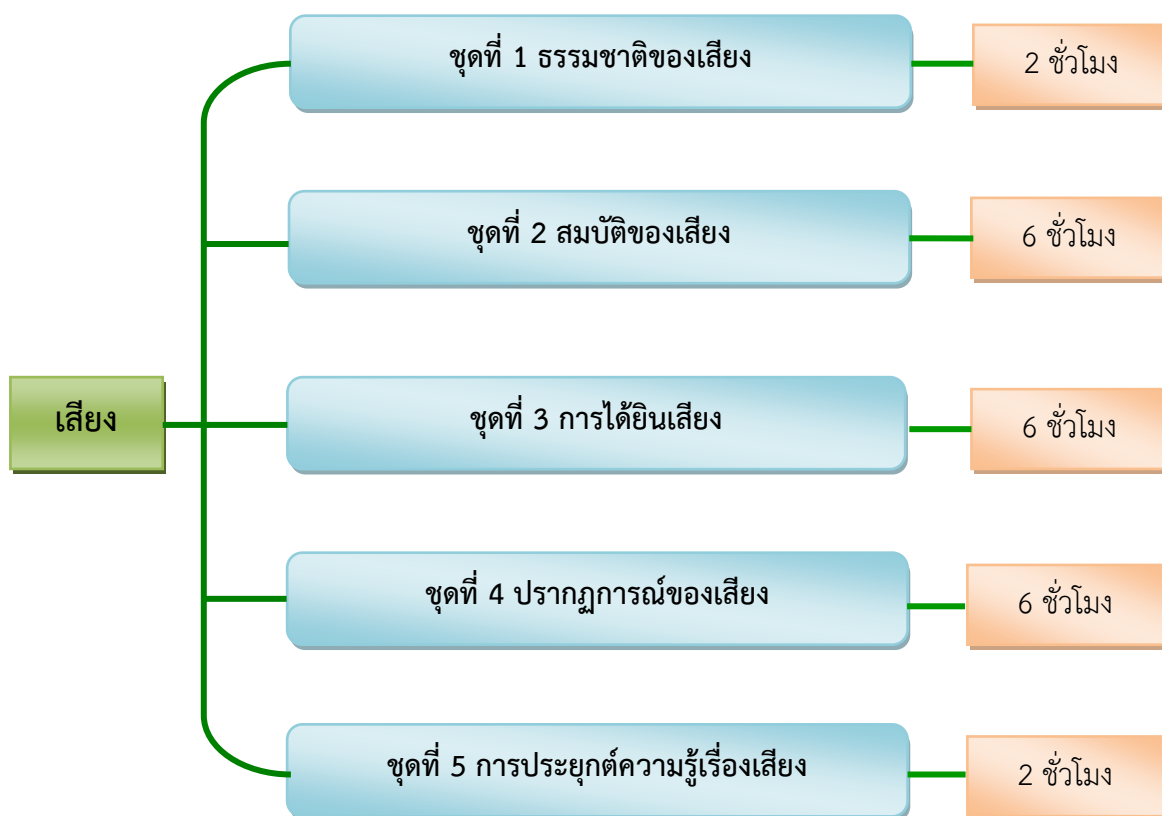


SOUND

คำชี้แจงชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ วิชา ว32201 ฟิสิกส์เพิ่มเติม 3 เรื่อง เสียง ใช้ประกอบการเรียนการสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยชุดกิจกรรมทั้งหมด 5 ชุด ใช้เวลาในการเรียนรู้ทั้งหมด 22 ชั่วโมง โดยมีรายละเอียด ดังนี้



กิจกรรมในทุกชุดกิจกรรมการเรียนรู้ มุ่งเน้นให้นักเรียนเป็นผู้ค้นหาคำตอบหรือข้อสงสัยโดยใช้ความคิดที่มีวิจารณญาณ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ แสดงความคิดเห็นออกมาเป็นคำพูดหรือผลงาน สื่อสารความรู้และสรุปเป็นองค์ความรู้

กิจกรรมต่างๆ ในชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เน้นให้ผู้เรียนทำงานเป็นกลุ่มเพื่อให้มีการเรียนรู้ร่วมกัน แลกเปลี่ยนความรู้หรือประสบการณ์ซึ่งกันและกัน ระดมสมอง อภิปรายร่วมกัน รับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น และรู้จักการสื่อสารระหว่างกันได้ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ช่วยพัฒนาศักยภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียนได้

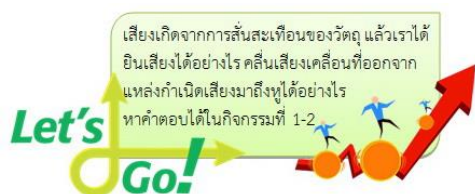
หัวใจสำคัญของการเรียนการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่อง เสียง นี้ คือการสร้างโอกาสให้นักเรียนเป็นผู้เรียนรู้และลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง สามารถสรุปเป็นองค์ความรู้ได้ โดยมีครูผู้สอนเป็นผู้อำนวยการจัดการเรียนรู้ ให้ข้อชี้แนะและกระตุ้นให้เกิดการแสดงออกถึงความรู้และความเข้าใจ

เนื้อหาสาระจัดทำในรูปแบบของใบความรู้ต่างๆ และมีกิจกรรมให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติเพื่อเสริมสร้างทักษะทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิด สะดวกแก่การจัดการเรียนการสอนและการวัดและประเมินผล พร้อมทั้งเสริมองค์ประกอบอื่นๆ ที่จะช่วยทำให้ผู้เรียนได้รับความรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนี้

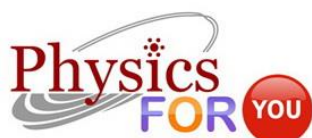


เวลา 20 นาที

กิจกรรมสำหรับผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติ เพื่อเสริมสร้างทักษะทางวิทยาศาสตร์

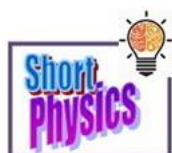


คำถามชวนอยากรู้ นำสู่กิจกรรมการเรียนรู้ต่อไป



อากาศ คือ ส่วนผสมของก๊าซต่าง ๆ และไอน้ำซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ ก๊าซไนโตรเจน และก๊าซออกซิเจน นอกนั้นเป็นก๊าซอื่น ๆ ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนน้อย อากาศมีอยู่รอบ ๆ ตัวเราทุกหนทุกแห่ง ทั้งบนยอดสูงสุดของภูเขาและในที่จืดกรได้ดิน อากาศมีอยู่ในบ้าน มีอยู่ในโรงเรียนและในรถยนต์ อากาศไม่มีสี ไม่มีรสชาติ และไม่มีกลิ่น

ความรู้เพิ่มเติม เพื่อทบทวน และเติมเต็มความรู้ให้สมบูรณ์มากขึ้น



เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศ อนุภาคของอากาศซึ่งเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดพลังงานเสียงจะสั่นไปมา และไม่เคลื่อนที่ไปกับคลื่นเสียง โดยทิศทางการสั่นของอนุภาคตัวกลางมีทิศขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง

