



การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศด้วยเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด



ทรงศนาภรณ์ วงศ์คำจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศด้วยเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด



พรรณานาถ วงศ์คำจันทร์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

2567

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

Determining the speed of sound in air by using flute and vote musical instrument



THUSSANAPORN WONGKHAMCHAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR MASTER DEGREE OF SCIENCE
IN PHYSICS EDUCATION
FACULTY OF SCIENCE
BURAPHA UNIVERSITY

2024

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ ทรรตนาภรณ์ วงศ์คำจันทร์ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญจน์ชญา หงส์เลิศสง
สกุล) (ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุสิต งามรุ่งโรจน์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนัสถา รัตน์ะ)

..... กรรมการ

(ดร.อรรถพล เขยสุภเกตต์)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์กัญจน์ชญา หงส์เลิศสงกุล)

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร. อุษาวดี ตันติวานุรักษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของ
การศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิทวัส แจ่มเอี่ยม)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

62920395: สาขาวิชา: ฟิสิกส์ศึกษา; วท.ม. (ฟิสิกส์ศึกษา)

คำสำคัญ: ขลุ่ยและโหวด, เครื่องดนตรี, อัตราเร็วเสียง

พรรณนากรรม วงศ์คำจันทร์ : การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศด้วยเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด. (Determining the speed of sound in air by using flute and vote musical instrument) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: กัญจน์ชญา หงส์เลิศคงสกุล ปี พ.ศ. 2567.

การทดลองหาอัตราเร็วเสียงในอากาศเป็นการทดลองหนึ่งในวิชาฟิสิกส์ที่มีทั้งทฤษฎีและการคำนวณ การสอนแบบทฤษฎีเพียงอย่างเดียวอาจทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจและเกิดความเบื่อหน่ายได้ หากปรับการสอนให้มีการนำอุปกรณ์สมัยใหม่ หรือเครื่องดนตรีมาใช้จะทำให้ผู้เรียนสนใจและสนุกกับการเรียนมากขึ้น ดังนั้นการวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างชุดการทดลองหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากขลุ่ยและโหวด และใช้สมาร์ตโฟนวัดความถี่เสียงที่ออกมาตามตัวโน้ตที่เป่า ขลุ่ยเป็นตัวอย่างของการสั่นพ้องในท่อปลายเปิดและโหวดจะเป็นตัวอย่างของการสั่นพ้องในท่อปลายปิด ในการทดลองความยาวของท่อสั่นพ้อง (L) ที่สัมพันธ์กับความถี่เสียง (f) ที่วัดได้จะนำไปเขียนกราฟและคำนวณหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศ ผลการทดลองพบว่า ค่าอัตราเร็วเสียงในอากาศจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด มีค่าเท่ากับ 345.38 m/s และ 348.03 m/s ตามลำดับ เมื่อนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศตามทฤษฎีซึ่งเท่ากับ 347.26 m/s จะพบว่ามีความคลาดเคลื่อนร้อยละ 0.54 และ 0.22 ตามลำดับ นั่นแสดงว่าเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวดสามารถนำมาใช้สำหรับการเรียนการสอนได้

62920395: MAJOR: PHYSICS EDUCATION; M.Sc. (PHYSICS EDUCATION)

KEYWORDS: Flute and Vote, Musical instrument, Speed of Sound

THUSSANAPORN WONGKHAMCHAN : DETERMINING THE SPEED OF SOUND
IN AIR BY USING FLUTE AND VOTE MUSICAL INSTRUMENT. ADVISORY COMMITTEE:
KANCHAYA HONGLERTKONGSAKUL, 2024.

Experiments to determine the speed of sound in the air is one of the physics experiments that involves both theory and calculation. Teaching focuses only on theory, students may not understand and could become bored. Teaching that incorporates the use of modern equipment or musical instruments can enhance students' interest and enjoyment in learning. Therefore, this research aims to create an experiment to find the speed of sound in air using flute and vote. The sound frequency produced by each note will measure by using smartphone. Flute is an example of open-ended tube resonance and vote is an example of close-ended tube resonance. The relationship between the length of the resonating tube (L) and the sound frequency (f) will be used to create a graph and calculate the speed of sound. The experimental results show that the speed of sound from flute and vote are 345.38 m/s and 348.03 m/s respectively. Comparing these values with their theoretical value, which is 347.26 m/s. The percentage errors of speed of sound from flute and vote are 0.54 and 0.22 respectively. This indicates that flute and vote can be effectively used for teaching purposes.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กัญจน์ชญา หงส์เลิศคงสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตรวจสอบแก้ไข และวิพากษ์วิจารณ์งานตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความละเอียด และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธันสถา รัตนะ ดร.อรรถพล เขยสุเกต และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดุสิต งามรุ่งโรจน์ คณะกรรมการสอบงานวิทยานิพนธ์นี้ ที่ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะ เพื่อให้งานวิทยานิพนธ์สำเร็จสมบูรณ์

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่ให้กำลังใจ ช่วยเหลือให้คำปรึกษา และสุดท้ายขอขอบคุณตนเองที่ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

ผู้วิจัยหวังว่าผู้ที่ได้อ่านงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะได้รับความรู้เพิ่มเติมไปประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไปได้ ขอขอบคุณค่าและประโยชน์ของงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นกตัญญูกตเวทิตาต่อบุพการี บุรพจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบทุกวันนี้

ทรรศนาภรณ์ วงศ์คำจันทร์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1.....	1
บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	2
ขอบเขตงานวิจัย.....	3
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
บทที่ 2.....	4
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
การเกิดเสียง.....	4
อัตราเร็วเสียง.....	5
การสั่นพ้องในท่ออากาศ.....	6
องค์ความรู้เกี่ยวกับขลุ่ยเพียงออ.....	10
องค์ความรู้เกี่ยวกับโหวด.....	14
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	19

บทที่ 3.....	21
วิธีดำเนินการวิจัย	21
กรอบแนวคิดของการวิจัย	21
การศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	23
การออกแบบและสร้างชุดการทดลอง	23
วิธีการทดลอง.....	24
บทที่ 4.....	27
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	27
ตอนที่ 1 การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศตามทฤษฎี.....	27
ตอนที่ 2 การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด.....	28
ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวดกับค่าทางทฤษฎี.....	36
บทที่ 5.....	37
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	37
สรุปผล	37
อภิปรายผล	37
ข้อเสนอแนะ	38
บรรณานุกรม.....	39
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	42

