

เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ไม่ถูกต้อง เพราะความเข้มเสียงลดลง 4 เท่าจริง แต่ระดับเสียงคำนวณแบบล็อก: $10 \log(0.25) \approx -6 \text{ dB}$ ดังนั้นเสียงจะเบา 6 เดซิเบล

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นายพงศกร วงศ์สุวรรณ

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 36

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านพื้นที่หน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

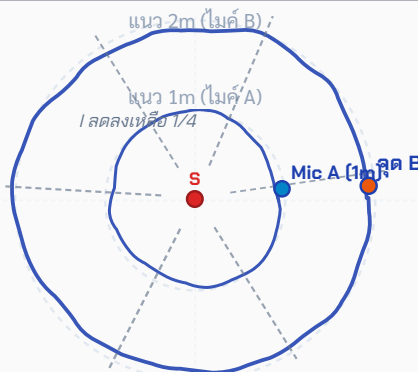
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 3-6 dB

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{ m} \rightarrow 2\text{ m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ 4 เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ 0.25 เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.57	7.96×10^{-5}	79.0 dB
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.265	1.99×10^{-5}	73.0 dB
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.16	3.2×10^{-6}	65.0 dB

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 1/4 ของเดิม**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_1/I_2):

$$I_1/I_2 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1 / I_2 = (7.96 \times 10^{-5}) / (1.99 \times 10^{-5}) = 4.00 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ 1/4 เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$73.0 \text{ dB} - 79.0 \text{ dB} = -6.0 \text{ dB} \text{ (เสียงลดลง 6 dB)}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB ตรงตามที่คำนวณ

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

ข้อเสนอแนะคือควรเลือก บุรุษ B (ระยะ 5 เมตรจากเวทีแสดงดนตรี)



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

จากการทดลองอ่านค่ามิเตอร์ บุรุษ A ระยะ 2m ระดับเสียง 73 dB ($I = 1.99 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$) เกิน 70 dB อาจเป็นอันตรายหากอยู่นาน ส่วนบุรุษ B ระยะ 5m ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เพราะคลื่นเสียงเดินทางตามกฎ inverse-square law ยิ่งระยะห่างมากขึ้น พลังงานเสียงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่จะลดลงเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง การตั้งบุรุษที่ระยะ 5 เมตร ทำให้ความเข้มเสียงลดลงจนระดับเสียงเหลือ 65 dB ซึ่งไม่เกินขีดจำกัดความปลอดภัย 70 dB เหมาะสมที่สุดต่อสุขภาพของเจ้าหน้าที่

? คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ 1/9 (11.1%) เพราะ I แปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($1/3^2$)

เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ไม่ถูกต้อง เพราะสเกลเดซิเบลเป็นแบบ logarithm การที่ระยะเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงจะลดลงเหลือ 1/4 ซึ่งทำให้ระดับเสียงลดลง 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นายอัครวิทย์ ธรรมศาสตร์

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 37

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

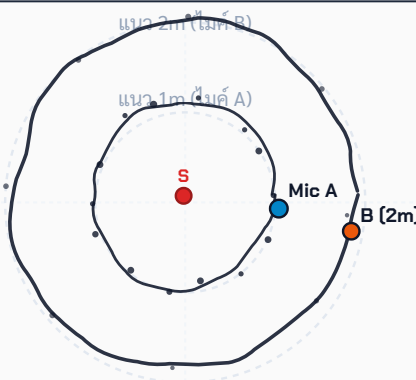
คาดว่าจะระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 10 dB (น่าจะเบาลงครึ่งหนึ่ง)

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ **4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **1/4** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.57	7.96×10^{-5}	79
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.26	1.98×10^{-5}	73.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	$100\pi \approx 314.16$	3.17×10^{-6}	65

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น **4 เท่า** ทำให้ความเข้มเสียง **เหลือ 25%**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I/I_0):

$$I/I_0 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$\text{อัตราส่วน} = 7.96 / 1.99 = 4.00 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = 73 - 79 = -6 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB ตามที่คาดไว้

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบูธกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบูธ 2 ตำแหน่งคือ บูธ A (ระยะ 2.0 m) และ บูธ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

ข้อเสนอแนะคือควรเลือก บูธ B (ระยะ 5 เมตรจากเวทีแสดงดนตรี)



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

หลักฐานจากการทดลอง: บูธ A วัดระดับเสียงได้ 73 dB ความเข้ม $1.99 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ ซึ่งเกินเกณฑ์ทำงานต่อเนื่อง 70 dB ส่วนบูธ B วัดได้ 65 dB ความเข้ม $3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$ เสียงเบาลง 8 dB และต่ำกว่าเกณฑ์ความปลอดภัย 70 dB