ข้อความสำคัญสั้นๆ ที่ควรต้องทราบ



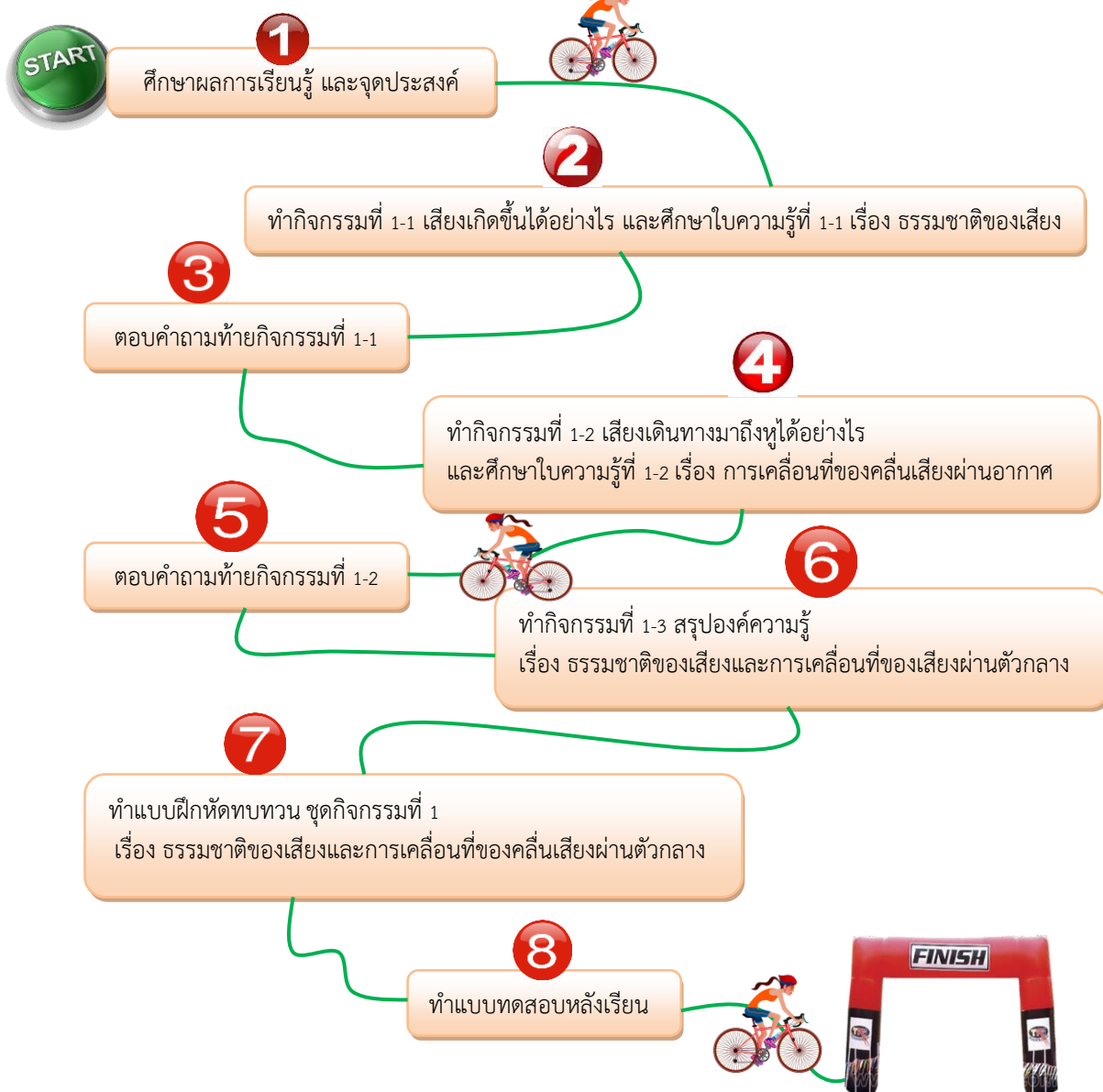
ความรู้ที่น่าสนใจ นอกเหนือจากเนื้อหา เพื่อกระตุ้นความใฝ่รู้ใฝ่เรียน และเพื่อพัฒนาชิ้นงานให้น่าสนใจมากขึ้น

● ก่อนใช้ชุดกิจกรรม

นักเรียนจัดเตรียมอุปกรณ์การเรียนให้พร้อม

● ระหว่างการใช้ชุดกิจกรรม

ทำกิจกรรมตามขั้นตอนในชุดกิจกรรมด้วยความกระตือรือร้น ละเอียดรอบคอบ ให้ความร่วมมือกัน และช่วยเหลือซึ่งกันและกัน ปฏิภาหหรือ อภิปรายซักถามซึ่งกันและกัน ร่วมกันวิพากษ์เพื่อให้ได้องค์ความรู้ หากมีข้อสงสัยในการทำกิจกรรมให้ปรึกษากันในกลุ่มหรือปรึกษาครูผู้สอน ทบทวนและตรวจสอบความถูกต้องในการทำแบบฝึกหัด โดยในการทำกิจกรรมมีขั้นตอนดังนี้



● หลังการใช้ชุดกิจกรรม

เมื่อสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนรู้ควรร่วมกันรับผิดชอบทำความสะอาด ตรวจสอบความครบถ้วนของอุปกรณ์ และจัดเก็บอุปกรณ์ให้เรียบร้อย เพื่อความสะดวกในการใช้งานครั้งต่อไป จัดโต๊ะ เก้าอี้ ให้เป็นระเบียบ ปิดไฟ พัดลม และถอดปลั๊กอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในห้องเรียนก่อนออกจากห้องเรียน



ผลการเรียนรู้

ทดลองและอธิบายการเกิดเสียง และการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางของเสียง

สาระสำคัญ

เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ และถ่ายโอนพลังงานผ่านโมเลกุลของตัวกลางอย่างต่อเนื่อง โดยโมเลกุลของตัวกลางสั่นอยู่กับที่ ไม่ได้เคลื่อนที่ไปพร้อมกับคลื่นเสียง โมเลกุลที่ได้รับพลังงานแล้วสั่นไปมา ในแนวเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง ดังนั้นคลื่นเสียงเป็นคลื่นตามยาว

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. อธิบายกระบวนการเกิดเสียงได้
2. ยกตัวอย่างแหล่งกำเนิดเสียงมาอย่างน้อย 5 แหล่ง
3. อธิบายหลักการการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงมาถึงหูของผู้ฟังได้

ด้านทักษะ/กระบวนการ

1. ทดลองพร้อมสังเกตการเกิดเสียงจากเครื่องดนตรี เสียงจากลำคอ และส้อมเสียงได้
2. จำแนกประเภทของแหล่งกำเนิดเสียงได้

ด้านคุณลักษณะอันพึงประสงค์

นักเรียนมีพฤติกรรมที่แสดงถึงการใฝ่เรียนรู้

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

ความสามารถในการคิด

กิจกรรมที่ 1-1

เสียงเกิดขึ้นได้อย่างไร

เวลา 20 นาที



จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. อธิบายกระบวนการเกิดเสียงได้ถูกต้อง
2. ยกตัวอย่างแหล่งกำเนิดเสียงมาอย่างน้อย 5 แหล่ง

วัสดุอุปกรณ์

1. สะล้อ	1	คัน/กลุ่ม
2. กีตาร์	1	ตัว/กลุ่ม
3. กลอง	1	ใบ/กลุ่ม
4. ส้อมเสียง	1	อัน/กลุ่ม
5. ฉิ่ง	1	อัน/กลุ่ม



เตรียมก่อนเรียน

ครูและนักเรียนประชุมก่อนเรียน 1 วัน เพื่อสำรวจเครื่องดนตรีที่มีในบ้านได้แก่ สะล้อ กีตาร์ กลอง ฉิ่ง อูคูเลเล่ ขลุ่ย โดยเตรียมมากลุ่มละ 1 อย่าง



ขั้นตอนการทำกิจกรรม

1. แบ่งกลุ่มออกเป็น 6 กลุ่มจากการเล่นเกมหอยสลับฝา โดยให้นักเรียนจับกลุ่มกัน 3 คน คนหนึ่งเป็นหอย อีกสองคนเป็นฝาหอย สองคนที่เป็นฝาหอยให้ยืนจับมือกัน คนที่เป็นหอยให้ยืนอยู่ในวงของฝาหอย เมื่อครูพูดว่า “หอยสลับฝา” ให้หอยออกจากวงของฝาแล้ววิ่งไปหาฝาหอยใหม่ โดยที่ฝาหอยอยู่ที่เดิม หากครูพูดว่า “ฝาสลับหอย” ให้ฝารวิ่งไปหาหอยตัวใหม่ โดยที่หอยยืนอยู่ที่เดิม

เมื่อเริ่มเกมหอยสลับฝาครูพูดว่า “หอยสลับฝา” , “ฝาสลับหอย” , “หอย 1 ตัว 3 ฝา” , “หอย 2 ตัว 3 ฝา , และ “หอย 2 ตัว 4 ฝา” แล้วให้ทุกคนนั่งลงแล้วตั้งชื่อกลุ่มเป็นชื่อของเครื่องดนตรีที่มีในกลุ่ม พร้อมรับสัมผัสเสียงจากครู

