เอกสารประกอบการบรรยาย: ***วิชา 2304101 ฟิสิกส์ทั่วไป 1 (ชีวภาพ)***
ครั้งที่ 4/ปลายภาค ภาคการศึกษาต้น พ.ศ. 2552
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
วันที่ 7 สิงหาคม พ.ศ. 2552

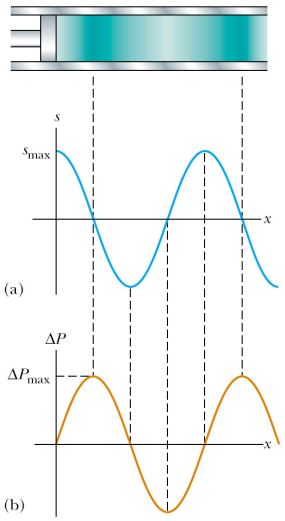
# สารบัญ


**1 เสียง** **1**

**2 การแทรกสอดของคลื่นเสียง** **5**


# 1 เสียง

**เสียง**



*เสียงเป็นคลื่นตามขวาง* แหล่งกำเนิดเสียงถ่ายเทพลังงานผ่านตัวกลางไปยังตัวรับ ทำให้ตัวกลางมีการอัดขยายอย่างต่อเนื่อง

$$
\begin{aligned}
s(x,t) &= s_{max}\cos(kx-\omega t)\\
\Delta P &= \Delta P_{max}\sin(kx-\omega t)\\
s_{max} &= \text{แอมปลิจูดการกระจัด}\\
&\quad \text{(displacement amplitude)}\\
\Delta P_{max} &= \rho v\omega s_{max}\\
&= \text{แอมปลิจูดความดัน}\\
&\quad \text{(pressure amplitude)}
\end{aligned}
$$

ฟังก์ชันคลื่นเสียงในรูปของความดันมีเฟสต่างจากฟังก์ชันคลื่นในรูปของการกระจัดอยู่ $90^o$

**อัตราเร็วเสียง**

$$v=\sqrt{\frac{B}{\rho}}$$

$B=$ โมดูลัสของบัคล์ (Bulk modulus)

$\rho=$ ความหนาแน่นของตัวกลาง

ในอากาศ

$$v=(331\text{m/s})\sqrt{1+\frac{T_C}{273^o}}$$

331 m/s เป็นอัตราเร็วเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ $0^o$ C

**การใช้ประโยชน์จากอัตราเร็วเสียง**

*คลื่นในตัวกลางเดียวกันมีอัตราเร็วคงที่* ใช้สำหรับหาระยะทางของสิ่งต่าง ๆ

$$v=\frac{s}{t}$$

สัตว์หลายชนิด เช่น ค้างคาว ปลาโลมาใช้คลื่นเสียงวัดระยะทางของสิ่งต่าง ๆ

**ความเข้มเสียง**

*ความเข้ม (Intensity, $I$):* กำลัง ($\mathscr{P}$) ของการส่งเสียงต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ($A$)

$$I = \frac{\mathscr{P}}{A}$$

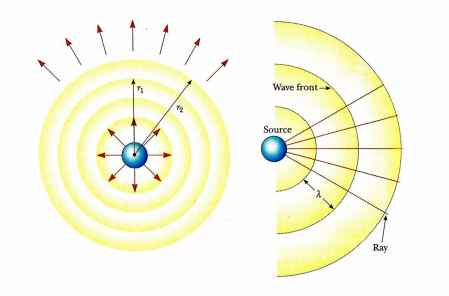
ในกรณีของเสียงการถ่ายเทพลังงานและกำลังเขียนได้เป็น

$$E_\lambda = \frac{1}{2}\rho A\omega^2 s_{max}^2 \lambda$$
$$\mathscr{P} = \frac{1}{2}\rho A v\omega^2 s_{max}^2$$

$A$ = พื้นที่ที่เสียงเคลื่อนที่ผ่าน

$$I = \frac{\mathscr{P}}{A} = \frac{1}{2}\rho v(\omega s_{max})^2$$
$$= \frac{\Delta P_{max}^2}{2\rho v}$$

**คลื่นเสียงทรงกลม**




$$I = \frac{\mathscr{P}_{av}}{A}$$
$$= \frac{\mathscr{P}_{av}}{4\pi r^2}$$
$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{r_2^2}{r_1^2}$$

*ตัวอย่าง*

นกตัวหนึ่งส่งเสียงร้องด้วยกำลังเฉลี่ย 8 วัตต์ จงหาความเข้มของเสียงนกที่ ก) ชายคนหนึ่งอยู่ห่างจากนกออกไป 3 เมตร และ ข) หญิงที่อยู่ห่างจากนกไป 5 เมตร ได้ยิน

