

## แผนการสอน/แผนการเรียนรู้ภาคทฤษฎี

	แผนการจัดการเรียนรู้	บทที่ 1
	ชื่อวิชา เครื่องเสียง	สอนสัปดาห์ที่ 1
	ชื่อหน่วย คลื่นเสียงและเครื่องเสียง	คาบรวม 4
ชื่อเรื่อง คลื่นเสียงและเครื่องเสียง		จำนวนคาบ 4
<p><b>หัวข้อเรื่อง</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. คลื่นเสียง</li> <li>2. คุณสมบัติและส่วนประกอบของคลื่นเสียง</li> <li>3. หูและการได้ยิน</li> <li>4. หน่วยวัดความดัง</li> <li>5. เครื่องเสียงชนิดไฮ-ไฟ</li> <li>6. ส่วนประกอบของเครื่องเสียงชนิดไฮ – ไฟ</li> <li>7. ความผิดเพี้ยนที่มีผลต่อเครื่องเสียงชนิดไฮ – ไฟ</li> </ol> <p><b>สาระสำคัญ</b></p> <p>คลื่นเสียงเป็นคลื่นชนิดหนึ่งที่เกิดจากการสั่นของอากาศและมีความถี่อยู่ในช่วง 20 เฮิรตซ์ -20 กิโลเฮิรตซ์ ซึ่งเป็นช่วงความถี่ที่มนุษย์เราสามารถได้ยินได้ ซึ่งจะได้กล่าวถึงนิยามของเสียง คุณสมบัติและส่วนประกอบของเสียง หูกับการได้ยินรวมไปถึงหน่วยวัดความดังที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ในส่วนที่สองเรื่องเครื่องเสียงชนิดไฮ-ไฟนั้นจะกล่าวถึงนิยามของคำว่าไฮ-ไฟ ส่วนประกอบที่ทำให้เครื่องเสียงเป็นชนิดไฮ-ไฟ ความผิดเพี้ยนที่มีผลต่อเครื่องเสียงไฮ-ไฟ</p> <p><b>สมรรถนะอาชีพประจำหน่วย</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- แสดงความรู้เกี่ยวกับคลื่นเสียงและเครื่องเสียง</li> </ul>		

## คำศัพท์สำคัญ

### จุดประสงค์การสอน/การเรียนรู้

- จุดประสงค์ทั่วไป / บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง

1. เพื่อให้มีความรู้เกี่ยวกับการเกิดเครื่องเสียง (ด้านความรู้)
2. เพื่อให้มีทักษะในการจำแนกโครงสร้างของหูและการได้ยิน (ด้านทักษะ)
3. เพื่อให้มีเจตคติที่ดีในการจำแนกองค์ประกอบของระบบไฟฟ้า (ด้านจิตพิสัย)
4. เพื่อสรุปแหล่งกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับ ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม (ด้านด้านคุณธรรม จริยธรรม/ บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง)

- จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม / บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง

1. อธิบายการเกิดคลื่นเสียงได้ (ด้านความรู้)
2. บอกคุณสมบัติและส่วนประกอบของเครื่องเสียงได้ (ด้านความรู้)
3. จำแนกโครงสร้างของหูและการได้ยินได้ (ด้านทักษะ)
4. กำหนดหน่วยวัดและความดังได้ (ด้านทักษะ)
5. เขียนความแตกต่างระหว่างเครื่องเสียงทั่วไปได้ (ด้านทักษะ)
6. แยกแยะส่วนประกอบของเครื่องเสียงชนิดไฮ-ไฟได้ (ด้านทักษะ)
7. ชี้ให้เห็นถึงความผิดเพี้ยนที่มีผลต่อเครื่องเสียงชนิดไฮ-ไฟได้ (ด้านจิตพิสัย)
8. สรุปคลื่นเสียงและเครื่องเสียง ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม (ด้านด้านคุณธรรม จริยธรรม/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง)

## เนื้อหาสาระการสอน/การเรียนรู้

### • ด้านความรู้(ทฤษฎี)

#### 1.1 คลื่นเสียง

คลื่นเสียงเป็นคลื่นชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นได้จากการสั่นของอากาศโดยรอบและมีความถี่ต่ำจึงถูกเรียกว่า ความถี่เสียง (Audio Frequency) อยู่ในช่วงความถี่ประมาณ 20 Hz – 20 KHz เป็นช่วงความถี่ที่มนุษย์อย่างเรา ๆ สามารถรับฟังและได้ยินได้ คลื่นเสียงนั้นเดินทางไปได้ไม่ไกลเนื่องจากคลื่นเสียงนั้นเกิดการจางหายหรือถูกดูดกลืนได้ง่าย คลื่นเสียงเกิดขึ้นได้จากแหล่งกำเนิดเสียงต่าง ๆ หลายชนิดแตกต่างกัน เมื่อคลื่นเสียงมาจากแหล่งกำเนิดที่ต่างกัน คลื่นเสียงและความถี่ของเสียงที่ได้ก็จะแตกต่างกันไปด้วย แต่ยังคงเป็นคลื่นรูปไซน์เหมือนกัน การเดินทางของเสียงไปในตัวกลางต่าง ๆ อัตราเร็วในการเดินทางของเสียงขึ้นอยู่กับคุณสมบัติตัวกลางที่เสียงเคลื่อนที่ผ่าน ได้แก่ ความหนาแน่น ความยืดหยุ่น เป็นต้น โดยปกติเสียงเดินทางในของแข็งได้ดีที่สุด รองลงมาคือของเหลวและก๊าซ นอกจากนี้อัตราเร็วเสียงยังขึ้นอยู่กับอุณหภูมิของตัวกลางที่เสียงเคลื่อนที่ผ่าน โดยพบว่า เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อัตราเร็วเสียงจะมีค่ามากขึ้น สำหรับตัวกลางที่เป็นอากาศ ในขณะที่เสียงเคลื่อนที่จะมีการถ่ายทอดพลังงานไปให้กับวัตถุที่เสียงตกกระทบ โดยอัตราการถ่ายทอดพลังงานของเสียงต่อพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของเสียง เรียกว่าความเข้มเสียง (Intensity) หรืออาจกล่าวได้ว่า ความเข้มเสียง หมายถึง กำลังของเสียงจากแหล่งกำเนิดที่ตกกระทบบนพื้นที่ 1 ตารางหน่วยในแนวตั้งฉากที่พิจารณา เนื่องจากเสียงแผ่ออกทุกทิศทางเหมือนกันคือ ลักษณะของคลื่นเสียงจะเป็นรูปคลื่นไซน์ (Sine Wave) เหมือนกัน กล่าวคือ จะมีส่วนของสัญญาณแรงสุด (Maximum Signal) และส่วนของสัญญาณที่เบาสุด (Minimum Signal) และจะมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มหรือลดเป็นไปตามลำดับสลับกันไปมา

คลื่นเสียงเป็นคลื่นตามยาวเกิดจากการสั่นของวัตถุ ความถี่ของเสียงจะมีค่าเท่ากับความถี่ของแหล่งกำเนิด และในขณะที่มีการสั่น โมเลกุลของตัวกลางจะมีการถ่ายทอดพลังงานทำให้เกิดความดันอากาศที่เปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่ง ทำให้เกิดเป็นช่วงอัดและช่วงขยายโดยที่ช่วงอัดคือบริเวณที่อนุภาคของตัวกลางอัดเข้าหากัน บริเวณนี้มีความดันสูงสุดโดยเทียบกับความดันที่ตำแหน่งสมดุลของอนุภาค โดยการขจัดของอนุภาคน้อยที่สุด ส่วนช่วงขยายคือบริเวณที่อนุภาคตัวกลางแยกห่างจากกัน บริเวณนี้มีความดันต่ำสุดโดยเทียบกับความดันที่ตำแหน่งสมดุลของอนุภาค การขจัดของอนุภาคมากที่สุด อัตราเร็วเสียงขึ้นอยู่กับคุณสมบัติตัวกลางที่เสียงเคลื่อนที่ผ่าน ได้แก่ ความหนาแน่น ความยืดหยุ่น เป็นต้น โดยปกติเสียงเดินทางในของแข็งได้ดีที่สุด รองลงมาคือของเหลวและก๊าซ

#### 1.2 คุณสมบัติและส่วนประกอบของคลื่นเสียง

ตัวกลางที่ทำให้คลื่นเสียงสามารถเคลื่อนที่ไปได้คืออากาศ โดยอาศัยการอัดตัวและขยายตัวของอากาศซึ่งในอากาศนั้นจะมีโมเลกุลอยู่และโมเลกุลเหล่านั้นมีลักษณะที่สามารถยืดหยุ่นได้ทำให้คลื่นเสียงเดินทางไปได้ โดยการส่งผ่านแรงกระตุ้นจากโมเลกุลหนึ่งไปอีกโมเลกุลหนึ่งที่อยู่เคียงข้างและกระทำแบบนี้ไปเรื่อย ๆ เป็นลำดับกัน โดยความเร็วในการเคลื่อนที่ของเสียงในอากาศคือ

331 เมตรต่อวินาที ที่อุณหภูมิต่ำ 0 องศาเซลเซียสและจะเพิ่มความเร็วขึ้นประมาณ 0.6 เมตรต่อวินาทีเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นทุก ๆ 1 องศาเซลเซียสสามารถคำนวณหาความเร็วได้โดยสมการ

$$V = V_0 + 0.6t$$

เมื่อ  $V$  คือ อัตราความเร็วของเสียงที่อุณหภูมิต่ำใด ๆ หน่วยคือเมตรต่อวินาที (m / s)

$V_0$  คือ อัตราเร็วของเสียงที่ 0 องศาเซลเซียส

$t$  คือ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงจาก 0 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างที่ 1.1 จงหาอัตราความเร็วของคลื่นเสียงที่เคลื่อนที่ในอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส

