เอกสารประกอบการเรียน

เรื่อง เสียง

ชื่อ.....ห้อง.....เลขที่.....

รายวิชา ฟิสิกส์ 2 (ว30202) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2569 โรงเรียนศึกษานารี

บทที่ 12 เสียง (Sounds)

1. ธรรมชาติของเสียง

คลื่นเสียง (Sound wave) เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ โดยเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงต้อง **อาศัยตัวกลาง** ในการถ่ายโอนพลังงานการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงนั้นไปยังที่ต่างๆ

การสั่นทุกชนิดทำให้เกิดเสียงที่มนุษย์ได้ยินหรือไม่

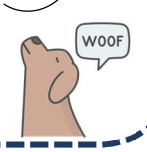
"บางครั้งการสั่นสะเทือน ก็อาจไม่ทำให้เกิดเสียง"

"เสียง" ในความหมายโดยทั่วไปเกี่ยวข้องกับการได้ยินของมนุษย์ซึ่งขึ้นกับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความถี่ของคลื่นที่เกิดขึ้น แอมพลิจูดของคลื่น ระดับเสียง เป็นต้น นักฟิสิกส์ได้จำแนกชนิดของคลื่นเสียงตามความถี่ของ คลื่นและความสามารถในการได้ยินของมนุษย์ ดังนี้

✿ **คลื่นที่ได้ยินหรือเสียง (audible waves หรือ sounds)** เป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่ที่อยู่ในช่วงที่มนุษย์ได้ยินคืออยู่ในช่วง 20 - 20000 เฮิรตซ์

✿ **คลื่นใต้เสียง (infrasonic waves หรือ infrasounds)** เป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่ต่ำกว่าช่วงความถี่ที่มนุษย์ได้ยิน คือ ต่ำกว่า 20 เฮิรตซ์ เช่น คลื่นเสียงความถี่ต่ำที่ช้างใช้ในการสื่อสารระหว่างกันแต่มนุษย์ไม่สามารถได้ยินคลื่นเสียงนั้น

✿ **คลื่นเหนือเสียง (ultrasonic waves หรือ ultrasounds)** เป็นคลื่นเสียงที่มีความถี่สูงกว่าช่วงความถีที่มนุษย์ได้ยิน คือ สูงกว่า 20000 เฮิรตซ์ เช่น สุนัขสามารถตอบสนองต่อเสียง (หรือได้ยิน) นกหวีดความถี่สูง ในขณะที่มนุษย์ไม่สามารถได้ยินเสียงนกหวีดดังกล่าว

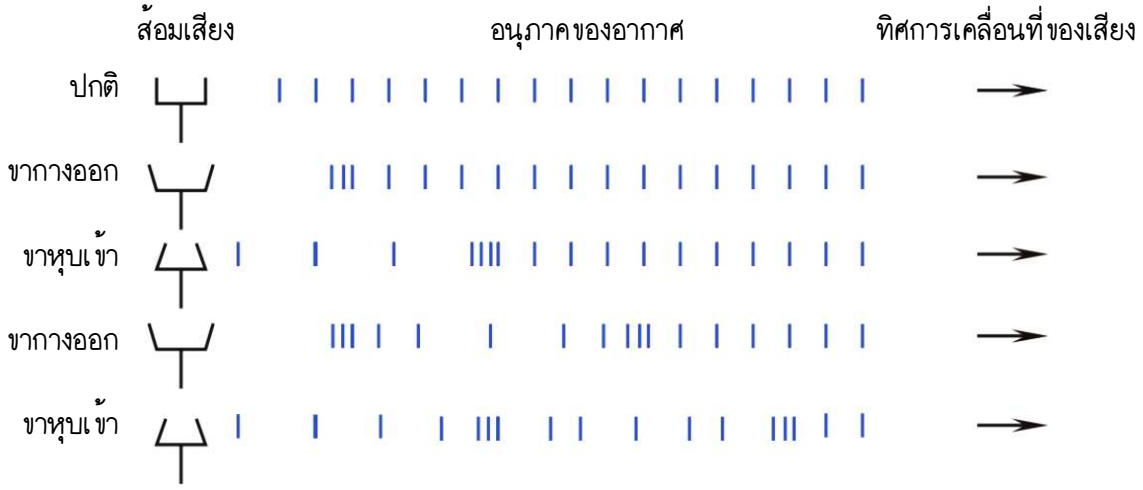


1.1 การเคลื่อนที่ของเสียง

เสียงเกิดจากการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงและถ่ายโอนพลังงานการสั่นไปยังอนุภาคของตัวกลางที่อยู่ติดกับแหล่งกำเนิดเสียง ทำให้อนุภาคของตัวกลางสั่นและเกิดการถ่ายโอนพลังงานต่อไปยังอนุภาคที่อยู่ถัดกันไปเรื่อยๆ จนถึงหูผู้ฟัง หากไม่มีตัวกลางเพื่อถ่ายโอนพลังงานจากแหล่งกำเนิดเสียงเราจะไม่สามารถได้ยินเสียงได้ ดังนั้นคลื่นเสียงจึงถูกจัดประเภทเป็นคลื่น.....

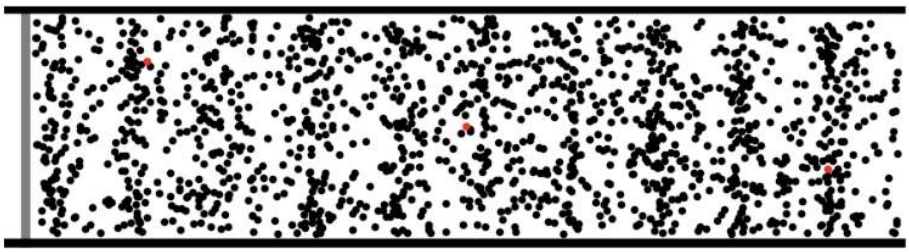
พิจารณาการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงที่เกิดจากการเคาะส้อมเสียงด้วยค้อนยาง ขาส้อมเสียงจะสั่นกางออกและหุบเข้า ทำให้ความหนาแน่นของอากาศบริเวณรอบส้อมเสียงเปลี่ยนไป

- ✿ ตำแหน่งที่อนุภาคของอากาศอยู่ชิดกันมากขึ้น ความดันอากาศสูงกว่าปกติ เรียกว่า .....
- ✿ ตำแหน่งที่อนุภาคของอากาศอยู่ห่างกันมาก ความดันอากาศต่ำกว่าปกติ เรียกว่า .....



ภาพข้างบนนี้ตำแหน่งใดบ้างที่เป็นส่วนอัด ส่วนขยาย จงระบุ

ลองศึกษาลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคตัวกลาง (อากาศ) จากภาพ animation ต่อไปนี้



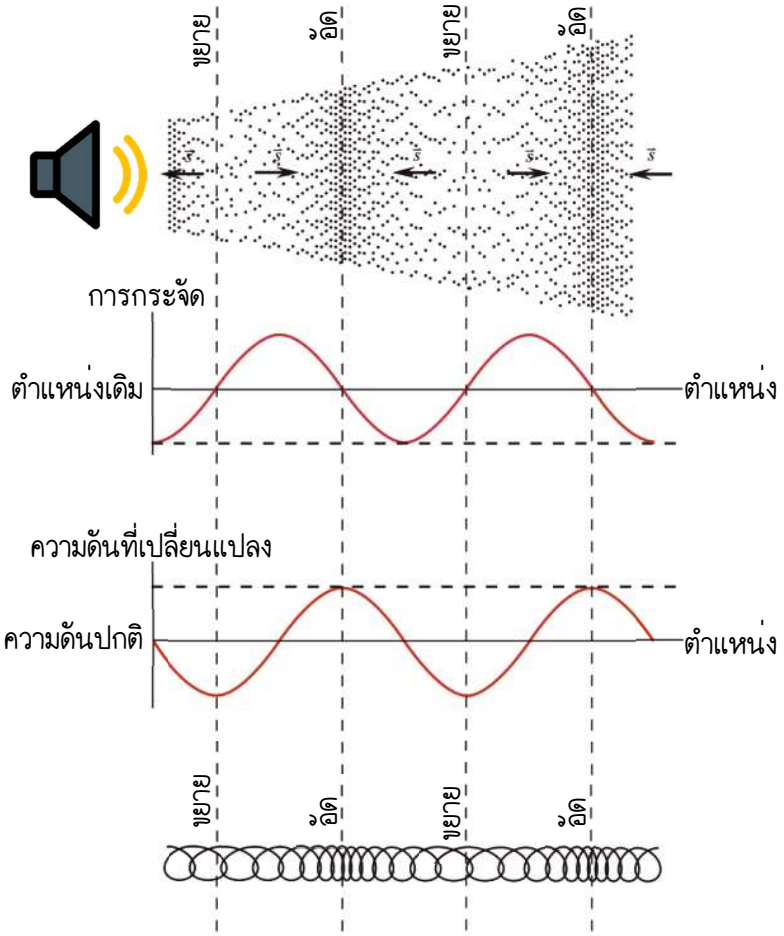
จากภาพ animation ถ้าให้จุดสีแดงแทนอนุภาคของอากาศและให้คลื่นเสียงเคลื่อนที่ไปทางขวา อนุภาคของอากาศจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมาในแนว ..... กับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงโดยไม่เคลื่อนที่ไปพร้อมกับคลื่นเสียง ดังนั้น คลื่นเสียงในอากาศจึงเป็นคลื่น .....

พิจารณาการกระจัดของอนุภาคอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านไป จะเห็นว่า

✿ ตำแหน่งที่อากาศถูกอัดหรือขยายมากที่สุด อนุภาคจะมีขนาดการกระจัดเป็น.....

✿ ตำแหน่งซึ่งอยู่กึ่งกลางระหว่างส่วนที่อากาศถูกอัดและขยายมากที่สุด อนุภาคจะมีขนาดการกระจัด.....

เมื่อเขียนกราฟระหว่างการกระจัดของอนุภาคอากาศกับตำแหน่งตามแนวที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่



จากภาพ กราฟระหว่างความดันอากาศที่เปลี่ยนไปกับตำแหน่งมีลักษณะเป็นคลื่นรูปไซน์ (sinusoidal wave) เช่นเดียวกับกราฟระหว่างการกระจัดของอนุภาคอากาศกับตำแหน่ง แต่มีเฟสต่างกัน 90 องศา โดย

✿ ความดันอากาศที่เปลี่ยนไปมีค่า.....เมื่อการกระจัดของอนุภาคของอากาศมีค่าเป็นศูนย์

✿ ความดันอากาศที่เปลี่ยนไปมีค่า.....เมื่อการกระจัดของอนุภาคของอากาศมีค่าสูงสุด

บางครั้งเรียกการเปลี่ยนแปลงการกระจัดว่า.....และเรียกการเปลี่ยนแปลงความดันอากาศว่า.....การเคลื่อนที่ของเสียงในตัวกลางอาจเปรียบเทียบกับการเคลื่อนที่ของอนุภาคของขดลวดสปริงที่ถูกดึงและดันตามแนวสปริง

ขณะที่เสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศความหนาแน่นของอากาศเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร

1.2 อัตราเร็วเสียง

เนื่องจากเสียงเป็นคลื่นชนิดหนึ่ง อัตราเร็วเสียงจึงสัมพันธ์กับความยาวคลื่น λ และความถี่ของคลื่นเสียง f เช่นเดียวกับคลื่นต่อเนื่อง ดังสมการ

อัตราเร็วเสียงขึ้นอยู่กับสมบัติของตัวกลางนั้นๆ ได้แก่ ความยืดหยุ่นและความหนาแน่นของตัวกลาง โดยทั่วไปอัตราเร็วเสียงในตัวกลางที่เป็นของแข็งมีค่ามากกว่าในของเหลว และอัตราเร็วเสียงในของเหลวมากกว่าในแก๊ส เนื่องจากอนุภาคในของแข็งอยู่ชิดกันมากกว่า การถ่ายโอนพลังงานระหว่างอนุภาคจึงเกิดได้เร็วกว่า ดังตาราง

ตัวกลาง		อัตราเร็วเสียง (เมตรต่อวินาที)
แก๊ส	อากาศ (0 °C)	331
	อากาศ (20 °C)	343
	คาร์บอนไดออกไซด์ (0 °C)	259
	ออกซิเจน (0 °C)	316
	ฮีเลียม (0 °C)	965
ของเหลว	คลอโรฟอร์ม (20 °C)	1004
	เอทิลแอลกอฮอล์ (20 °C)	1162
	ปรอท (20 °C)	1450
	น้ำกลั่น (20 °C)	1482
	น้ำทะเล (20 °C)	1552
ของแข็ง	อะลูมิเนียม (20 °C)	6420
	เหล็ก (20 °C)	5941
	แกรนิต (20 °C)	6000

เนื่องจากทั้งสมบัติความยืดหยุ่นและความหนาแน่นของตัวกลางต่างก็ขึ้นกับอุณหภูมิ ดังนั้นอัตราเร็วเสียงในตัวกลางแต่ละชนิดจึงขึ้นกับอุณหภูมิเช่นกัน เมื่อพิจารณา**คลื่นเสียงในอากาศ** พบว่า อัตราเร็วเสียงในอากาศมีค่าขึ้นกับอุณหภูมิ (ในหน่วยองศาเซลเซียส) ดังสมการ

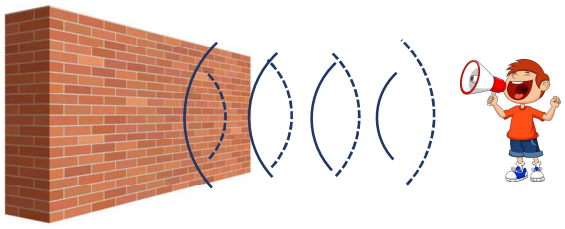
เมื่ออุณหภูมิในตัวกลางเปลี่ยน ทำให้เกิดการเปลี่ยนความยาวคลื่นหรือความถี่อย่างไร

1.3 พฤติกรรมของเสียง

เสียงเป็นคลื่นชนิดหนึ่งจึงมีการสะท้อน หักเห แทรกสอด เลี้ยวเบน เช่นเดียวกับคลื่นทุกชนิด เราสามารถศึกษาพฤติกรรมของเสียงได้จากปรากฏการณ์ต่อไปนี้