ก) จาก

$$\begin{aligned} I &= \frac{\mathscr{P}_{av}}{4\pi r^2} \\ &= \frac{8}{4\pi(3)^2} \\ &= 0.07\text{W/m}^2 \end{aligned}$$

ข) จาก

$$\begin{aligned} \frac{I_1}{I_2} &= \frac{r_2^2}{r_1^2} \\ \frac{0.07}{I_2} &= \frac{5^2}{3^2} \\ I_2 &= 0.03\text{W/m}^2 \end{aligned}$$

**ระดับความเข้มเสียง**

ช่วงความเข้มเสียงที่มนุษย์ได้ยินเริ่มจาก $1.00 \times 10^{-12}$ W/m$^2$ ($I_0$) ไปจนถึงความเข้ม 1.00 W/m$^2$ เนื่องจากช่วงความเข้มเสียงที่มนุษย์ได้ยินเป็นช่วงที่กว้างมาก จึงกำหนดค่า *ระดับความเข้มเสียง (sound level, $\beta$)* มีหน่วยเป็น *เดซิเบล (decibels, dB)*

$$\beta \equiv 10 \log \frac{I}{I_0}$$

*ตัวอย่าง*
เครื่องจักรเครื่องหนึ่งขณะทำงานจะส่งเสียงความเข้ม $2.0 \times 10^{-7}$ W/m$^2$ ไปยังคนงานที่ทำงานอยู่ห่างจากเครื่อง 5 เมตร จงหาระดับความเข้มเสียงในกรณีที่ ก) เครื่องจักรหนึ่งเครื่องทำงาน ข) เครื่องจักรสองเครื่องทำงาน

ก) กรณีเครื่องจักรหนึ่งเครื่องทำงาน

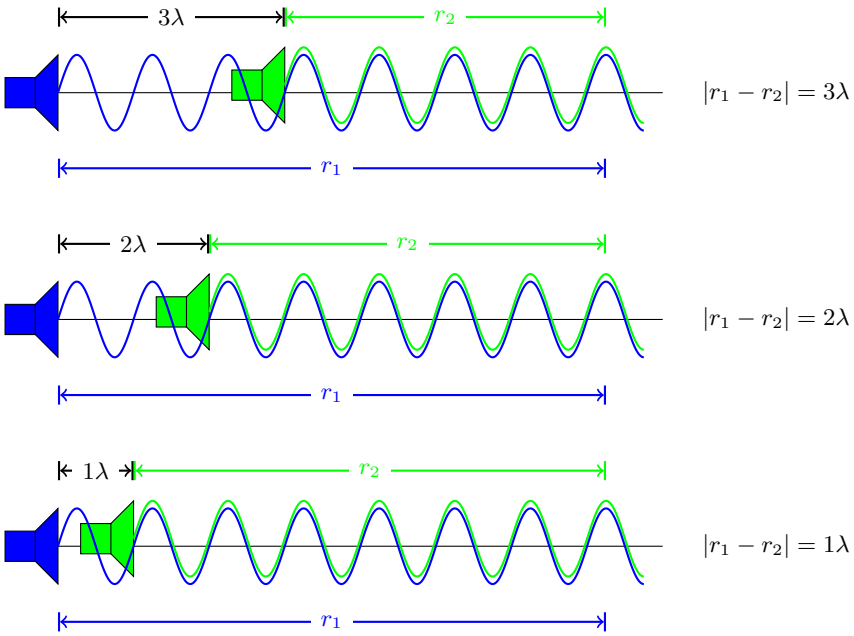
$$\begin{aligned} \beta &= 10 \log \frac{2.0 \times 10^{-7}}{1.0 \times 10^{-12}} \\ &= 10 \log(2.0 \times 10^5) \\ &= 53\text{dB} \end{aligned}$$

ข) กรณีเครื่องจักรสองเครื่องทำงาน

$$\begin{aligned}\beta &= 10\log\frac{4.0\times10^{-7}}{1.0\times10^{-12}}\\ &= 10\log(4.0\times10^{5})\\ &= 56\text{dB}\end{aligned}$$