วิธีทำ

จากสูตร  $V = V_0 + 0.6t$

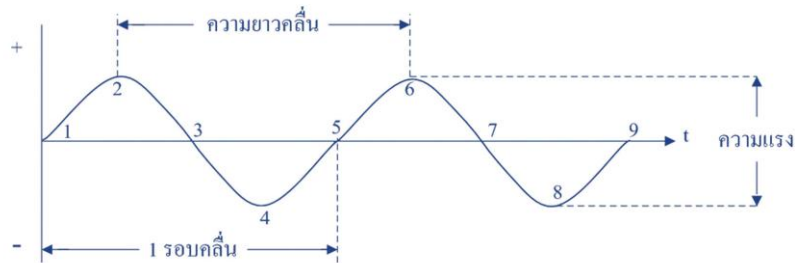
เมื่อ  $V_0 = 331$  m/s

$$t = 45 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

แทนค่า  $V = 331 + (0.6 \times 45)$

$$V = 331 + 27 = 358 \text{ m/s} \text{ ตอบ}$$

คลื่นเสียงนั้นโดยปกติจะมีลักษณะเป็นคลื่นไซน์ และมีการแกว่งตัวของสัญญาณอยู่ในรูปของฮาร์โมนิกส์พื้นฐาน (simple Harmonic) คือคลื่นเสียงที่กำเนิดขึ้นมาจากแหล่งกำเนิดโดยไม่มีคลื่นอื่นปนเข้ามาและมีลักษณะที่แกว่งตัวไปในช่วงบวกและช่วงลบเป็นคลื่นไซน์ดังรูปที่ 1.1



1.2.1 รอบคลื่น การแกว่งตัวของสัญญาณไปในช่วงบวก 1 ครั้งและแกว่งตัวไปในช่วงลบ 1 ครั้งอย่างต่อเนื่องจากรูปคือจุดที่ 1 ไปจุดที่ 5 จากและจากจุดที่ 5 ไปจุดที่ 7 เรียกว่า 1 รอบคลื่นหรืออีกหนึ่งกรณีคือสัญญาณแกว่งไปในช่วงลบ 1 ครั้งและแกว่งตัวไปในช่วงบวก 1 ครั้งอย่างต่อเนื่องเช่นจากจุดที่ 3 ไปถึงจุดที่ 7 และจากจุดที่ 5 ไปจนถึงจุดที่ 9 ก็เรียกว่า 1 รอบคลื่นเช่นเดียวกันรอบคลื่นนี้บอกให้ทราบถึงความถี่เสียง ใช้ตัวอักษรย่อคือ “C”

1.2.2 ความยาวคลื่น คือระยะห่างระหว่างยอดคลื่นลูกหนึ่งไปถึงยอดคลื่นอีกลูกหนึ่งที่มีเฟสของสัญญาณเดียวกันและอยู่ติดกัน จากรูปคือจุดที่ 2 ไปจุดที่ 6 และจุดที่ 4 ไปถึงจุดที่ 8 ความยาวคลื่นนี้บอกให้ทราบถึงความถี่เสียงและความเร็วในการเคลื่อนที่ของเสียง ใช้ตัวอักษรย่อ “λ”

1.2.3 ความแรงคลื่น หรือความดังคือระดับความสูงของคลื่นเสียงที่เกิดขึ้นมีหน่วยเป็นโวลต์ (V) สามารถบอกได้สองค่าคือค่ายอด (Volt peak) หรือ VP คือนับจาก จุด 0 V ไปจนถึงยอดคลื่นถ้าอยู่ในซีกบวกก็จะเป็น +VP และ

ถ้าอยู่ในซีกกลับก็จะเป็น -VP และอีกหนึ่งหน่วยคือค่ายอดถึงยอด (Volt peak to peak) หรือ VPP จะเป็นการนับจากยอดคลื่นซีกบวกไปยอดคลื่นซีกลบ

1.2.4 ความถี่ คือค่าที่บอกความเร็วรอบในการเคลื่อนที่ของคลื่นภายในหนึ่งนาทีที่มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hertz) หรือ Hz ค่าความถี่นี้มีผลต่อเสียงถ้าความถี่สูงเสียงก็จะแหลมถ้าความถี่ต่ำเสียงก็จะทุ้ม ใช้ตัวอักษรย่อคือ “f”

1.2.5 ความเร็ว คือระยะทางที่คลื่นเคลื่อนที่ภายในเวลา 1 วินาที ซึ่งความเร็วนี้ขึ้นอยู่กับตัวกลางที่คลื่นเสียงเดินทางไปเช่นในในอากาศความเร็วในการเดินทางคือ 346 m/s ในน้ำคือ 1,463 m/s ในไม้คือ 3,566 m/s เหล็กคือ 5,486 m/s ความเร็วใช้อักษรย่อ “v”

1.2.6 เฟส คือตำแหน่งมุมของ คลื่นเสียงเมื่อเดินทางครบ 1 รอบจะมีมุม 360 องศาการตกกระทบของคลื่นนั้นจะมีผลกระทบทำให้รูปร่างของคลื่นแตกต่างกันออกไป หากที่จุด ๆ หนึ่งมีคลื่นมาตกกระทบมากกว่าหนึ่งคลื่นก็จะทำให้ความดังของคลื่นเปลี่ยนแปลงไป

จากรูปที่ 1.2 จะเห็นได้ว่าเฟสของสัญญาณของคลื่นลูกที่ 1 ของสัญญาณ A และ B นั้นอยู่ในซีกบวกเหมือนกัน และเฟสของสัญญาณของคลื่นลูกที่ 2 ของสัญญาณ A และ B นั้นอยู่ในซีกลบเหมือนกันทำให้ความแรงของคลื่นทั้ง 2 ช่วงเกิดการรวมกันเป็น 2 dB จากรูปที่ 1.3 จะเห็นได้ว่าเฟสของสัญญาณของคลื่นลูกที่ 1 ของสัญญาณ A อยู่ในซีกลบและ B นั้นอยู่ในซีกบวกซึ่งเฟสทั้งสองสัญญาณต่างกันและเฟสของสัญญาณของคลื่นลูกที่ 2 ของสัญญาณ A อยู่ในซีกบวกและ B นั้นอยู่ในซีกลบ ทั้งสองสัญญาณมีเฟสต่างกันทำให้เกิดการหักล้างของสัญญาณทำให้สัญญาณที่ได้ออกมาเหลือ 0 dB ในกรณีที่คลื่นมีเฟสต่างกัน 90 องศาผลการรวมกันทำให้บางช่วงหรือบางตำแหน่งของเฟสสัญญาณเสริมกันและบางช่วงของเฟสของสัญญาณหักล้างกัน คลื่นเสียงที่ได้ออกมาจะมีรูปร่างและตำแหน่งเฟสของสัญญาณเปลี่ยนแปลงไปเสียงที่ดังออกมาอาจจะเปลี่ยนไปจากแหล่งกำเนิดที่ส่งมาดังรูปที่

1.4

### 1.3 หูและการได้ยิน

คลื่นเสียงเกิดจากการอัดและขยายของตัวกลาง การอัดขยายนี้จะส่งต่อ ๆ กันไป จนถึงหูของผู้ฟังแล้วส่งต่อไปยังสมองในเทอมของระดับเสียง ความดัง และคุณภาพของเสียง โดยปกติหูคนเราไวต่อการรับรู้เสียงที่มีความถี่สูงมากกว่าเสียงที่มีความถี่ต่ำเมื่อเสียงนั้นมีระดับความเข้มเสียงเท่ากัน นอกจากนี้ความไวต่อการรับรู้เสียงของคนเรายังขึ้นอยู่กับอายุ โดยพบว่าเด็กมีความรู้สึกไวต่อช่วงความถี่สูงมากกว่าผู้ใหญ่ความไวต่อการได้ยินเสียงของคนจะลดลงเมื่ออายุมากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าความไวต่อการได้ยินเสียงจะลดลงด้วยสาเหตุอื่น ๆ อีก เช่น การได้รับฟังเสียงดังมากเกินไปเป็นระยะเวลานาน ๆ หรือจากการใช้ยาบางชนิด

หูของคนเราเป็นอวัยวะของร่างกายที่ใช้รับเสียงแบ่งออกได้ 3 ส่วน ได้แก่ หูส่วนนอก หูส่วนกลางและหูส่วนใน

1.3.1 หูชั้นนอก ประกอบด้วยใบหู ช่องหูหรือรูหู (Auditory canal) และเยื่อแก้วหู (Tympanic membrane) โดยใบหูจะทำหน้าที่ในการรับเสียง สำหรับในสัตว์บางชนิด หูส่วนนี้จะมีขนาดใหญ่เพื่อใช้หาทิศทางของแหล่งกำเนิดเสียง ส่วนช่องหูลักษณะเป็นท่อยาว ดังนั้นความดันของเสียงตอนปลายท่อด้านในที่ปิดอยู่จึงมีมากกว่าปากท่อ ด้านนอก ความดันที่เพิ่มนั้นจะเกิดเมื่อความยาวของคลื่นเสียงยาวกว่าความยาวท่อ 4 เท่า คือความดังเมื่อผ่านช่องหูจะเพิ่มขึ้น 12 เดซิเบล ในช่วง

ความถี่ 2,400 - 4,000 Hz แต่ถ้าความยาวคลื่นต่ำกว่าหรือสูงกว่านี้ ความดังเมื่อผ่านช่องหูจะเพิ่มเพียง 5 เดซิเบล ในช่วงความถี่ 2,000 - 6,000 Hz ช่องหูทำหน้าที่ในการกำทอนเสียง (Resonance) ซึ่งสั้นด้วยความถี่ประมาณ 3000 เฮิรตซ์ แล้วส่งไปยังเยื่อแก้วหู นอกจากนี้แล้ว ช่องหูยังช่วยในการควบคุมอุณหภูมิและความชื้นให้มีค่าคงที่ และยังเป็นเครื่องป้องกันอันตรายให้แก่หูอีกด้วย เยื่อแก้วหูเป็นส่วนกั้น ระหว่างหูชั้นนอกกับหูชั้นกลาง โดยแยก อากาศในช่องหูชั้นนอกไม่ให้ติดต่อกับหูชั้นกลางเยื่อแก้วหูทำหน้าที่เป็นเครื่องรับความดันเสียง