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 การแบ่งระดับเสียงดนตรีในทางวิทยาศาสตร์ (นิรันดร์, 2560).....	5
ตารางที่ 2 อัตราเร็วของเสียงในตัวกลางต่างๆ ที่อุณหภูมิ $0^{\circ}C$ และ $25^{\circ}C$ (บดินทร์ชาติ, 2555) ...	6
ตารางที่ 3 อุณหภูมิขณะทำการทดลอง.....	27
ตารางที่ 4 ค่าความยาวของท่อสั้นพ้อง ความถี่เสียงในแต่ละตัวโน้ตของเครื่องดนตรีขลุ่ย พร้อมการหา ค่าความยาวเฉลี่ยของท่อสั้นพ้อง และความถี่เสียงเฉลี่ย และ $\frac{1}{f_{av}}$	28
ตารางที่ 5 ค่าความยาวของท่อสั้นพ้อง ความถี่เสียงในแต่ละตัวโน้ตของเครื่องดนตรีโหวด พร้อมการ หาค่าความยาวเฉลี่ยของท่อสั้นพ้อง และความถี่เสียงเฉลี่ย และ $\frac{1}{f_{av}}$	32

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 การสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกปลายตรึง (Raymond A. Serway, 2008)	7
ภาพที่ 2 การสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกปลายอิสระ (Raymond A. Serway, 2008).....	7
ภาพที่ 3 การสั่นพ้องในท่ออากาศปลายเปิดมีความถี่ธรรมชาติทุกฮาร์โมนิกส์	8
ภาพที่ 4 การสั่นพ้องในท่ออากาศปลายปิดมีความถี่ธรรมชาติเฉพาะฮาร์โมนิกส์ที่เป็นเลขคี่เท่านั้น (บดินทร์ชาติ, 2555)	8
ภาพที่ 5 เครื่องดนตรีขลุ่ยเพียงออ	10
ภาพที่ 6 ลักษณะทางกายภาพของขลุ่ยเพียงออ (นพมาศ, 2565)	11
ภาพที่ 7 แผนภาพแสดงระบบเสียงขลุ่ยเพียงออ (นพมาศ, 2565).....	12
ภาพที่ 8 ลักษณะท่อนังและการจับขลุ่ยเพียงออ (นพดล, 2557)	13
ภาพที่ 9 การแกว่งโหวด (สุจิตต์, 2563)	15
ภาพที่ 10 ส่วนประกอบของเครื่องดนตรีโหวด	15
ภาพที่ 11 โน้ตของโหวดลูกพื้นบ้านที่ 1-12 (โยธิน, 2564).....	17
ภาพที่ 12 ท่าทางการจับโหวด (โยธิน, 2564).....	17
ภาพที่ 13 การนำหัวโหวดเข้าไปหนุนที่ร่องคาง (โยธิน, 2564).....	18
ภาพที่ 14 ลักษณะปากเป่าโหวดคล้ายเป่าปากขวด (โยธิน, 2564).....	18
ภาพที่ 15 กรอบแนวคิดการวิจัย	22
ภาพที่ 16 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลองหาอัตราเร็วเสียงในอากาศด้วยเครื่องดนตรีขลุ่ย	24
ภาพที่ 17 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลองหาอัตราเร็วเสียงในอากาศด้วยเครื่องดนตรีโหวด	24
ภาพที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง L_{av} และ $\frac{1}{f_{av}}$ ของเครื่องดนตรีขลุ่ย	31
ภาพที่ 19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง L_{av} และ $\frac{1}{f_{av}}$ ของเครื่องดนตรีโหวด.....	35

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์ถือว่ามีความสำคัญต่อการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 เป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน และสิ่งต่างๆ ที่อยู่รอบๆ ตัว การนำองค์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์มาใช้จะช่วยยกระดับพัฒนาวิธีคิด ให้คิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์แบบมีวิจารณญาณ ทำให้เกิดการพัฒนาทักษะในการค้นคว้าหาความรู้ ใช้ความรู้เพื่อแก้ปัญหาได้อย่างเป็นระบบ และทำให้สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายได้ ดังนั้นการส่งเสริมให้มีการพัฒนาการเรียนรู้อาจารย์วิทยาศาสตร์อย่างต่อเนื่องจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งที่จะทำให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ อันนำไปสู่การสร้างสรรค์เทคโนโลยีใหม่ๆ และสร้างสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge-Based Society) ต่อไปได้ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2560)

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาหนึ่งที่น่าสนใจนำมาใช้อธิบายสถานการณ์ต่างๆ ในชีวิตประจำวันได้ วิชานี้จะอาศัยการคำนวณผ่านสมการและตัวแปรจำนวนมาก ทำให้ผู้เรียนมักคิดว่าเป็นวิชาที่เข้าใจยาก จึงเกิดความเบื่อหน่ายและท้อถอย ขาดกำลังใจและความกระตือรือร้นในการเรียน ส่งผลให้ผู้เรียนไม่สามารถนำความรู้ของวิชาไปเชื่อมโยงอธิบายสถานการณ์ต่างๆ ได้ แนวทางในการแก้ไขวิธีหนึ่งคือ การปรับการจัดการเรียนรู้จากที่เป็นเพียงการบรรยายของผู้สอนหน้าชั้นเรียนเพียงอย่างเดียว เปลี่ยนให้มีการสาธิตหรือลงมือปฏิบัติร่วมด้วย เพื่อให้ผู้เรียนได้เข้าใจและสามารถเชื่อมโยงองค์ความรู้กับสถานการณ์ต่างๆ รวมทั้งสามารถอธิบายสถานการณ์ต่างๆ ผ่านสมการพื้นฐานที่เรียนมาได้ หากผู้เรียนเกิดความเข้าใจอย่างถ่องแท้ จะทำให้ผู้เรียนลิ้มความรู้ได้ยาก และถึงแม้จะลิ้มก็จะยังคงสังเกต พิสูจน์ และคิดวิเคราะห์สร้างความเข้าใจได้อีกครั้ง ซึ่งอาจเรียกได้ว่า ผู้เรียนสามารถมีความเข้าใจจากการเรียนรู้ผ่านการสาธิต หรือลงมือปฏิบัติทดลองได้ดีกว่าการเรียนรู้ผ่านการบรรยายเพียงอย่างเดียว (ราม และคณะ, 2561)

