เสียง (SOUND)

ผศ.ศิลปชัย บูรณพานิช

สรุปสาระสำคัญ

1. การเคลื่อนที่ของเสียงในอากาศพบว่า ทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงกับทิศการสั่นของอนุภาคของอากาศอยู่ในแนวเดียวกัน เสียงจึงจัดเป็น คลื่นตามยาว
2. อัตราเร็วของคลื่นเสียงในตัวกลางหนึ่ง ๆ จะคงตัว เมื่ออุณหภูมิของตัวกลางคงตัว
3. อัตราเร็วของเสียงในอากาศนิ่งที่มีความหนาแน่นปกติ ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มีค่าประมาณ 331 เมตร/วินาที

   จะได้ $V_t = 331 + 0.6t$ เมื่อ V_t มีหน่วยเป็น m/s , t มีหน่วยเป็น ^0C
4. เสียงเป็นคลื่นกล โดย อัตราเร็ว(v) = ความถี่เสียง(f) X ความยาวคลื่นเสียง(λ)

   นั่นคือ $v = f \lambda$
5. สมบัติของเสียง

   <u>การสะท้อนของเสียง</u> เสียงมีสมบัติการสะท้อน เสียงสะท้อนกลับ(echo) เกิดจากเสียงที่สะท้อนกลับมาสู่หูช้ากว่าเสียงที่ตะโกนออกไปเกิน 1/10 วินาที

   - การสะท้อนของคลื่นจะเกิดขึ้นได้ดี เมื่อวัตถุหรือสิ่งกีดขวางมีขนาดโตกว่าความยาวคลื่นที่ตกกระทบ

   <u>การหักเหของเสียง</u>

   - การที่เราเห็นฟ้าแลบแต่ไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้อง อาจเกิดจาก ระดับความเข้มเสียง ณ ตำแหน่งที่เรายืนอยู่มีค่าเป็น 0 dB หรือ ความเข้มเสียงน้อยมาก เท่ากับหรือต่ำกว่า 10^{-12} w/m^2 หรืออาจเกิดจากปรากฏการณ์การหักเหของเสียง

   <u>การเลี้ยวเบนของเสียง</u> เสียงเป็นคลื่นที่สามารถเคลื่อนที่ไปหลังสิ่งกีดขวางได้โดยที่ไม่ได้เกิดจากสมบัติการสะท้อนหรือหักเหของเสียง0

   <u>การแทรกสอดของเสียง</u>

   - บีตส์ของเสียง(beats) เกิดจากการแทรกสอดของคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดสองแหล่งที่มีความถี่ต่างกันไม่มาก โดยเราจะได้ยินเสียงบีตส์ เมื่อความถี่บีตส์มีค่าประมาณไม่เกิน 7 Hz

     ความถี่บีตส์ $= \Delta f = |f_1 - f_2|$

     ถ้ากำหนดให้ ความถี่บีตส์ เท่ากับ 3 Hz หมายความว่า ในเวลา 1 วินาที จะได้ยินเสียงดัง 3 ครั้ง และเสียงค่อย 3 ครั้ง สลับกันไป
   - คลื่นนิ่ง(Standing Wave) เป็นปรากฏการณ์การแทรกสอดที่เกิดจากการซ้อนทับระหว่างคลื่นสองคลื่น ซึ่งเคลื่อนที่สวนทางกัน โดยที่คลื่นทั้งสองมีความถี่ ความยาวคลื่นและแอมพลิจูด เท่ากัน

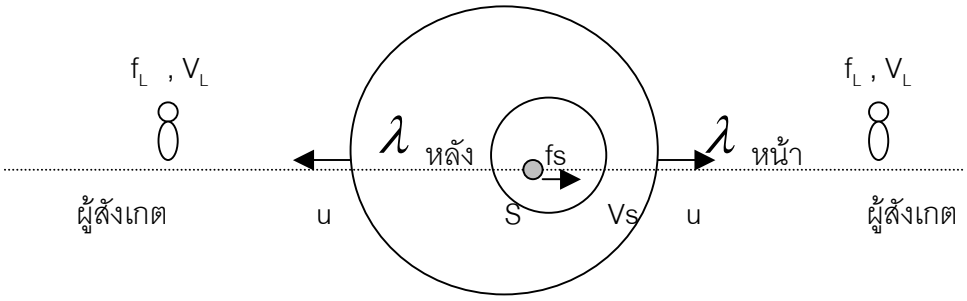
- ปรากฏการณ์ที่มีแรงกระทำทำให้วัตถุสั่นหรือแกว่ง โดยความถี่ของแรงที่ทำให้วัตถุสั่นหรือแกว่ง เท่ากับความถี่ธรรมชาติของวัตถุนั้น เรียกว่า การสั่นพ้อง(resonance) เมื่อเกิดการสั่นพ้องขึ้น การสั่นของวัตถุจะมีแอมพลิจูดมากที่สุด เมื่อเทียบกับการสั่นด้วยความถี่อื่น ๆ
- การสั่นพ้องของเสียง โดยท่อ resonance ขณะเกิดการสั่นพ้องของเสียงโดยใช้ท่อ resonance อนุภาคของอากาศในท่อจะสั่นรุนแรงที่สุด จึงได้ยินเสียงดังสุด ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจาก ความถี่ของเสียงจากลำโพงเท่ากับความถี่ธรรมชาติของลำอากาศในท่อพอดี ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า การสั่นพ้องของเสียง