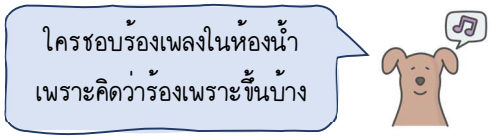
การสะท้อนของเสียง

บางคนอาจเคยส่งเสียงตะโกนออกไปแล้วได้ยินเสียงที่ตัวเองตะโกนออกไปกลับเข้ามาที่หูอีกครั้งหนึ่ง เสียงที่ได้ยินครั้งหลังนี้เกิดจากการสะท้อนของเสียงที่ส่งออกไปครั้งแรกกับพื้นผิวขนาดใหญ่ เช่น ผนังตึก หรือหน้าผา โดยทั่วไปเสียงที่ส่งผ่านไปยังสมองจะยังคงค้างอยู่นาน 0.1 วินาที



✿ **เสียงสะท้อนกลับ (echo)** เกิดขึ้นเมื่อเสียงที่เปล่งออกไปนั้นเกิดการสะท้อนกลับมาให้ได้ยินในช่วงเวลาที่มากกว่า 0.1 วินาที เราจะสามารถแยกเสียงสะท้อนกับเสียงที่เปล่งออกไปได้

✿ **การกังวาน (reverberation)** เกิดขึ้นเมื่อเราส่งเสียงในห้องที่แคบ เช่น ในห้องน้ำ เสียงสะท้อนที่เกิดขึ้นจะกลับเข้ามาที่หูในช่วงเวลาที่สั้นกว่า 0.1 วินาที จะไม่สามารถแยกเสียงที่เปล่งออกไปกับเสียงที่สะท้อนกลับมาออกจากกันได้ แต่จะรู้สึกเหมือนได้ยินเสียงนั้นนานขึ้น

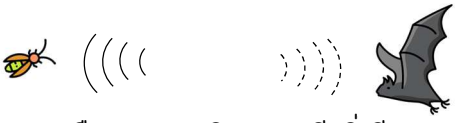


ปัจจัยอื่นๆที่มีผลต่อการสะท้อน

✿ การสะท้อนของเสียงขึ้นอยู่กับ**ลักษณะผิวที่สะท้อน** โดยพื้นผิวแข็งจะสะท้อนเสียงได้ดีกว่าผิวอ่อนนุ่ม

✿ เนื่องจากเสียงเป็นคลื่น การสะท้อนของคลื่นเสียงจะเกิดได้ดีเมื่อ**ความยาวคลื่น**มีค่า**เท่ากับหรือน้อยกว่า**ขนาดวัตถุที่คลื่นตกกระทบ

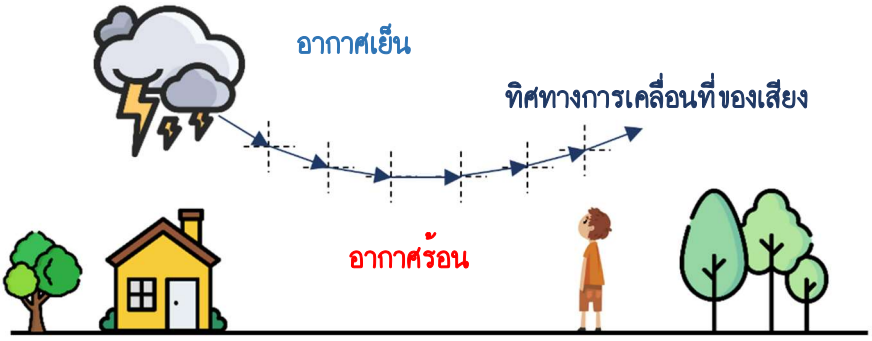
น่ารู้



ค้างคาวเป็นสัตว์ที่ออกหากินตอนกลางคืน สามารถบินหลบหลีกสิ่งกีดขวางและรู้ตำแหน่งของแมลงตัวเล็กๆ ที่เป็นอาหารได้ เพราะค้างคาวส่งคลื่นเสียงความถี่สูงออกไปเป็นจังหวะๆ หรือพัลส์ (pulse) และรับคลื่นเสียงที่สะท้อนกลับมาได้ โลมาก็ส่งและรับสัญญาณโดยใช้หลักการสะท้อนของเสียงเช่นเดียวกัน

การหักเหของเสียง

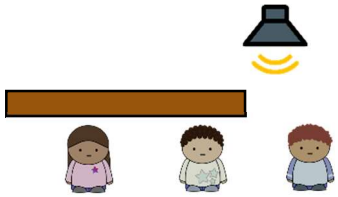
ขณะเกิดพายุฝนฟ้าคะนองบางครั้งเราเห็นฟ้าแลบแต่ไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้อง เป็นปรากฏการณ์ที่แสดงให้เห็นว่าเสียงมีการหักเหเมื่อเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางที่มีสมบัติแตกต่างกัน (ในที่นี้คืออากาศที่มีอุณหภูมิต่างกัน)



เนื่องจากอากาศเหนือผิวโลกมีอุณหภูมิไม่เท่ากัน บริเวณที่ห่างจากผิวโลกมากจะมีอุณหภูมิต่ำกว่าบริเวณใกล้ผิวโลก เสียงฟ้าร้องที่เกิดขึ้นบนท้องฟ้าจะเคลื่อนที่ลงมายังพื้นโลกจากอากาศเย็นด้านบนลงมายังอากาศร้อนด้านล่าง ทำให้อัตราเร็วเพิ่มขึ้นทีละน้อย เกิดการหักเหของเสียงฟ้าร้องโดยมีมุมหักเหโตขึ้นทีละน้อย เมื่อต่ำถึงระดับหนึ่งจนเกิดการ.....ขึ้นสู่อากาศด้านบนแทนที่จะเคลื่อนที่ลงมายังพื้นดินเราจึงไม่ได้ยินเสียงฟ้าร้อง

การเลี้ยวเบนของเสียง

การได้ยินเสียงคนพูดคุยกันในห้องทั้งที่ผู้ฟังอยู่นอกห้อง เพราะเสียงเลี้ยวเบนออกมาด้านนอกของห้องผ่านทางช่องหน้าต่างหรือช่องประตู ทำให้ผู้ที่อยู่อีกด้านหนึ่งของผนังห้องได้ยินเสียงของคนที่พูดกันอยู่ในห้องได้แม้จะมีผนังกั้นทางเดินของเสียงก็ตาม

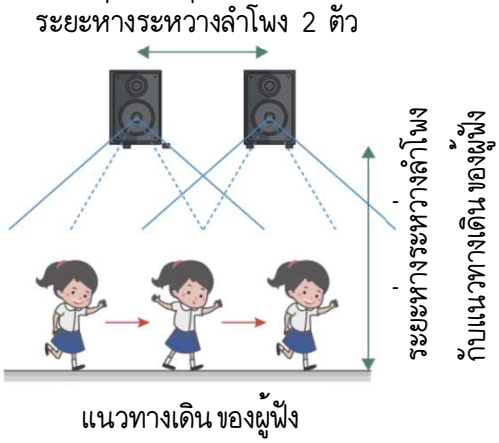


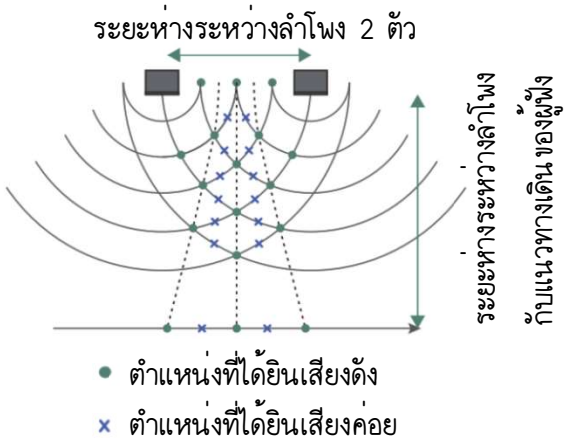
หากลองทำกิจกรรมดังภาพ จะพบว่าได้ยินเสียงทั้งสามตำแหน่งโดยเสียงที่ผู้ฟัง A ซึ่งอยู่ด้านหลังสิ่งกีดขวางจะดังน้อยกว่าเสียงที่ผู้ฟัง B และ C ได้ยิน ซึ่งอธิบายได้ว่าการที่ผู้ฟัง A และ B ได้ยินเสียงทั้งที่มีสิ่งกีดขวางกั้นเสียงไว้ เพราะเสียงสามารถเคลื่อนที่อ้อมไปยังด้านหลังของสิ่งกีดขวางได้เช่นเดียวกับคลื่นน้ำ

การแทรกสอดของเสียง

เมื่อคลื่นเสียง 2 ขบวนจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์เฟสตรงกันเคลื่อนที่มาพบกัน จะเกิดการรวมกันของคลื่นโดยคลื่นที่รวมกันแบบเสริมกันมากที่สุดจะเป็นตำแหน่ง**ปฏิบัพ (Antinode)** ตำแหน่งนั้นเสียงจะ.....และตำแหน่งที่คลื่นรวมกันแบบหักล้างกันมากที่สุดจะเป็นตำแหน่ง**บัพ (Node)** ตำแหน่งนั้นเสียงจะ.....

ในห้องหรือบริเวณที่มีการเปิดลำโพงเสียง 2 ตัว เมื่อไปยืนในตำแหน่งต่างๆ ในแนวที่ขนานกับแนวของลำโพงทั้งสอง ดังภาพ จะพบว่าบางตำแหน่งจะได้ยินเสียงไม่ชัดเจน และเมื่อเดินตามแนวเส้นตรงนั้นจะได้ยินเสียงชัดเจนบ้าง ไม่ชัดเจนบ้างสลับกันไป





แบบตรวจสอบความเข้าใจ

1. เสียงเกิดขึ้นได้อย่างไรและแผ่ออกไปได้อย่างไร

.....

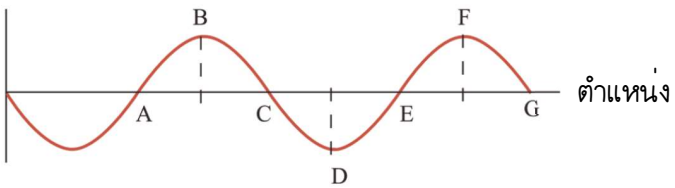
2. ยาน A และยาน B อยู่ในอวกาศที่เป็นสุญญากาศ ถ้ายาน A กระแทกกับยาน B คนในยานทั้งสองจะได้ยินเสียงหรือไม่ เพราะเหตุใด

.....

3. ขณะเกิดคลื่นเสียงในอากาศ ปริมาณต่อไปนี้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ให้เติมข้อมูลในตาราง

ตำแหน่ง	ขนาดการกระจัด	ความดัน	การเปลี่ยนแปลงความดัน

4. กราฟระหว่างความดันอากาศที่ตำแหน่งต่างๆ ของอนุภาคของอากาศกับตำแหน่งตามแนวการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงเป็นดังรูป



ก. ตำแหน่งใดบ้างที่ขนาดการกระจัดของอนุภาคของอากาศมีค่ามากที่สุด .....

ข. ตำแหน่งใดบ้างที่เป็นตำแหน่งกึ่งกลางส่วนอัดของอนุภาคของอากาศ .....

ค. ตำแหน่งใดบ้างที่เป็นตำแหน่งกึ่งกลางส่วนขยายของอนุภาคของอากาศ .....

แบบฝึกหัด

1. เสียงความถี่ 1000 เฮิรตซ์และความยาวคลื่น 1.5 เมตร เคลื่อนที่ผ่านน้ำอัตราเร็วเสียงในน้ำมีค่าเท่าใด

2. ถ้าอุณหภูมิของอากาศ 30 องศาเซลเซียส อัตราเร็วเสียงในอากาศมีค่าเท่าใด

3. ถ้าอัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 347.2 เมตรต่อวินาทีอุณหภูมิของอากาศขณะนั้นมีค่าเท่าใด

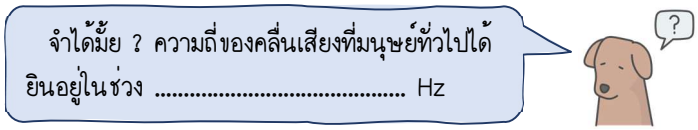
4. ปรบมือ 1 ครั้ง หน้าผนังตึกซึ่งอยู่ห่างออกไป 15 เมตร จะได้ยินเสียงสะท้อนจากการปรบมือหรือไม่ เพราะเหตุใด เมื่อกำหนดให้ อัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 350 เมตรต่อวินาทีและแยกเสียงได้ถ้าช่วงเวลาห่างมากกว่า 0.1 วินาที

5. นาย ก กดแตรในที่โล่งหลังจากนั้นนาน 1.5 วินาทีนาย ข ซึ่งอยู่ห่างออกไปได้ยินเสียงแตร นาย ข อยู่ห่างจาก นาย ก เป็นระยะเท่าใดกำหนดอุณหภูมิของอากาศขณะนั้นเป็น 20 องศาเซลเซียส

6. แหล่งกำเนิดคลื่นเสียงให้เสียงที่มีความยาวคลื่น 0.70 เมตร ถ้าอุณหภูมิของอากาศขณะนั้นเป็น 40 องศาเซลเซียส ความถี่ของเสียงมีค่าเท่าใด

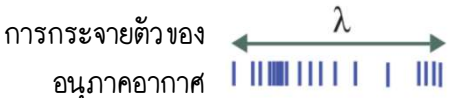
2. การได้ยินเสียง

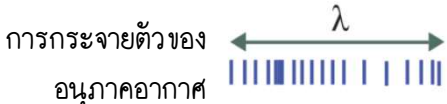
คลื่นเสียงที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุแหล่งกำเนิดจะถูกเรียกว่า “เสียง” ในความหมายของคนทั่วไปได้คือเราต้องจะได้ยินเสียงนั้น ปัจจัยที่ส่งผลต่อการได้ยินเสียงได้แก่ ความถี่ของเสียงที่หูของมนุษย์สามารถตอบสนองได้และพลังงานเสียงซึ่งเกี่ยวข้องกับแอมพลิจูดของคลื่นเสียง