1.3.2 หูชั้นกลาง ทำหน้าที่ปรับคลื่นเสียงเพื่อให้เข้าไปกระตุ้นหูชั้นใน โดยการเปลี่ยนพลังงานเสียงจากอากาศให้ ผ่าน ช่องหูชั้นกลาง เข้าไป เป็นการสั่นสะเทือนของของเหลว ภายในหูชั้นกลางประกอบด้วยกระดูกสามชิ้น (Ossicles) คือกระดูกรูปค้อน กระดูกรูปทั่ง และกระดูกรูปโปกลนซึ่งยึดกันอย่างสมดุลด้วยระบบคานาคิดคานงัด (Lever system) ตรงบริเวณปลายกระดูกรูปโปกลนจะติดต่อกับหน้าต่างรูปไข่ กระดูกทั้งสามทำหน้าที่เปลี่ยนคลื่น เสียงที่มากกระทบแก้วหูให้เป็นคลื่นของเหลวขึ้นในหูส่วนใน หูส่วนกลางนี้ติดต่อกับโพรงอากาศผ่านหลอดยูสเทเชียน (Eustachian) ปกติช่องนี้จะปิด แต่ในขณะที่เคี้ยวหรือกลืนอาหารท่อนี้จะเปิด อากาศภายในหู ส่วนกลาง จึงสามารถติดต่อกับภายนอกได้ เป็นการปรับความดัน 2 ด้านของเยื่อแก้วหูให้เท่ากัน ทำให้การได้ยินดีขึ้น

1.3.3 หูชั้นใน ประกอบด้วยหลอดครึ่งวงกลม 3 หลอด (Semicircular canals) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมการสมดุลของ ร่างกาย และกระดูกหูหอย (Cochlea) ซึ่งเป็นช่องมีลักษณะคล้ายหอยโข่งภายในบรรจุของเหลวมีเยื่อบาซิลาร์ (Basilar) จึงอยู่เกือบตลอดความยาว ยกเว้นปลายสุด ตรงปากทางเข้าเป็นช่องเปิดรูปไข่และวงกลม ตลอดความ ยาวของเยื่อบาซิลาร์มีปลายประสาทที่ไวต่อเสียงที่มี ความถี่ต่ำ ๆ กันเรียงรายอยู่ ปลายประสาทที่อยู่กันก่อน ไป ทางช่องเปิดรูปไข่จะไวต่อเสียงที่มีความถี่สูง ส่วนปลายประสาทที่อยู่ลึกเข้าไปข้างในจะไวต่อเสียงที่มีความถี่ต่ำ

#### 1.4 หน่วยวัดความดัง

หน่วยวัดความดังคือการวัดระดับความดังของสัญญาณเสียงโดยหน่วยวัดที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือหน่วยเดซิเบล ใช้สัญลักษณ์คือ dB เป็นหน่วยพื้นฐานในการวัดระดับสัญญาณเสียงที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยแสดงความสัมพันธ์กับตัวเลขในระบบลอการิทึม (Logarithm) ในลักษณะของอัตราส่วนเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณเอาต์พุตกับสัญญาณอินพุตในรูปกำลังไฟฟ้า (Power) แรงดันไฟฟ้า (Voltage) หรือกระแสไฟฟ้า (Current) ของ วงจรขยายเสียงหรือเครื่องขยายเสียงต่าง ๆ หน่วยเดซิเบล (dB) ถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย เพราะอัตราของ ตัวเลขในระบบลอการิทึม นั้นใกล้เคียงกับธรรมชาติการได้ยินเสียงของมนุษย์ในการวัดความดังออกมาเป็น หน่วยเดซิเบล (dB) นอกจากนี้จะใช้วัดเปรียบเทียบระหว่างสัญญาณเอาต์พุตที่ได้จริงในรูปกำลังไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้าหรือกระแสไฟฟ้ากับค่ามาตรฐานที่กำหนดป้อนให้ทางอินพุตค่าหนึ่ง เพื่อให้ได้การเปรียบเทียบเป็น ค่ามาตรฐานเดียวกันไม่ว่าวงจรขยายเสียงหรือเครื่องขยายเสียงมีความแตกต่างกันอย่างไรก็ตาม

1.4.1 หน่วยเดซิเบล (dB) ในเบื้องต้น ความดังถูกวัดออกมาในหน่วยเบล (Bel) เป็นการตั้งชื่อหน่วยเพื่อเป็น เกียรติแก่ อเล็กซานเดอร์ เกรแฮม เบลล์ แต่เป็นหน่วยที่ใหญ่เกินไปไม่สะดวกในการใช้แสดงค่าเป็นตัวเลข จึงได้ แบ่งหน่วยย่อยลงมาเป็นเดซิเบล (dB) คือค่า 0.1 ของเบล สามารถแสดงสมการในรูปกำลังไฟฟ้าได้ดังนี้

$$\text{Bel} = \log (P_O/P_i)$$

$$\text{และ dB} = 10 \log (P_O/P_i)$$

Bel = หน่วยวัดความดังเป็นเบล

dB = หน่วยวัดความดังเป็นเดซิเบล

$P_O$  = กำลังไฟฟ้าที่วัดได้ทางเอาต์พุต หน่วยเป็นวัตต์ (W)

$P_i$  = กำลังไฟฟ้าที่วัดได้ทางอินพุต หน่วยเป็นวัตต์ (W)

และสามารถเขียนสมการในรูปแรงดันไฟฟ้าได้ดังนี้

$$\text{dB} = 20 \log (E_o/E_i)$$

$E_O$  = กำลังไฟฟ้าที่วัดได้ทางเอาต์พุต หน่วยเป็นวัตต์ (W)

$E_i$  = กำลังไฟฟ้าที่วัดได้ทางอินพุต หน่วยเป็นวัตต์ (W)

ตัวอย่างที่ 1.2 เครื่องขยายเสียงเครื่องหนึ่งวัดกำลังไฟฟ้าทางเอาต์พุตได้ 10 mW และ

วัดกำลังทางเอาต์พุตได้ 10 W จงหาความดังของเสียงเป็น dB

วิธีทำ

$$\text{จากสูตร dB} = 10 \log (P_O/P_i)$$

เมื่อ dB = ไม่ทราบค่า

$$P_o = 10 \text{ W}$$

$$P_i = 10 \text{ mW}$$

แทนค่า

$$\text{dB} = 10 \log (10 \text{ W} / 10 \text{ mW})$$

$$\text{dB} = 30 \text{ dB} \text{ ตอบ}$$

หน่วยวัดความดังเป็นเดซิเบลนี้คำตอบที่ได้จะมีทั้งค่าบวก (+) และค่าลบ (-) เมื่อท่านคำนวณแล้วค่าที่ได้ ออกมาเป็นบวก (+dB) แสดงว่ามีการขยายสัญญาณ กล่าวคือสัญญาณทางด้านเอาต์พุตมีค่ามากกว่าสัญญาณอินพุตและถ้าคำนวณแล้วค่าที่ได้ ออกมาเป็นลบ (-dB) แสดงว่ามีการลดทอนสัญญาณ กล่าวคือสัญญาณทางด้านเอาต์พุตมีค่าน้อยกว่าสัญญาณอินพุตความดังที่เพิ่มขึ้นของหน่วยเดซิเบลจะไม่เพิ่มขึ้นเป็นเชิงเส้นเหมือนอัตราการขยายของสัญญาณเพราะการเพิ่มขึ้นของเดซิเบลนั้นจะสัมพันธ์โดยตรงกับค่าลอการิทึม

1.4.2 หน่วยดีบีเอ็ม (dBm) เป็นหน่วยวัดความดังของเสียงที่เปรียบเทียบกับค่าอ้างอิงมาตรฐาน 1 มิลลิวัตต์ (mW) หรือที่ 0.001 W โดยใช้ค่าอิมพีแดนซ์ของวงจรทดลองเป็นค่าปกติ 600 โอห์ม ที่ระดับดัง 0 dB เป็นหน่วยความดังที่นำไปใช้บอกรายละเอียดของอุปกรณ์ใช้งานต่าง ๆ การเปรียบเทียบระดับของสัญญาณที่ 0 dB อาจจะใช้ระดับการอ้างอิงที่แตกต่างกันนอกเหนือจาก 1 มิลลิวัตต์แล้วก็ยังมี 6, 10, 12.5 และ 50 มิลลิวัตต์สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{dBm} = 10 \log (P_O/0.001)$$

$$\text{dB6m} = 10 \log (P_O/0.006)$$

และ  $\text{dB}_{10\text{m}} = 10 \log (\text{PO}/0.01)$

เมื่อ  $\text{dBm}$  = หน่วยวัดความดังเป็นเดซิเบลเทียบระดับอ้างอิงที่ 1 มิลลิวัตต์

$\text{dB}_{6\text{m}}$  = หน่วยวัดความดังเป็นเดซิเบลเทียบระดับอ้างอิงที่ 6 มิลลิวัตต์

$\text{dB}_{10\text{m}}$  = หน่วยวัดความดังเป็นเดซิเบลเทียบระดับอ้างอิงที่ 10 มิลลิวัตต์

$\text{P}_0$  = กำลังไฟฟ้าที่วัดได้ทางเอาต์พุต หน่วยเป็นวัตต์ (w)

ตัวอย่างที่ 1.3 เครื่องขยายเสียงเครื่องหนึ่งมีกำลังวัตต์ทางเอาต์พุตได้ 2 W จงหาค่า  $\text{dBm}$  ของปริแอมป์เครื่องนี้  
วิธีทำ