เสียงเป็นเรื่องหนึ่งในวิชาฟิสิกส์ที่มีเนื้อหาเป็นนามธรรม ทำให้ผู้เรียนต้องอาศัยจินตนาการนำความรู้เรื่องเสียงไปอธิบายสถานการณ์ต่างๆ ได้ ผู้สอนอาจใช้สื่อการสอนมาช่วยในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้แก่ผู้เรียน เพื่อให้สามารถผสมผสานระหว่างความรู้ สถานการณ์และจินตนาการได้ (ยุวดี, 2563) สำหรับสื่อการสอนเรื่องเสียงในปัจจุบันยังมีน้อย การหาสื่อในการจัดการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเห็นภาพชัดเจนได้ยากเรื่องหนึ่งคือ การสั่นพ้องของเสียงในท่อ ซึ่งผู้เรียนจะต้องอาศัยจินตนาการหรือแบบจำลองว่าเสียงมีลักษณะอย่างไรในท่อสั่นพ้อง (Selapanvilawan, 2009)

ประกอบกับการทดลองเกี่ยวกับเรื่องเสียงในห้องปฏิบัติการ เช่น การศึกษาการสั่นพ้องของเสียงโดยใช้เครื่องกำเนิดสัญญาณคลื่นแบบไซน์ หรือ การเหนี่ยวนำให้เกิดเรโซแนนซ์ในแท่งโลหะยาว ล้วนจำเป็นต้องมีเครื่องออสซิลโลสโคป เครื่องกำเนิดสัญญาณ และเครื่องคอมพิวเตอร์ เป็นอุปกรณ์หลักในการทดลอง ซึ่งอุปกรณ์ดังกล่าวมีราคาแพงและในโรงเรียนมัธยมส่วนมากยังขาดแคลนเครื่องมือดังกล่าว (ปริณาพรพรรณ และกัญจน์ชญา, 2557) ดังนั้นในบทปฏิบัติการบางบทจึงไม่สามารถทำในห้องเรียนได้ ผู้สอนอาจทำได้แค่บรรยายความรู้เท่านั้น ทำให้ผู้เรียนขาดการเชื่อมโยงความรู้ในด้านการปฏิบัติและภาคทฤษฎี เป็นผลทำให้ผู้เรียนขาดความคงทนของความรู้ เพื่อให้ผู้เรียนมีความคงทนในการจดจำความรู้นั้น

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจสร้างชุดทดลองเพื่อหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้อง โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่มีต้นทุนต่ำหาได้ง่าย มีในท้องถิ่น และเพื่อเป็นการเสริมสร้างจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมอันดีงามของไทย จึงเลือกใช้เครื่องดนตรีขลุ่ย และโหวด มาเป็นอุปกรณ์การทดลอง โดยการสั่นพ้องในขลุ่ยจะเป็นตัวอย่างในการศึกษาการสั่นพ้องของเสียงในท่อปลายเปิด และการสั่นพ้องในโหวดจะเป็นตัวอย่างในการศึกษาการสั่นพ้องของเสียงในท่อปลายปิด ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์สร้างชุดการทดลองเพื่อหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด และเปรียบเทียบอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวดกับค่าทางทฤษฎี

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบชุดการทดลองสำหรับการหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด
2. เพื่อหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด
3. เพื่อเปรียบเทียบอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวดกับค่าทางทฤษฎี

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้ชุดการทดลองหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด
2. ได้ศึกษาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด

3. สามารถนำชุดการทดลองนี้ไปใช้เป็นส่วนนวัตกรรมในการจัดการเรียนการสอนในห้องปฏิบัติการสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้

ขอบเขตงานวิจัย

1. ออกแบบชุดการทดลองสำหรับการหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด
2. หาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด
3. เปรียบเทียบอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวดกับค่าทางทฤษฎี

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. โหวด หมายถึง โหวดพื้นบ้านที่มีลูกโหวด 12 ลูก เป็นเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่าทางภาคอีสานของประเทศไทย
2. ขลุ่ย หมายถึง ขลุ่ยเพียงออ เป็นเครื่องดนตรีประเภทเครื่องเป่า

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษาการหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศด้วยเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. การเกิดเสียง
2. อัตราเร็วของเสียง
3. การสั่นพ้องในท่ออากาศ
4. องค์ความรู้เกี่ยวกับขลุ่ยเพียงออ
5. องค์ความรู้เกี่ยวกับโหวด

การเกิดเสียง

เสียงเป็นคลื่นตามยาวที่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ อัตราเร็วของเสียงจะขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลาง เสียงเคลื่อนที่ผ่านตัวกลางได้ทั้ง 3 สถานะ ได้แก่ ของแข็ง ของเหลว และแก๊ส ขณะที่เสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศ โมเลกุลของอากาศจะมีการสั่นสะเทือนในรูปของคลื่นตามยาว ทำให้ความหนาแน่นและความดันเปลี่ยนแปลงไปตามทิศทางการเคลื่อนที่ของเสียง เกิดส่วนอัดและส่วนขยาย ซึ่งส่วนอัด (Compression) คือ บริเวณที่อนุภาคของตัวกลางมีการกระจัดน้อยที่สุดหรือบริเวณที่มีความดันมากที่สุด และส่วนขยาย (Rarefaction) คือ บริเวณที่อนุภาคของตัวกลางมีการกระจัดมากที่สุดหรือบริเวณที่มีความดันน้อยที่สุด (บดินทร์ชาติ, 2555)

ความถี่ของเสียงคือ จำนวนเสียงที่ผ่านจุดๆ หนึ่ง ใน 1 วินาที หรือ จำนวนส่วนอัดหรือจำนวนส่วนขยายที่เคลื่อนที่ผ่านจุดๆ หนึ่ง ใน 1 วินาที มีหน่วยเป็นเฮิรตซ์ (Hz) เป็นปริมาณที่บอกระดับความถี่หรือแหลมของเสียง เสียงทุ้มจะเป็นเสียงที่มีความถี่ต่ำ เสียงแหลมจะเป็นเสียงที่มีความถี่สูง (บดินทร์ชาติ, 2555) การจำแนกเสียงตามความถี่ต่างๆ แบ่งได้เป็น 3 ประเภท คือ (1) เสียงที่มีความถี่อยู่ในช่วงที่หูของมนุษย์สามารถรับรู้ได้ มีความถี่ในช่วง 20 – 20,000 เฮิรตซ์ (2) เสียงที่มีความถี่ต่ำกว่าช่วงที่มนุษย์ได้ยินเรียกว่า อินฟราโซนิก (Infrasonic wave) มีความถี่ต่ำกว่า 20 เฮิรตซ์ และ (3) เสียงที่มีความถี่สูงกว่าช่วงที่มนุษย์ได้ยินเรียกว่า อัลตราโซนิก (Ultrasonic wave) มีความถี่มากกว่า 20,000 เฮิรตซ์ ซึ่งช่วงความถี่นี้สัตว์บางชนิดสามารถรับรู้ได้ เช่น สุนัข ค้างคาว แม้ว่ามนุษย์จะไม่สามารถรับรู้ได้แต่คลื่นอัลตราโซนิกก็ยังสามารถนำมาใช้ในการถ่ายภาพทางการแพทย์ได้