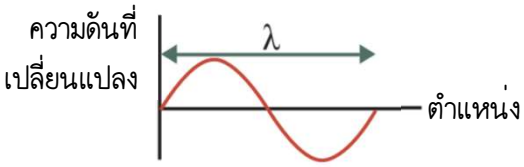


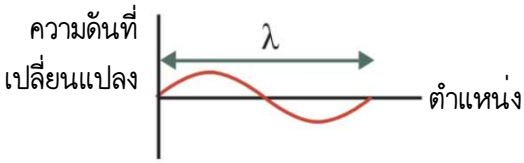
2.1 ความเข้มเสียง

เสียงที่หูได้ยินอาจจะดังหรือค่อยขึ้นอยู่กับพลังงานที่ถูกส่งมาจากแหล่งกำเนิดคลื่นเสียง โดยปริมาณที่บ่งบอกพลังงานของคลื่นเสียง คือ ..... ภาพแสดงการเปรียบเทียบเสียงที่มีความยาวคลื่นเท่ากันแต่มีแอมพลิจูดต่างกัน ดังนี้









✿ รูปซ้าย : เสียงมีมีความดันอากาศที่เปลี่ยนไปมากกว่า (อนุภาคของตัวกลางเบียดเข้าใกล้กันได้ชิดมากกว่า)
✿ รูปขวา : เสียงที่มีความดันอากาศที่เปลี่ยนไปน้อยกว่า (อนุภาคของตัวกลางเบียดเข้าใกล้กันได้ชิดน้อยกว่า)

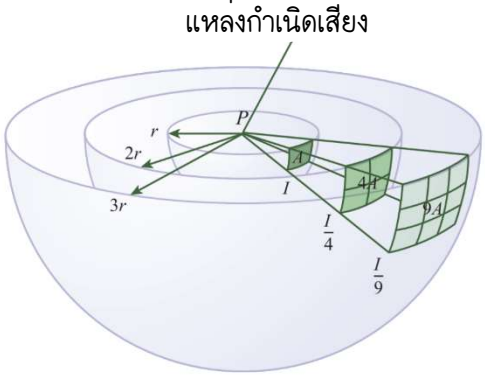
อัตราการถ่ายโอนพลังงานเสียงของแหล่งกำเนิด คือ ..... มีค่าเท่ากับพลังงานเสียงที่ออกจากแหล่งกำเนิดต่อหน่วยเวลา ผู้ฟังจะได้ยินเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงที่มีกำลังเสียง.....ดังกว่าเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงที่มีกำลังเสียง.....เมื่ออยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเท่ากัน

กำลังเสียงที่แหล่งกำเนิดเสียงส่งออกไปต่อหน่วยพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงเรียกว่า **ความเข้มเสียง (Sound intensity : I)** หาได้จากสมการ

$$\qquad$$

เมื่อ I คือ ความเข้มเสียง มีหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร
P คือ กำลังเสียงของแหล่งกำเนิดเสียง มีหน่วยวัตต์
A คือ พื้นที่ที่เสียงเคลื่อนที่ผ่านในทิศตั้งฉาก มีหน่วยตารางเมตร

สำหรับแหล่งกำเนิดเสียงที่เป็นจุดจะแผ่คลื่นเสียงออกมาทุกทิศทาง โดยมีลักษณะเป็นพื้นผิวทรงกลมที่มีแหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่ศูนย์กลางของทรงกลม ความเข้มเสียงจากแหล่งกำเนิด ณ ตำแหน่งที่อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงเป็นระยะ r มีค่าดังสมการ



จากสมการจะเห็นว่าความเข้มเสียงแปรผกผันกับกำลังสองของระยะห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง เช่น ที่ระยะ ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียงที่เป็นจุดเป็นระยะ r, $2r$, และ $3r$ มีความเข้มเสียงเป็น I, $\frac{I}{4}$ และ $\frac{I}{9}$ ตามลำดับ

2.2 ระดับเสียงและความถี่เสียงกับการเริ่มได้ยิน

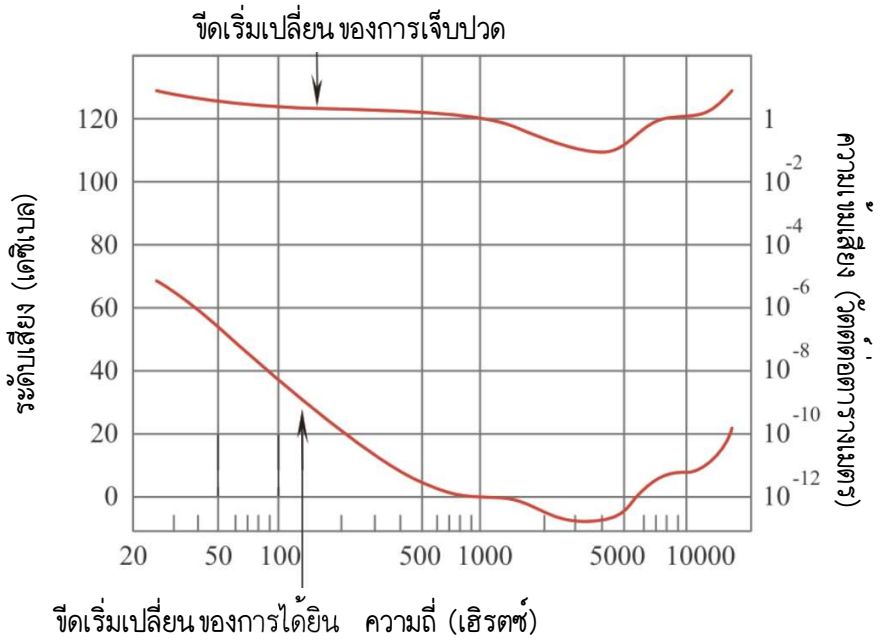
จากการทดลองการได้ยินของคนปกติพบว่า ความเข้มเสียงที่มนุษย์สามารถได้ยินอยู่ในช่วงที่กว้างมาก เช่น ที่ความถี่เสียง 1000 เฮิรตซ์ เสียงที่เบาที่สุดที่มนุษย์สามารถได้ยินมีความเข้ม ..... วัตต์ต่อตารางเมตรและเสียงที่ดังที่สุดที่ไม่เป็นอันตรายต่อแก้วหูมีความเข้ม.....วัตต์ต่อตารางเมตร เพื่อลดช่วงที่กว้างมากเกินไปซึ่งยากต่อการอธิบายจึงพิจารณาการได้ยินจากปริมาณที่ใช้ **สเกลลอการิทึม (logarithmic scale)** และเรียกปริมาณนี้ว่า **ระดับเสียง (Sound level)** ดังสมการต่อไปนี้

เมื่อ β คือ ระดับเสียง มีหน่วยเดซิเบล (dB)
I คือ ความเข้มเสียงที่พิจารณา มีหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร
I_0 คือ ความเข้มเสียงอ้างอิง มีค่าเท่ากับ 1.0×10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร

สำหรับเสียงที่มีความถี่ 1000 เฮิรตซ์ ระดับเสียงต่ำที่มนุษย์ได้ยินและจะเท่ากับ.....เดซิเบล และระดับเสียงที่ดังที่สุดที่ไม่เป็นอันตรายต่อแก้วหูเท่ากับ.....เดซิเบล

นักเรียนจะวัดระดับเสียงได้ด้วยเครื่องมือใดบ้าง

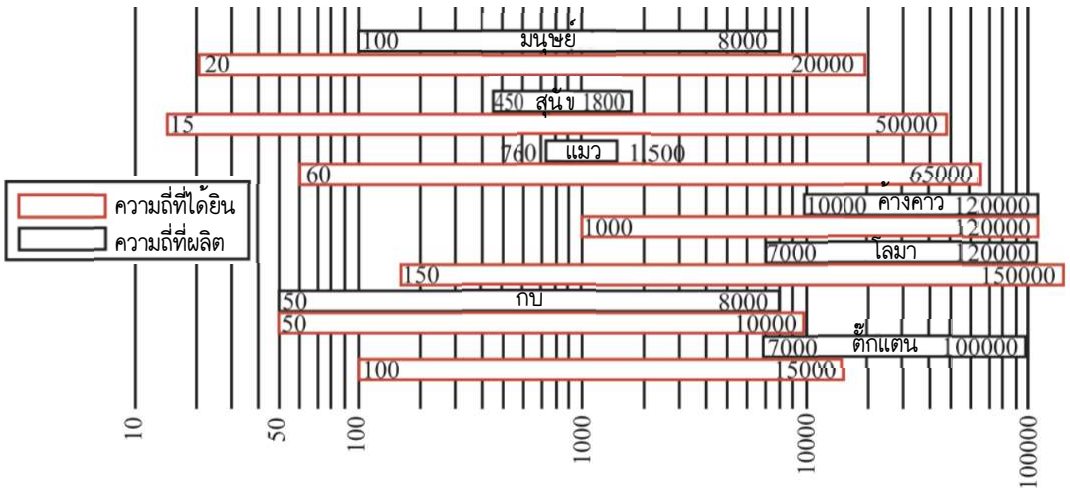
หากเสียงมีความถี่เปลี่ยนไประดับเสียงที่ได้ยินก็จะเปลี่ยนไปด้วย ความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงที่ความถี่ต่างๆ แสดงดังภาพ จะเห็นว่า **ขีดเริ่มเปลี่ยนของการได้ยิน (threshold of hearing)** และ **ขีดเริ่มเปลี่ยนของการเจ็บปวด (threshold of pain)** สำหรับเสียงแต่ละความถี่นั้นมีค่าไม่เท่ากัน



เสียงดังต่อไปนี้จะทำให้ผู้ฟังรู้สึกอย่างไร

เสียง A มีความถี่ 50 Hz มีระดับเสียง 40 dB	☐ ไม่ได้ยิน	☐ ได้ยิน	☐ ได้ยินแต่อันตราย
เสียง B มีความถี่ 5000 Hz มีระดับเสียง 119 dB	☐ ไม่ได้ยิน	☐ ได้ยิน	☐ ได้ยินแต่อันตราย
เสียง C มีความถี่ ..... Hz มีระดับเสียง ..... dB	☐ ไม่ได้ยิน	☐ ได้ยิน	☐ ได้ยินแต่อันตราย
เสียง D มีความถี่ ..... Hz มีระดับเสียง ..... dB	☐ ไม่ได้ยิน	☐ ได้ยิน	☐ ได้ยินแต่อันตราย

มนุษย์รวมถึงสัตว์แต่ละชนิดจะได้ยินเสียงในช่วงความถี่และให้เสียงที่มีช่วงความถี่ต่างกันด้วย ดังรูป

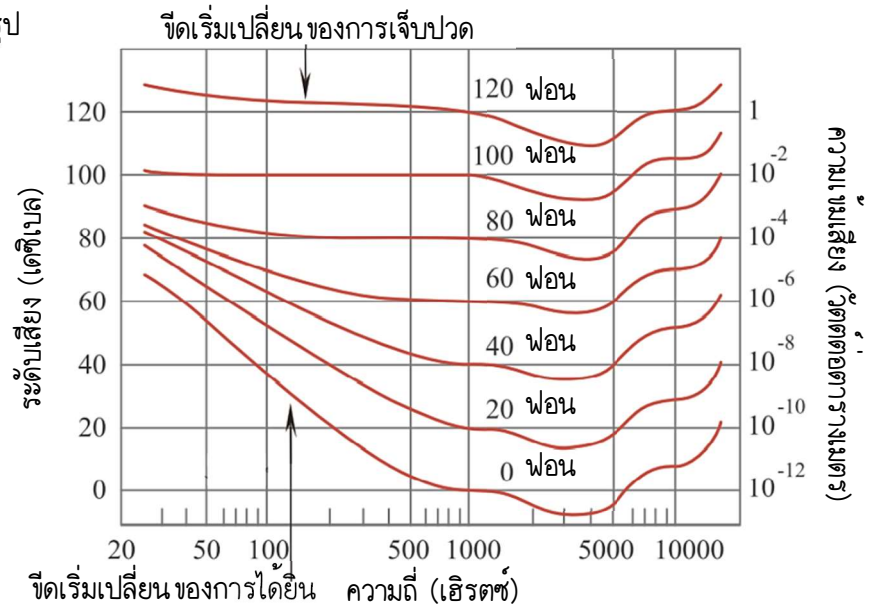


ตัวอย่างระดับเสียงจากแหล่งกำเนิดต่างๆ แสดงดังตาราง

แหล่งกำเนิด	ระดับเสียง (เดซิเบล)	ผลการรับฟัง
การหายใจปกติ	10	แทบจะไม่ได้ยิน
การกระซิบแผ่วเบา	30	เงียบมาก
สำนักงานที่เงียบ	50	เงียบ
การพูดคุยธรรมดา	60	ปานกลาง
เครื่องดูดฝุ่น	75	ดัง
โรงงานทั่วไป, ถนนที่มีการจราจรหนาแน่น	80	ดัง
เครื่องเสียงสเตอริโอในห้อง	90	รับฟังบ่อยๆ การได้ยินจะเสื่อมอย่างถาวร
เครื่องเจาะถนนแบบอัดลม	90	
เครื่องตัดหญ้า	100	
ดิสโก้เธค, การแสดงดนตรีประเภทร็อก	120	
ฟ้าผ่าระยะใกล้	130	ไม่สบายหู เจ็บปวดในหู แก้วหูชำรุดทันที
เครื่องบินไอพ่นขึ้นระยะใกล้	150	
เครื่องยนต์จรวดขนาดใหญ่ในระยะใกล้	180	

น่ารู้

ความดัง (loudness) ของเสียงเป็นการรับรู้ซึ่งขึ้นกับแต่ละคน แม้เสียงที่มีความเข้มเสียงเท่ากัน เราอาจรู้สึกว่ามีความดังที่ต่างกัน โดยหน่วยที่ใช้ในการวัดความดังคือ **ฟอน (phon)** การพิจารณาว่าเสียงที่ได้ยินนั้นมีความดังกี่ฟอนจะเปรียบเทียบกับระดับเสียง (dB) ของเสียงที่มีความถี่ 1000 Hz เช่น ข้อมูลจากการทดลอง ดังรูป



มนุษย์สามารถได้ยินเสียงที่มีระดับเสียงต่ำกว่า 0 เดซิเบล ได้หรือไม่

2.3 ระดับสูงต่ำของเสียงและคุณภาพเสียง

เสียงเป็นสิ่งสำคัญที่มีผลต่อความรู้สึกและอารมณ์ของผู้ฟังอย่างมาก เมื่อได้ยินเสียงพูด เสียงเพลงหรือเสียงสิ่งของกระทบกัน เราจะบอกได้ว่าเสียงนั้นเป็นเสียงสูงหรือเสียงต่ำ นอกจากนี้เรายังจำแนกเสียงต่างๆ ว่าเป็นเสียงจากแหล่งกำเนิดใดได้

ระดับสูงต่ำของเสียง

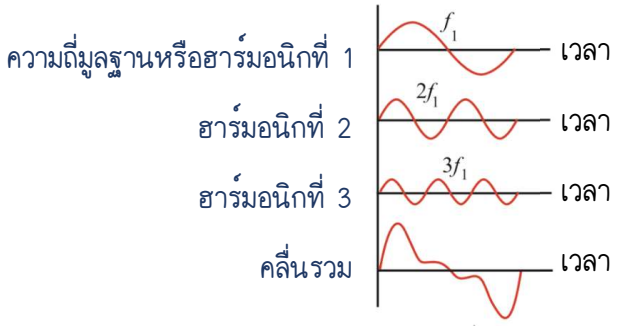
ระดับสูงต่ำของเสียง (pitch) เป็นการบอกลักษณะเสียงในเชิงคุณภาพที่ขึ้นอยู่กับผู้ฟังแต่ละคน บางคนอาจบอกว่าเสียงนี้สูงมากในขณะที่อีกคนหนึ่งอาจบอกว่าเป็นเสียงสูงธรรมดา ปริมาณที่สัมพันธ์กับระดับสูงต่ำของเสียงคือ .....ซึ่งเป็นการบอกในเชิงปริมาณ เมื่อกล่าวถึง**เสียงสูง (high pitch)** หรือ **เสียงแหลม (treble)** จะหมายถึงเสียงที่มีความถี่..... และ **เสียงต่ำ (low pitch)** หรือ **เสียงทุ้ม (bass)** หมายถึงเสียงที่มีความถี่.....