สูตร  $\text{dBm} = 10 \log (\text{PO}/0.001)$

เมื่อ  $\text{PO} = 2 \text{ W}$

แทนค่าในสมการ  $\text{dBm} = 10 \log (2/0.001) = 33 \text{ dBm}$

ปริแอมป์เครื่องนี้มีความดัง 33  $\text{dBm}$  ตอบ

1.4.3 หน่วยดีบีเอสพีแอล ( $\text{dB-SPL}$ ) เป็นหน่วยวัดความดังเดซิเบล ( $\text{dB}$ ) ที่อ้างอิงแรงกดดันของเสียง (Sound Pressure Level) หรือ  $\text{SPL}$  เป็นแรงกดดันของเสียงในอากาศโดยมีค่าประมาณ 0.00002 นิวตันต่อตารางเมตร ( $\text{N/m}^2$ ) ใช้ความถี่เสียง 1 kHz ถือเป็นแรงกดดันเสียงต่ำสุดที่หูมนุษย์ทั่วไปได้ยินแรงกดดันที่ทำให้มนุษย์รู้สึกปวดหูอยู่ที่  $100 \text{ N/m}^2$  หน่วย  $\text{dB-SPL}$  สามารถเขียนให้อยู่ในรูปสมการได้ดังนี้

$\text{dB-SPL} = 20 \log (\text{PO}/0.00002)$

เมื่อ  $\text{dB-SPL}$  = หน่วยวัดความดังเป็นเดซิเบลเทียบแรงกดดันเสียงที่  $0.00002 \text{ N/m}^2$

$\text{PO}$  = แรงกดดันเสียงที่วัดได้ทางเอาต์พุต หน่วยเป็นวัตต์ (w)

ตัวอย่างที่ 1.4 ลำโพงตัวหนึ่งวัดแรงกดดันเสียงออกมาได้  $0.4 \text{ N/m}^2$  ในอากาศจงหาความดังของเสียงที่ลำโพงเปล่งออกมาได้ในหน่วย  $\text{dB-SPL}$

วิธีทำ

สูตร  $\text{dB-SPL} = 20 \log (\text{PO}/0.00002)$

เมื่อ  $\text{PO} = 0.4 \text{ N/m}^2$

แทนค่าลงในสมการ  $\text{dB-SPL} = 20 \log (0.4/0.00002) = 86 \text{ dB-SPL}$

ลำโพงเปล่งเสียงออกมามีความดัง 86  $\text{dB-SPL}$  ตอบ

1.5 เครื่องเสียงชนิดไฮ-ไฟ

ปัจจุบันเราคงได้ยินคำว่าไฮ-ไฟ (Hi-Fi) อยู่บ่อย ๆ เวลาที่เราไปเลือกซื้อวิทยุ (Radio) โทรทัศน์ (Television) เครื่องขยายเสียง (Amplifier) เครื่องเล่นวีซีดี (VCD Player) เครื่องเล่นดีวีดี (DVD Player) คำว่าไฮ-ไฟ คืออะไรและมีความสำคัญต่อเราอย่างไรคงเป็นคำถามที่หลาย ๆ คนที่สงสัยและต้องการทราบคำตอบ เครื่องเสียงชนิดไฮ-ไฟ (Hi-Fi) คำว่าไฮ-ไฟ (Hi-Fi) ย่อมาจากคำว่า ไฮฟิเดิลลิตี้ (Hi-Fidelity) เครื่องเสียงที่สามารถทำให้สัญญาณเสียงที่เปล่งออกมาเหมือนเสียงฉบับ โดยไม่มีความผิดเพี้ยนและไม่มีเสียงแทรกซ้อน เครื่องเสียงชนิดไฮ-ไฟนั้นจะมีคุณภาพเสียงที่ดีกว่าเครื่องเสียงที่ไม่เป็นไฮไฟ โดยเครื่องเสียงที่ไม่เป็นไฮไฟนั้น



สัญญาณเสียงออกมาจะมีเสียงทุ้มและเสียงแหลมออกมาน้อยหรือไม่มีเสียงทุ้มหรือเสียงแหลมออกมาเลย ส่วนเครื่องเสียงที่เป็นชนิดไฮ-ไฟนั้นจะต่างจากเครื่องเสียงที่ไม่ใช่ชนิดไฮ-ไฟ ตรงที่เครื่องเสียงที่เป็นไฮ-ไฟ จะมีย่านการตอบสนองความถี่ครอบคลุมทั้งเสียงทุ้มและเสียงแหลม

จากรูปที่ 1.5 จะเป็นการเปรียบเทียบย่านความถี่เสียงไฮ-ไฟ กับเครื่องเสียงทั่วไปจะเห็นได้ว่าเครื่องเสียงชนิดไฮ-ไฟนั้นตอบสนองความถี่เสียงกว้างกว่าเครื่องเสียงทั่วไปทำให้เครื่องเสียงชนิดไฮ-ไฟ มีคุณภาพเสียงที่ดีกว่าเครื่องเสียงทั่วไปเพราะเครื่องเสียงทั่วไปจะให้ความถี่เสียงออกมาชัดเจนในย่านความถี่กลางเท่านั้น ส่วนเครื่องเสียงชนิดไฮ-ไฟ จะให้ความถี่เสียงออกมาชัดเจนทุกย่านความถี่ทั้งเสียงทุ้ม เสียงกลางและเสียงแหลม

## 1.6 ส่วนประกอบของเครื่องเสียงชนิดไฮ-ไฟ

การที่จะให้เสียงครอบคลุมทุกย่านความถี่ทุกย่านนั้นจะต้องมีองค์ประกอบหลายๆ อย่างด้วยกันดังนี้

1.6.1 เครื่องส่งวิทยุ จะต้องส่งสัญญาณเสียงให้ครอบคลุมย่านความถี่เสียง โดยเครื่องส่งที่สามารถส่งสัญญาณเสียงครอบคลุมย่านความถี่เสียงคือ เครื่องส่งวิทยุ FM เครื่องส่งวิทยุ FM สเตอริโอและเครื่องส่งโทรทัศน์ เพราะเครื่องส่งเหล่านี้ล้วนต้องการคุณภาพของเสียงที่ส่งออกไปจึงทำให้ระบบของการส่งทำให้สัญญาณเสียงที่ได้ครอบคลุมย่านความถี่เสียง ส่วนเครื่องส่ง AM และเครื่องส่งวิทยุสื่อสารความถี่เสียงที่ถูกส่งออกมานั้นจะไม่ครอบคลุมย่านความถี่เสียง โดยความถี่เสียงต่ำๆ และความถี่เสียงแหลมจะไม่สามารถออกมาได้และการส่งก็ไม่เน้นให้เสียงออกมามีคุณภาพดีต้องการเพียงแค่ฟังรู้เรื่องก็เพียงพอแล้ว

1.6.2 เครื่องกำเนิดสัญญาณเสียง จะต้องให้กำเนิดสัญญาณเสียงได้ครอบคลุมย่านความถี่เสียง อุปกรณ์ที่สามารถให้กำเนิดสัญญาณเสียงที่ครอบคลุมย่านความถี่เสียง ได้แก่ เครื่องเล่นคอมแพ็คดิสก์หรือเลเซอร์ดิสก์ เครื่องเล่นวีซีดี เครื่องเล่นดีวีดี ล้วนแต่ให้เสียงที่ครอบคลุมย่านความถี่เสียงทั้งนั้น ส่วนเครื่องเล่นที่ไม่สามารถให้กำเนิดสัญญาณเสียงไม่ครอบคลุมความถี่เสียงมีสองชิ้นคือเครื่องเล่นเทปและเครื่องเล่นแผ่นเสียง เนื่องจากเครื่องเล่นเทปนั้นจะสูญเสียสัญญาณเสียงความถี่สูง (เสียงแหลม) ในขณะที่ทำการบันทึกเสียง ในกรณีนี้อาจเกิดจากสารที่นำมาทำเนื้อเทปหรือขั้นตอนในการเปลี่ยนสัญญาณเสียงที่อยู่ในรูปสนามแม่เหล็กให้สัญญาณเสียงมาอยู่ในรูปสัญญาณไฟฟ้าก็เป็นได้ ส่วนเครื่องเล่นแผ่นเสียงนั้นจะมีการสูญเสียความถี่ต่ำ (เสียงทุ้ม) เนื่องจากโครงสร้างของส่วนประกอบในระบบเครื่องเล่นแผ่นเสียงที่จะเปลี่ยนสัญญาณเสียงในรูปของการสั่นเป็นสัญญาณเสียงในรูปสัญญาณไฟฟ้า แต่การสูญเสียสัญญาณเสียงของทั้งเทปและเครื่องเล่นแผ่นเสียงนั้นสามารถหาอุปกรณ์มาชดเชยและปรับแต่งให้เสียงครอบคลุมย่านความถี่เสียงได้โดยจะกล่าวถึงในบทต่อ ๆ ไป

1.6.3 เครื่องขยายเสียง จะต้องให้ขยายสัญญาณเสียงได้ครอบคลุมย่านความถี่เสียงได้การที่จะทำเช่นนั้นได้ในเครื่องขยายเสียงจะต้องออกแบบวงจรมาเป็นอย่างดี นำอุปกรณ์ที่มีคุณภาพดีมาใช้ในสร้างเครื่องขยายเสียงและมีวงจรชดเชยและปรับแต่งสัญญาณเสียงเพื่อให้สัญญาณที่ขยายออกมานั้นครอบคลุมย่านความถี่เสียง