2. แต่ละกลุ่มศึกษาวิธีการทำให้เกิดเสียงของเครื่องดนตรี สัมผัสเสียง และเสียงจากลำคอ พร้อมสังเกตและตอบคำถามเสียงเกิดขึ้นได้อย่างไร โดยสังเกตลักษณะการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงขณะเกิดเสียง

3. อภิปรายเรื่องการเกิดเสียงของเครื่องดนตรี สัมผัสเสียง และลำคอ เป็นรายบุคคล พร้อมบันทึกผลการศึกษาลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1-1

4. จัดกลุ่มใหม่โดย กลุ่มเดิมนับหมายเลข 1-6 และนักเรียนที่นับหมายเลข 1 ของทุกกลุ่มรวมกันกลายเป็นกลุ่มใหม่ ส่วนนักเรียนที่นับหมายเลข 2 , 3 , 4 , 5 , 6 รวมกลุ่มใหม่เช่นเดียวกับหมายเลข 1

5. นักเรียนกลุ่มใหม่จะประกอบด้วยผู้ที่ศึกษาทุกเรื่องในข้อ 2 ทั้ง 6 คน ร่วมแลกเปลี่ยนการเกิดเสียงจากสะล้อ กีตาร์ กลอง ฉิ่ง อูคูเลเล่ ขลุ่ย ลำคอ และสัมผัสเสียง จนครบทุกคน

6. นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาใบความรู้ที่ 1-1 เรื่อง ธรรมชาติของเสียง หน้า 14-15 พร้อมอภิปรายเพิ่มเติมจากการทดลอง ปรับปรุงผลงานในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1-1 เรื่อง เสียงเกิดขึ้นได้อย่างไร ให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้นโดยใช้ปากกาต่างสี

7. สรุปผลการจากการทำกิจกรรม นำเสนอกลุ่มละ 1-2 นาที พร้อมตอบคำถามจากเพื่อนที่นั่งฟัง

8. นักเรียนและครูร่วมกันสรุป “เสียงเกิดขึ้นได้อย่างไร” พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรมที่ 1-1



แบบบันทึกกิจกรรมที่ 1-1

เรื่อง เสียงเกิดขึ้นได้อย่างไร

ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

เป็นสมาชิกกลุ่ม.....

เรื่อง.....

จุดประสงค์

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

ชนิดของแหล่งกำเนิดเสียง	วิธีทำให้เกิดเสียง	ผลการสังเกต
1. สะล้อ 		สังเกตเส้นลวดขณะเกิดเสียง
2. กีตาร์ 		สังเกตสายกีตาร์ขณะเกิดเสียง
3. กลอง 		สังเกตหน้ากลองขณะเกิดเสียง
4. ฉิ่ง 		สังเกตฉิ่งขณะเกิดเสียง
5. อูคูเลเล่ 		สังเกตสายอูคูเลเล่ขณะเกิดเสียง

ชนิดของแหล่งกำเนิดเสียง	วิธีทำให้เกิดเสียง	ผลการสังเกต
6. ขลุ่ย 		สังเกตการเกิดเสียงของขลุ่ย
7. ลำคอ 		สังเกตบริเวณลำคอขณะเกิดเสียง
8. ส้อมเสียง 		สังเกตส้อมเสียงขณะเกิดเสียง



คำถามท้ายกิจกรรมที่ 1-1

1. จากการทำกิจกรรมที่ 1-1 เรื่อง ธรรมชาติของเสียง จงอธิบายว่าเสียงเกิดขึ้นได้อย่างไร

.....
.....

2. ให้นักเรียนยกตัวอย่างแหล่งกำเนิดเสียงตามลักษณะการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียง

ประเภทของแหล่งกำเนิดเสียง	แหล่งกำเนิดเสียง
เกิดจากการสั่นของสายหรือแท่ง	
เกิดจากการสั่นของผิว	
เกิดจากการสั่นของลำอากาศ	

3. จงยกตัวอย่างแหล่งกำเนิดเสียงอื่นๆ มา 5 ชนิด

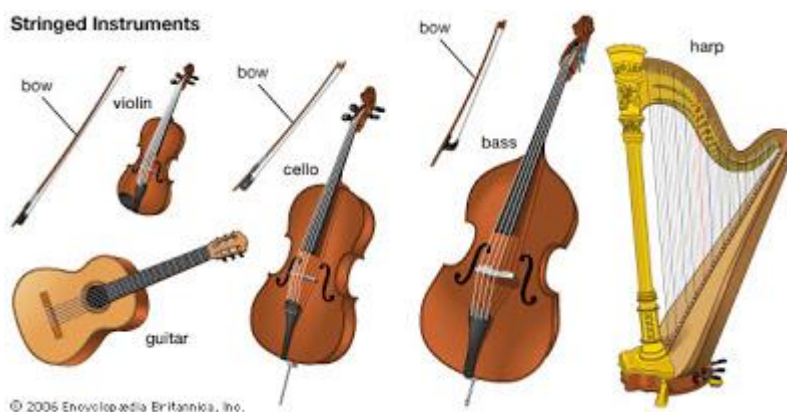
- 1.....
- 2.....
- 3.....



เสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ ซึ่งการสั่นสะเทือนทำให้ตัวกลาง เกิดการสั่นแล้วถ่ายโอนพลังงานให้แก่อนุภาคของตัวกลางถัดไป โดยที่อนุภาคของตัวกลาง มีการสั่นกลับไปกลับมา ทำให้เกิดคลื่นเสียงขึ้น วัตถุที่มีมวลมากจะสั่นช้ากว่าวัตถุที่มีมวลน้อยทำให้ความถี่ของเสียงต่ำกว่าวัตถุที่มีมวลน้อยกว่า คลื่นเสียงเป็นคลื่นตามยาว เนื่องจากอนุภาคของตัวกลางเคลื่อนที่ในแนวเดียวกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น โดยมีความถี่ของคลื่นเสียงเท่ากับความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียง และยังเท่ากับความถี่ของการสั่นของอนุภาคตัวกลาง

เนื่องจากเสียงเกิดจากการสั่นสะเทือนของวัตถุ ดังนั้นความถี่ของคลื่นเสียงจึงเท่ากับ ความถี่ของการสั่นของวัตถุ โดยคลื่นเสียงจะกระจายเป็นรูปทรงกลมรอบๆ แหล่งกำเนิดเสียงนั้น ประเภทของแหล่งกำเนิดเสียง มีดังนี้

1. เกิดจากการสั่นของสายหรือแท่ง เช่น ไวโอลิน ส้อมเสียง ขิม ฯลฯ



ภาพที่ 1-1 แสดงตัวอย่างแหล่งกำเนิดเสียงที่เกิดจากการสั่นของสายหรือแท่ง

(ที่มา : http://2.bp.blogspot.com/_KwtWacJgxTk/TIEElig04zI/AAAAAAAAAAs/1CLXBVooAec/s400/string.jpg)

2. เกิดจากการสั่นของผิว เช่น กลอง ฉิ่ง ฉาบ ลำโพง ฯลฯ



ภาพที่ 1-2 แสดงตัวอย่างแหล่งกำเนิดเสียงที่เกิดจากการสั่นของผิว

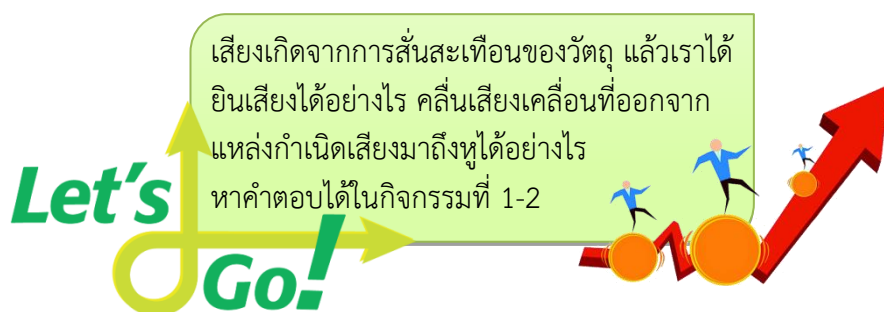
(ที่มา : http://mmusic.circlecamp.com/upload/pic_3-13_1380704167.jpg)