หากหลับตาฟังเพลงเดียวกันที่บรรเลงจากเครื่องดนตรีต่างชนิดกัน นักเรียนจะสามารถจำแนกได้หรือไม่

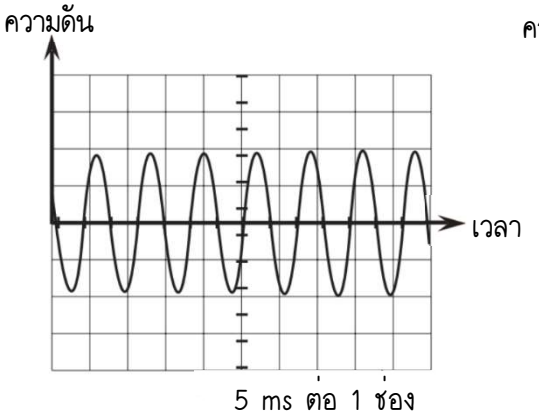
คุณภาพเสียง

เครื่องดนตรีต่างชนิดชนิดกัน เช่น เปียโนและขลุ่ย เล่นตัวโน้ตตัวเดียวกันที่มีความถี่เท่ากัน แต่เราก็สามารถแยกได้ว่าเสียงใดเป็นเสียงจากเปียโน เสียงใดเป็นเสียงจากขลุ่ย เนื่องจากเครื่องดนตรีทั้งสองนี้มี **คุณภาพเสียง (quality of sound)** แตกต่างกัน คุณภาพเสียงในวิชาฟิสิกส์ไม่ใช่การระบุว่าเสียงจากเครื่องดนตรีชนิดใดไพเราะกว่ากัน แต่เป็นการบอกถึงรูปแบบของเสียงที่ มีความเฉพาะตัวของเครื่องดนตรีแต่ละชนิด คล้ายกับลายนิ้วมือของแต่ละคน

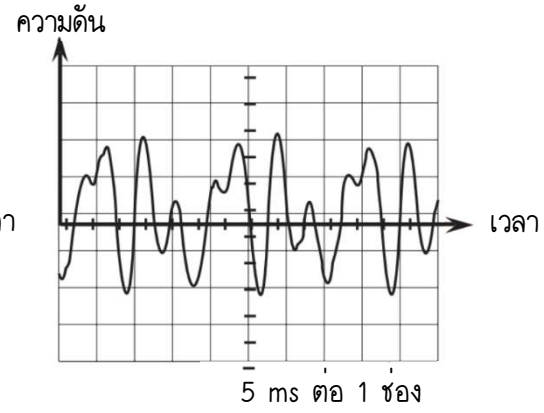
เมื่อเครื่องดนตรีเล่นโน้ตตัวหนึ่ง เครื่องดนตรีจะผลิตเสียงที่มีความถี่หลายค่าออกมาพร้อมกันเรียกว่า **ฮาร์มอนิก (harmonics)** เสียงที่มีความถี่ต่ำสุดเรียกว่า **ฮาร์มอนิกที่หนึ่ง (first harmonic)** หรือ **ความถี่มูลฐาน (fundamental frequency : f_1)** เสียงที่เหลือจะมีความถี่เป็นจำนวนเต็มเท่าของความถี่มูลฐาน ดังสมการ $f_n = nf_1$



ขณะที่แหล่งกำเนิดเสียงสั่นจะให้เสียงซึ่งมีฮาร์มอนิกต่างๆ จะออกมาพร้อมกันเสมอแต่จำนวนฮาร์มอนิกและแอมพลิจูดของแต่ละฮาร์มอนิกจะแตกต่างกันไป เมื่อมารวมกันทำให้ลักษณะของคลื่นเสียงที่ออกมาแตกต่างกันสำหรับแหล่งกำเนิดเสียงที่ต่างกัน หรืออาจสังเกตได้จากรูปร่างคลื่นความดัน ดังภาพ



รูปคลื่นเสียงของขลุ่ยไทย



รูปคลื่นเสียงของทรัมเปต

2.4 มลพิษทางเสียงและการป้องกัน

เสียงที่ระดับเสียงสูงมากจนเกินไปจนทำให้เกิดอันตรายต่อหูหรือเสียงที่ก่อให้เกิดความรำคาญ จัดว่าเป็น**เสียงรบกวน (noise)** หากฟังเป็นเวลานานอาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพและจิตใจ เสียงรบกวนที่ดังและมีระดับเสียงสูง และก่อให้เกิดความรำคาญแก่ผู้ฟังจัดเป็น **มลพิษทางเสียง (noise pollution)** ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้ฟังได้

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization; WHO) ได้ให้ข้อแนะนำเกี่ยวกับระดับเสียงของเสียงรบกวนในชุมชนและเสียงรบกวนในสถานประกอบการที่ไม่ก่อให้เกิดอันตราย ดังนี้

✿ เสียงรบกวนในชุมชนที่มีระดับเสียงเฉลี่ยไม่เกิน 70 เดซิเบล จะไม่เป็นอันตรายต่อการได้ยิน

✿ เสียงรบกวนในสถานประกอบการ องค์การอนามัยโลกได้กำหนดระดับเสียงและช่วงเวลาไว้ว่า

“ไม่เกิน 85 เดซิเบล ติดต่อกันวันละ 8 ชั่วโมง”

ค่าจำกัดนี้จะป้องกันไม่ให้ผู้ปฏิบัติงานสูญเสียการได้ยินอย่างถาวรได้ แต่ถ้าได้รับเสียงรบกวนเกิน 85 เดซิเบลมากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวันจะก่อให้เกิดอันตรายได้ และถ้าได้รับเสียงรบกวนเกิน 90 เดซิเบล มากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน จะสูญเสียการได้ยินชั่วคราว

ในประเทศไทยได้กำหนดมาตรฐานระดับเสียงต่าง เพื่อควบคุมระดับเสียงให้อยู่ในระดับที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกายและจิตใจ อันเป็นการแก้ไขปัญหามลพิษทางเสียงได้ทางหนึ่ง ตัวอย่างเช่น มาตรฐานระดับเสียงที่เกี่ยวข้องกับสถานประกอบการ ดังนี้

ประกาศกระทรวงมหาดไทย เรื่องความปลอดภัยในการทำงานเกี่ยวกับภาวะแวดล้อม กำหนดให้ภายในสถานประกอบการที่มีลูกจ้างคนใดคนหนึ่งทำงานดังต่อไปนี้

✿ ไม่เกินวันละ 7 ชั่วโมง จะต้องมีระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน 91 เดซิเบล

✿ เกินวันละ 7 ชั่วโมงแต่ไม่เกิน 8 ชั่วโมง จะต้องมีระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน 90 เดซิเบล

✿ เกินวันละ 7 ชั่วโมงแต่ไม่เกิน 8 ชั่วโมง จะต้องมีระดับเสียงที่ลูกจ้างได้รับติดต่อกันไม่เกิน 90 เดซิเบล

✿ นายจ้างจะให้ลูกจ้างทำงานในที่มีระดับเสียงเกินกว่า 140 เดซิเบลไม่ได้

ear plugs สามารถลดระดับเสียงได้ 15 - 25 dB และ ear muffs สามารถลดระดับเสียงได้ 30 - 40 dB

แนวทางการลดมลพิษทางเสียง

การควบคุมที่แหล่งกำเนิดเสียง

การควบคุมทางผ่านของเสียง

การควบคุมที่ผู้รับฟังเสียง

น่าคิด

นักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้นกับเจ้าของกระทู้จัดเป็นมลพิษทางเสียงหรือไม่ และจะช่วยแก้ปัญหานี้ได้อย่างไร ช่วยกันแสดงความคิดเห็น

ข้างบ้านเปิดเพลงไม่ดัง แต่เราทนไม่ได้ ปวดหัวมาก

สุขภาพจิต | บ้าน | ปัญหาชีวิต

? กระทู้คำถาม

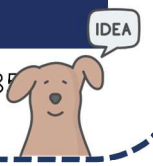
ข้างบ้านเราจะ เจีย/ตัดเหล็ก/เปิดเพลง ในลานโล่งกลางแจ้ง เสียงก็จะมาเป็นพักๆ ดังบ้าง ไม่ดังบ้าง เราก็พยายามทำใจ เพราะร้องทุกข์ไปเขาก็ทำได้แค่ไกล่เกลี่ย โดยเจ้าของกิจการบอกว่าจะทำโกดังเร็วๆนี้ (จริงๆตามกฎหมายมันก็ต้องเป็นแบบนั้นนะคะ) แต่ผ่านมานานมากตั้งแต่ตันปีแล้วมันก็ไม่มีคืบหน้า เสาสักต้นยังไม่ขึ้นเลย แต่ข้างบ้านก็ยังคงทำงานเจียเหล็กกันทุกวีวัน 8โมง ถึง 5โมง เราเองก็ไม่อยากร้องทุกข์อีกแล้ว เพราะถือว่าผู้ใหญ่คุยกันแล้ว เลยรอดูอีกนิด

ปัญหาที่เรามีคือ เราจะได้ยินเสียงดังๆ หึ่มๆ แบบเสียงเครื่องเสียง หึ่มๆ (เค้าเรียกว่าเสียงอะไรคะ กลองรึเบส? คือไม่ทราบจริงๆ) ดังในหัวเราตลอดเวลา คือมันน่ารำคาญมากนะคะ แต่พอเปิดประตูออกไปดู เค้าก็ไม่ได้เปิดเพลงดังนะคะ คือเปิดแค่พอฟัง แต่เราจะได้ยินก็กก้องในบ้านทุกที่ที่เดินไปเลย นอนไม่ได้ แต่พอเขาปิดเราก็โอเคเลยนะ คือไม่ได้ยินและจะสบายใจมาก คือไม่ได้ยินจะอารมณ์ดีเลยล่ะ

ดิฉันเป็นอะไรค่ะ เป็นโรคประสาทรึเปล่า ทำไมถามน้อง น้องบอกว่าไม่ได้ยินเลยคือมันไม่ได้ดังจนรบกวนเลย น้องบอกถ้าตั้งใจฟังดีๆจะได้ยินแต่เราจะได้ยินก็กก้องในหัวตลอดเลย จะเปิดค่อยแค่ไหนก็ได้ยิน

ขอร้องว่าอย่าบอกให้ย้ายบ้านนะคะ เราอยากแก้ที่ตัวเองมากกว่าค่ะ

ขอบคุณสำหรับทุกความคิดเห็นนะคะ



ที่มา : https://pantip.com/topic/32618[illegible]

แบบตรวจสอบความเข้าใจ

1. กำลังเสียงและความเข้มเสียงมีความสัมพันธ์กันอย่างไร และเกี่ยวข้องความดังของเสียงที่เราได้ยินหรือไม่

.....

.....

2. ในการอ้างอิงหรือการใช้งานในชีวิตประจำวันนิยมใช้ระดับเสียงเป็นสิ่งบอกความดังของเสียงแทนความเข้มเสียง เพราะเหตุใด

.....

.....

3. ในบางครั้งเราอาจเรียกสุนัขด้วยการเป่านกหวีดชนิดพิเศษที่คนไม่ได้ยินเสียง นกหวีดชนิดนี้ควรให้เสียงความถี่เป็นอย่างไร .....

4. เล่นไวโอลินและกีตาร์ด้วยเสียง A ความถี่ 440 เฮิรตซ์แต่เสียงที่ออกมาจากเครื่องดนตรีทั้งสองมีคุณภาพเสียงต่างกันเป็นเพราะเหตุใด

.....

.....

5. ความถี่ต่ำสุดที่เกิดจากเครื่องดนตรีชนิดหนึ่งๆ มีชื่อเรียกว่าอย่างไร

.....

6. รถที่วิ่งบนทางด่วนสายหนึ่งทำให้เกิดเสียงรบกวนที่มีระดับเสียงเฉลี่ย 80 เดซิเบล ที่ระยะห่างจากถนน 20 เมตร ถ้าท่านมีบ้านในบริเวณดังกล่าว จะมีวิธีการอย่างไรจึงจะทำให้ได้ยินเสียงนี้โดยมีระดับเสียงลดลง

.....

.....

.....