ระดับเสียงเป็นปริมาณที่บอกความแตกต่างของเสียง ระดับเสียงจะขึ้นอยู่กับความถี่ของเสียง ตารางที่ 1 แสดงการแบ่งระดับเสียงโน้ตดนตรีทางวิทยาศาสตร์ เริ่มจากเสียง โด ที่มีความถี่ 256 Hz

ต่อไปเป็นเสียง เร, มี, ฟา, ซอล, ลา และ ที มีความถี่เป็น 288, 320, 341, 384, 427, 480 ตามลำดับ ถัดจากนั้นจะเริ่มเสียง โด' ซึ่งมีความถี่ 512 Hz โดยความถี่ของเสียง โด' เป็น 2 เท่าของเสียง โด เรียกระดับเสียง โด' นี้ว่า เสียงคู่แปด (octave) ของเสียง โด และในทำนองเดียวกัน ระดับเสียงอื่นๆ เช่น ระดับเสียง เร' ก็เป็นเสียงคู่แปดของเสียง เร ซึ่ง เร' จะมีความถี่เป็น 2 เท่าของเสียง เร (นิรันดร์ สุวรรรัตน์, 2560) สำหรับเสียง โด'' ที่มีความถี่ 1024 Hz โดยความถี่ของเสียง โด'' เป็น 2 เท่าของเสียง โด' เรียกเสียง โด'' นี้ว่า 2 คู่แปดของเสียง โด เมื่อตัวโน้ตสูงขึ้นไป ทุกๆ คู่แปด ความถี่ของเสียงดนตรีจะเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่าเสมอ

ตารางที่ 1 การแบ่งระดับเสียงดนตรีในทางวิทยาศาสตร์ (นิรันดร์, 2560)

เสียง	โด (C)	เร (D)	มี (E)	ฟา (F)	ซอล (G)	ลา (A)	ที (B)	โด' (C')
ความถี่ (Hz)	256	288	320	341	384	427	480	512
อัตราส่วน เทียบกับเสียง โด (C)	1	9/8	5/4	4/3	3/2	5/3	15/8	2

หมายเหตุ : สัญลักษณ์ “/” อ่านว่า ไพรม์ คือสัญลักษณ์ที่แสดงถึงความถี่ที่สูงขึ้นของเสียงโน้ตดนตรี

อัตราเร็วเสียง

อัตราเร็วของเสียงจะขึ้นอยู่กับชนิดของตัวกลางและอุณหภูมิของตัวกลางที่เสียงเดินทางผ่าน ในตารางที่ 2 แสดงอัตราเร็วของเสียงในตัวกลางต่างๆ ที่อุณหภูมิ 0 °C และ 25 °C สำหรับเสียงที่เดินทางผ่านอากาศความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วของเสียงกับอุณหภูมิของตัวกลางเขียนได้ดังนี้

$$v_t = 331 + 0.6t \quad (1)$$

กำหนดให้ v_t = อัตราเร็วของเสียงที่อุณหภูมิใดๆ มีหน่วยเป็น m/s
 t = อุณหภูมิของตัวกลาง มีหน่วยเป็น °C

จากสมการที่ 1 สามารถคำนวณหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศ ที่อุณหภูมิ 0 °C และ 25 °C ได้เท่ากับ 331 m/s และ 346 m/s ตามลำดับ

ตารางที่ 2 อัตราเร็วของเสียงในตัวกลางต่างๆ ที่อุณหภูมิ 0°C และ 25°C (บดินทร์ชาติ, 2555)

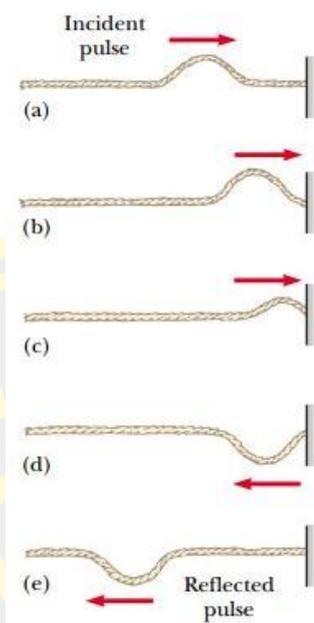
ตัวกลาง (Material)	อัตราเร็วที่ 0°C (m/s)	อัตราเร็วที่ 25°C (m/s)
อากาศ	331	346
ไฮโดรเจน	1,270	1,339
น้ำ	1,450	1,498
เหล็ก	5,100	5,200

การสะท้อนในท่ออากาศ

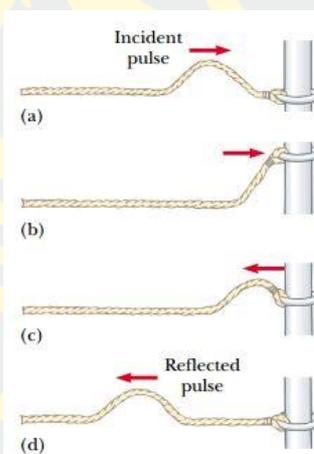
การสะท้อนของคลื่นเสียงในท่ออากาศเกิดได้จากการรวมกันระหว่างคลื่นเสียงตกกระทบและคลื่นเสียงสะท้อน คล้ายกับการสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกที่ปลายทั้งสองตรึงแน่น เมื่อทำให้เชือกสั่น จะเกิดคลื่นในเส้นเชือกเคลื่อนที่ไปกระทบจุดตรึงแล้วสะท้อนกลับไปกลับมาเป็นคลื่นนิ่ง (นิรันดร์ สุวรัตน์, 2551) การสะท้อนของคลื่นเสียงจะมีเฟสการสะท้อนขึ้นอยู่กับการที่ปลายเปิดหรือปิด คล้ายกับเฟสการสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกที่มีปลายตรึงหรือปลายอิสระ