1.6.4 ตัวเปลี่ยนสัญญาณเสียง ตัวเปลี่ยนสัญญาณเสียงไม่ว่าจะเป็นไมโครโฟนที่เปลี่ยนสัญญาณเสียงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า หรือลำโพงที่มีหน้าที่เปลี่ยนสัญญาณไฟฟ้าให้เป็นสัญญาณเสียง อุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้หากต้องการให้ตอบสนองความถี่เสียงครอบคลุมย่านความถี่เสียงจะต้องมีการออกแบบที่ดี ใช้วัสดุที่ดีมาผลิต ความประณีตในการผลิต หรืออิมพีแดนซ์ในการต่อใช้งาน

## 1.7 ความผิดเพี้ยนที่มีผลต่อเครื่องเสียงไฮ-ไฟ

สิ่งสำคัญที่สร้างระบบไฮ-ไฟขึ้นมานั้นก็เพื่อผลิตเสียงที่เครื่องขยายเสียงให้มีความดังและเหมือนเสียงธรรมชาติจากแหล่งกำเนิดเดิมหรือเสียงต้นฉบับ กล่าวคือเสียงของจริงเป็นอย่างไรเมื่อทำการขยายแล้วเสียงที่ออกมานั้นจะต้องเหมือนเสียงเดิมแต่มีความดังที่เพิ่มขึ้นแต่การที่จะทำให้เสียงที่ขยายแล้วดังออกมาจากลำโพง โดยไม่มีความผิดเพี้ยน (Distortion) ในทางปฏิบัตินั้นทำไม่ได้ง่ายอย่างที่คิดที่จะกำจัดความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้น ความผิดเพี้ยนที่พบในอยู่ในระบบเสียงมีอยู่หลายอย่างดังต่อไปนี้

1.7.1 ความผิดเพี้ยนเกิดจากการตอบสนองความถี่ (Frequency Response Distortion) ความผิดเพี้ยนกรณีนี้เกิดจากเครื่องเสียงไม่สามารถแปลงเสียงออกมามีครบทุกความถี่เสียงที่ป้อนเข้าไป เช่น มีเสียงป้อนเข้าไปที่เครื่องขยายเสียงเป็นเสียงวงดนตรีวงใหญ่มีความถี่ประมาณ 20 Hz – 15 kHz เมื่อมีการเล่นดนตรีเสียงดนตรีจะผ่านไมโครโฟนเข้าเครื่องขยายเสียง หรือเครื่องส่งวิทยุที่ดีที่สุด แต่สัญญาณเสียงที่ได้เมื่อทำการขยายออกมานั้นกลับไม่สามารถครอบคลุมความถี่เสียงที่ป้อนเข้าไปคือ 20 Hz – 15 kHz ในกรณีนี้อาจเกิดจากไมโครโฟนหรือลำโพงก็ได้ การแก้ไขจะต้องพยายามหาไมโครโฟนและลำโพงที่ตอบสนองความถี่เสียงได้ครอบคลุมย่านความถี่เสียงนั้น ๆ

1.7.2 เสียงรบกวน (Noise) เป็นเสียงแปลกปลอมที่เราไม่ต้องการมาผสมกับสัญญาณเสียงทำให้คุณภาพเสียงของเราด้อยคุณภาพลงไป การผิดเพี้ยนนี้อาจเกิดมาจากแหล่งกำเนิดเสียงต่าง ๆ เช่น ในเครื่องเล่นแผ่นเสียง เสียงรบกวนอาจเกิดจากแผ่นเสียงสกปรกหรือหัวเข็มสกปรก ในเครื่องรับวิทยุ AM อาจเกิดจากสัญญาณรบกวนในชั้นบรรยากาศ ในเครื่องเล่นเทปอาจเกิดจากการเสียดสีระหว่างหัวเทปกับเนื้อเทปที่เรียกว่า ฮิสซ นอยส์ (Hizz Noise) ซึ่งจะมีความถี่ประมาณ 8 kHz เสียงรบกวนนั้นมักจะเป็นเสียงที่เป็นความถี่สูงมาก ๆ หรือเป็นความถี่ต่ำมาก ๆ แต่เสียงรบกวนนั้นอาจจะไม่ได้เกิดจากเครื่องกำเนิดสัญญาณเพียงอย่างเดียวแต่อาจจะเกิดจากส่วนประกอบของวงจรอิเล็กทรอนิกส์ที่ไม่มีคุณภาพ เช่น ถ้าตัวเก็บประจุที่วงจรฟิลเตอร์เกิดข้อบกพร่องจะทำให้การแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นไฟฟ้ากระแสตรงที่ไม่เรียบมีผลทำให้เกิดเสียงฮัมหรือเสียง “ป้อ” ออกที่ลำโพงเครื่องเสียงที่มีคุณภาพนั้นมีมาตรฐานที่ใช้วัดคือ อัตราส่วนระหว่างสัญญาณเสียงต่อสัญญาณรบกวน (Signal To Noise Ratio) หรือใช้ตัวย่อว่า (S/N) โดยเครื่องเสียงที่ดีนั้นจะต้องมีค่า (S/N) ประมาณ 50 – 60 เดซิเบลจึงจะดี

1.7.3 ความผิดเพี้ยนจากฮาร์โมนิกและอินเตอร์มอดูเลชัน (Harmonic Distortion and Intermodulation) เป็นความผิดเพี้ยนที่ถือว่าเป็นเรื่องบกพร่องที่ร้ายแรงที่สุดสาเหตุเนื่องมาจากการทำงานของเครื่องขยายเสียงทำงานไม่อยู่ในตำแหน่งเส้นตรงพอดี (Linear) ทำให้เกิดความถี่แปลกปลอม (Oscillate) ขึ้นภายในเครื่องขยายเสียง โดยความถี่แปลกปลอมหรือความถี่ฮาร์โมนิกที่เกิดขึ้นนี้จะผสมกับสัญญาณภายในเครื่องขยายเสียง (Intermodulation) ทำให้เกิดความถี่ประหลาดมากมาย การเกิดความถี่ฮาร์โมนิกดังกล่าวก็คือการเกิดออสซิลเลท (Oscillate) ของเครื่องขยายเสียงการเกิดออสซิลเลทของเครื่องขยายเสียงจะมีผลทำให้เสียงแปลกปลอมดัง ๆ ที่ลำโพงบางครั้งอาจไม่ได้ยินเสียงแต่ลำโพงเสียงแหลมจะขาดบ่อย ๆ

ความผิดเพี้ยนแบบนี้ถือว่าเป็นอุปสรรคในการต่อเครื่องขยายเสียงและก่อให้เกิดความรำคาญต่อเจ้าของเครื่อง นอกจากนั้นอาจเกิดความเสียหายที่ตัวเครื่องขยายเองหรือว่าที่ตัวลำโพงได้ การตรวจสอบการออสซิลเลท

สามารถทำได้โดยการนำตัวต้านทานค่าประมาณ  $10 \Omega$  ขนาด  $\frac{1}{4}$ วัตต์ต่ออนุกรมกับตัวเก็บประจุค่าประมาณ  $0.047 \mu\text{F}$  ถึง  $0.1 \mu\text{F}$  ไปต่อคร่อมที่ขั้วออกเอาต์พุตของเครื่องขยายกับกราวด์ดังรูป

จากรูปที่ 1.10 ตัวต้านทาน R14 และตัวเก็บประจุ C10 เป็นวงจรตรวจสอบการออสซิลเลทของเครื่องขยายเสียงซึ่งในสภาวะปกติเครื่องเสียงที่ถูกสร้างออกมาอย่างดีจะไม่เกิดการออสซิลเลทแต่หากอุปกรณ์ตัวใดภายในวงจรเกิดทำงานผิดพลาดจนทำให้เกิดการออสซิลเลทก็จะมียังวงจรตรวจสอบการออสซิลเลทเป็นตัวป้องกันการแก้ไขให้หาอุปกรณ์ที่ทำงานผิดปกติแล้วทำการแก้ไขอุปกรณ์ตัวนั้นเพื่อที่จะได้หยุดการเกิดออสซิลเลทในวงจรมันเสีย

1.7.4. ความผิดเพี้ยนจากสัญญาณกระชอกชั่วขณะ (Transient Distortion) ความผิดเพี้ยนจากสัญญาณกระชอกชั่วขณะนี้จะเกิดขึ้นจากสัญญาณเสียงพูดหรือสัญญาณเสียงดนตรีดังขึ้นมาทันทีทันใดในเวลาสั้น ๆ หากอุปกรณ์ที่ทำการผลิตเสียงสามารถให้กำเนิดเสียงได้เร็วทันเหตุการณ์นี้ก็จะไม่เกิดผลเสียอะไรแต่หากอุปกรณ์ที่ทำการผลิตเสียงไม่สามารถให้กำเนิดเสียงได้เร็วทันเหตุการณ์นี้ก็จะก่อให้เกิดความผิดเพี้ยนขึ้น อุปกรณ์ที่ผลิตเสียงและทำให้เกิดความผิดเพี้ยน นี้คือ หัวเทปของเครื่องเล่นเทป หัวเข็มของเครื่องเล่นแผ่นเสียง และตัวลำโพงเอง วิธีการแก้ไขคือหาวัสดุที่มาผลิตอุปกรณ์เหล่านี้ให้ตอบสนองสัญญาณกระชอกดังกล่าวได้

อีกหนึ่งสาเหตุที่ทำให้เกิดสัญญาณกระชอกชั่วขณะคือการเปิด-ปิดสวิทช์ของเครื่องขยายเสียง เนื่องจากเมื่อเปิดสวิทช์จะมีสัญญาณไฟกระแสสลับกระชอกเข้าเครื่องขยายเสียงอย่างรวดเร็วผ่านวงจรขยายเสียงให้มีระดับที่สูงขึ้นและออกลำโพงอย่างรวดเร็วทำให้เกิดเสียงสัญญาณไฟกระชากดังกล่าวออกที่ลำโพงดัง “ปึก” สัญญาณไฟกระชากที่เกิดขึ้นนี้เรียกว่าสัญญาณป๊อปนอยส์ (Pop Noise) เป็นสัญญาณที่ก่อให้เกิดความรำคาญและยังเป็นอันตรายต่อลำโพงอีกด้วย วิธีแก้ไขคือต้องใส่ชุดป้องกันลำโพงและหน่วยเวลา หรือนำคาปาซิเตอร์ค่าประมาณ  $0.01 \mu\text{F}$  -  $0.1 \mu\text{F}$  ชนิดทนแรงดันประมาณ 400 โวลต์ขึ้นไปต่อคร่อมที่สวิทช์ของเครื่องขยายเสียงดังรูปที่ 1.11 หรืออาจจะเพิ่มตัวต้านทานขนาด  $120 \Omega$  ต่ออันดับเข้าไปด้วยดังรูปที่ 1.12 ก็ได้