แบบฝึกหัด

1. หวูดในโรงงานมีกำลังเสียง 20 วัตต์ถ้าคลื่นเสียงจากหวูดแผ่หน้าคลื่นออกไปเป็นรูปทรงกลมจงหาความเข้มเสียงที่ผิวทรงกลมซึ่งอยู่ห่างจากหวูด 150 เมตร

2. เครื่องเสียงเครื่องหนึ่งในเวลา 5 วินาทีส่งพลังงานออกไป 750π จูล ที่ระยะห่างจากเครื่องเสียง 50 เมตร มีความเข้มเสียงเท่าใด

3. เสียงที่มีความเข้มเสียง 4.9×10^{-7} วัตต์ต่อตารางเมตร จะมีระดับเสียงเท่าใด

4. เสียงที่เกิดจากอุปกรณ์ชิ้นหนึ่งขณะทำงานมีระดับเสียง 50 เดซิเบล จะมีความเข้มเสียงเท่าใด

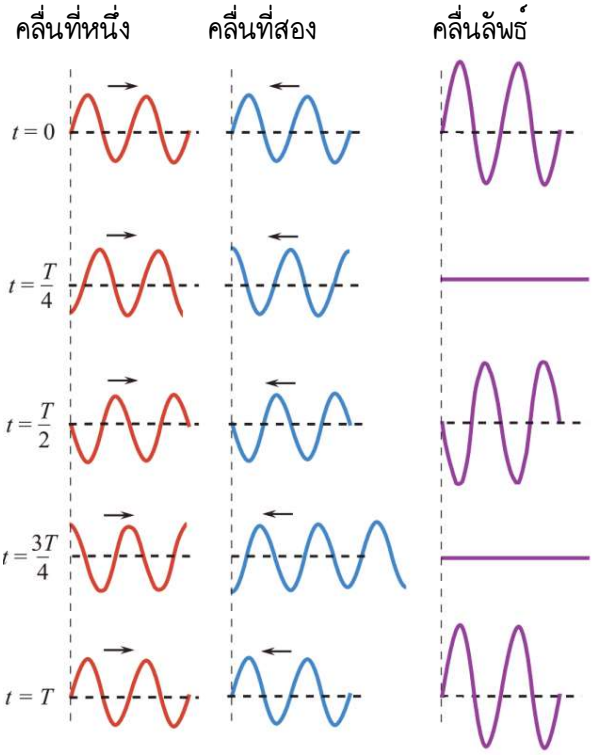
5. ขลุ่ยไทยเล่นโน้ต “เร” มีความถี่มูลฐานเท่ากับ 289 เฮิรตซ์ถ้า 4 ฮาร์มอนิกแรกที่เกิดได้แก่ ฮาร์มอนิกที่หนึ่ง ฮาร์มอนิกที่สาม ฮาร์มอนิกที่ห้า และฮาร์มอนิกที่เจ็ด แต่ละฮาร์มอนิกมีความถี่เท่าใด

3. ปรากฏการณ์เกี่ยวกับเสียง

เสียงเป็นคลื่นชนิดหนึ่งที่มนุษย์รับรู้ได้ง่ายที่สุดจากการได้ยิน ดังนั้นนอกจากเสียงจะมีสมบัติ สะท้อน หักเห แทรกสอดและเลี้ยวเบนแล้ว ในเรื่องเสียงเรายังจะศึกษาปรากฏการณ์ต่างๆที่เกิดขึ้นด้วย ซึ่งปรากฏการณ์เหล่านั้นเป็นผลทำให้เราได้ยินเสียงในลักษณะที่แตกต่างกันออกไป

3.1 คลื่นนิ่งของเสียง

พิจารณาคลื่น 2 ขบวนที่มีแอมพลิจูด ความถี่ และความยาวคลื่นเท่ากัน กำลังเคลื่อนที่ในทิศสวนทางกัน คลื่นลัพธ์หาได้จากหลักการซ้อนทับ ดังภาพ



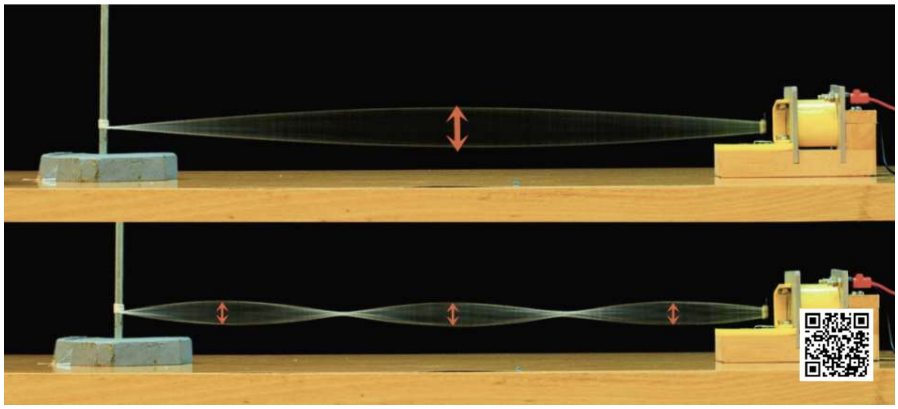
✿ ตำแหน่งซึ่งขนาดการกระจัดของอนุภาคของตัวกลางเป็นศูนย์ตลอดเวลาเรียกว่า **บัพ** เป็นตำแหน่งที่อนุภาคของตัวกลางอยู่นิ่ง

✿ ตำแหน่งซึ่งขนาดการกระจัดของอนุภาคของตัวกลางมีค่าสูงสุดเรียกว่า **ปฏิบัพ** เป็นตำแหน่งที่อนุภาคของตัวกลางเคลื่อนที่ไปจากตำแหน่งสมดุลมากที่สุด ซึ่งอนุภาคที่ตำแหน่งนี้จะสั่นไปมาด้วยแอมพลิจูดสูงสุด

ระยะระหว่างบัพหรือระหว่างปฏิบัพที่อยู่ถัดกันมีค่า.....
และระยะระหว่างบัพกับปฏิบัพที่อยู่ถัดกันมีค่า.....

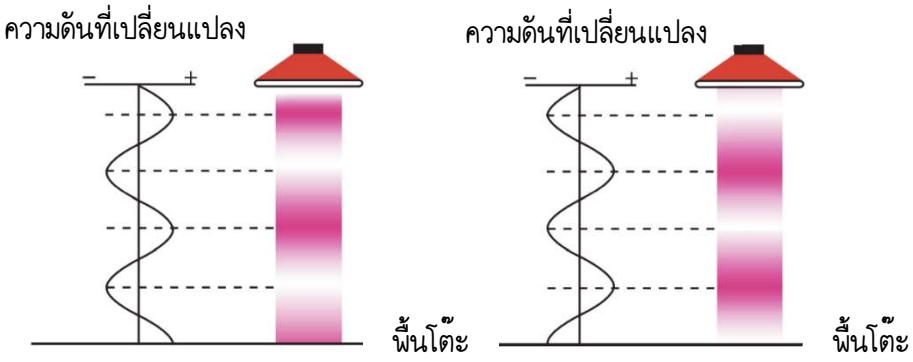
Learn
ศึกษาเพิ่มเติมจาก simulation

เนื่องจากคลื่นลัพธ์ที่เกิดขึ้นจะมีตำแหน่งที่อยู่นิ่งตลอดเวลา (บัพ) และตำแหน่งที่เปลี่ยนแปลงแอมพลิจูดตลอดเวลา (ปฏิบัพ) โดยมีบัพและปฏิบัพอยู่กับที่ คลื่นลัพธ์นี้จึงไม่มีการเคลื่อนที่ไปตามการเคลื่อนที่ของคลื่นทั้งสองลักษณะของคลื่นลัพธ์ที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่า **คลื่นนิ่ง (standing wave)**



ภาพและวิดีโอการทดลอง เรื่อง คลื่นนิ่งตามขวางในเส้นเชือก

หากทดลองเปิดเสียงจากลำโพงเคลื่อนที่ไปกระทบพื้นโต๊ะ ดังภาพ จะเกิดการสะท้อนสะท้อนและเสียงที่สะท้อนจากพื้นโต๊ะนี้จะซ้อนทับกับเสียงที่ออกจากลำโพงโดยตรง ทำให้เกิดการแทรกสอดที่มีลักษณะเป็นคลื่นนิ่งได้



ภาพจำลองผลทดลอง คลื่นนิ่งของเสียงที่เวลาต่างกันครึ่งคาบ

โดยเราจะได้ยินเสียงดังและค่อยสลับกันไป เมื่อได้ยินเสียง ณ ตำแหน่งต่างๆ ระหว่างลำโพงกับพื้นโต๊ะ

✿ ตำแหน่งที่ได้ยินเสียงดังแสดงว่ามีการเปลี่ยนแปลงความดันตลอดเวลา (ปฏิบัพความดัน)

✿ ตำแหน่งที่ได้ยินเสียงค่อยแสดงว่า ความดันปกติตลอดเวลา (บัพความดัน)

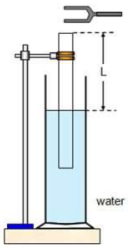
ขณะที่เกิดคลื่นนิ่งของเสียง ระยะระหว่างบัพความดันคู่หนึ่งที่อยู่ถัดกันมีค่าเท่าใด

3.2 การสั่นพ้องของอากาศในท่อ

เมื่อทำให้วัตถุสั่นอย่างอิสระ วัตถุจะสั่นด้วย **ความถี่ธรรมชาติ (natural frequency)** ค่าหนึ่ง หากวัตถุถูกกระตุ้นด้วยความถี่ของการกระตุ้นเท่ากับหรือใกล้เคียงกับความถี่ธรรมชาติของวัตถุนั้นอย่างต่อเนื่อง วัตถุก็จะสั่นด้วยแอมพลิจูดที่มีค่ามากหรือเรียกว่าเกิด **การสั่นพ้อง หรือ เรโซแนนซ์** และเรียกความถี่ที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องนี้ว่า **ความถี่การสั่นพ้อง** หรือ **ความถี่เรโซแนนซ์ (resonant frequency)**

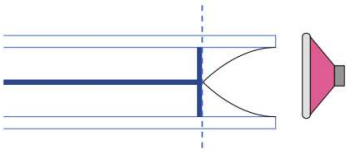
จำได้มั้ย ? เรื่องนี้อยู่ในฟิสิกส์ ม.4 “การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่าง

ในทำนองเดียวกันถ้าพิจารณาลำอากาศที่อยู่ในท่อที่มีปลายปิดหนึ่งด้าน เมื่ออนุภาคของอากาศในท่อนี้ถูกกระตุ้นจะสั่นด้วยความถี่ธรรมชาติค่าหนึ่ง หากเรากระตุ้นอนุภาคอากาศในท่อให้สั่นด้วยเสียงความถี่ต่างๆ เมื่อปรับความยาวของลำอากาศในท่อทำให้เกิดการสั่นพ้องของลำอากาศในท่อได้



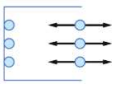
การสั่นพ้องของอากาศในหลอดเรโซแนนซ์ (ปรับความยาวได้)

หากเราทำการทดลองเปิดลำโพงให้คลื่นเสียงเข้าสู่ท่อปลายปิดหนึ่งด้าน จะเกิดการแทรกสอดกันของคลื่นเสียงจากลำโพงและคลื่นเสียงที่สะท้อนจากลูกสูบ จากนั้นค่อยๆ เลื่อนลูกสูบออกจากปลายท่อด้านที่ใกล้กับลำโพงจนถึงตำแหน่งหนึ่งที่ทำให้เกิดคลื่นนิ่งของลำอากาศในท่อ

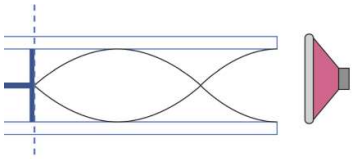


การสั่นพ้องครั้งที่ 1 : ได้ยินเสียงดังที่สุดเป็นครั้งแรก ที่ตำแหน่งนี้ลำอากาศในท่อมีความยาวเท่ากับ.....

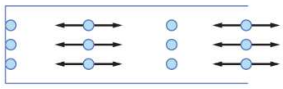
✿ อนุภาคอากาศที่ตำแหน่งติดกับลูกสูบไม่มีการเคลื่อนที่หรือเป็นตำแหน่ง.....ของการกระจัด



✿ อนุภาคอากาศที่บริเวณปลายท่อด้านที่เปิดสู่อากาศจะมีการสั่นมากที่สุดหรือเป็นตำแหน่ง.....ของการกระจัด

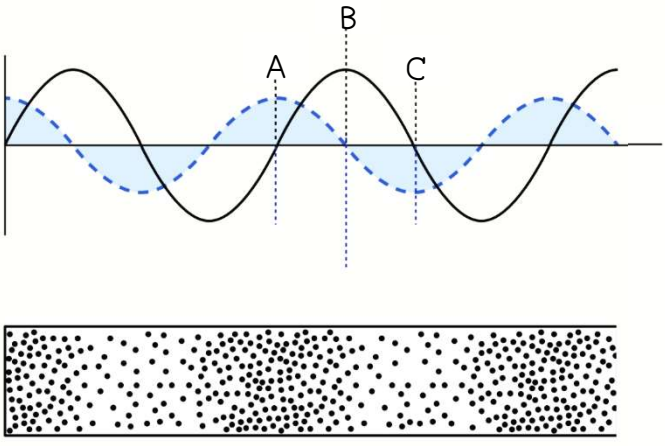


การสั่นพ้องครั้งที่ 2 : จะได้ยินเสียงดังกว่าปกติขึ้นอีกครั้งหนึ่ง ที่ตำแหน่งนี้ความยาวของลำอากาศในท่อมีค่าเท่ากับ.....



เมื่อวัดระยะห่างระหว่างตำแหน่งของลูกสูบที่เกิดการสั่นพ้องครั้งแรกกับตำแหน่งของลูกสูบเมื่อเกิดการสั่นพ้องครั้งที่สอง พบว่ามีค่า.....