3. เกิดจากการสั่นของลำอากาศ เช่น ขลุ่ย ปี่ แคน นกหวีด ฯลฯ



ภาพที่ 1-3 แสดงตัวอย่างแหล่งกำเนิดเสียงที่เกิดจากการสั่นของลำอากาศ

(ที่มา : <http://krutri.samroiwit.ac.th/images/woodwind.jpg>)



กิจกรรมที่ 1-2

เสียงเดินทางมาถึงหูได้อย่างไร

ตอนที่ 1

เวลา 20 นาที



จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. อธิบายกระบวนการเคลื่อนที่ของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงถึงผู้ฟังได้

วัสดุอุปกรณ์

1. ไม้บรรทัด	1	อัน/กลุ่ม
2. ถังน้ำ	1	อัน/กลุ่ม
3. โต๊ะเรียน(ไม้)	1	ตัว/กลุ่ม
4. ลูกเหล็ก	1	ลูก/กลุ่ม
5. ขาดัง	1	อัน/กลุ่ม
6. สมาร์ทโฟน	1	เครื่อง/กลุ่ม
7. กระดาษปรีฟ	1	แผ่น/กลุ่ม
8. สีชอล์ค	1	กล่อง/กลุ่ม



เตรียมก่อนเรียน

1. นักเรียนเตรียมถังน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 เซนติเมตร มากลุ่มละ 1 อัน
2. เตรียมสมาร์ทโฟนกลุ่มละ 1 เครื่อง ดาวน์โหลดแอปพลิเคชัน “Sound Meter” ใน Play Store สำหรับสมาร์ทโฟนระบบ Android และโหลดใน App Store สำหรับสมาร์ทโฟนระบบ ios



1. ตัวแทนกลุ่มรับอุปกรณ์ที่ครูเตรียมไว้ และทำกิจกรรมดังนี้

1.1 นำขาตั้งวางไว้บนโต๊ะเรียนของนักเรียน แล้วนำลูกเหล็กไปหนีบด้วยที่หนีบของขาตั้งสูง 30 เซนติเมตร ดังรูป 1-4 (ก) ปล่อยลูกเหล็กให้ตกลงสู่พื้นโต๊ะ โดยเปิดแอปพลิเคชัน “Sound Meter” จากสมาร์ตโฟน เพื่อวัดระดับเสียงในหน่วย เดซิเบลขณะที่ลูกเหล็กกระทบโต๊ะ อ่านค่าระดับเสียงแล้วบันทึกผลลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1-2 เรื่อง เสียงเดินทางมาถึงหูได้อย่างไร

1.2 ทำกิจกรรมเช่นเดียวกับข้อ 1.1 แต่เปลี่ยนเป็นปล่อยลูกเหล็กลงสู่ถังที่บรรจุน้ำ สูง 10 เซนติเมตร โดยวางถังน้ำและจัดอุปกรณ์ดังรูปที่ 1-4 (ข) ปล่อยลูกเหล็กให้ตกลงกระทบน้ำในถังโดยเปิดแอปพลิเคชัน “Sound Meter” จากสมาร์ตโฟนเพื่อวัดระดับเสียงในหน่วยเดซิเบลในขณะที่ลูกเหล็กกระทบผิวน้ำ อ่านค่าระดับเสียงแล้วบันทึกผลลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1-2 เรื่อง เสียงเดินทางมาถึงหูได้อย่างไร

1.3 ทำกิจกรรมเช่นเดียวกับข้อ 1.2 แต่เปลี่ยนเป็นปล่อยลูกเหล็กให้ตกลงสู่พื้นโดยเปิดแอปพลิเคชัน “Sound Meter” จากสมาร์ตโฟนเพื่อวัดระดับเสียง ในหน่วยเดซิเบลในขณะที่ลูกเหล็กเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 30 เซนติเมตร และใช้มือรับลูกเหล็กเมื่อเคลื่อนที่ได้ระยะทาง 40 เซนติเมตร อ่านค่าระดับเสียงแล้วบันทึกผลลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1-2 เรื่อง เสียงเดินทางมาถึงหูได้อย่างไร

2. ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการเคลื่อนที่ของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงถึงหูผู้ฟังพร้อมบันทึกผลลงในแบบบันทึกกิจกรรมที่ 1-2 เป็นรายบุคคล

3. เขียนอินโฟกราฟฟิคอธิบายการได้ยินเสียงนับตั้งแต่เสียงออกจากแหล่งกำเนิดเสียงผ่านตัวกลางแต่ละชนิดจนถึงหูผู้ฟังลงในกระดาศปฐพี

4. นำเสนองานกลุ่มหน้าชั้นเรียน 1 กลุ่ม นักเรียนผู้ฟังวิพากษ์ความเป็นไปได้ ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม ข้อดี ข้อเสีย องค์ความรู้ที่เกิดขึ้น

5. ศึกษาใบความรู้ที่ 1-2 หน้า 14 - 15 ปรับปรุงผลงานในกระดาศปฐพีด้วยปากกาเมจิกต่างสี พร้อมติดไว้ที่ผนังหน้าชั้นเรียน และตอบคำถามท้ายกิจกรรมที่ 1-2 ตอนที่ 1 เสียงเดินทางมาถึงหูได้อย่างไร



(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 1-4 แสดงการจัดอุปกรณ์การทดลอง



แบบบันทึกกิจกรรมที่ 1-2

เรื่อง เสียงเดินทางมาถึงหูได้อย่างไร

ตอนที่ 1




ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

เป็นสมาชิกกลุ่ม.....

เรื่อง.....

จุดประสงค์

ตารางบันทึกผลการทำกิจกรรม

ตัวกลาง	ระดับการได้ยินเสียง (เดซิเบล)	กระบวนการเคลื่อนที่ของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงถึงหูผู้ฟัง
โต๊ะเรียน		<div>แหล่งกำเนิดเสียง → <input type="text"/> (D)</div> <div>↓</div> <div> ← <input type="text"/> (E)</div>
น้ำ		<div>แหล่งกำเนิดเสียง → <input type="text"/> (B)</div> <div>↓</div> <div> ← <input type="text"/> (C)</div>
อากาศ		<div>แหล่งกำเนิดเสียง → <input type="text"/> (A)</div> <div>↓</div> <div></div>

1. A , B , C , D , E ทำหน้าที่อย่างไร

.....

.....

2. จงอธิบายกระบวนการเคลื่อนที่ของเสียงจากแหล่งกำเนิดเสียงถึงผู้ฟัง

.....

.....

3. ให้นักเรียนวิเคราะห์สถานการณ์ต่อไปนี้



สุบอากาศออก

เมื่อทดลองใช้กระดิ่งไฟฟ้าที่ส่งเสียงดังตลอดเวลาใส่ไว้ใน
ครอบแก้วแล้วค่อยๆ สูบอากาศออกจนอากาศภายในแก้ว
หมด จงตอบคำถามต่อไปนี้

3.1 ลักษณะของเสียงที่ได้ยินในขณะที่ยังไม่สูบอากาศออก

.....

3.2 ลักษณะของเสียงที่ได้ยินในขณะที่สูบอากาศออก

.....

3.3 ลักษณะของเสียงที่ได้ยินในขณะที่สูบอากาศออกจนหมด

.....

3.4 นักเรียนคิดว่าเหตุใดลักษณะเสียงที่ได้ยินจึงเป็นเช่นนั้น

.....

3.5 นักเรียนคิดว่าคลื่นเสียงเป็นคลื่นชนิดใด

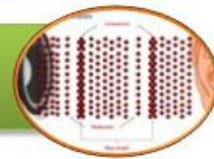
.....

กิจกรรมที่ 1-2

เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง...