1.7.5 ฟลัทเทอร์และวาว (Flutter And Wow) สัญญาณฟลัทเทอร์และวาวนั้นจะเกิดขึ้นเฉพาะเครื่องเล่นแผ่นเสียงและเครื่องเล่นเทปเท่านั้น โดยจะเกิดขึ้นเมื่อเครื่องเล่นแผ่นเสียงหรือเครื่องเล่นเทปมีความเร็วในการเล่น ไม่คงที่อาจจะเล่นช้าไปหรือเร็วไป จะทำให้เกิดเสียงประหลาดขึ้นนั่นก็คือเสียงฟลัทเทอร์และวาว ในเครื่องเล่นแผ่นเสียงนั้นหากเล่นเร็วเกินไปจะเรียกว่าฟลัทเทอร์หากเล่นช้ากว่าปกติจะเรียกว่าวาว หากเกิดอาการฟลัทเทอร์และวาวจะทำให้มีเสียงประหลาดเกิดขึ้นซ้ำ ๆ เป็นจังหวะอย่างสม่ำเสมอ เพื่อลดปัญหาฟลัทเทอร์และวาวจึงมีการสร้างเครื่องวัดความเร็วติดไว้ที่เครื่องเล่นแผ่นเสียงอาจจะเป็นระบบที่ควบคุมด้วยระบบดิจิทัลมีวงจรรอบและรักษาความเร็วไว้ให้ได้ตามมาตรฐานเสมอเราจะเรียกเครื่องวัดความเร็วนี้ว่า สตโรโบสโคปิก (Stroboscopic) มาตรฐานของฟลัทเทอร์และวาวในเครื่องเล่นแผ่นเสียงจะมีค่าประมาณ 0.02% ถึง 0.07% เครื่องเล่น เทปการคลีน ที่ข องเนื้อเทปจะขึ้นอยู่กับแคปสแตนและลูก ขวางดันเทป หากแคปสแตนและลูก ขวางดันเทปเคลื่อนที่ด้วยความเร็วคงที่เสียงจากตลับเทปก็จะเป็นปกติ แต่หากแคปสแตนและลูก ขวางดันเทปเคลื่อนที่ด้วยความเร็วไม่คงที่เสียงจากตลับเทปก็จะไม่ปกติและมีผลทำให้เกิดเสียงฟลัทเทอร์และวาว

- ด้านทักษะ(ปฏิบัติ)

1. แบบประเมินหลังการเรียนบทที่ 1
2. ใบงานที่ 1

- ด้านคุณธรรม/จริยธรรม/จรรยาบรรณ/บูรณาการเศรษฐกิจพอเพียง

(จุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 9)

1. สรุปลิ้นเสียงและเครื่องเสียง ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

gman.pattayatech

## กิจกรรมการเรียนรู้หรือการสอนหรือการเรียนรู้

ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู	ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน
<p><b>1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (15 นาที)</b></p> <p>1. ผู้สอนจัดเตรียมเอกสาร พร้อมกับแนะนำรายวิชา วิธีการให้คะแนนและวิธีการเรียนเรื่อง คลื่นเสียงและเครื่องเสียง</p> <p>2. ผู้สอนแจ้งจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทที่ 1 และขอให้ผู้เรียนร่วมกันทำกิจกรรมการเรียนการสอน</p>	<p><b>1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน (15 นาที)</b></p> <p>1. ผู้เรียนเตรียมอุปกรณ์และ ฟังครูผู้สอนแนะนำรายวิชา วิธีการให้คะแนนและวิธีการเรียนเรื่อง คลื่นเสียงและเครื่องเสียง</p> <p>2. ผู้เรียนทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนรู้บทที่ 1 และการให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรม</p>
<p><b>2. ขั้นให้ความรู้ (120 นาที)</b></p> <p>1. ผู้สอนให้ผู้เรียนเปิด PowerPoint บทที่ 1 เรื่อง คลื่นเสียงและเครื่องเสียง และให้ผู้เรียนศึกษาเอกสารประกอบการสอน วิชา เครื่องเสียง หน้าที่ 1-14 โดยให้ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง และสามารถสอบถามข้อสงสัยระหว่างเรียนจากผู้สอน</p> <p>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนอธิบายคลื่นเสียงและเครื่องเสียงได้ ศึกษาจาก PowerPoint</p>	<p><b>2. ขั้นให้ความรู้ (120 นาที)</b></p> <p>1. ผู้เรียนเปิด PowerPoint บทที่ 1 เรื่อง คลื่นเสียงและเครื่องเสียง และผู้เรียนศึกษาเอกสารประกอบการสอน วิชา เครื่องเสียง หน้าที่ 1-14 ผู้เรียนเรียนรู้ด้วยตนเอง และสามารถตอบข้อสงสัยระหว่างเรียนได้</p> <p>2. ผู้เรียนอธิบายคลื่นเสียงและเครื่องเสียงได้ ศึกษาจาก PowerPoint</p>
<p><b>3. ขั้นประยุกต์ใช้ (60 นาที)</b></p> <p>1. ผู้สอนให้ผู้เรียนทำแบบประเมินหลังการเรียนบทที่ 1</p> <p>2. ผู้สอนให้ผู้เรียนทำใบงานที่ 1 หน้า 222-228</p> <p>3. ผู้สอนให้ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต</p>	<p><b>3. ขั้นประยุกต์ใช้ (60 นาที)</b></p> <p>1. ผู้เรียนทำแบบประเมินหลังการเรียนบทที่ 1</p> <p>2. ผู้เรียนทำใบงานที่ 1 หน้า 222-228</p> <p>3. ผู้เรียนสืบค้นข้อมูลจากอินเทอร์เน็ต</p>

กิจกรรมการเรียนรู้การสอนหรือการเรียนรู้

ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู

ขั้นตอนการเรียนรู้หรือกิจกรรมของนักเรียน

4. ขั้นสรุปและประเมินผล ( 45 นาที )

1. ผู้สอนและผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน
2. ผู้สอนให้ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมนอกห้องเรียนด้วย PowerPoint ที่จัดทำขึ้น

(บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-8)  
(รวม 240 นาที หรือ 4 คาบเรียน)

4. ขั้นสรุปและประเมินผล ( 45 นาที )

1. ผู้เรียนร่วมกันสรุปเนื้อหาที่ได้เรียนให้มีความเข้าใจในทิศทางเดียวกัน
2. ผู้เรียนศึกษาเพิ่มเติมนอกห้องเรียน ด้วย PowerPoint ที่จัดทำขึ้น

(บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-8)

## งานที่มอบหมายหรือกิจกรรมการวัดผลและประเมินผล

### ก่อนเรียน

1. จัดเตรียมเอกสาร สื่อการเรียนการสอนบทที่ 1
2. ทำความเข้าใจเกี่ยวกับจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทที่ 1 และให้ความร่วมมือในการทำกิจกรรมในบทที่ 1

### ขณะเรียน

1. ทำแบบประเมินหลังการเรียนบทที่ 1
2. ร่วมกันสรุป “คลื่นเสียงและเครื่องเสียง”

### หลังเรียน

1. ใบงานที่ 1

### ผลงาน/ชิ้นงาน/ความสำเร็จของผู้เรียน

แบบประเมินหลังการเรียนบทที่ 1

ใบงานที่ 1

## สื่อการเรียนการสอน/การเรียนรู้

### สื่อสิ่งพิมพ์

1. เอกสารประกอบการสอนวิชา เครื่องเสียง (ใช้ประกอบการเรียนการสอนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-8)
2. แบบประเมินหลังการเรียนบทที่ 1 ชั้นประถมศึกษา ใช้ ข้อ 1
3. ใบงานที่ 1

### สื่อโสตทัศน (ถ้ามี)

1. เครื่องไมโครคอมพิวเตอร์
2. PowerPoint เรื่อง คลื่นเสียงและเครื่องเสียง

### สื่อของจริง

1. คลื่นเสียงและเครื่องเสียง (ใช้ประกอบการเรียนการสอนจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมข้อที่ 1-6)



## แหล่งการเรียนรู้

### ในสถานศึกษา

1. ห้องสมุดวิทยาลัยเทคนิคสมุทรสาคร
2. ห้องปฏิบัติการคอมพิวเตอร์ ศึกษาหาข้อมูลทางอินเทอร์เน็ต

### นอกสถานศึกษา

ผู้ประกอบการ สถานประกอบการ ในท้องถิ่นจังหวัดสมุทรสาคร

### การบูรณาการ/ความสัมพันธ์กับวิชาอื่น

1. บูรณาการกับวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสตรง
2. บูรณาการกับวิชาไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์
3. บูรณาการกับวิชาไฟฟ้าเบื้องต้น

## การประเมินผลการเรียนรู้

- หลักการประเมินผลการเรียนรู้

### ก่อนเรียน

1. ความรู้ความเข้าใจก่อนการเรียนการสอน

### ขณะเรียน

1. ตรวจสอบประเมินหลังการเรียนรู้บทที่ 1
2. สังเกตการทำงาน

### หลังเรียน

1. ตรวจสอบงานที่ 1

## คำถาม

### ผลงาน/ชิ้นงาน/ผลสำเร็จของผู้เรียน

ตรวจสอบประเมินหลังการเรียนรู้บทที่ 1

ตรวจสอบงานที่ 1

## สมรรถนะที่พึงประสงค์

ผู้เรียนสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับคลื่นเสียงและเครื่องเสียง