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เนื่องจากพลังงานเสียงกระจายตัวเป็นทรงกลมตามสมการ $I = P / (4\pi r^2)$ เมื่อระยะทางเพิ่มจาก 2m เป็น 5m พื้นที่รับเสียงจะเพิ่มขึ้นเป็น $(5/2)^2 = 6.25$ เท่า ทำให้ความเข้มเสียงลดลงอย่างมาก ส่งผลให้ระดับเสียงลดลง 8 dB (คำนวณจาก $\Delta\beta = 10 \log(1/6.25) \approx -7.96 \text{ dB}$) ทำให้ระดับเสียงที่บูธ B เหลือเพียง 65 dB ไม่เกินมาตรฐานความปลอดภัย 70 dB จึงป้องกันอาการหูตึงและสื่อสารได้ชัดเจน

คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ $1/9$ (ประมาณ 11.1%) ของที่ระยะ 1 เมตร เพราะ $I \propto 1/r^2 = 1/3^2 = 1/9$

เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบาลง 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ผิดครับ เพราะระดับเสียงไม่ได้ลดลงตามระยะทางตรงๆ แต่เป็นไปตามสมการ $\Delta\beta = 10 \log(I_2/I_1) = 10 \log(1/4) \approx -6 \text{ dB}$ ดังนั้นเสียงจะเบาลงประมาณ 6 dB ไม่ใช่ 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นายอัศวิน โชติช่วง

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 38

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P ผ่านพื้นที่หน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = P/A \propto 1/r^2$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

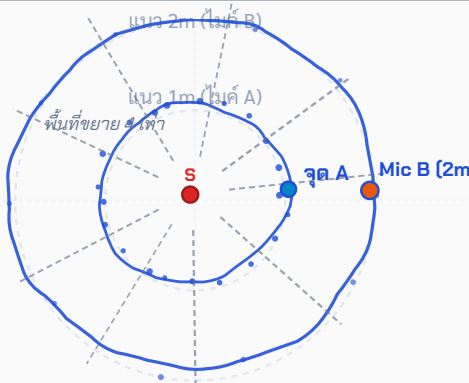
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 4-5 dB

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 **คำถามท้าทาย:** วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ **4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **1/4 (หรือ 25%)** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	$4\pi \approx 12.57$	7.96×10^{-5}	79.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.27	1.98×10^{-5}	73.0 dB
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314.16	0.00000318	65.0 dB

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = P/A$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น **4 เท่า** ทำให้ความเข้มเสียง **เหลือ 25%**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I/I_0):

$$I/I_0 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$7.96 \times 10^{-5} / 1.99 \times 10^{-5} = 4 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = 73 - 79 = -6 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB (เดิมคิดว่า 3 dB สรุปคือลดลง 6 dB)

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบูธกิจกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบูธ 2 ตำแหน่งคือ บูธ A (ระยะ 2.0 m) และ บูธ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

ขอแนะนำให้เลือก บูธ B ที่ระยะ 5.0 เมตร เป็นตำแหน่งจัดบูธกิจกรรม



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

ข้อมูลจากโปรแกรม phy3dsim: ที่บูธ A (2m) เสียงดัง 73.0 dB อยู่ในโซนเตือนควรจำกัดเวลา แต่ที่บูธ B (5m) เสียงลดลงเหลือ 65.0 dB อยู่ในระดับปลอดภัย (Safe Zone) ต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 70 dB



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เสียงแผ่รอบทิศทางเป็นหน้าคลื่นทรงกลม พื้นที่ผิว A แปรผันตาม r^2 เมื่อขยับไปที่ระยะ 5m พลังงานเสียงจึงกระจายบนพื้นที่ที่กว้างกว่าระยะ 2m มาก ความเข้มเสียงลดลงเหลือเพียง 16% ส่งผลให้ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ซึ่งปลอดภัยต่อหูตามหลักอาชีวอนามัย เจ้าหน้าที่ไม่ต้องใส่ที่อุดหูและทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ $1/9$ (ประมาณ 11.1%) ของที่ระยะ 1 เมตร เพราะ $I \propto 1/r^2 = 1/3^2 = 1/9$



เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ไม่ถูกต้อง เพราะเดซิเบลเป็นสเกลลอการิทึม เมื่อถอย 2 เท่า ความเข้มลดลง $1/4$ ทำให้ $\Delta\beta = 10 \log(1/4) \approx -6.02 \text{ dB}$ ไม่ใช่ลดลง 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นายภูริช เดชเจริญ