รูปคลื่นที่วาดประกอบในท่อปลายปิดหนึ่งด้าน ขณะเกิดการสั่นพ้องนั้นเป็น **กราฟการกระจัด** หากพิจารณากราฟการเปลี่ยนแปลงความดันอากาศในท่อจะได้กราฟที่มีเฟสต่างกัน 90 องศา โดย **ตำแหน่งที่เป็นบัพของการกระจัด (ติดลูกสูบ) เป็นปฏิบัพของความดัน** ส่วน**ตำแหน่งที่เป็นปฏิบัพของการกระจัด (ปลายท่อด้านเปิดสู่อากาศ) เป็นบัพของความดัน** ดังรูป



การกระจัด ————

ความดันที่เปลี่ยนแปลง ---------

A	บัพของการกระจัด
	ปฏิบัพของความมดัน
B	ปฏิบัพของการกระจัด
	บัพของความมดัน
C	บัพของการกระจัด
	ปฏิบัพของความมดัน

การสั่นพ้องของอากาศในท่อปลายปิดหนึ่งด้านที่มีความยาวคงตัว

หากเราทำการทดลองเปลี่ยนความถี่ของเสียงที่ใส่ให้กับท่อปลายปิดหนึ่งด้านที่มีความยาวคงตัว L จะพบว่ามีความถี่หลายค่าที่สามารถทำให้เกิดเสียงดังที่สุดหรือเกิดการสั่นพ้องกับลำอากาศในท่อ

การสั่นพ้องครั้งที่	กราฟการกระจัด	ความยาวคลื่น	ความถี่
n = 1 ฮาร์มอนิกที่ 1			
n = 2 ฮาร์มอนิกที่ 3			
n = 3 ฮาร์มอนิกที่ 5			
n = 4 ฮาร์มอนิกที่ 7			

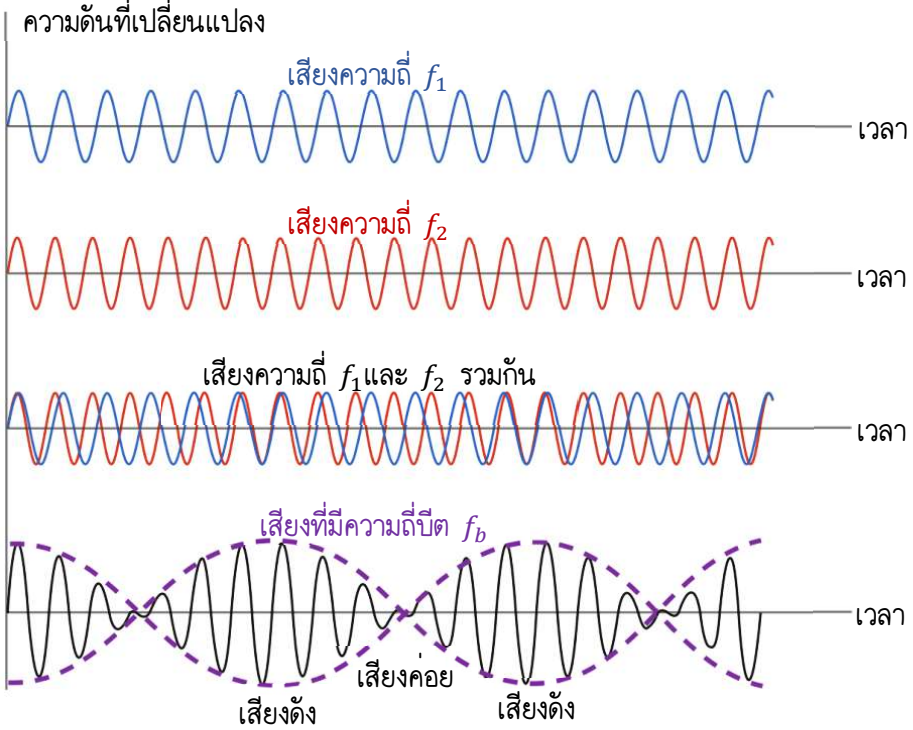
จากการสังเกตความสัมพันธ์ข้างต้น ถ้าให้ f_1 เป็นความถี่ต่ำสุดที่เกิดการสั่นพ้อง เรียกว่า **ความถี่มูลฐาน** ความถี่การสั่นพ้องถัดๆ ไปมีค่าสูงขึ้นเป็น $3f_1$, $5f_1$, $7f_1$, ตามลำดับ เราสามารถเขียนความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นหรือความถี่การสั่นพ้องกับความยาวของลำอากาศในท่อปลายปิดหนึ่งด้านได้ดังสมการ

3.3 บีต

เมื่อคลื่นเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงสองแหล่งที่มีความต่างกันเล็กน้อยเคลื่อนที่มาพบกัน จะเกิดปรากฏการณ์ที่ได้ยินเสียงดัง-ค่อยสลับกันเป็นจังหวะคงตัว เรียกว่า **บีต (beats)** โดยจำนวนครั้งที่ได้ยิน เสียงดัง-ค่อยในหนึ่งวินาที เรียกว่า **ความถี่บีต (beat frequency)** ซึ่งหาได้จากผลต่างของความถี่ของคลื่นเสียงทั้งสอง

และสามารถคำนวณหาความถี่เสียงขณะเกิดเสียงดังได้จากสมการ

บีตเกิดจากการรวมกันของคลื่นที่มีความถี่ต่างกันเล็กน้อย เช่น การรวมกันของคลื่นเสียงที่มีความถี่ f_1 และ f_2 เป็นเสียงซึ่งมีความถี่บีต f_b แสดงได้ดังรูป



Learn ศึกษาเพิ่มเติมจาก simulation

3.4 ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์

หากนักเรียนลองสังเกตขณะที่รถพยาบาลหรือรถกู้ภัยที่เปิดไซเรนและเคลื่อนที่เข้าหาหรือออกจากเรา เสียงไซเรนที่ได้ยินจากรถจะมี.....เปลี่ยนไป

Learn ศึกษาเพิ่มเติมจากวิดีโอ

การที่เราได้ยินเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงมีความถี่เปลี่ยนไปจากเดิมเนื่องจาก**การเคลื่อนที่สัมพัทธ์ระหว่างแหล่งกำเนิดเสียงและผู้สังเกต** เรียกว่า **ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ (Doppler effect)** ซึ่งสามารถแบ่งการพิจารณาออกเป็นกรณีต่างๆ ดังต่อไปนี้

ตำแหน่งและทิศการเคลื่อนที่	วาดภาพประกอบ	ความถี่ของเสียงที่ผู้สังเกตได้ยิน
แหล่งกำเนิดเสียง และผู้สังเกตอยู่นิ่ง		ได้ยินเสียงความถี่.....แหล่งกำเนิด
แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ เข้าหาผู้สังเกตที่อยู่นิ่ง		ได้ยินเสียงความถี่.....แหล่งกำเนิด
แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ ออกจากผู้สังเกตที่อยู่นิ่ง		ได้ยินเสียงความถี่.....แหล่งกำเนิด
ผู้สังเกตเคลื่อนที่ เข้าหาแหล่งกำเนิดเสียงที่อยู่นิ่ง		ได้ยินเสียงความถี่.....แหล่งกำเนิด
ผู้สังเกตเคลื่อนที่ออกจาก แหล่งกำเนิดเสียงที่อยู่นิ่ง		ได้ยินเสียงความถี่.....แหล่งกำเนิด
แหล่งกำเนิดเสียง และผู้สังเกตเคลื่อนที่เข้าหากัน		ได้ยินเสียงความถี่.....แหล่งกำเนิด
แหล่งกำเนิดเสียงและผู้สังเกต เคลื่อนที่ออกจากกัน		ได้ยินเสียงความถี่.....แหล่งกำเนิด
แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ตามหลัง ผู้สังเกตด้วยอัตราเร็วเท่ากัน		ได้ยินเสียงความถี่.....แหล่งกำเนิด
แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ตามหลัง ผู้สังเกตด้วยอัตราเร็วมากกว่า		ได้ยินเสียงความถี่.....แหล่งกำเนิด
แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่ตามหลัง ผู้สังเกตด้วยอัตราเร็วน้อยกว่า		ได้ยินเสียงความถี่.....แหล่งกำเนิด
แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่นำหน้า ผู้สังเกตด้วยด้วยอัตราเร็วเท่ากัน		ได้ยินเสียงความถี่.....แหล่งกำเนิด
แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่นำหน้า ผู้สังเกตด้วยอัตราเร็วมากกว่า		ได้ยินเสียงความถี่.....แหล่งกำเนิด
แหล่งกำเนิดเสียงเคลื่อนที่นำหน้า ผู้สังเกตด้วยอัตราเร็วน้อยกว่า		ได้ยินเสียงความถี่.....แหล่งกำเนิด

เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงกับผู้ฟังอยู่ **ใกล้กัน** มากขึ้นผู้สังเกตจะได้ยินเสียงความถี่.....แหล่งกำเนิด
เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงกับผู้ฟังอยู่ **ห่างกัน** มากขึ้นผู้สังเกตจะได้ยินเสียงความถี่.....แหล่งกำเนิด

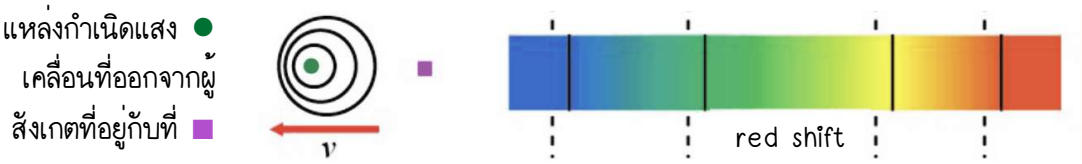
น่ารู้

เรดาร์ (radar : radio detection and ranging) เป็นระบบที่ใช้คลื่นวิทยุในการตรวจหาตำแหน่ง ทิศทางและอัตราเร็วของวัตถุที่กำลังเคลื่อนที่ ตัวอย่างเช่น เครื่องบิน เรือ ขีปนาวุธ รถ รวมทั้งพายุที่กำลังก่อตัว

เครื่องส่งของเรดาร์ปล่อยคลื่นวิทยุที่ทราบความถี่ (เรียกว่าสัญญาณเรดาร์) ในทิศทางที่คาดว่ามีวัตถุที่กำลังตรวจหา เมื่อคลื่นวิทยุไปกระทบวัตถุคลื่นจะสะท้อนกลับไปยังเครื่องรับ โดยคลื่นที่รับได้จะมีความถี่เปลี่ยนไปเล็กน้อยตามหลักการของปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ความถี่ที่เปลี่ยนไป (Δf) มีความสัมพันธ์กับอัตราเร็ว (v) ของวัตถุ ทำให้สามารถวิเคราะห์ได้ว่าวัตถุนั้นอยู่ที่ตำแหน่งใด กำลังเคลื่อนที่ไกลออกไปหรือใกล้เข้ามาในทิศทางใดและมีอัตราเร็วเท่าใด หลักการเรดาร์ยังใช้ได้กับ**โซนาร์ (Sonar : sound navigation and ranging)** ซึ่งใช้คลื่นเหนือเสียง

น่ารู้

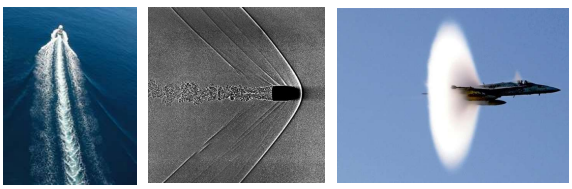
การศึกษาทางดาราศาสตร์ เอ็ดวิน ฮับเบิล (Edwin P Hubble) ได้ศึกษาสเปกตรัมของแสงจากดาวฤกษ์ในกาแล็กซีอื่น เขาพบว่าสเปกตรัมของแสงมีการเลื่อนไปทางด้านที่ความยาวคลื่นมากขึ้น (ความถี่ลดลง) หรือ **การเลื่อนไปทางแดง (red shift)**



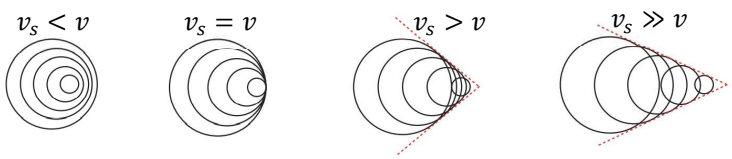
ซึ่งผลนี้เกิดจากปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ ความยาวคลื่นที่เปลี่ยนไป (เพิ่มขึ้น) มีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วของกาแล็กซี ทำให้เขาหาอัตราเร็วของกาแล็กซีได้และสรุปว่า **"กาแลกซีทั้งหลายกำลังเคลื่อนที่ห่างจากเราด้วยอัตราเร็วสูง"** การค้นพบนี้สำคัญมากเพราะเป็นหลักฐานที่แสดงว่า **"เอกภพกำลังขยายตัว"**

3.5 คลื่นกระแทก

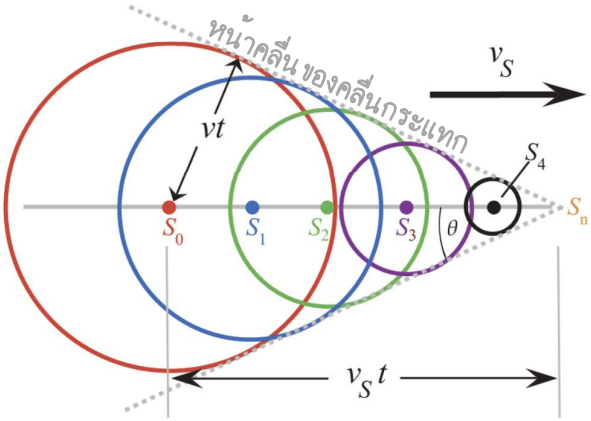
คลื่นกระแทก (shock wave) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อวัตถุต้นกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่เร็วกว่าอัตราเร็วคลื่นในตัวกลางนั้น เช่น เรือวิ่งเร็วกว่าอัตราเร็วคลื่นน้ำ กระสุนที่วิ่งเร็วกว่าอัตราเร็วเสียงในอากาศ เครื่องบินที่บินด้วยอัตราเร็วเหนือเสียง



ลักษณะหน้าคลื่นเมื่อแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วต่างๆ



พิจารณารูปต่อไปนี้ แสดงหน้าคลื่นที่แผ่ออกจากแหล่งกำเนิดด้วยอัตราเร็ว v



✿ วงกลมสีแดงแทนหน้าคลื่นที่แผ่ออกจากแหล่งกำเนิดเสียง ณ เวลาเริ่มต้นที่ตำแหน่ง S_0

✿ ในช่วงเวลา t หน้าคลื่นจะเคลื่อนที่ได้ระยะทาง vt ในขณะเดียวกันแหล่งกำเนิดเสียงซึ่งเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็ว v_s จะเคลื่อนที่ได้ระยะทาง $v_s t$ และจะไปอยู่ที่ตำแหน่ง S_n