กรณีท่ออากาศปลายปิดด้านหนึ่ง อากาศจะไม่สามารถเคลื่อนที่ผ่านไปได้ เมื่อเสียงเดินทางผ่านอากาศเข้าไปในท่อปลายปิดจะทำให้เสียงมีเฟสสะท้อนกลับ 180 องศา เช่นเดียวกับการสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกปลายตรึง ดังแสดงในภาพที่ 1 และที่ด้านปลายเปิดนี้อากาศจะอัดตัวมีความดันสูงสุด ทำให้ปลายเปิดเป็นตำแหน่งบัพของการกระจัดของโมเลกุลอากาศ หรือเป็นปฏิบัพของคลื่นความดัน

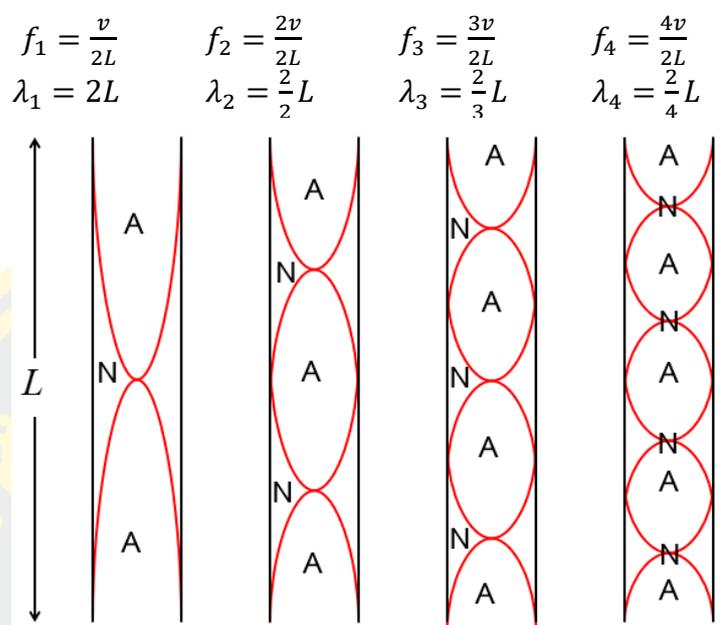
กรณีท่ออากาศปลายเปิด คลื่นสะท้อนจะมีเฟสเดียวกันกับคลื่นต้นกำเนิด เช่นเดียวกับการสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกปลายอิสระ ดังแสดงในภาพที่ 2 ทั้งนี้จะถือว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของท่อน้อยมากเมื่อเทียบกับความยาวคลื่นที่ผ่านท่อ ทำให้ด้านปลายเปิดของท่ออากาศเป็นตำแหน่งปฏิบัพของการกระจัดของโมเลกุลอากาศ หรือเป็นบัพของคลื่นความดัน (ปรเมษฐ์, 2559)



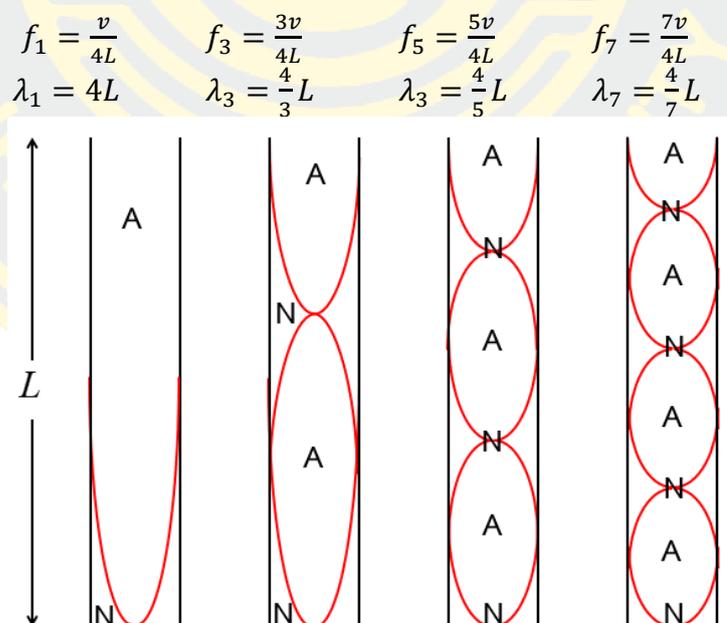
ภาพที่ 1 การสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกปลายตรึง (Raymond A. Serway, 2008)



ภาพที่ 2 การสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือกปลายอิสระ (Raymond A. Serway, 2008)



ภาพที่ 3 การสั่นพ้องในท่ออากาศปลายเปิดมีความถี่ธรรมชาติทุกฮาร์โมนิกส์
(บดีนทร์ชาติ, 2555)



ภาพที่ 4 การสั่นพ้องในท่ออากาศปลายปิดมีความถี่ธรรมชาติเฉพาะฮาร์โมนิกส์ที่เป็นเลขคี่เท่านั้น
(บดีนทร์ชาติ, 2555)

หากพิจารณาการสั่นพ้องในท่อปลายเปิดดังแสดงในภาพที่ 3 จะเห็นว่าเมื่อความยาวของท่ออากาศยาว L ระยะห่างของปฏิบัพที่อยู่ติดกันเท่ากับ $\lambda/2$ พิจารณาการสั่นพ้องในฮาร์โมนิกที่หนึ่ง ของท่อปลายเปิดจะได้ความสัมพันธ์ของความยาวท่อกับความยาวคลื่นเป็น $L = \lambda_1/2$ หรือ $\lambda_1 = 2L$ ดังนั้น ความถี่มูลฐานของการสั่นพ้องในท่ออากาศปลายเปิดที่ยาว L คือ

$$f_1 = \frac{v}{\lambda_1} = \frac{v}{2L} \quad (2)$$

เมื่อ v คือ อัตราเร็วของคลื่น ส่วนการสั่นพ้องถัดมาที่มีความยาวคลื่นเป็น $\lambda_2 = 2L/2$, $\lambda_3 = 2L/3$ และ $\lambda_4 = 2L/4$ ซึ่งมีความถี่เป็น $f_2 = 2f_1$, $f_3 = 3f_1$ และ $f_4 = 4f_1$ ตามลำดับ ดังนั้นสมการทั่วไปของความถี่ของการสั่นพ้องในท่อปลายเปิดคือ

$$f_n = n \frac{v}{2L} \quad (n = 1, 2, 3, 4 \dots) \quad (3)$$

หรือ $f_n = n f_1 \quad (n = 1, 2, 3, 4 \dots) \quad (4)$

เมื่อ v คือ ความเร็วของคลื่นตามยาวในท่ออากาศ มีหน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