ระยะของลำอากาศที่เปลี่ยนไปในท่อ resonance จากดังไปดังถัดกัน = $\frac{\lambda}{2}$

6. **ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์** (Doppler's Effect)

เป็นปรากฏการณ์ ที่ผู้ฟังได้ยินเสียงซึ่งมีความถี่เปลี่ยนไปจากความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียงอันเนื่องมาจากการเคลื่อนที่ของแหล่งกำเนิดเสียงหรือการเคลื่อนที่ของผู้ฟัง (โดยที่ความเร็วสัมพัทธ์ระหว่างผู้ฟังและแหล่งกำเนิดเสียงมีค่าไม่เป็นศูนย์)

จะได้



แหล่งกำเนิดเสียง S เคลื่อนที่ด้วยความเร็ว Vs ให้เสียงความถี่ fs โดย u เป็นอัตราเร็วในอากาศขณะนั้น , f_L เป็นความถี่เสียงที่ผู้สังเกตได้ยินเสียง และ V_L เป็นความเร็วของผู้สังเกต ที่อยู่นิ่งหรือวิ่งเข้าหา/วิ่งออกจากแหล่งกำเนิดเสียง

จะได้ $f_L = \left(\frac{u \pm v_L}{u \pm v_s}\right) f_s$

เป็น + เมื่อผู้สังเกตวิ่งสวนแหล่งกำเนิดเสียง
เป็น - เมื่อผู้สังเกตวิ่งในทิศเดียวกับแหล่งกำเนิดเสียง
เป็น + เมื่อผู้สังเกตอยู่ด้านหลังแหล่งกำเนิดเสียง
เป็น - เมื่อผู้สังเกตอยู่ด้านหน้าแหล่งกำเนิดเสียง

7. **คลื่นกระแทก** (Shock Wave) คลื่นกระแทกของเสียงเกิดจาก การที่แหล่งกำเนิดเสียง(เครื่องบินไอพ่นที่สามารถบินเร็วเหนือเสียงได้) เคลื่อนที่มีความเร็วมากกว่าเสียงจะเกิดคลื่นกระแทก โดยมีแนวหน้าคลื่นกระแทกเป็นผิวของรูปกรวย คลื่นกระแทกจะให้เกิดการเปลี่ยนแปลงความดันอย่างมากและรวดเร็ว เป็นผลทำให้เกิดเสียงดังคล้ายระเบิดในบริเวณที่คลื่นกระแทกเคลื่อนที่ผ่าน เสียงที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า ซอนิกบูม(sonic boom) สำหรับ บริเวณที่มีการระเบิด หรือฟ้าผ่า อากาศบริเวณนี้จะมีความร้อนสูงและขยายตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้เกิดคลื่นกระแทกขึ้นได้

- เลขมัค(mach number) กำหนดให้ มัค 1 (mach 1) เท่ากับอัตราเร็วของเสียง

8. **ความดังของเสียง**

- กำลังเสียง(P) คือ อัตราการถ่ายโอนพลังงานเสียงหรือ ปริมาณพลังงานเสียงที่ส่งออกจากแหล่งกำเนิดเสียงในหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็น จูลต่อวินาทีหรือวัตต์(W)
- ความเข้มเสียง(I) คือ กำลังเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียงส่งออกไปต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของหน้าคลื่นทรงกลม

$$\text{จะได้} \quad I = \frac{P}{4\pi R^2}$$

เมื่อ I เป็นความเข้มเสียง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ มีหน่วยเป็น วัตต์/ตารางเมตร

P เป็นกำลังเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง มีหน่วยเป็น วัตต์

R เป็นระยะระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงกับตำแหน่งที่จะหาความเข้มเสียง มีหน่วยเป็น เมตร

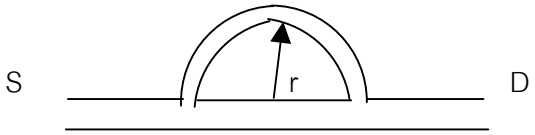
- ระดับความเข้มเสียง (sound intensity level , β) มีหน่วยเป็น เดซิเบล(dB)

$$\beta = 10 \log \frac{I}{I_0} \quad , \quad I_0 = 10^{-12} \ \text{w/m}^2$$

- ระดับเสียง ขึ้นอยู่กับความถี่ของเสียง เสียงที่มีระดับเสียงสูงจะเป็นเสียงที่มีความถี่มาก(คนทั่วไปเรียกว่า เสียงแหลม)
- คุณภาพของเสียง ช่วยให้เราสามารถแยกประเภทของแหล่งกำเนิดเสียงที่แตกต่างกันได้
- ความถี่เสียงต่ำสุดที่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียงใด ๆ เรียกว่า ความถี่มูลฐาน(fundamental frequency) ของแหล่งกำเนิดเสียงนั้น หรือเรียกว่า ฮาร์มอนิกที่ 1 (first harmonic) สำหรับความถี่อื่น ๆ ที่เกิดพร้อม ๆ กับความถี่มูลฐาน แต่มีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่มูลฐาน เช่น ความถี่ของเสียงที่มีค่าเป็น 2 เท่าของความถี่มูลฐาน เรียกว่า ฮาร์มอนิกที่ 2 เป็นต้น