1. วิเคราะห์และตีความหมาย
2. ตั้งคำถาม
3. อภิปรายแสดงความคิดเห็นระดมสมอง
4. การประยุกต์ความรู้สู่งานอาชีพ

## สมรรถนะการปฏิบัติงานอาชีพ

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับคลื่นเสียงและเครื่องเสียง

## สมรรถนะการขยายผล

### ความสอดคล้อง

จากการเรียนเรื่อง คลื่นเสียงและเครื่องเสียง ทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับ คลื่นเสียง คุณสมบัติ และส่วนประกอบของคลื่นเสียง หูและการได้ยิน หน่วยวัดความดัง เครื่องเสียงชนิดไฮ-ไฟ ส่วนประกอบของเครื่องเสียงชนิดไฮ-ไฟ ความผิดเพี้ยนที่มีผลต่อเครื่องเสียงชนิดไฮ-ไฟ

## รายละเอียดการประเมินผลการเรียนรู้

- จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อที่ 1 อธิบายการเกิดคลื่นเสียงได้
  1. วิธีการประเมิน : ทดสอบ
  2. เครื่องมือ : แบบทดสอบ
  3. เกณฑ์การให้คะแนน : อธิบายการเกิดคลื่นเสียงได้ จะได้ 1 คะแนน
  
- จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อที่ 2 บอกคุณสมบัติและส่วนประกอบของเครื่องเสียงได้
  1. วิธีการประเมิน : ทดสอบ
  2. เครื่องมือ : แบบทดสอบ
  3. เกณฑ์การให้คะแนน : บอกคุณสมบัติและส่วนประกอบของเครื่องเสียงได้ จะได้ 1 คะแนน
  
- จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อที่ 3 จำแนกโครงสร้างของหูและการได้ยินได้
  1. วิธีการประเมิน : ทดสอบ
  2. เครื่องมือ : แบบทดสอบ
  3. เกณฑ์การให้คะแนน : จำแนกโครงสร้างของหูและการได้ยินได้ จะได้ 1 คะแนน
  
- จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อที่ 4 คำนวณหน่วยวัดและความดังได้
  1. วิธีการประเมิน : ทดสอบ
  2. เครื่องมือ : แบบทดสอบ
  3. เกณฑ์การให้คะแนน : คำนวณหน่วยวัดและความดังได้ จะได้ 1 คะแนน
  
- จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อที่ 5 เขียนความแตกต่างระหว่างเครื่องเสียงทั่วไปได้
  1. วิธีการประเมิน : ตรวจผลงาน
  2. เครื่องมือ : แบบประเมินกระบวนการทำงานกลุ่ม
  3. เกณฑ์การให้คะแนน : เขียนความแตกต่างระหว่างเครื่องเสียงทั่วไปได้ จะได้ 1 คะแนน

- จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อที่ 6 แยกแยะส่วนประกอบของเครื่องเสียงชนิดไฮ-ไฟได้

1. วิธีการประเมิน : ทดสอบ
2. เครื่องมือ : แบบทดสอบ
3. เกณฑ์การให้คะแนน : แยกแยะส่วนประกอบของเครื่องเสียงชนิดไฮ-ไฟได้ จะได้ 1 คะแนน

- จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อที่ 7 ชี้ให้เห็นถึงความผิดปกติที่มีผลต่อเครื่องเสียงชนิดไฮ-ไฟได้

1. วิธีการประเมิน : ทดสอบ
2. เครื่องมือ : แบบทดสอบ
3. เกณฑ์การให้คะแนน : ชี้ให้เห็นถึงความผิดปกติที่มีผลต่อเครื่องเสียงชนิดไฮ-ไฟได้ จะได้ 1 คะแนน

- จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ข้อที่ 8 สรุปลักษณะเสียงและเครื่องเสียงได้อย่างถูกต้องเหมาะสม

1. วิธีการประเมิน : ทดสอบ
2. เครื่องมือ : แบบทดสอบ
3. เกณฑ์การให้คะแนน : สรุปลักษณะเสียงและเครื่องเสียงได้อย่างถูกต้องเหมาะสม จะได้ 2 คะแนน

## แบบประเมินหลังการเรียนบทที่ 1

ตอนที่ 1 จงเติมคำในช่องว่างให้ถูกต้อง

1. ย่านความถี่ที่มนุษย์สามารถรับฟังได้อยู่ที่ ..... ถึง .....
2. ระยะทางที่เสียงเคลื่อนที่ไปได้ภายในเวลาหนึ่งวินาทีเรียกว่า .....
3. หูมนุษย์มีส่วนประกอบ 3 ส่วนคือ.....
4. หน่วยวัดความดังที่นิยมใช้กันในปัจจุบันมี 3 หน่วยคือ .....
5. .... มีคำย่อว่า HI-FI
6. เครื่องเสียงที่ไม่ใช่ชนิดไฮ-ไฟ เราจะได้ยินเพียงเสียง..... และจะไม่ได้ยินเสียง ..... และเสียง .....
7. ความถี่ต่ำคือเสียง..... และความถี่สูงคือเสียง .....
8. การส่งวิทยุ..... จะไม่นั้นคุณภาพของเสียง
9. เสียงรบกวนที่เกิดจาก..... เรียกว่า ฮิส นอยส์
10. .... จะเกิดขึ้นภายในเครื่องขยายเสียงเมื่อเครื่องขยายเสียงนั้นทำงานไม่อยู่ในเส้นตรงพอดี

ตอนที่ 2 กากบาทลงหน้าคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว

1. เสียงทุ้มและเสียงแหลมมีข้อแตกต่างกันที่ใด?

- ก. ความเร็วคลื่น
- ข. ความถี่คลื่น
- ค. ความยาวคลื่น
- ง. ความแรงคลื่น

2. เสียงเดินทางไปในตัวกลางใดได้เร็วที่สุด?

- ก. น้ำ
- ข. ไม้
- ค. เหล็ก
- ง. อากาศ

3. คลื่นเสียงมีความถี่เหมือนกัน 2 สัญญาณถูกผสมกันเฟสการผสมสัญญาณข้อใดที่ทำให้คลื่นออกมาแรงที่สุด?

- ก. เฟสเหมือนกัน
- ข. เฟสตรงข้ามกัน
- ค. เลื่อนเฟส 90 องศา
- ง. เลื่อนเฟส 180 องศา

4. เยื่อแก้วหูของมนุษย์มีหน้าที่อะไร?

- ก. ป้องกันอันตรายจากการกระทบกระเทือนจากภายนอก
- ข. เกิดการสั่นเมื่อมีเสียงผ่านเข้ามา
- ค. ลดความดังของเสียง
- ง. ปรับความดันในช่องหูให้เหมาะสมกับอากาศภายนอก

5. แรงกดดันของเสียงในอากาศที่ต่ำสุดที่มนุษย์สามารถได้ยินมีค่าเท่าไร?

- ก.  $0.0002 \text{ N/m}^2$
- ข.  $0.00002 \text{ N/m}^2$
- ค.  $0.000002 \text{ N/m}^2$
- ง.  $0.0000000002 \text{ N/m}^2$

6. เครื่องเสียงต่อไปนี้เป็นเครื่องเสียงใดเป็นชนิดไฮ-ไฟ?

- ก. เครื่องรับวิทยุ AM
- ข. เครื่องรับส่งวิทยุสื่อสาร
- ค. เครื่องเล่นแผ่นเสียง

- ง. เครื่องขยายเสียงที่ใช้โชมณา
7. อิมพีแดนซ์ที่เหมาะสมมีผลต่อการต่อระบบเสียงไฮ-ไฟอย่างไร?
- ก. สัญญาณเสียงที่ได้จะแรงขึ้น
- ข. ทำให้เครื่องเสียงกำลังวัตต์มากขึ้น
- ค. สัญญาณที่ส่งผ่านไม่มีความผิดเพี้ยน
- ง. ประหยัดค่าใช้จ่ายในการต่อระบบเสียง
8. เสียงรบกวนที่เรียกว่า ฮีส นอยส์ มีความถี่ประมาณเท่าใด?
- ก. 8 kHz
- ข. 10 kHz
- ค. 15 kHz
- ง. 20 kHz
9. Signal To Noise Ratio หรือ S/N คือ?
- ก. อัตราส่วนของสัญญาณเสียงต่อสัญญาณรบกวน
- ข. อัตราส่วนของสัญญาณรบกวนต่อสัญญาณเสียง
- ค. อัตราส่วนของสัญญาณอินพุตต่อสัญญาณเอาต์พุต
- ง. อัตราความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นในเครื่องเสียงระบบไฮ-ไฟ
10. ความถี่ฮาโมนิกที่เกิดขึ้นในเครื่องขยายเสียงจะเกิดผลอย่างไร?
- ก. เครื่องขยายเสียงขยายสัญญาณออกมามีความผิดเพี้ยน
- ข. มีเสียงรบกวนที่ไม่ต้องการดังแทรกขึ้นมาตลอดเวลา
- ค. สร้างความเสียหายให้กับเครื่องขยายเสียงและลโภา
- ง. ถูกทุกข้อ
11. ฟลัทเทอร์และวาวจะเกิดขึ้นเพราะเหตุใด?
- ก. ความเร็วในการเคลื่อนที่ของเครื่องเล่นเทปไม่คงที่
- ข. อัตราการขยายเสียงของเครื่องขยายเสียงไม่คงที่
- ค. การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ของเครื่องขยายเสียงไม่คงที่
- ง. มีการปรับแรงความดังของเครื่องขยายเสียงมากเกินไป
12. เสียงฟลัทเทอร์และวาวที่เกิดขึ้นควรมีค่าเท่าไรถึงจะดี?
- ก. 0.02 – 0.07 %
- ข. 0.05 – 0.2 %
- ค. 0.1 – 0.5 %
- ง. 0.4 – 0.5 %



13. เครื่องเสียงคุณภาพดีควรมี Signal To Noise Ratio หรือ S/N เท่าใด?