✿ แหล่งกำเนิดเสียงจะแผ่คลื่นออกมาตลอดเวลาระหว่างที่เคลื่อนที่โดยเมื่อแหล่งกำเนิดเสียงอยู่ที่ตำแหน่ง S_0, S_1, S_2, S_3 จะแผ่หน้าคลื่นออกมา แทนด้วยวงกลมที่มี S_0, S_1, S_2, S_3 เป็นศูนย์กลางตามลำดับ

✿ ที่ตำแหน่ง S_n แหล่งกำเนิดยังไม่แผ่คลื่นออกมาจึงมีลักษณะเป็นจุด

✿ เมื่อลากเส้นสัมผัสหน้าคลื่นวงกลมทั้งหมดได้เป็นแนวหน้าคลื่นอัดตัวกัน เรียกว่าหน้าคลื่น ของคลื่นกระแทก โดยแนวหน้าคลื่นกระแทกทำมุมกับแนวการเคลื่อนที่ของแหล่งกำเนิดเป็นมุม θ เรียกว่า **มุมมัค (Mach angle)**

Learn
ศึกษาเพิ่มเติมจากวิดีโอ

เครื่องบินที่บินด้วยอัตราเร็วเหนือเสียงจะเกิดคลื่นกระแทกและทำให้เกิดเสียงดังที่เรียกว่า **ซอนิกบูม (Sonic boom)**

น่ารู้

เลขมัค (Mach number : M) เป็นอัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วของแหล่งกำเนิดเสียงต่ออัตราเร็วเสียงในตัวกลาง หรือเขียนเป็นสมการ

$$\mathrm{M} = \frac{v_s}{v}$$

นั่นคือ ถ้า $v_s > v$ หรือแหล่งกำเนิดเคลื่อนที่ด้วย**อัตราเร็วเหนือเสียง (supersonic speed)** จะเกิดคลื่นกระแทก และสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างเลขมัคและมุมมัคได้ดังสมการ

$$sin\theta = \frac{vt}{v_s t} = \frac{v}{v_s} = \frac{1}{\mathrm{M}}$$

แบบตรวจสอบความเข้าใจ

1. การสั่นพ้องของเสียงเกิดขึ้นได้อย่างไร

.....

.....

.....

2. แหล่งกำเนิดเสียงสองตัวให้เสียงความถี่ 438 และ 440 เฮิรตซ์พร้อมกัน จะเกิดปรากฏการณ์ใดของเสียง

.....

3. เรือลำหนึ่งกำลังแล่นเข้าหาหน้าผา กัปตันเรือเปิดหวูดส่งสัญญาณเสียงด้วยความถี่คงตัวโดยเปิดสัญญาณอย่างต่อเนื่อง พบว่าผู้ฟังบนเรือได้ยินเสียงบีตเพราะเหตุใด

.....

.....

.....

4. เด็กคนหนึ่งยืนที่ป้ายรถเมล์ได้ยินเสียงไซเรนของรถพยาบาลซึ่งกำลังแล่นบนถนนตรงมายังตนเองด้วยอัตราเร็วคงตัวจนกระทั่งผ่านไป จงเปรียบเทียบความถี่เสียงปรากฏต่อเด็กกับความถี่เสียงไซเรน

ก. ขณะที่รถยังไม่ผ่านเด็ก

.....

ข. ขณะที่รถกำลังผ่านเด็ก

.....

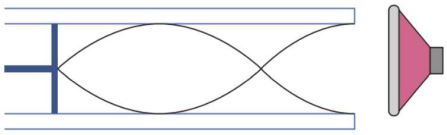
ค. ขณะที่รถผ่านเด็กไปแล้ว

.....

แบบฝึกหัด

กำหนดให้ ในกรณีที่ไม่ได้กำหนดเป็นค่าอื่น ให้อัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 346 เมตรต่อวินาที

1. ท่อปลายปิดหนึ่งด้านเกิดการสั่นพ้องกับลำโพงที่ความถี่ 2400 เฮิรตซ์ เกิดคลื่นนิ่งของเสียงในท่อ ดังรูป ความถี่มูลฐานที่จะทำให้เกิดการสั่นพ้องได้มีค่าเท่าใด



2. ส้อมเสียงสามอันมีความถี่ 396 เฮิรตซ์ 400 เฮิรตซ์และ 403 เฮิรตซ์ส้อมเสียงชุดนี้ทำให้เกิดความถี่บีตทั้งหมดกี่ค่าและมีค่าเท่าใดบ้าง

3. นักดนตรีไทยสองคนกำลังเปรียบเทียบขลุ่ย ขลุ่ยเลาแรกให้เสียงที่มีความถี่ 353 เฮิรตซ์ เมื่อเป่าขลุ่ยทั้งสองพร้อมกันปรากฏว่าเกิดเสียงดังค่อยเป็นจังหวะ 2 ครั้งต่อวินาที เสียงจากขลุ่ยเลาที่สองมีค่าเท่าใด

4. จงหาความถี่มูลฐานและความถี่ฮาร์มอนิกที่สามของขวดที่สูง 0.20 เมตร

5. ท่อปลายปิดหนึ่งด้านให้เสียงฮาร์มอนิกที่ห้ามีความถี่ 1250 เฮิรตซ์ท่อนี้ยาวเท่าใด

6. ท่อทรงกระบอกปลายปิดข้างหนึ่งยาว 2.40 เมตร ถ้าเสียงมีอัตราเร็ว 343 เมตรต่อวินาที เสียงจากท่อนี้จะมีความถี่ต่ำสุดเท่าใด

7. ในการทดลองการสั่นพ้องของอากาศ ขณะเกิดการสั่นพ้องครั้งแรกลูกสูบอยู่ห่างจากปากหลอดเรโซแนนซ์ 18 เซนติเมตร และเมื่อเกิดการสั่นพ้องครั้งถัดไปจะต้องดึงลูกสูบห่างจากปากหลอดเรโซแนนซ์กี่เซนติเมตร

8. นักดนตรีผู้หนึ่งดีดกีตาร์ทำให้เกิดเสียงความถี่ f ขณะเดียวกับที่มีเสียงออกมาจากแหล่งกำเนิดเสียงอื่น ทำให้เกิดการบีตมีความถี่ 5 เฮิรตซ์ เมื่อเขาปรับความถี่ของเสียงจากสายกีตาร์ลดลงเป็น 329.6 เฮิรตซ์ ปรากฏว่าได้ยินเสียงที่มีระดับสูงต่ำของเสียงเดียวกัน จงหาความถี่ f

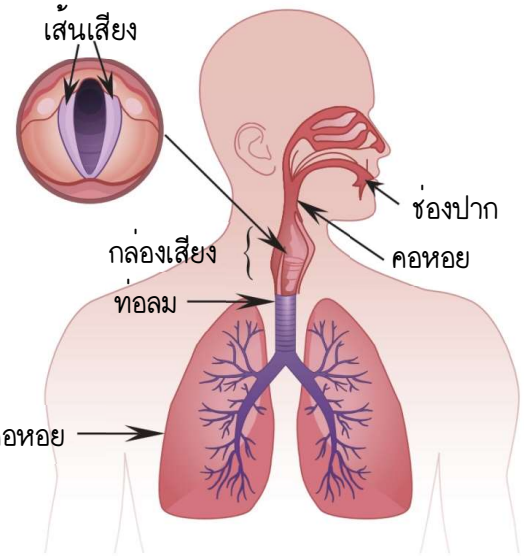
9. หลอดแก้วรูปทรงกระบอกปลายปิดข้างหนึ่ง ถ้านำมาใส่น้ำให้มีระดับต่างๆ กันแล้วนำส้อมเสียมที่กำลังสั่นให้เกิดเสียงไปไว้ใกล้ปากหลอด จะพบว่ามีความสูงของน้ำในหลอดแก้ว 2 ค่าที่ทำให้เกิดเสียงดังกว่าเดิม ครั้งแรกมีน้ำในหลอดแก้วสูง 12 เซนติเมตร ครั้งที่ 2 มีน้ำในหลอดแก้วสูง 37 เซนติเมตร ถ้าส้อมเสียงสั่นด้วยความถี่ 682 เฮิรตซ์ อัตราเร็วเสียงในอากาศขณะนั้นมีค่าเท่าใด

4. การประยุกต์ใช้ความรู้เรื่องเสียง

ในชีวิตประจำวันของเรามีการนำเสียงมาใช้ทั้งในการสื่อสารและทำกิจกรรมต่างๆ เช่น การร้องเพลง การเล่นดนตรี การสนทนา การเรียนการสอนเป็นต้น ซึ่งเป็นเสียงที่มีความถี่อยู่ในช่วงเฉลี่ยประมาณ 20-20000 เฮิรตซ์ และระดับเสียงในช่วง 0-120 เดซิเบล

4.1 การเปล่งเสียงของมนุษย์

การเปล่งเสียงของมนุษย์เกิดจากการทำงานร่วมกันของอวัยวะหลายส่วน โดยลมที่ออกมาจากปอดจะผ่าน**ท่อลม (trachea) กล่องเสียง (Voice box หรือ larynx) คอหอย (thr หรือ pharynx) ช่องปาก (oral cavity)** ซึ่งกล่องเสียงเป็นอวัยวะที่ทำให้เกิดเสียง ภายในมี**เส้นเสียง (Vocal cords)** ที่ขึงอยู่ตรงกลางกล่องเสียง เมื่อลมผ่านเส้นเสียงจะสั่นสะเทือนเกิดเป็นเสียงสูงต่ำ ดังรูป



Learn
ศึกษาเพิ่มเติมจากวิดีโอ

4.2 การทำงานของเครื่องดนตรี

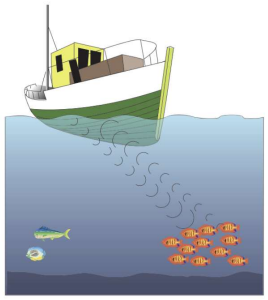
เครื่องดนตรี (musical instruments) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการแสดงโดยให้เสียงที่มีความถี่และคุณภาพเสียงที่แตกต่างกันตามแต่ละประเภท เครื่องดนตรีอาจถูกแบ่งได้เป็น **เครื่องสาย (stringed instruments หรือ chordophones)** เช่น กีตาร์ ซอ **เครื่องเป่า (wind instruments หรือ aerophones)** เช่น ขลุ่ย แคน **เครื่องตี (percussion instruments หรือ idiophones/membranophones)** เช่น กลอง ระนาด แต่การเกิดเสียงของเครื่องดนตรีทุกประเภทเกิดจาก ..... ที่มีลักษณะเป็น**คลื่นนิ่ง** เช่น

- ✿ การเกิดเสียงของกีตาร์มาจากคลื่นนิ่งที่เกิดจากการสั่นของ .....
- ✿ การเกิดเสียงของขลุ่ยมาจากคลื่นนิ่งที่เกิดจากการสั่นของ .....
- ✿ การเกิดเสียงของกลองมาจากคลื่นนิ่งที่เกิดจากการสั่นของ .....
- ✿ การเกิดเสียงของแกรนด์เปียโนมาจากคลื่นนิ่งที่เกิดจากการสั่นของ .....

4.3 การปรับเทียบเสียงเครื่องดนตรี

นักดนตรีนำความรู้เรื่องบีตมาประยุกต์ใช้ในการปรับเสียงของเครื่องดนตรีประเภทเครื่องสาย เช่น กีตาร์ ไวโอลิน โดยการเทียบเสียงจากหลอดเทียบเสียงที่มีความถี่มาตรฐานและทำให้เสียงที่มาจากไวโอลิน ดังพร้อมๆ กับเสียงจากหลอดเทียบเสียงมาตรฐาน หากยังได้ยินเสียงบีตแสดงว่าความถี่ของสายไวโอลินเส้นนั้นยังไม่เท่ากับความถี่ของเสียงที่ต้องการจากหลอดเทียบเสียง ต้องปรับความตึงของสายไวโอลินให้พอเหมาะจนกระทั่งไม่เกิดบีต

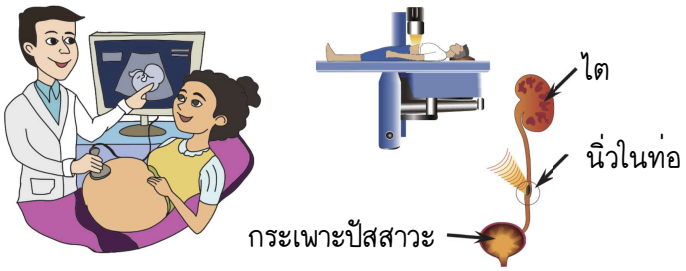
4.4 การเดินเรือและการประมง



คลื่นเสียงความถี่สูงจากเครื่องโซนาร์ถูกนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งของวัตถุในการเดินเรือหรือ การประมง เป็นระบบที่ใช้การสะท้อนคลื่นเสียงใต้น้ำ คลื่นเสียงถูกปล่อยออกไปสู่ก้นทะเลเมื่อไปกระทบสิ่งกีดขวางก็จะสะท้อนกลับมาที่ตัวรับสัญญาณบนเรือแล้วแปลผลประมาณขนาด รูปร่าง ระยะห่าง และความลึกของวัตถุใต้น้ำ หรือเรือประมงสามารถค้นพบฝูงปลาได้

4.5 ด้านการแพทย์

คลื่นเสียงความถี่สูงที่เรียกว่าคลื่นอัลตราซาวด์ ถูกมาใช้ในการตรวจร่างกายคนไข้โดยส่งคลื่นอัลตราซาวด์เข้าไปในบริเวณที่ต้องการตรวจ โดยการสะท้อนของคลื่นจากอวัยวะเป้าหมายหรือเนื้อเยื่อสามารถนำมาแปลผลฉายภาพขึ้นจอเพื่อตรวจดูทารกในครรภ์



นอกจากนี้คลื่นอัลตราซาวด์ยังสามารถใช้สลายนิ่วในท่อไต ซึ่งเป็นส่วนประกอบของแคลเซียมหรือแร่ธาตุในไตในอดีตแพทย์จะผ่าตัดเพื่อนำก้อนนิ่วออกมา แต่ในปัจจุบันรักษาได้ด้วยการใช้คลื่นอัลตราซาวด์ ทำให้นิ่วแตกสลายเป็นชิ้นเล็ก ๆ และขับออกจากร่างกายโดยการปัสสาวะ