## 2 การแทรกสอดของคลื่นเสียง

**เงื่อนไขการแทรกสอดแบบเสริม**




กรณีที่เสียงมีความถี่เดียวกัน และความยาวคลื่นเท่ากัน

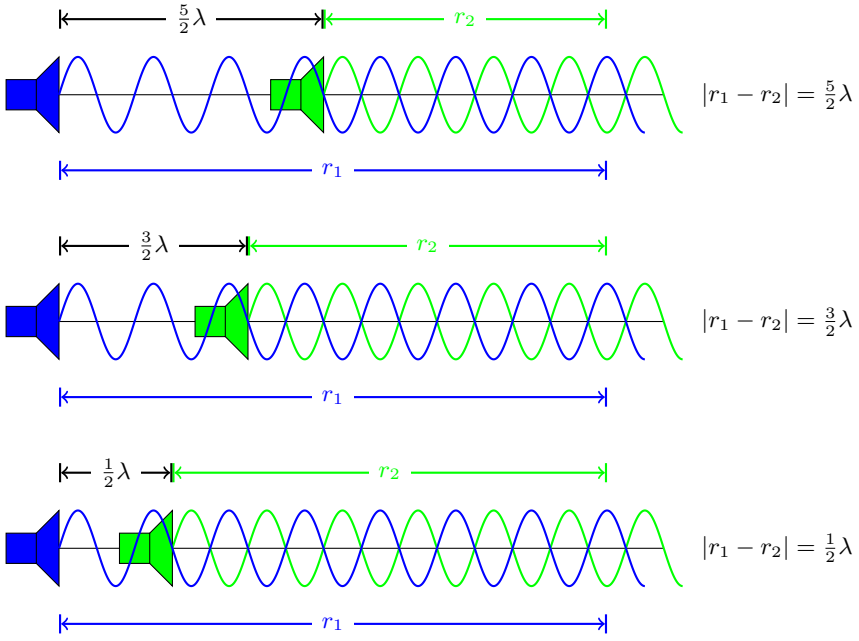
$$|r_1 - r_2| = \Delta r = n\lambda;\ n = 0, 1, 2, 3, \cdots$$

เนื่องจาก $\Delta r$ เขียนในรูปของความต่างเฟส $\phi$ ได้เป็น

$$\Delta r = \frac{\phi}{2\pi}\lambda$$

ดังนั้นเงื่อนไขที่จะทำให้เกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันก็คือ $\phi = 2n\pi$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, 3, \cdots$

**เงื่อนไขการแทรกสอดแบบหักล้าง**




กรณีที่เสียงมีความถี่เดียวกัน และความยาวคลื่นเท่ากัน

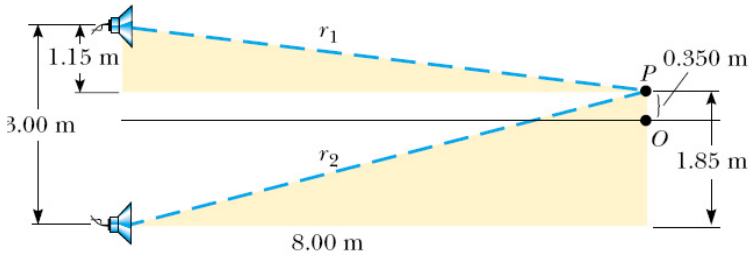
$$|r_1 - r_2| = \Delta r = \frac{(2n+1)}{2}\lambda;\ n = 0, 1, 2, 3, \cdots$$

เนื่องจาก $\Delta r$ เขียนในรูปของความต่างเฟส $\phi$ ได้เป็น

$$\Delta r = \frac{\phi}{2\pi}\lambda$$

ดังนั้นเงื่อนไขที่จะทำให้เกิดการแทรกสอดแบบเสริมกันก็คือ $\phi = (2n+1)\pi$ เมื่อ $n = 0, 1, 2, 3, \cdots$

*ตัวอย่าง*
จากรูปลำโพงสองอันห่างกัน 3.00 ม. ระยะห่างจากจุด O ถึงลำโพง 8.00 ม. ถ้าผู้สังเกตเดินจากจุด O ตั้งฉากไปยังจุด P พบว่าได้ยินเสียงเบาที่สุดลำดับแรก จงหาว่าเสียงมีความถี่เท่าใด ให้อัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น 343 m/s



เนื่องจากได้ยินเสียงเบาที่สุดลำดับแรก ทำให้ได้ว่า $|r_1 - r_2| = \lambda/2$

$$r_1 = \sqrt{8^2 - 1.15^2} = 8.08\text{m}$$
$$r_2 = \sqrt{8^2 - 1.85^2} = 8.21\text{m}$$
$$|r_1 - r_2| = 0.13 = \lambda/2$$
$$f = \frac{v}{\lambda}$$