L คือ ความยาวท่ออากาศ มีหน่วย เมตร (m)

n คือ ลำดับฮาร์โมนิก ($n = 1, 2, 3, 4 \dots$)

เนื่องจาก n มีค่าตั้งแต่ 1, 2, 3, 4, ... ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การสั่นพ้องในท่ออากาศแบบปลายเปิดมีอนุกรมฮาร์โมนิกได้ตั้งแต่ f_1 (ความถี่มูลฐาน), $f_2, f_3, f_4, \dots, f_n$

หากพิจารณาการสั่นพ้องในท่อปลายปิดดังแสดงในภาพที่ 4 จะเห็นว่าปลายด้านปิดของท่อเป็นตำแหน่งบัพของคลื่นการกระจัด เมื่อเกิดการสั่นพ้องครั้งแรกจะได้ความสัมพันธ์ความยาวท่อกับความยาวคลื่นเป็น $L = \lambda_1/4$ หรือได้ความถี่มูลฐานเป็น

$$f_1 = \frac{v}{4L} \quad (5)$$

ความถี่มูลฐานนี้จะเป็นครึ่งหนึ่งของความถี่มูลฐานของท่อปลายเปิดที่มีความยาวเท่ากัน ทุกๆ โอเวอร์โทน (overtone) ของท่อปลายปิดจะมีบัพปลายปิดและปฏิบัพปลายเปิด จึงทำให้ไม่มีฮาร์โมนิกที่ 2, 4, 6, ... และมีฮาร์โมนิกที่เป็นจำนวนคี่เท่านั้น ส่วนการสั่นพ้องถัดมาที่มีความยาวคลื่นเป็น $\lambda_3 = 4L/3$, $\lambda_5 = 4L/5$ และ $\lambda_7 = 4L/7$ ซึ่งมีความถี่ $f_3 = 3f_1$, $f_5 = 5f_1$ และ $f_7 = 7f_1$ ตามลำดับ ดังนั้นสมการทั่วไปของความถี่ของการสั่นพ้องในท่อปลายปิดคือ

$$f_n = n \frac{v}{4L} \quad (n = 1, 3, 5, 7 \dots) \quad (6)$$

หรือ $f_n = n f_1 \quad (n = 1, 3, 5, 7 \dots) \quad (7)$

โดย v คือ ความเร็วของคลื่นตามยาวในท่ออากาศ มีหน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

L คือ ความยาวท่ออากาศ มีหน่วย เมตร (m)

n คือ ลำดับฮาร์โมนิก ($n = 1, 3, 5, 7 \dots$)

การเกิดคลื่นนิ่งจากท่อปลายเปิดและท่อปลายปิด จะทำให้คุณภาพของเสียงที่ได้มีความแตกต่างกัน (ปรเมษฐ์, 2559)

องค์ความรู้เกี่ยวกับขลุ่ยเพียงออ



ภาพที่ 5 เครื่องดนตรีขลุ่ยเพียงออ

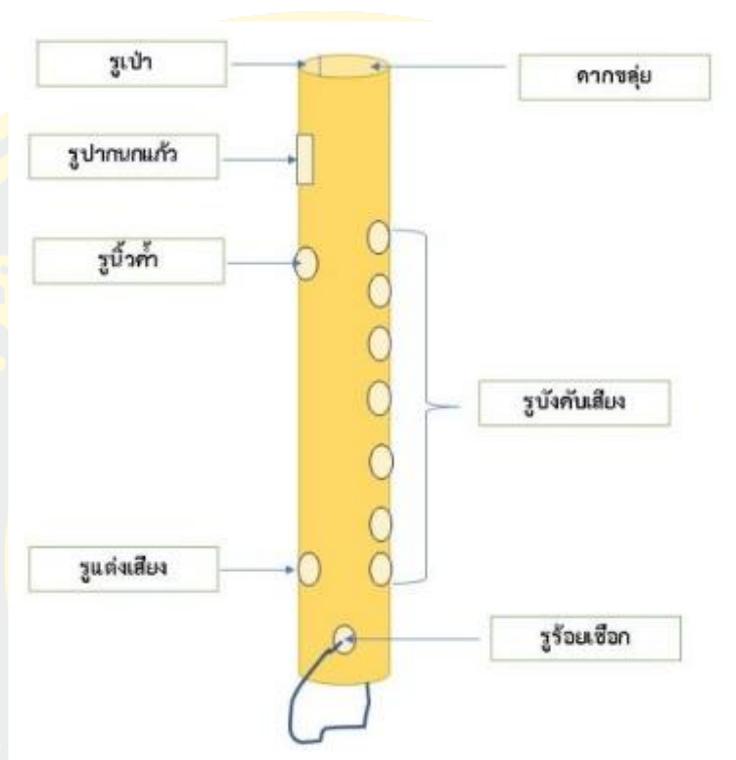
ที่มา : <https://churairatmusic.com/th/product/klui-piang-or-plastic-i-wc>