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 39

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

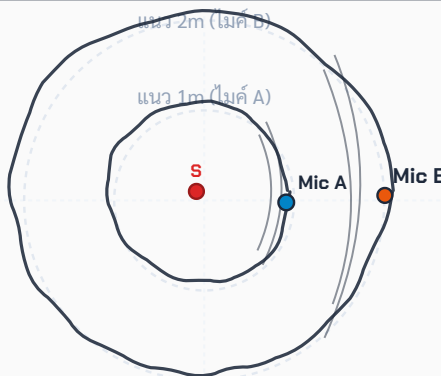
คาดว่าระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 3-6 dB

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 **คำถามท้าทาย:** วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{ m} \rightarrow 2\text{ m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิวกว้างขึ้นประมาณ **4** เท่า ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **1/4** เท่าของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.56	0.0000796	79.0 dB
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.265	1.99×10^{-5}	73
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314	3.18×10^{-6}	65.0

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **เจือจางลงเหลือ 1/4**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I/I_0):

$$I/I_0 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$\text{อัตราส่วน} = 7.96 / 1.99 = 4.00 \text{ เท่า}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2\text{m}} - \beta_{1\text{m}}$$

$$\Delta\beta = 73 - 79 = -6 \text{ dB}$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB จากที่เดิมทนายไว้ 3 dB พบว่าความจริงลดลงถึง 6 dB

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษ (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จงใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:



ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา

ข้อเสนอแนะคือควรเลือก บุรุษ B (ระยะ 5 เมตรจากเวทีแสดงดนตรี)



หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ

จากการทดลองอ่านค่ามิเตอร์ บุรุษ A ระยะ 2m ระดับเสียง 73 dB ($I = 1.99 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) เกิน 70 dB อาจเป็นอันตรายหากอยู่นาน ส่วนบุรุษ B ระยะ 5m ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย



การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์

เนื่องจากพลังงานเสียงกระจายตัวเป็นทรงกลมตามสมการ $I = P / (4\pi r^2)$ เมื่อระยะทางเพิ่มจาก 2m เป็น 5m พื้นที่รับเสียงจะเพิ่มขึ้นเป็น $(5/2)^2 = 6.25$ เท่า ทำให้ความเข้มเสียงลดลงอย่างมาก ส่งผลให้ระดับเสียงลดลง 8 dB (คำนวณจาก $\Delta\beta = 10 \log(1/6.25) \approx -7.96 \text{ dB}$) ทำให้ระดับเสียงที่บุรุษ B เหลือเพียง 65 dB ไม่เกินมาตรฐานความปลอดภัย 70 dB จึงป้องกันอาการหูตึงและสื่อสารได้ชัดเจน



คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?

ลดลงเหลือ $1/9$ เท่า (หรือประมาณ 11%) เนื่องจากระยะเพิ่มเป็น 3 เท่า พื้นที่ผิวทรงกลมกว้างขึ้น $3^2 = 9$ เท่า ความเข้มเสียงจึงลดลงเหลือ $1/9$



เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?

ไม่ถูกต้อง เพราะเดซิเบลเป็นสเกลลอการิทึม เมื่อถอย 2 เท่า ความเข้มลดลง $1/4$ ทำให้ $\Delta\beta = 10 \log(1/4) \approx -6.02 \text{ dB}$ ไม่ใช่ลดลง 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)

ใบกิจกรรมการทดลองฟิสิกส์ & รายงาน CER (A4 Compact)

หน่วยการเรียนรู้: คลื่นเสียง • เรื่อง ความเข้มเสียง (I) และระดับความเข้มเสียง (β) (ว30102 ม.5, 50 นาที)

ชื่อ-นามสกุล: นายจิรายุ ตั้งตระกูล

ชั้น: ม.5/1

เลขที่: 40

💡 **สาระสำคัญและหน่วยมาตรฐาน:** แหล่งกำเนิดเสียงส่งกำลัง P แผ่เป็นหน้าคลื่นทรงกลม 3 มิติ $A = 4\pi r^2$ ทำให้ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I = \frac{P}{4\pi r^2} \propto \frac{1}{r^2}$) และระดับเสียงคำนวณจากสเกลลอการิทึม $\beta = 10 \log_{10}(I/I_0)$

🔍 **ข้อควรระวังเรื่องหน่วย SI:** กำลังเสียง P หน่วยคือ วัตต์ (W) โดย $1 \text{ mW} = 10^{-3} \text{ W}$ • พื้นที่ A หน่วยคือ $\text{m}^2 \rightarrow$ ความเข้มเสียง $I = P/A$ จึงมีหน่วยเป็น W/m^2 เสมอ