ตอนที่ 2

เวลา 15 นาที



จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. บอกตำแหน่งการเกิดส่วนอัดและส่วนขยายเมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศได้
2. อธิบายการเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศและการกระจัดของอนุภาคของตัวกลางในบริเวณส่วนอัดและส่วนขยายได้
3. อธิบายการเคลื่อนที่ของอนุภาคของตัวกลางเมื่อได้รับการถ่ายโอนพลังงานเสียงได้

วัสดุอุปกรณ์

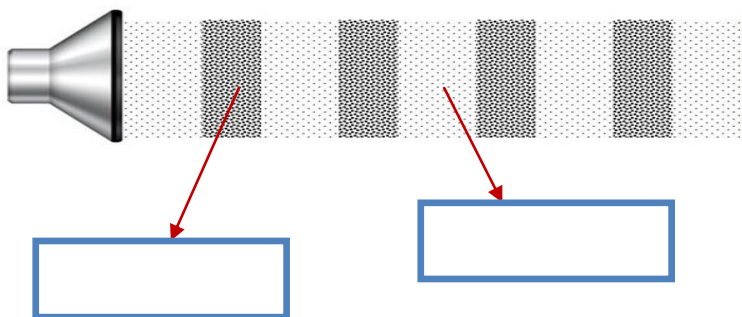
- | | | |
|---------------|---|-------------|
| 1. กระดาษปรีฟ | 1 | แผ่น/กลุ่ม |
| 2. สีชอล์ค | 1 | กล่อง/กลุ่ม |



ขั้นตอนการทำกิจกรรม

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มระดมความคิดภายในกลุ่ม ภายใต้หัวข้อ “เมื่อเสียงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง...”
2. วาดรูปลงในกระดาษปรีฟ เพื่อแสดงส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้
 - 2.1 ส่วนอัดส่วนขยายของอนุภาคของตัวกลาง
 - 2.2 ความดันของอากาศ และการกระจัดของอนุภาคของตัวกลางในบริเวณส่วนอัดและส่วนขยาย
 - 2.3 กระบวนการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงที่ผ่านตัวกลาง โดยใช้ให้เห็นถึงการเคลื่อนที่ของอนุภาคของตัวกลางเมื่อได้รับการถ่ายโอนพลังงานเสียง
4. นำเสนองานกลุ่มหน้าชั้นเรียน 1 กลุ่ม นักเรียนผู้ฟังวิพากษ์ความเป็นไปได้ ข้อคิดเห็นเพิ่มเติม ข้อดี ข้อเสีย องค์ความรู้ที่เกิดขึ้น แล้วติดผลงานของแต่ละกลุ่มบริเวณฝาผนังห้องเรียน
5. แต่ละกลุ่มส่งตัวแทนติดสติ๊กเกอร์ลงบนผลงานของกลุ่มเพื่อนที่มีผลงานสมบูรณ์ที่สุด
6. ศึกษาใบความรู้ที่ 1-2 หน้า 23-26 พร้อมตอบคำถามท้ายกิจกรรมที่ 1-2 เรื่อง เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง....
7. ครูมอบรางวัลกลุ่มที่ได้รับสติ๊กเกอร์มากที่สุด

1. เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศ จงบอกตำแหน่งของส่วนอัดและส่วนขยาย



2. ขณะที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศความดันของอากาศ และการกระจัดของอนุภาคของตัวกลาง ในบริเวณส่วนอัดและส่วนขยายมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

.....

.....

3. เมื่ออนุภาคของอากาศได้รับการถ่ายโอนพลังงานเสียง อนุภาคของอากาศเคลื่อนที่อย่างไร

.....

.....

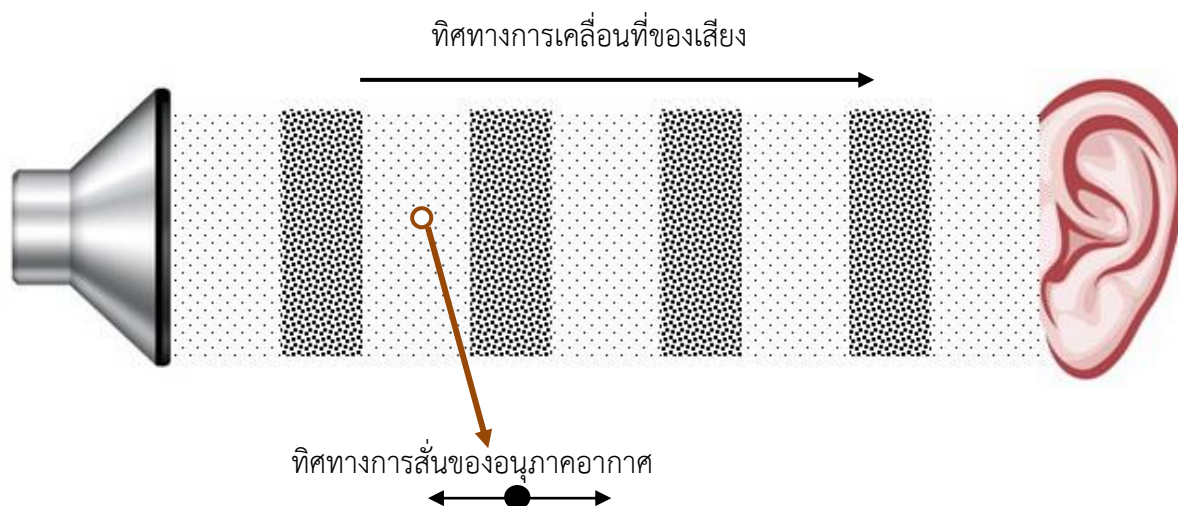
4. จาก ข้อ 3 เมื่อพิจารณาทิศทางการเคลื่อนที่ของอนุภาคของอากาศ สามารถจำแนกได้ว่าคลื่นเสียง เป็นคลื่นประเภทใด

.....

.....



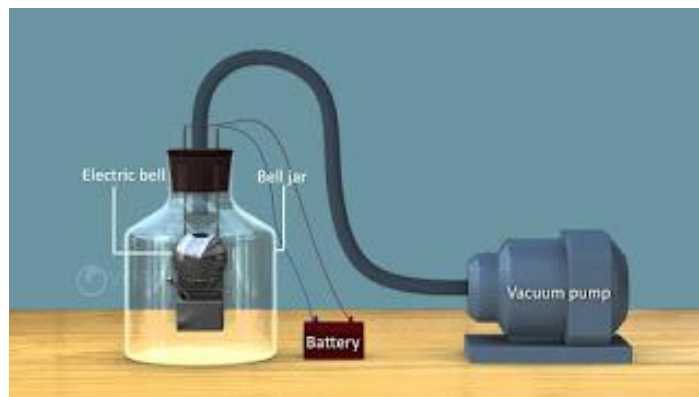
คลื่นเสียงจะเดินทางมาถึงผู้ฟังได้ ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ เช่น ขณะที่นักเรียนพูดกับเพื่อน เสียงเดินทางผ่านอากาศมาถึงหูเพื่อนจึงจะได้ยินเสียง หรือเมื่อคนงานซ่อมรางรถไฟเอาหูแนบกับรางรถไฟฟังเสียงว่ามีรถไฟมาหรือไม่ นั้นแสดงว่าเสียงต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่



ภาพที่ 1-4 แสดงคลื่นเสียงเคลื่อนออกจากแหล่งกำเนิดเสียงผ่านตัวกลางไปถึงหูผู้ฟัง

ในการจำแนกชนิดของคลื่นตามเกณฑ์การใช้ตัวกลางในการเคลื่อนที่สามารถจำแนกได้ 2 ชนิด คือ คลื่นที่ไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ เรียกว่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และคลื่นที่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ เรียกว่า คลื่นกล เสียงอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ดังนั้นเสียงเป็นคลื่นกล

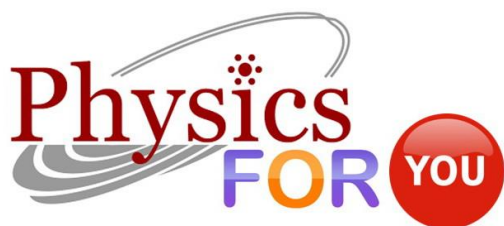
การทดลองของโรเบิร์ต บอยล์ (Robert Boyle)