ลักษณะทางกายภาพของขลุ่ยเพียงออ

ขลุ่ยเพียงออเป็นเครื่องดนตรีประเภทเป่า แสดงในภาพที่ 5 ทำจากไม้รวกปล้องยาวๆ ด้านหน้าเจาะรูเรียงกัน สำหรับปิดเปิดเพื่อเปลี่ยนเสียง ตรงที่เป่าไม่มีลิ้นแต่มีดากที่ทำด้วยไม้อุดเหลาเป็นท่อนกลมๆ สอดลงไปอุดที่ปากของขลุ่ย ส่วนปากด้านหนึ่งของดากจะเจาะเป็นช่องสี่เหลี่ยมเล็กๆ เรียกว่า ปากนกแก้ว เพื่อให้ลมส่วนหนึ่งผ่านเข้าออกทำให้เกิดเสียงขลุ่ยและลมอีกส่วนจะวิ่งเข้าไปปลายขลุ่ย ใต้ปากนกแก้วลงมา มีรูนิ้วค้ำ ปลายเลาขลุ่ยจะเจาะเป็นรูร้อยเชือก ลักษณะทางกายภาพของขลุ่ยเพียงออ แสดงในภาพที่ 6 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. เลาขลุ่ย คือ ตัวขลุ่ย มีขนาดแตกต่างกันไปตามชนิดของขลุ่ย ถ้าเป็นขลุ่ยไม้ไผ่มีกนิยมนประดิษฐ์ลวดลายต่างๆ ลงบนตัวเลาขลุ่ย เช่น ลายดอกพิกุล ลายหิน และลายลูกกระนาด เป็นต้น แต่ถ้าเป็นไม้เนื้อแข็ง เช่น ไม้ชิงชัน ไม้พยุง ไม้จันทน์ ฯลฯ จะไม่นิยมทำลวดลายบนเลาขลุ่ย แต่นิยมลงรักประกอบมุกประกอบงาแทน
2. ดาก คือ ไม้อุดปากขลุ่ย นิยมใช้ไม้สักทองเหลากลมใส่ให้คับแน่นกับร่องภายในของปากขลุ่ยและฝานให้เป็นช่องว่างลาดเอียงตลอดขึ้นดากให้เป่าลมผ่านไปได้
3. รูเป่า เป็นรูสำหรับเป่าลมเข้าไป
4. รูปากนกแก้ว เป็นรูที่เจาะร่องรับลม จากปลายดากภายในขลุ่ย อยู่ด้านเดียวกับรูเป่า รูปากนกแก้วนี้ทำให้เกิดเสียงเทียบได้กับลิ้นของขลุ่ย
5. รูนิ้วค้ำ เป็นรูที่ใช้นิ้วหัวแม่มือปิด เพื่อบังคับเสียง และประคองเลาขลุ่ยขณะเป่า
6. รูบังคับเสียง เป็นรูที่เจาะเรียงอยู่ด้านบนของเลาขลุ่ยมีอยู่ทั้งหมด 7 รู

7. รูร้อยเชือก มี 2-4 รู อยู่ทางส่วนปลายของเลาขลุ่ย โดยการเจาะทะลุบน-ล่าง และซ้าย-ขวา ให้เยื้องกันในแต่ละคู่ จุดประสงค์หลักอาจไม่ได้เจาะไว้ร้อยเชือก แต่ทำเพื่อให้เสียงของขลุ่ยได้ที่นั่นเอง

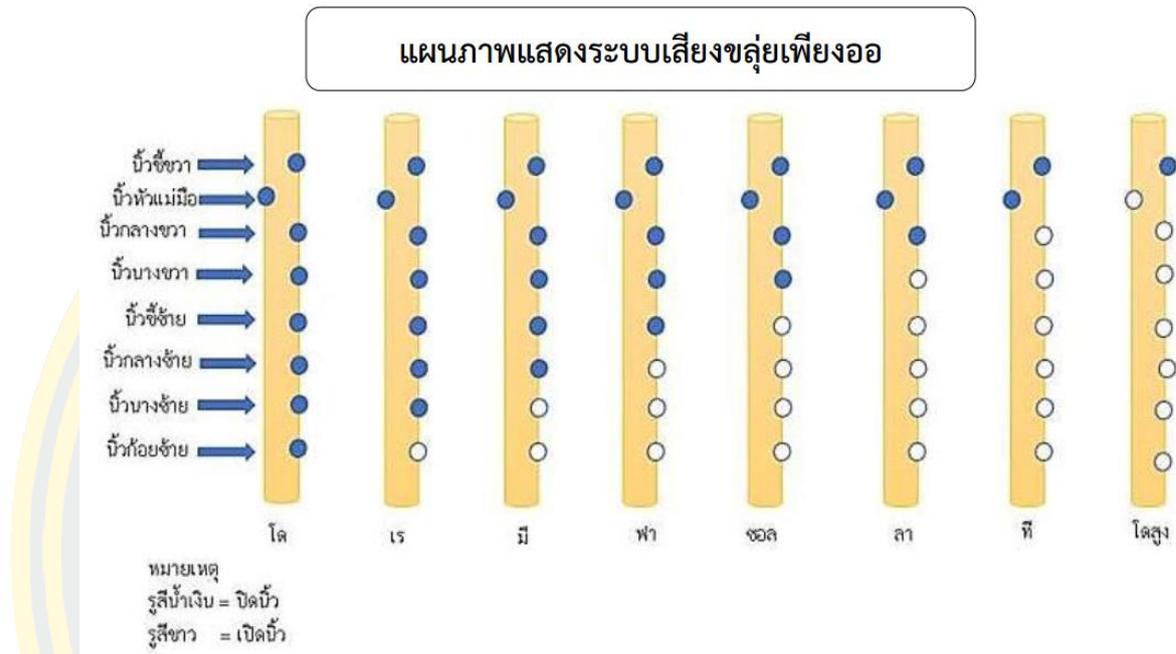


ภาพที่ 6 ลักษณะทางกายภาพของขลุ่ยเพียงออ (นพมาศ, 2565)

ระบบเสียงของขลุ่ยเพียงออ

ขลุ่ยเพียงออสามารถทำให้เกิดเสียงระดับโน้ตต่างๆ โดยเป่าลมเข้าไปในเลาขลุ่ยและปิดรูบังคับเสียงที่สัมพันธ์กับโน้ต การจับขลุ่ยจะนิยมจับโดยใช้มือขวาอยู่ข้างบน มือซ้ายอยู่ข้างล่าง แต่ในปัจจุบันจะยึดหลักตามความถนัดโดยใช้มือซ้ายไว้ข้างบนแทนมือขวาได้ เนื่องจากเครื่องดนตรีอื่นๆ ถูกผลิตขึ้นมาบังคับให้จับด้วยมือซ้ายอยู่ข้างบนและมือขวาอยู่ข้างล่าง ดังนั้นการจะใช้มือซ้ายหรือขวาอยู่บน-ล่างจึงไม่เป็นการผิดหลักการ แต่สำหรับผู้ที่ต้องการรักษาเอกลักษณ์การเป่าขลุ่ยไทยจึงมีการคำนึงถึงโบราณนิยมไว้ หลักสำคัญอีกอย่างหนึ่งในการใช้นิ้วปิดรูบังคับเสียง คือทุกรูต้องปิดให้สนิทไม่ให้มีลมรั่วออกมาได้ เนื่องจากจะทำให้เสียงเพี้ยน คือเสียงจะดังไม่ได้ตามระดับเสียงที่ต้องการและจะมีเสียงลมที่ไม่พึงประสงค์ออกมา ดังนั้นผู้เริ่มฝึกใหม่ๆ มักจะพบกับปัญหานี้แต่เมื่อได้ฝึกฝนบ่อยๆ จะเกิดความชำนาญปิดได้สนิทเกิดเป็นความเคยชินไปเอง โดยแผนภาพแสดงระบบเสียงขลุ่ยเพียงออในภาพที่ 7 จะใช้หลักการจับขลุ่ยด้วยมือขวาอยู่ข้างบนมือซ้ายอยู่ข้างล่างของเลาขลุ่ย จากการแบ่ง