ตอนที่ 1 การทำนายและการสร้างแบบจำลองทางกายภาพ (Predict & Physical Modeling)

🕒 10 นาที

สถานการณ์กระตุ้นคิด: คุณครูเปิดลำโพงด้วยกำลังเสียง P คงที่ หากนักเรียนยืนที่ระยะ 1.0 m แล้วเดินถอยห่างออกไปที่ 2.0 m (ระยะทางเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า):

1.1 ทำนายความเข้มเสียง (I):

• ลดลงครึ่งหนึ่ง (50%)

○ ลดลงเหลือ 1/4 (25%)

○ อื่นๆ: _____

1.2 ทำนายระดับเสียงเดซิเบล (β):

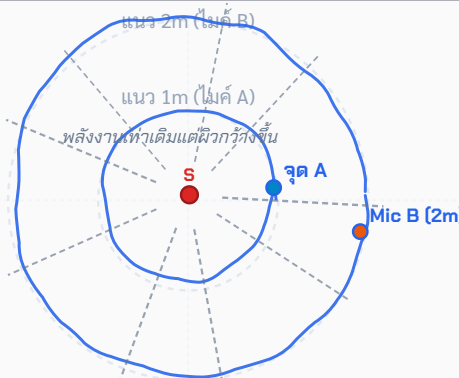
คาดว่าจะระดับเสียงจะลดลงไปประมาณ:

ลดลง 6.02 dB (คำนวณจาก $\log 4$)

🧐 1.3 แบบจำลองความคิดเชิงสืบเสาะ: ทำไมเสียงจึงเบาลงเมื่อเราถอยห่างออกมา?

[ภาพวาดแบบจำลองหน้าคลื่น Top-View]

📐 คำถามท้าทาย: วาดหน้าคลื่นเสียงทรงกลม 2 วงที่ระยะ 1.0 m (ไมค์ A) และ 2.0 m (ไมค์ B) และแสดงความหนาแน่นพลังงานที่เจือจางลง



📄 **สมมติฐานจากแบบจำลองความคิด:** เมื่อระยะทางเพิ่มเป็น 2 เท่า ($1\text{m} \rightarrow 2\text{m}$) พลังงานเสียงจะกระจายตัวบนพื้นที่ผิววงกว้างขึ้นประมาณ **4 เท่า** ส่งผลให้ความเข้มเสียง ($I = P/A$) ลดลงเหลือ **1/4 เท่า** ของเดิม

ตอนที่ 2 การทดลองเก็บข้อมูลเชิงปริมาณจากแบบจำลองฟิสิกส์ 3 มิติ (Simulation Data)

🕒 12 นาที

เปิดแบบจำลอง 3 มิติ (phy3dsim.pages.dev/intensity) กำลังเสียง $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ (1.00 mW) บันทึกค่าและคำนวณพื้นที่ผิว:

ตำแหน่งการวัด	ระยะทาง r (m)	พื้นที่ทรงกลม $A = 4\pi r^2$ (m^2)	ความเข้มเสียง I (W/m^2)	ระดับเสียง β (dB)
ไมค์ A (จุดใกล้/อ้างอิง)	1.00	12.6	7.96×10^{-5}	79.0 dB
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 2 เท่า)	2.00	50.27	2.0×10^{-5}	73.0
ไมค์ B (ระยะเพิ่ม 5 เท่า)	5.00	314	3.18×10^{-6}	65

🔍 **ข้อสังเกต:** ในการคำนวณ $I = \frac{P}{A}$ ใช้ $P = 1.00 \times 10^{-3} \text{ W}$ เมื่อระยะทาง r เพิ่มจาก 1.0 m เป็น 2.0 m (2 เท่า) พื้นที่ A ขยายตัวขึ้นเป็น 4 เท่า ทำให้ความเข้มเสียง **ลดลงเหลือ 1/4 (ประมาณ 25%)**

ตอนที่ 3 การวิเคราะห์ข้อมูลและการค้นพบกฎฟิสิกส์ (Data Analysis & Discovery)

10 นาที

3.1 อัตราส่วนความเข้มเสียง (I_1/I_2):

$$I_1/I_2 = (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 1\text{m}) \div (\text{ค่า } I \text{ ที่ } 2\text{m})$$

$$I_1/I_2 = 7.96 \times 10^{-5} / 1.99 \times 10^{-5} = 4 \text{ เท่า (ความเข้มลดลง 4 เท่า)}$$