ตัวอย่างโจทย์เกี่ยวกับเสียง

1. ท่อ SD ตรงกลางมีทางแยกเป็นส่วนโค้งครึ่งวงกลมรัศมี r เท่ากับ 14 cm ถ้าอัตราเร็วของเสียงในท่อเท่ากับ 344 m/s ให้คลื่นเสียงเข้าไปในท่อทางด้าน S ความถี่ของเสียงที่ทำให้ผู้ฟังที่ปลายด้าน D ได้ยินเสียงค่อยที่สุดมีค่าเท่าใด



2. วงดนตรีประกอบด้วยเครื่องดนตรีหลายชนิด เมื่อเล่นพร้อมกัน แต่เราสามารถแยกเสียงได้ว่าเสียงใดเป็นเสียงไวโอลินและเสียงใดเป็นเสียงเปียโน เนื่องจากเสียงดนตรีแต่ละชนิดมีลักษณะเฉพาะตามข้อใดที่แตกต่างกัน

   1. ระดับเสียง 2. ระดับความเข้มเสียง 3. ความถี่เสียง 4. คุณภาพเสียง

3. ในการปรับเสียงของเปียโนระดับเสียง C โดยเทียบกับส้อมเสียงความถี่ 256.0 Hz. ถ้าได้ยินเสียงบีตส์ความถี่ 3.0 ครั้ง/วินาที ความถี่ที่เป็นไปได้ของเปียโนมีค่าเท่าใด

4. การทดลองวัดความยาวคลื่นเสียง ถ้าตำแหน่งลูกสูบใกล้ปากหลอด RESONANCE มากที่สุดให้เสียงดังมาก จะมีระยะห่างจากปากหลอด X มีค่าเป็น 20 cm พบว่าความถี่ของสัญญาณเสียงมีค่า 520 Hz การทดลองนี้ได้ยินเสียงดังมากอีกครั้งเมื่อ

   1. ลดความถี่เป็น 130 Hz 2. ลดระยะ X เป็น 10 cm
   3. เพิ่มความถี่เป็น 1560 Hz 4. เพิ่มระยะ X เป็น 80 cm

5. เด็กคนหนึ่งยืนอยู่ที่ชานชาลาได้ยินเสียงหวูดรถไฟมีความถี่ 273 Hz จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

   ก. รถไฟเปิดหวูดความถี่ 300 Hz กำลังแล่นห่างออกไป
   ข. รถไฟเปิดหวูดความถี่ 300 Hz กำลังแล่นเข้าหาเด็ก
   ค. รถไฟเปิดหวูดความถี่ 250 Hz กำลังแล่นห่างออกไป
   ง. รถไฟเปิดหวูดความถี่ 250 Hz กำลังแล่นเข้าหาเด็ก

   ข้อที่เป็นไปได้คือข้อใดบ้าง

   1. ก และ ข 2. ข และ ค 3. ค และ ง 4. ก และ ง

6. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

   ก. ความถี่ของเสียงที่ได้ยินเปลี่ยนไปจากเดิม เมื่อผู้ฟังเคลื่อนที่ออกจากต้นกำเนิดเสียง

   ข. คลื่นกระแทกเกิดขึ้นเมื่อต้นกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูงมากแต่ไม่เกินความเร็วเสียง

   ค. การเกิดคลื่นด้านหลังของเสาสะพานในน้ำตามชายทะเลหรือในทะเลสาบแสดงปรากฏการณ์การเลี้ยวเบน

   ง. การบีตส์ของเสียงเกิดขึ้นเมื่อคลื่นเสียงทั้งสองมีความถี่ต่างกันมากกว่า 10 เฮิรตซ์

   ข้อความที่ถูกต้องคือ

   1. ก และ ข 2. ข และ ค 3. ก และ ค 4. ข และ ง

7. ในการทดลองเรื่องการสั่นพ้องของเสียง ถ้าใช้เสียงมีความถี่ 686 Hz ในการทดลองและอุณหภูมิขณะทดลองเท่ากับ 20 ^{0}C ตำแหน่งของลูกสูบจากปากหลอด RESONANCE ขณะเกิดการสั่นพ้องครั้งแรกจะห่างจากตำแหน่งของลูกสูบขณะเกิดการสั่นพ้องครั้งถัดไปเป็นระยะเท่าใด

เฉลย 1. 1075 Hz 2. ข้อ 4 3. 253 Hz , 259 Hz 4. ข้อ 3 5. ข้อ 2
6. ข้อ 3 7. 0.25 m