ภาพที่ 1-5 แสดงการทดลองการเคลื่อนที่ของเสียงในภาชนะสุญญากาศ

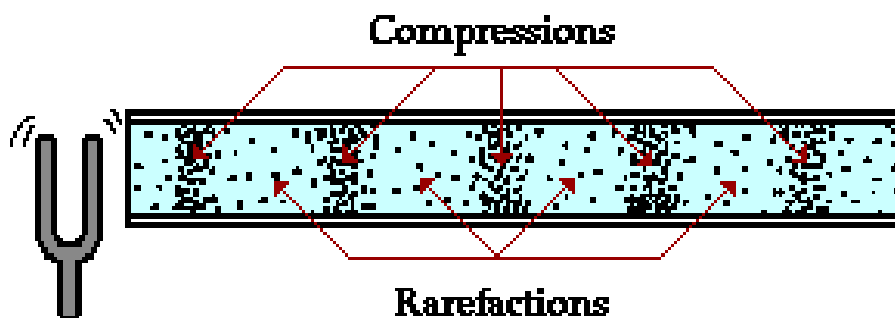
(ที่มา : <http://1.bp.blogspot.com/-GJmsj6ktXzM/VnnW5Bz7Mcl/AAAAAAAAAGVc/arBtWB4r3gg/s320/3F-BellJar.jpg>)

โรเบิร์ต บอยล์ (Robert Boyle) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษได้ทดลองนำกระดิ่งไฟฟ้า (Electric Bell) ใส่ในภาชนะแก้วปิด (Bell Jar) แล้วต่อสายกระดิ่งไฟฟ้ากับแบตเตอรี่ ให้กระดิ่งไฟฟ้าทำงาน ขณะเดียวกันก็สูบอากาศออกโดยใช้มอเตอร์ (Motor) จะได้ยินเสียงกระดิ่งไฟฟ้าเบาลงเรื่อยๆ จนกระทั่งสูบอากาศออกหมดทำให้ภายในครอบแก้วเป็นสุญญากาศ จะไม่ได้ยินเสียงกระดิ่งไฟฟ้าเลย จึงสรุปได้ว่า เสียงไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านสุญญากาศได้



อากาศ คือ ส่วนผสมของแก๊สต่างๆ และไอน้ำ ซึ่งส่วนใหญ่ได้แก่ แก๊สไนโตรเจน และแก๊สออกซิเจน นอกนั้นยังมีแก๊สอื่นๆ ซึ่งมีอยู่เป็นจำนวนน้อย อากาศมีอยู่รอบๆ ตัวเราทุกหนทุกแห่ง ทั้งบนยอดสูงสุดของภูเขาและในที่จืดกรดด่างดิน อากาศมีอยู่ในบ้าน มีอยู่ในโรงเรียนและ ในรถยนต์ อากาศไม่มีสี ไม่มีรสชาติ และไม่มีกลิ่น

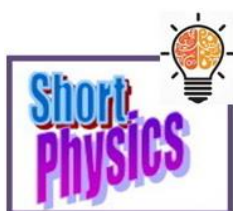
เมื่ออนุภาคของตัวกลางได้รับพลังงานจากแหล่งกำเนิดเสียงก็จะถ่ายทอดพลังงานนั้นต่อไปจนถึงหูของผู้ฟัง ตัวกลางที่ทำหน้าที่ส่งต่อหรือถ่ายทอดคลื่นเสียงจากการสั่นสะเทือนอาจเป็นได้ทั้งแก๊ส ของเหลว และของแข็ง ตัวกลางจะต้องมีการยืดหยุ่น (Elasticity) ของโมเลกุลของวัตถุ ตัวกลางนั้นจึงเกิดการอัด (Compression) และการขยาย (Rarefaction) ซึ่งจะทำให้เกิดการถ่ายทอดคลื่นเสียงไปยังผู้รับฟังเสียงได้



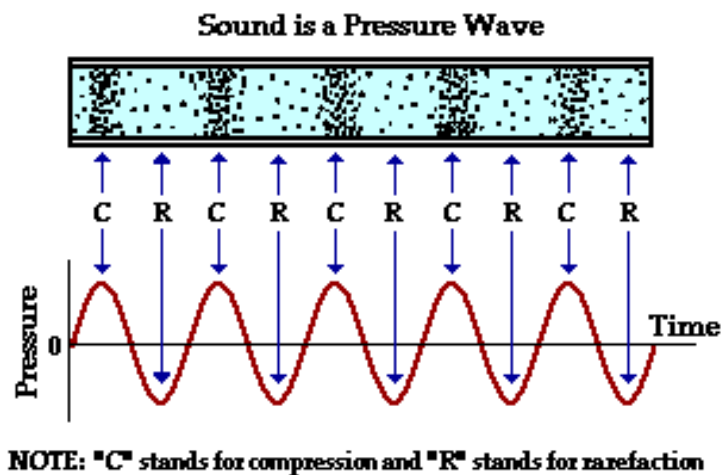
ภาพที่ 1-6 แสดงส่วนอัดและส่วนขยายของตัวกลาง

(ที่มา : <http://www.sa.ac.th/winyoo/Sound/u11l1c1.gif>)

คลื่นเสียงเป็นคลื่นกลซึ่งอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่เช่นเดียวกับคลื่นผิวน้ำ เมื่อพิจารณาคำเคลื่อนที่ผ่านอากาศ อนุภาคของอากาศจะสั่นไปมาโดยทิศทางการสั่นมีทิศทางเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง นั้นแสดงว่าคลื่นเสียงเป็นคลื่นตามยาว



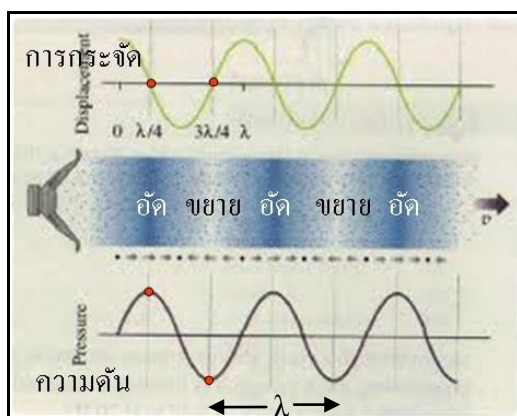
เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศ อนุภาคของอากาศซึ่งเป็นตัวกลางในการถ่ายทอดพลังงานเสียงจะสั่นไปมา และไม่เคลื่อนที่ไปกับคลื่นเสียง โดยทิศทางการสั่นของอนุภาคตัวกลางมีทิศขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง



ภาพที่ 1-7 แสดงความดันของอากาศในบริเวณส่วนอัดและส่วนขยาย

(ที่มา : <http://www.sa.ac.th/winyoo/Sound/Applets/Waves/Lwave01/u11l1c2.gif>)

จากรูปที่ 1-7 เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศ อนุภาคของอากาศบริเวณที่เป็นส่วนอัดจะมีจำนวนมากกว่าปกติ ทำให้ความดันของอากาศที่บริเวณส่วนอัดสูงกว่าความดันปกติ ส่วนอนุภาคของอากาศในบริเวณที่เป็นส่วนขยายจะมีจำนวนน้อยกว่าปกติ ทำให้ความดันของอากาศในบริเวณส่วนขยายต่ำกว่าปกติ ดังนั้น บริเวณตรงกลางระหว่างส่วนอัดจึงมีความดันเพิ่มขึ้นจากปกติมากที่สุด และตรงกลางของส่วนขยายก็มีความดันลดลงจากปกติมากที่สุด



ภาพที่ 1-8 แสดงกราฟการกระจัดและกราฟความดันที่สัมพันธ์กับส่วนอัดและส่วนขยาย

(ที่มา : <https://gamemangology.files.wordpress.com/2015/07/05f64-101.jpg?w=320&h=253>)

จากรูปที่ 1-8 จะเห็นได้ว่าอากาศที่มีความดันเพิ่มขึ้นจากเดิมมากที่สุด (ส่วนอัด) หรือลดลงจากเดิมมากที่สุด (ส่วนขยาย) โมเลกุลหรืออนุภาคของอากาศที่อยู่ตรงกลางส่วนอัดและส่วนขยายจะไม่มีการเคลื่อนที่ การกระจัดจึงเป็นศูนย์ โดยที่ระยะระหว่างส่วนอัดและส่วนขยายที่อยู่ติดกันของคลื่นเสียงมีค่าเท่ากับ $\frac{1}{2}\lambda$ (λ คือ ความยาวคลื่น)

สรุปสำคัญของคลื่นเสียง แบ่งได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่

1. ส่วนอัด (compression) คือ บริเวณตัวกลางที่อัดเข้าหากัน ความดันสูงสุด การกระจัดอนุภาคน้อยที่สุด เป็นบริเวณที่เกิดเสียงดังที่สุด