สรุป: เมื่อระยะทางเพิ่ม 2 เท่า ความเข้มเสียงลดลงเหลือ $1/4$ เท่า ซึ่งสอดคล้องกับกฎ $I \propto 1/r^2$

3.2 ผลต่างระดับเสียง ($\Delta\beta = \beta_2 - \beta_1$):

$$\Delta\beta = \beta_{2m} - \beta_{1m}$$

$$\Delta\beta = 73.0 - 79.0 = -6.0 \text{ dB ตรงกับทฤษฎี } 10 \log(1/4)$$

สะท้อนคิด: ลดลง 6 dB ตรงตามที่ได้คำนวณ

3.3 สรุปกฎกำลังสองผกผัน (Inverse-Square Law):

[✓] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง ($I \propto 1/r^2$) เพราะหน้าคลื่นขยายตัวเป็นพื้นที่ผิวทรงกลม $A = 4\pi r^2$

[] ความเข้มเสียงแปรผกผันกับระยะทางเชิงเส้น ($I \propto 1/r$)

ตอนที่ 4 ภารกิจวิศวกรเสียงจัดบุรุษกรรม (Sound Engineer CER Challenge)

15 นาที

โจทย์สถานการณ์: เวทีดนตรีกลางแจ้งส่งเสียงดัง มีตัวเลือกจัดบุรุษ 2 ตำแหน่งคือ บุรุษ A (ระยะ 2.0 m) และ บุรุษ B (ระยะ 5.0 m) ตามเกณฑ์อาชีวอนามัย ระดับเสียงที่ปลอดภัยต่อการทำงาน 8 ชั่วโมงต้องไม่เกิน 70 dB จะใช้กรอบ CER เขียนเสนอแนะ:

🎯 ข้อกล่าวอ้าง (Claim): ข้อสรุปหรือคำตอบที่ชัดเจนต่อปัญหา
แนะนำให้จัดบุรุษที่ตำแหน่ง บุรุษ B ซึ่งอยู่ห่างจากเวที 5.0 เมตร

📊 หลักฐานเชิงประจักษ์ (Evidence): ตัวเลขข้อมูลจากการวัดจริงด้วยแบบจำลอง 3 มิติ
จากการทดลองอ่านค่ามิเตอร์ บุรุษ A ระยะ 2m ระดับเสียง 73 dB ($I = 1.99 \times 10^{-5} \text{ W/m}^2$) เกิน 70 dB อาจเป็นอันตรายหากอยู่นาน ส่วนบุรุษ B ระยะ 5m ระดับเสียงลดลงเหลือ 65 dB ($I = 3.18 \times 10^{-6} \text{ W/m}^2$) อยู่ในเกณฑ์ปลอดภัย

💡 การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (Reasoning): อธิบายเชื่อมโยงหลักฐานกับกฎฟิสิกส์
เพราะคลื่นเสียงเดินทางตามกฎ inverse-square law ยิ่งระยะห่างมากขึ้น พลังงานเสียงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่จะลดลงเป็นสัดส่วนผกผันกับระยะทางยกกำลังสอง การตั้งบุรุษที่ระยะ 5 เมตร ทำให้ความเข้มเสียงลดลงจนระดับเสียงเหลือ 65 dB ซึ่งไม่เกินขีดจำกัดความปลอดภัย 70 dB เหมาะสมที่สุดต่อสุขภาพของเจ้าหน้าที่

? คำถามท้าทาย: ถ้าย้ายไปที่ระยะ 3.0 m ความเข้มเสียงลดลงเหลือเท่าใด?
ลดลงเหลือ $1/9$ (ประมาณ 11.1%) ของที่ระยะ 1 เมตร เพราะ $I \propto 1/r^2 = 1/3^2 = 1/9$

💬 เพื่อนบอกว่า "ถอย 2 เท่า เสียงจะเบา 4 dB" ถูกต้องหรือไม่?
ไม่ถูกต้อง เพราะเดซิเบลเป็นสเกลลอการิทึม เมื่อถอย 2 เท่า ความเข้มลดลง $1/4$ ทำให้ $\Delta\beta = 10 \log(1/4) \approx -6.02 \text{ dB}$ ไม่ใช่ลดลง 4 dB

เกณฑ์การประเมิน CER: [✓] Claim ชัดเจน (1) [✓] Evidence มีตัวเลขจริง (1) [✓] Reasoning กฎ $1/r^2$ สมบูรณ์ (2) ระดับคุณภาพ: ดีเยี่ยม (Level 4)