ก. 30 ถึง 40 เดซิเบล

ข. 40 ถึง 50 เดซิเบล

ค. 50 ถึง 60 เดซิเบล

ง. 55 ถึง 65 เดซิเบล

14. สัญญาณเสียงป้อนน้อยส์เกิดขึ้นจากสาเหตุใด?

ก. ป้อนสัญญาณเสียงที่แรงเกินไปเข้าไปในเครื่องขยายเสียง

ข. แรงความดังของเครื่องขยายเสียงมากเกินไป

ค. การเปิด-ปิดสวิตซ์เครื่องขยายเสียง

ง. การปรับแรงความดังของเครื่องขยายเสียง

15. อุปกรณ์ที่ป้องกันสัญญาณเสียงป้อนน้อยส์ที่ประกอบจากตัวต้านทานและตัวเก็บประจุมีชื่อเรียกว่าอะไร?

ก. แอดทีฟฟร่ายเออร์

ข. สปาร์คกลีนเนอร์

ค. สปาร์คคิลเลอร์

ง. คอนโทรลคิลเลอร์

ตอนที่ 3 จาก โจทย์จงอธิบายให้ได้ความหมายที่สมบูรณ์

1. คลื่นเสียงคือ?

2. จงอธิบายขั้นตอนการได้ยินเสียงของมนุษย์?

3. ส่วนประกอบของคลื่นเสียงมีอะไรบ้างจงอธิบายมาพอสังเขป?

4. จงแสดงวิธีการหาความดังของเสียงเป็นหน่วยดีบีเมื่อเครื่องขยายเสียงเครื่องหนึ่งวัดกำลังทางไฟฟ้าทางอินพุตได้ 50 mW และวัดกำลังทางไฟฟ้าทางเอาต์พุตได้ 20 W?

5. ระบบไฮ-ไฟ คืออะไรมีชื่อได้อย่างไร?

6. ความผิดเพี้ยนที่เกิดจากการตอบสนองความถี่เกิดขึ้นเพราะเหตุใด?

7. การออสซิลเลทคืออะไร มีวิธีการป้องกันหรือตรวจสอบการออสซิลเลทหรือไม่จงอธิบายมาอย่างละเอียด

8. สปาร์คคิลเลอร์คืออะไรและมีประโยชน์อย่างไร?

9. จงให้ความหมายของคำว่าฟลัทเทอร์และวาวมาพอสังเขป

10. ความผิดเพี้ยนที่เกิดขึ้นภายในเครื่องเสียงที่ถือว่าร้ายแรงที่สุดคืออะไร เพราะเหตุใด?

## แบบประเมินผลการนำเสนอผลงาน

ชื่อกลุ่ม.....ชั้น.....ห้อง.....

### รายชื่อสมาชิก

1.....เลขที่..... 2.....เลขที่.....  
 3.....เลขที่..... 4.....เลขที่.....

ที่	รายการประเมิน	คะแนน			ข้อคิดเห็น
		3	2	1	
1	เนื้อหาสาระครอบคลุมชัดเจน (ความรู้เกี่ยวกับเนื้อหา ความถูกต้อง ปฏิภาณในการตอบ และการแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้า)				
2	รูปแบบการนำเสนอ				
3	การมีส่วนร่วมของสมาชิกในกลุ่ม				
4	บุคลิกลักษณะ กิริยา ท่าทางในการพูด น้ำเสียง ซึ่งทำให้ผู้ฟังมีความสนใจ				
รวม					

ผู้ประเมิน.....

### เกณฑ์การให้คะแนน

#### 1. เนื้อหาสาระครอบคลุมชัดเจนถูกต้อง

- 3 คะแนน = มีสาระสำคัญครบถ้วนถูกต้อง ตรงตามจุดประสงค์
- 2 คะแนน = สาระสำคัญไม่ครบถ้วน แต่ตรงตามจุดประสงค์
- 1 คะแนน = สาระสำคัญไม่ถูกต้อง ไม่ตรงตามจุดประสงค์

#### 2. รูปแบบการนำเสนอ

- 3 คะแนน = มีรูปแบบการนำเสนอที่เหมาะสม มีการใช้เทคนิคที่แปลกใหม่ ใช้สื่อและเทคโนโลยี ประกอบการ นำเสนอที่น่าสนใจ นำวัสดุในท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้อย่างคุ้มค่าและประหยัด
- คะแนน = มีเทคนิคการนำเสนอที่แปลกใหม่ ใช้สื่อและเทคโนโลยีประกอบการนำเสนอที่น่าสนใจ แต่ขาดการประยุกต์ใช้ วัสดุในท้องถิ่น

1 คะแนน = เทคนิคการนำเสนอไม่เหมาะสม และไม่น่าสนใจ

#### 3. การมีส่วนร่วมของสมาชิกในกลุ่ม

- 3 คะแนน = สมาชิกทุกคนมีบทบาทและมีส่วนร่วมกิจกรรมกลุ่ม
- 2 คะแนน = สมาชิกส่วนใหญ่มีบทบาทและมีส่วนร่วมกิจกรรมกลุ่ม
- 1 คะแนน = สมาชิกส่วนน้อยมีบทบาทและมีส่วนร่วมกิจกรรมกลุ่ม

#### 4. ความสนใจของผู้ฟัง

- 3 คะแนน = ผู้ฟังมากกว่าร้อยละ 90 สนใจ และให้ความร่วมมือ
- 2 คะแนน = ผู้ฟังร้อยละ 70-90 สนใจ และให้ความร่วมมือ
- 1 คะแนน = ผู้ฟังน้อยกว่าร้อยละ 70 สนใจ และให้ความร่วมมือ

## แบบประเมินกระบวนการทำงาน

ชื่อกลุ่ม.....ชั้น.....ห้อง.....

รายชื่อสมาชิก

1.....เลขที่.....                      2.....เลขที่.....  
 3.....เลขที่.....                      4.....เลขที่.....

ที่	รายการประเมิน	คะแนน			ข้อคิดเห็น
		3	2	1	
1	การกำหนดเป้าหมายร่วมกัน				
2	การแบ่งหน้าที่รับผิดชอบและการเตรียมความพร้อม				
3	การปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย				
4	การประเมินผลและปรับปรุงงาน				
รวม					

ผู้ประเมิน.....  
 วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

### เกณฑ์การให้คะแนน

1. การกำหนดเป้าหมายร่วมกัน
  - 3 คะแนน = สมาชิกทุกคนมีส่วนร่วมในการกำหนดเป้าหมายการทำงานอย่างชัดเจน
  - 2 คะแนน = สมาชิกส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการกำหนดเป้าหมายในการทำงาน
  - 1 คะแนน = สมาชิกส่วนน้อยมีส่วนร่วมในการกำหนดเป้าหมายในการทำงาน
2. การมอบหมายหน้าที่รับผิดชอบและการเตรียมความพร้อม
  - 3 คะแนน = กระจายงานได้ทั่วถึง และตรงตามความสามารถของสมาชิกทุกคน มีการจัดเตรียมสถานที่ สื่อ / อุปกรณ์ไว้อย่างพร้อมเพรียง
  - 2 คะแนน = กระจายงานได้ทั่วถึง แต่ไม่ตรงตามความสามารถ และมีสื่อ / อุปกรณ์ไว้อย่างพร้อมเพรียง แต่ขาดการจัดเตรียมสถานที่
  - 1 คะแนน = กระจายงานไม่ทั่วถึงและมีสื่อ / อุปกรณ์ไม่เพียงพอ
3. การปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย
  - 3 คะแนน = ทำงานได้สำเร็จตามเป้าหมาย และตามเวลาที่กำหนด
  - 2 คะแนน = ทำงานได้สำเร็จตามเป้าหมาย แต่ช้ากว่าเวลาที่กำหนด
  - 1 คะแนน = ทำงานไม่สำเร็จตามเป้าหมาย
4. การประเมินผลและปรับปรุงงาน
  - 3 คะแนน = สมาชิกทุกคนร่วมปรึกษาหารือ ติดตาม ตรวจสอบ และปรับปรุงงานเป็นระยะ
  - 2 คะแนน = สมาชิกบางส่วนมีส่วนร่วมปรึกษาหารือ แต่ไม่ปรับปรุงงาน
  - 1 คะแนน = สมาชิกบางส่วนไม่มีส่วนร่วมปรึกษาหารือ และปรับปรุงงาน

**บันทึกหลังการสอน**  
**บทที่ 1 คลื่นเสียงและเครื่องเสียง**

**ผลการใช้แผนการเรียนรู้**

1. เนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม
2. สามารถนำไปใช้ปฏิบัติการสอนได้ครบตามกระบวนการเรียนการสอน
3. สื่อการสอนเหมาะสมดี

**ผลการเรียนของนักเรียน**

1. นักศึกษาส่วนใหญ่มีความสนใจใฝ่รู้ เข้าใจในบทเรียน อภิปรายตอบคำถามในกลุ่ม และร่วมกันปฏิบัติใบงานที่ได้รับมอบหมาย
2. นักศึกษากระตือรือร้นและรับผิดชอบในการทำงานกลุ่มเพื่อให้งานสำเร็จทันเวลาที่กำหนด

**ผลการสอนของครู**

1. สอนเนื้อหาได้ครบตามหลักสูตร
2. แผนการสอนและวิธีการสอนครอบคลุมเนื้อหาการสอนทำให้ผู้สอนสอนได้อย่างมั่นใจ
3. สอนได้ทันตามเวลาที่กำหนด