2. ส่วนขยาย (rarefaction) คือ บริเวณที่อนุภาคตัวกลางแยกห่างจากกัน เป็นบริเวณที่มีความดันต่ำสุด การกระจัดอนุภาคมากที่สุด เป็นบริเวณที่เสียงเบาที่สุด

ในขณะที่คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง พลังงานการสั่นของแหล่งกำเนิดเสียงจะถูกถ่ายโอนให้กับอนุภาคของอากาศ ทำให้ความดันอากาศเปลี่ยนแปลงแต่ความถี่ของคลื่นเสียงยังคงเท่ากับความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียง การเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศดังกล่าวนี้นี้จะถูกถ่ายโอนต่อไป กันมาจากแหล่งกำเนิดเสียงจนกระทั่งถึงหูผู้ฟัง

แบบฝึกหัดทบทวน (การบ้าน)
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้
ธรรมชาติของเสียง
วิชา ว32201 ฟิสิกส์เพิ่มเติม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



คำชี้แจง

ให้นักเรียนเติมคำตอบให้ถูกต้อง

นกหวีด

ไวโอลิน

ฉาบ

ส้อมเสียง

กลอง

ขลุ่ย

1. จำแนกประเภทของแหล่งกำเนิดเสียงโดยเลือกแหล่งกำเนิดเสียงที่กำหนดให้มาใส่ตามประเภทของแหล่งกำเนิดเสียงให้ถูกต้อง

1.1 แหล่งกำเนิดเสียงที่เกิดจากการสั่นของสายหรือแท่ง

1.2 แหล่งกำเนิดเสียงที่เกิดจากการสั่นของผิว

1.3 แหล่งกำเนิดเสียงที่เกิดจากการสั่นของลำอากาศ

2. เลือกคำตอบมาใส่ในตารางให้ถูกต้อง

การกระจัดอนุภาคมากที่สุด

ความดันต่ำสุด

การกระจัดอนุภาคน้อยที่สุด

ความดันสูงสุด

ส่วนอัด (compression)	ส่วนขยาย (rarefaction)
.....
.....

3. พลังงานเสียงทำให้โมเลกุลอากาศอัดตัวและขยายตัว

3.1 ส่วนอัด เป็นตำแหน่งเสียงดังหรือเสียงเบา.....

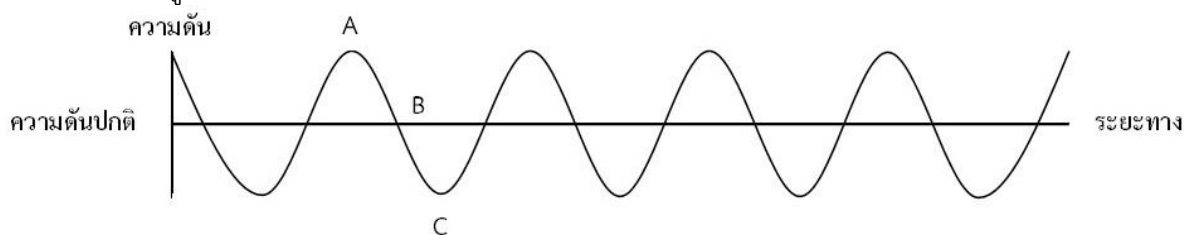
3.2 ส่วนขยาย เป็นตำแหน่งเสียงดังหรือเสียงเบา.....

4. พลังงานเสียงทำให้โมเลกุลอากาศอัดตัวและขยายตัว

4.1 ส่วนอัดที่อยู่ใกล้กัน ห่างกันก็ลูกคลื่น.....

4.2 ส่วนขยายที่อยู่ใกล้กัน ห่างกันก็ลูกคลื่น.....

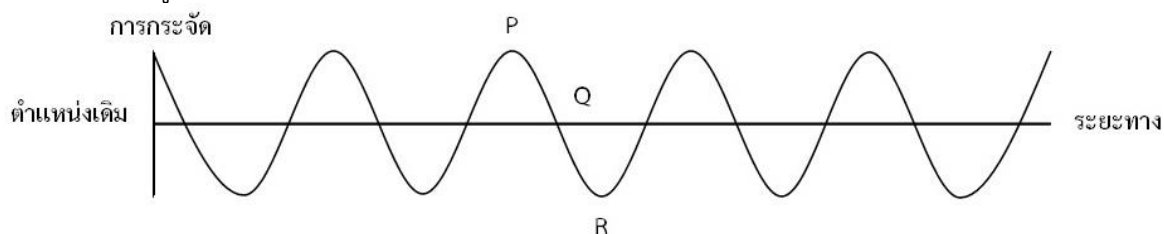
5. จากรูป เป็นกราฟความดันกับระยะทางของคลื่นเสียง



5.1 ตำแหน่งใด หมายถึงส่วนอัด.....

5.2 ตำแหน่งใด หมายถึงส่วนขยาย.....

6. จากรูป เป็นกราฟการกระจัดกับระยะทางของคลื่นเสียง



6.1 ตำแหน่งใด หมายถึงส่วนอัด.....

6.2 ตำแหน่งใด หมายถึงส่วนขยาย.....

กิจกรรมที่ 1-3

สรุปองค์ความรู้

เรื่อง ธรรมชาติของเสียง

กิจกรรมนอกเวลาเรียน



จุดประสงค์ของกิจกรรม

เพื่อสรุปองค์ความรู้ เรื่อง ธรรมชาติของเสียง

วัสดุอุปกรณ์และสื่อ

1. กระดาษ ขนาด A4 1 แผ่น/คน
2. สีดินสอหรือสีชอล์ค



ขั้นตอนการทำกิจกรรม

1. ให้นักเรียนทุกคนทำแผ่นพับสรุปองค์ความรู้ เรื่อง ธรรมชาติของเสียง
2. นำแผ่นพับของตนเองไปถ่ายเอกสาร จำนวน 5 ชุด เผยแพร่ความรู้ให้เพื่อนต่างห้องในระดับชั้นเดียวกัน จำนวน 5 คน พร้อมให้เพื่อนทุกคนที่ได้รับแผ่นพับประเมินความพึงพอใจที่มีต่อแผ่นพับ แล้วสรุประดับความพึงพอใจในภาพรวม นำส่งครูในคาบเรียนถัดไป

แบบประเมินความพึงพอใจแผ่นพับสรุปองค์ความรู้ เรื่อง ธรรมชาติของเสียง

ของ.....

รายการ	ระดับความพึงพอใจ		
	1	2	3
1. รูปแบบของแผ่นพับ			
2. ความสวยงามของแผ่นพับ			
3. เนื้อหาอ่านแล้วเข้าใจง่าย			
4. ลำดับหัวข้อมีความเหมาะสม			
5. ความรู้ที่ได้รับจากแผ่นพับ			

เกณฑ์การระดับความพึงพอใจ

พึงพอใจมาก = 3 คะแนน

พึงพอใจปานกลาง = 2 คะแนน

ควรปรับปรุง = 1 คะแนน

แบบสรุปความพึงพอใจแผ่นพับสรุปองค์ความรู้ เรื่อง ธรรมชาติของเสียง

ของ.....