4.6 ด้านธรณีวิทยา

การใช้คลื่นเสียงที่มีความถี่ในช่วง 1-3 กิโลเฮิรตซ์ในการสำรวจ**ปิโตรเลียม (petroleum)** ที่สะสมตัวอยู่ใต้พื้นดินด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลจากลำดับชั้นหินบริเวณหลุมเจาะสำรวจ การเก็บข้อมูลจะทำโดยการหย่อนหัววัดลงไปในหลุมสำรวจ หนึ่งในหัววัดที่ใช้คือ **หัววัดคลื่นเสียง (acoustic log หรือ sonic log)** ซึ่งจะส่งคลื่นเสียงผ่านชั้นหิน ชั้นหินที่มีความหนาแน่นต่างกัน ทำให้คลื่นเสียงเดินทางผ่านด้วยความเร็วที่ไม่เท่ากัน เมื่อเก็บข้อมูลได้จะนำไปวิเคราะห์เพื่อหาค่า**ความพรุน (porosity)** ของชั้นหินนั้น เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณปิโตรเลียมที่สะสมตัวอยู่ในชั้นหิน

4.7 ด้านวิศวกรรมและอุตสาหกรรม

การใช้คลื่นเหนือเสียงในการตรวจสอบรอยร้าวหรือรอยตำหนิในเนื้อโลหะ แก้ว หรือเซรามิก โดยการส่งคลื่นเสียงในช่วงความถี่ 500 กิโลเฮิรตซ์ถึง 15 เมกะเฮิรตซ์ ผ่านเข้าไปในชิ้นงานที่ต้องการตรวจสอบแล้ววิเคราะห์ลักษณะของคลื่นสะท้อนกลับ หรือวิเคราะห์ลักษณะการรบกวนที่เกิดขึ้นต่อคลื่นที่ผ่านออกไป วิธีการนี้นอกจากจะใช้ตรวจสอบชิ้นงานประเภทโลหะหล่อหรือเซรามิกแล้ว ยังถูกนำไปใช้ตรวจสอบยางรถยนต์ที่ผลิตใหม่อีกด้วย เครื่องมือวัดความหนาของแผ่นโลหะหรือวัสดุที่มีความแข็งอื่นๆ สามารถทำได้โดยใช้คลื่นเหนือเสียง แม้ว่าจะไม่สามารถเข้าถึงอีกด้านหนึ่งของผิวแผ่นโลหะนั้นได้ เช่น การตรวจสอบความหนาของหม้อต้มน้ำความดันสูงสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม เป็นต้น

แบบตรวจสอบความเข้าใจ

1. เป็นไปได้หรือไม่ที่จะใช้คลื่นเหนือเสียงทำความสะอาดภาชนะที่สกปรกด้วยฝุ่นละอองคราบไขมัน จงอธิบายเหตุผล

.....

.....

.....

แบบฝึกหัดท้ายบท

คำถาม

1. ขณะเกิดคลื่นเสียงในอากาศ ทั้งการกระจัดของอนุภาคและความดันของอากาศมีการเปลี่ยนแปลง ปริมาณใดมีผลต่อความดังของเสียง (การได้ยิน) มากกว่ากัน

.....

2. อัตราเร็วเสียงในตัวกลางต่างๆ กับสถานะของตัวกลางมีความสัมพันธ์กันหรือไม่

.....

3. การประมาณว่าฟ้าแลบอยู่ห่างเท่าใดโดยการนับเวลาเป็นวินาทีตั้งแต่เห็นฟ้าแลบจนได้ยินเสียงฟ้าร้องแล้วหารด้วย 3 ผลที่ได้คือระยะทางที่มีหน่วยกิโลเมตร วิธีการนี้ว่าเป็นไปได้เพียงใด ให้เหตุผลประกอบ

.....

.....

.....

.....

.....

4. ถ้าปรบมือหลังห้องประชุมที่มีความยาว 30 เมตร จะได้ยินเสียงสะท้อนกลับหรือไม่

.....

.....

5. เครื่องดนตรีชนิดเดียวกัน เมื่อเล่นโน้ตตัวเดียวกันมีคุณภาพเสียงต่างกันหรือไม่

.....

6. ถ้าระดับสูงต่ำของเสียงหนึ่งเพิ่มขึ้น ปริมาณใดต่อไปนี้มีการเปลี่ยนแปลง

- □ ความถี่
- □ ความยาวคลื่น
- □ อัตราเร็วของคลื่น
- □ แอมพลิจูดของคลื่น

7. ขณะที่เกิดการสั่นพ้องความดันของอากาศ ณ ตำแหน่งต่างๆ ของหลอดเรโซแนนซ์เป็นอย่างไร

.....

.....

.....

8. นางสาว ก ยืนกับที่และถือแหล่งกำเนิดเสียงที่ให้เสียงที่ได้ยินซึ่งมีความถี่ f_s ส่วนนาย ข กำลังเคลื่อนที่ออกด้วยอัตราเร็วคงตัว ดังรูป ก และ ข ได้ยินเสียงที่มีความถี่เท่ากันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

.....

9. อัตราเร็วของแหล่งกำเนิดเสียงที่กำลังเคลื่อนที่เข้าหาหรือออกจากผู้สังเกตที่อยู่นิ่ง มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความถี่ของเสียงที่ผู้สังเกตได้ยินหรือไม่ อย่างไร

ก. เมื่ออัตราเร็วคงตัว

.....

.....

ข. เมื่ออัตราเร็วไม่คงตัว

.....

.....

10. การออกหาอาหารของค้างคาวในตอนกลางคืนโดยส่งคลื่นเหนือเสียงแล้วรับคลื่นที่สะท้อนกลับ สถานการณ์นี้เกิดปรากฏการณ์ดอปเพลอร์หรือไม่

.....

.....

ปัญหา

1. หอนาฬิกาอยู่ห่างออกไป 500 เมตร ถ้าอาศัยเสียงตีของนาฬิกาจากหอนาฬิกาในการตั้งเวลาของนาฬิกาข้อมือ เราจะตั้งเวลาได้ตรงกับนาฬิกาของหอนาฬิกาหรือไม่ จงอธิบาย กำหนดอัตราเร็วเสียงในอากาศขณะนั้นเป็น 350 เมตรต่อวินาที

2. ชายคนหนึ่งยืนอยู่ห่างจากหน้าผา ยิงปืนและได้ยินเสียงก้องวานหลังจากยิงปืนแล้ว 5 วินาที ต่อมาเดินเข้าหาหน้าผาอีก 340 เมตรแล้วยิงปืนอีกครั้งหนึ่ง คราวนี้เขาได้ยินเสียงก้องวานหลังจากยิง 3 วินาทีอัตราเร็วเสียงขณะนั้นเป็นเท่าใดและในการยิงปืนครั้งแรกชายคนนั้นอยู่ห่างจากหน้าผาเท่าใด

3. ในขณะหนึ่งอากาศมีอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส คลื่นเสียงความถี่ 2000 เฮิรตซ์เคลื่อนที่ไปในอากาศ ระยะห่างระหว่างกึ่งกลางส่วนอัดและกึ่งกลางส่วนขยายของอนุภาคอากาศมีค่าเท่าใด

4. เป่าขลุ่ยให้เกิดเสียงความถี่ 266 เฮิรตซ์เสียงเดียว เมื่อความดันอากาศสูงสุดที่เกิดจากเสียงนี้มาถึงเยื่อแก้วหูความดันอากาศสูงสุดที่อยู่ถัดไปจะอยู่ห่างจากเยื่อแก้วหูเท่าใด กำหนดอุณหภูมิของอากาศขณะนั้นเป็น 25 องศาเซลเซียส

5. ความเข้มเสียงที่ตกกระทบบนพื้นที่ 2 ตารางเมตรมีค่า 10^{-4} วัตต์ต่อตารางเมตร พลังงานเสียงที่ตกกระทบบนพื้นที่นี้ในเวลา 1 นาทีมีค่าเท่าใด

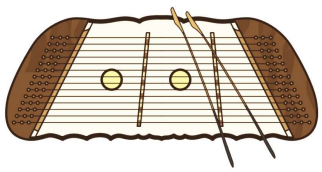
6. ตำแหน่งที่ห่างจากลำโพง 100 เมตร มีความเข้มเสียงได้ 1.0×10^{-6} วัตต์ต่อตารางเมตร ลำโพงมีกำลังเสียงเท่าใด

7. ผู้ฟังคนที่ 1 อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง 2 เมตร วัดความเข้มเสียงได้ 10^{-4} วัตต์ต่อตารางเมตร ถ้าผู้ฟังคนที่ 2 อยู่ห่างจากแหล่งกำเนิดเสียง 20 เมตร กำหนดความเข้มเสียงอ้างอิงที่มนุษย์ได้ยินเท่ากับ 10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร

ก. ความเข้มเสียง ณ ตำ แหน่งผู้ฟังคนที่ 2

ข. ระดับเสียง ณ ตำ แหน่งผู้ฟังคนที่ 2

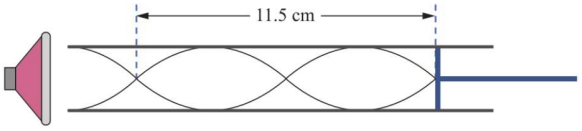
8. ขิมเป็นเครื่องดนตรีที่มีลวดหลายเส้นเรียงกันโดยมีจุดค้ำเส้นละ 2 จุด ดังรูป



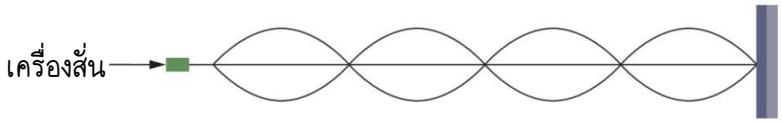
ถ้าตีลวดเส้นหนึ่งที่ได้ยินเสียงที่มีความถี่ 512 เฮิรตซ์โดยลวดเส้นนี้มีระยะห่างระหว่างจุดค้ำเท่ากับ 30 เซนติเมตรจงหาอัตราเร็วของคลื่นบนลวด

9. ท่อปลายปิดด้านหนึ่งยาว 34 เซนติเมตร เมื่อใส่น้ำลงไปแล้วเป่าลมผ่านปากท่อจะทำ ให้เกิดเสียงต่างกันเมื่อระดับน้ำในท่อต่างกัน จะต้องเติมน้ำให้สูงจากก้นท่อเท่าใด เมื่อเป่าลมผ่านปากท่อจึงจะเกิดเสียงที่มีความถี่ 420 เฮิรตซ์ กำหนดอัตราเร็วของเสียงในอากาศขณะนั้นเป็น 340 เมตรต่อวินาที

10. ในการทดลองโดยใช้หลอดเรโซแนนซ์กับลำโพงที่มีความถี่ 3 กิโลเฮิรตซ์ เมื่อเลื่อนลูกสูบในหลอดเรโซแนนซ์จนเกิดการสั่นพ้องของอากาศในหลอด ดังรูป อัตราเร็วเสียงมีค่าเท่าใด



11. เชือกเส้นหนึ่งขึงตึงโดยปลายด้านหนึ่งติดกับเครื่องสั่นที่มีความถี่ 1000 เฮิรตซ์ เกิดคลื่นนิ่งดังรูป



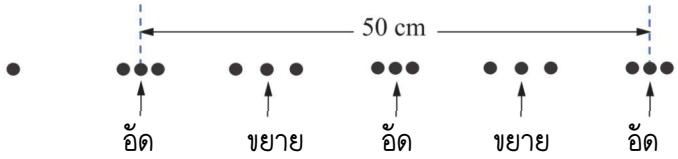
ต่อมาลดความถี่ของเครื่องสั่นเป็น 250 เฮิรตซ์จงเขียนรูปคลื่นนิ่งที่เกิด

12. ส้อมเสียง ก ข และ ค มีความถี่การสั่นต่างกัน โดยที่ส้อมเสียง ก มีความถี่สูงสุดและส้อมเสียง ค มีความถี่ต่ำสุดเท่ากับ 640 เฮิรตซ์ เมื่อเคาะส้อมเสียง ก และ ข พร้อมกันได้ยินเสียงความถี่บีต 3 เฮิรตซ์เมื่อเคาะส้อมเสียง ข และ ค พร้อมกันได้ยินเสียงความถี่บีต 4 เฮิรตซ์ ความถี่ของส้อมเสียง ก มีค่าเท่าใด

13. ลำโพงสองตัวอยู่ที่ตำแหน่ง A และ B วางห่างกัน 2 เมตรในที่โล่ง ผู้ฟังยืนที่จุด P ห่างจาก A และ B เป็นระยะ 4 และ 3 เมตรตามลำดับ จงหาความถี่ของเสียงต่ำสุดที่ทำให้ผู้ฟังที่จุด P ได้ยินเสียงค่อยสุด กำหนดให้อัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 344 เมตรต่อวินาที

14. เมื่อเคาะที่ปลายข้างหนึ่งของท่อเหล็กยาว L ผู้ฟังที่อยู่ที่ปลายอีกข้างจะได้ยินเสียงดังสองครั้งเป็นเวลาต่างกันเท่าใด กำหนดอัตราเร็วเสียงในอากาศเป็น v และอัตราเร็วเสียงในเหล็กเป็น $17v$

15. คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศทำให้อนุภาคอากาศเกิดส่วนอัดและส่วนขยาย ดังแสดงในแผนภาพด้านล่าง



ความถี่ของเสียงมีค่าเท่าใด กำหนดให้อัตราเร็วเสียงในอากาศขณะนั้นเป็น 350 เมตรต่อวินาที

16. นายต้นยืนในที่โล่งห่างจากลำโพง 100 เมตร ถ้านายต้นวัดระดับเสียงได้ 60 เดซิเบล ลำโพงมีกำลังเสียงเท่าใด (ให้คำตอบติดค่า π)

17. หันลำโพงเข้าหากำแพง ฟังเสียงที่ตำแหน่งต่างๆ ระหว่างลำโพงกับกำแพง ได้ยินเสียงดังที่สุดที่ตำ แหน่ง A, B, C และ D ดังรูป ถ้า AD เท่ากับ 30 เซนติเมตร ลำโพงให้เสียงความถี่เท่าใด กำหนดให้อัตราเร็วเสียงในอากาศเท่ากับ 350 เมตรต่อวินาที