(จากการประเมินของเพื่อนร่วมชั้นเรียนห้องอื่นๆ จำนวน 5 คน)

รายการ	ระดับความพึงพอใจ			รวม
	1	2	3	
1. รูปแบบของแผ่นพับ				
2. ความสวยงามของแผ่นพับ				
3. เนื้อหาอ่านแล้วเข้าใจง่าย				
4. ลำดับหัวข้อมีความเหมาะสม				
5. ความรู้ที่ได้รับจากแผ่นพับ				
รวมทั้งสิ้น				
สรุปผล () พึงพอใจมาก () พึงพอใจปานกลาง () ควรปรับปรุง				

เกณฑ์ระดับความพึงพอใจ

60 – 75 คะแนน	=	พึงพอใจมาก
45 – 59 คะแนน	=	พึงพอใจปานกลาง
ต่ำกว่า 45 คะแนน	=	ควรปรับปรุง

Post-test

แบบทดสอบหลังเรียน

ชุดที่ 1 เรื่อง ธรรมชาติของเสียง

รายวิชา ว32201 ฟิสิกส์เพิ่มเติม 3 ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5



คำชี้แจง 1. แบบทดสอบหลังเรียน ชุดที่ 1 ธรรมชาติของเสียง เป็นแบบทดสอบ ปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 10 ข้อ เวลา 10 นาที
2. ให้นักเรียนทำเครื่องหมาย (X) ลงในกระดาษคำตอบในแบบบันทึกคะแนน ชุดที่ 1 ธรรมชาติของเสียง
3. ให้นักเรียนอ่านและทำแบบทดสอบให้ครบทุกข้อ

1. ข้อใดเป็นแหล่งกำเนิดเสียงที่เกิดจากการสั่นของผิวทั้งหมด
 - ก. กีตาร์ ไวโอลิน แคน
 - ข. ขลุ่ย แซกโซโฟน ส้อมเสียง
 - ค. ชิม สะล้อ นกหวีด
 - ง. ลำโพง ฉิ่ง กลอง
2. ยานอวกาศ A และ B อยู่ในบริเวณที่เป็นสุญญากาศ เมื่อยานอวกาศ A เกิดระเบิดขึ้น ข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุด
 - ก. คนในยานอวกาศ B มองเห็นและได้ยินเสียงระเบิด
 - ข. คนในยานอวกาศ B มองไม่เห็นแต่ได้ยินเสียงระเบิด
 - ค. คนในยานอวกาศ B มองเห็นแต่ไม่ได้ยินเสียงระเบิด
 - ง. คนในยานอวกาศ B มองไม่เห็นและไม่ได้ยินเสียงระเบิด
3. เมื่อเรากระทุ้งน้ำเป็นจังหวะสม่ำเสมอ ลูกปิงปองที่ลอยอยู่บนผิวน้ำจะมีการเคลื่อนที่ เป็นเหตุการณ์ที่สื่อถึงการเคลื่อนที่ของอนุภาคของตัวกลาง แต่ถ้าเปลี่ยนลูกปิงปองเป็นเม็ดโฟมที่กระจายอยู่ในอากาศเมื่อได้รับพลังงานเสียงเม็ดโฟมจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร
 - ก. เม็ดโฟมเคลื่อนที่ไปตามพลังงานเสียง
 - ข. เม็ดโฟมเคลื่อนที่ขึ้นลงอยู่ที่ตำแหน่งเดิม
 - ค. เม็ดโฟมเคลื่อนที่ไปตามทิศทางของเสียงและเคลื่อนที่ไปกับเสียง
 - ง. เม็ดโฟมเคลื่อนที่ไปกลับตามทิศทางของเสียงแต่ไม่เคลื่อนที่ไปกับเสียง
4. ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อที่ต้องเกี่ยวกับคลื่นตามยาว
 - ก. เป็นคลื่นที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่
 - ข. เป็นคลื่นที่เคลื่อนที่ไปตามแนวยาวของตัวกลาง
 - ค. เป็นคลื่นที่อนุภาคของตัวกลางมีการสั่นได้หลายแนว
 - ง. เป็นคลื่นที่อนุภาคของตัวกลางมีการสั่นในแนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่น

5. คลื่นในข้อต่อไปนี้ ข้อใดเป็นคลื่นที่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่
- คลื่นแสง
 - คลื่นเสียง
 - คลื่นผิวน้ำ
- ถูกต้องทั้งข้อ 1, 2 และ 3
 - ถูกต้องเฉพาะข้อ 2 และ 3
 - ถูกต้องเฉพาะข้อ 1 เท่านั้น
 - ผิดหมดทุกข้อ
6. อนุภาคของตัวกลางเคลื่อนที่อย่างไร เมื่อได้รับพลังงานเสียง
- เคลื่อนที่ไปพร้อมกับพลังงานเสียง
 - สั่นกลับไปกลับมาโดยมีทิศทางขนานกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง
 - สั่นกลับไปกลับมาโดยมีทิศทางตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง
 - สั่นกลับไปกลับมาโดยมีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง
7. ถ้าเราเคาะแท่งเหล็กยาวแท่งหนึ่ง ข้อใดต่อไปนี้กล่าวผิด
- คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านแท่งเหล็ก
 - คลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศ
 - เราจะได้ยินเสียงดัง 1 ครั้ง
 - ถูกทั้ง ก ,ข และ ค
8. คลื่นเสียงเป็นคลื่นประเภทใด
- คลื่นกล คลื่นตามยาว
 - คลื่นกล คลื่นตามขวาง
 - คลื่นตามขวาง คลื่นตามยาว
 - คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นตามยาว
9. เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศ ข้อใดอธิบายถึงส่วนอัดและส่วนขยายได้ถูกต้องที่สุด
- ส่วนอัดเป็นส่วนที่เกิดเสียงเบาที่สุด
 - ส่วนขยายเป็นส่วนที่มีการกระจัดของอนุภาคมากที่สุด และเกิดเสียงดังที่สุด
 - ส่วนอัดเป็นส่วนที่มีความดันของอากาศสูงสุด และการกระจัดของอนุภาคน้อยที่สุด
 - ส่วนขยายเป็นส่วนที่มีอนุภาคของอากาศอยู่กันอย่างหนาแน่น ความดันของอากาศต่ำที่สุด
10. เมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง ค่าใดที่ไม่เปลี่ยนแปลง
- ความถี่
 - อัตราเร็วเสียง
 - ความดันอากาศ
 - ความยาวคลื่นเสียง

บรรณานุกรม

- จักรินทร์ วรรณโพธิ์กลาง. (2555). Top secret จากต้นจนเป็นเขียน ฟิสิกส์เพิ่มเติม ม.4-6 เล่ม 3. กรุงเทพมหานคร : บริษัท สำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนา จำกัด.
- เฉลิมชัย มอญสุขำ. (2554). หนังสือเสริมการเรียนรู้ ฟิสิกส์เพิ่มเติม ชั้น ม.4-6 เล่ม 3. กรุงเทพมหานคร : เดอะบุคส์.
- ช่วง ทมทิตชงค์ และคณะ. ตะลุยโจทย์ข้อสอบ ฟิสิกส์ ม.5. กรุงเทพมหานคร : ไอเอ็ดพับลิชชิ่ง.
- ณรงค์ สัจวารณที. หนังสือเรียน รายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6. กรุงเทพมหานคร : อักษรเจริญทัศน์ อจท.จำกัด.
- ธีรศักดิ์ ปรงจิตวิทยาภรณ์. ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 2. นนทบุรี : ธรรมบัณฑิต.
- นันทพล สิทธิสุวรรณ. ธรรมชาติของเสียง. สืบค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2559, จาก <http://www.atom.mutphysics.com/charud/oldnews/0/286/10/sound/sound/acoustic.htm>
- ประกิตเผ่า ทมทิตชงค์ ,ประกิตพันธุ์ ทมทิตชงค์. (2558). รวมโจทย์ข้อสอบ ฟิสิกส์ ม.4-6 เล่ม 3 (Problems in Physics). กรุงเทพมหานคร : ไอเอ็ดพับลิชชิ่ง.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร : สกสศ. ลาดพร้าว.
- _____. (2557). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ฟิสิกส์ เล่ม 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ สกสศ. ลาดพร้าว.

ภาพประกอบ

- การเกิดคลื่นเสียงและการเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง. สืบค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2559, จาก <https://gamemangology.wordpress.com/2015/07/20/การเกิดคลื่นเสียง-และ-กา/>
- การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียง. สืบค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2559, จาก <http://www.sa.ac.th/winyoo/Sound/Applets/Waves/Lwave01/Lwave01Applet.html>
- เครื่องเป่าลมไม้. สืบค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2559, จาก <http://krutri.samroiwit.ac.th/woodwin.html>
- นฤมล มั่นภักดี. (2557). Thai music. สืบค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2559, จาก <http://stamarumon.blogspot.com/>
- เนตรนภีษ์ ทองปาน. (2557). การเคลื่อนที่ของคลื่นเสียงผ่านตัวกลาง. สืบค้นเมื่อ 8 กุมภาพันธ์ 2559, จาก http://soundwavebyevi.blogspot.com/2014/07/blog-post_1348.html
- The Steiny Road to Operadom A book publishing trajectory. สืบค้นเมื่อ 7 กุมภาพันธ์ 2559, จาก <http://alenier.blogspot.com/2015/12/>