ระดับเสียงดนตรีในทางวิทยาศาสตร์พบว่าระดับเสียง โด (ด) ของเครื่องดนตรีขลุ่ยมีความถี่ใกล้เคียงกับระดับเสียง โด สูง (โด') ดังนั้นการแบ่งระดับเสียงดนตรีในทางวิทยาศาสตร์เครื่องดนตรีขลุ่ยจะมีระดับเสียง ได้แก่ ด' ร' ม' ฟ' ซ' ล' ท' ด''



ภาพที่ 7 แผนภาพแสดงระบบเสียงขลุ่ยเพียงออ (นพมาศ, 2565)

การอ่านโน้ตขลุ่ยเพียงออ

ระดับเสียงขลุ่ยเพียงออ มีโน้ตดนตรี 7 เสียง อักษรย่อของโน้ตระดับเสียงต่างๆ ดังนี้

โด	แทนด้วยอักษร ด	โดสูง	แทนด้วยอักษร ด'	หรือ	ด''
เร	แทนด้วยอักษรณ ร	เรสูง	แทนด้วยอักษร ร'	หรือ	ร''
มี	แทนด้วยอักษร ม	มีสูง	แทนด้วยอักษร ม'	หรือ	ม''
ฟา	แทนด้วยอักษร ฟ	ฟาสูง	แทนด้วยอักษร ฟ'	หรือ	ฟ''
ซอล	แทนด้วยอักษร ซ	ซอลสูง	แทนด้วยอักษร ซ'	หรือ	ซ''
ลา	แทนด้วยอักษร ล	ลาสูง	แทนด้วยอักษร ล'	หรือ	ล''
ที	แทนด้วยอักษร ท	ทีสูง	แทนด้วยอักษร ท'	หรือ	ท''

เนื่องจากขลุ่ยเพียงออเป็นเครื่องดนตรีประเภทเดียวกับขลุ่ยหลีบ คือเป็นเครื่องดนตรีที่เลื่อนลดเสียงไม่ได้ จึงต้องทำให้เสียงเท่ากัน โดยใช้เสียงจากขลุ่ยเพียงออเป็นหลัก และในการเทียบเสียงของขลุ่ยเพียงออจะใช้การเทียบเสียงกับลูกฆ้องวงใหญ่ลูกที่ 10 ซึ่งมีชื่อว่าลูกเพียงออ ดังนั้นในการเทียบเสียงนี้จะใช้ความคุ้นเคยและความชำนาญของผู้เป็นหลักทางวงดนตรี และไม่ได้มีการใช้ส้อม

เสียง (Tuning fork) เช่นเดียวกับดนตรีสากล (ฤทธิรัตน์ และคณะ, 2004) จึงทำให้เสียงโดเริ่มต้นของ
ขลุ่ยเพียงออตรงกับเสียงโน้ตโดสูง (โด^๑) ที่มีความถี่ 512 Hz

การฝึกเป่าขลุ่ยเพียงออ

นพดล บุญศรีธธา (2557) ได้กล่าวถึง ในการเป่าขลุ่ยเพียงออ ผู้เป่าจะเหยริมฝีปากด้านบน
และล่างจรดลงบนรูปากเป่า และจัดเลาขลุ่ยให้ตั้งได้มุมประมาณ 45 องศา กับลำตัวโดยทอดแขนไว้
ข้างลำตัวพองาม ไม่กางข้อศอกมากเกินไป ลักษณะการวางนิ้วมือขวาและมือซ้ายให้วางขวางกับเลา
ขลุ่ย โดยมักให้มือขวาอยู่บนและมือซ้ายอยู่ล่างของเลาขลุ่ย การบังคับเสียงจะใช้มือขวาบังคับเสียงที่
ลา และซอล ด้วยนิ้วชี้ นิ้วกลาง และนิ้วนางตามลำดับ ส่วนนิ้วหัวแม่มือขวาใช้ปิดเปิดรูนิ้วค้ำที่
ด้านล่างของเลาขลุ่ย มือซ้ายจะใช้บังคับเสียงฟา มี เร และโด ด้วยนิ้วชี้ นิ้วกลาง นิ้วนาง และนิ้วก้อย
ตามลำดับ นิ้วหัวแม่มือซ้ายใช้ค้ำเลาขลุ่ยที่ด้านล่าง การวางนิ้วจะอยู่เหนือรูบังคับเสียงประมาณ 1
เซนติเมตร และการปิดรูบังคับเสียงจะใช้ได้ปลายนิ้วส่วนที่นูนปิดรูให้สนิท เพื่อให้เสียงที่ออกมามีความ
ชัดเจนไม่เพี้ยน ทั้งนี้การนั่งเป่าขลุ่ยต้องนั่งตัวตรงเพื่อให้ลมเดินสะดวกไม่นั่งก้มหน้า ถ้านั่งกับพื้นควร
นั่งพับเพียบ ลักษณะทำนองและการจับขลุ่ยเพียงออแสดงในภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ลักษณะทำนองและการจับขลุ่ยเพียงออ (นพดล, 2557)

การดูแลรักษาขลุ่ยเพียงออ

ขลุ่ยเพียงออ มีวิธีการดูแลบำรุงรักษาเหมือนกับขลุ่ยอื่นๆ ดังนี้ (นพดล, 2557)

1. ควรเช็ดทำความสะอาดขลุ่ยก่อนหรือหลังการใช้งานทุกครั้ง สามารถใช้แอลกอฮอล์เช็ดเพื่อฆ่าเชื้อบริเวณที่เป่าได้
2. หลังการใช้ควรเก็บใส่ถุงให้เรียบร้อย เพื่อป้องกันแมลงหรือสัตว์เล็กๆ เข้าไปอาศัย
3. ห้ามนำขลุ่ยไปล้าง หรือโดนแสงแดดโดยตรง เพราะจะทำให้ขลุ่ยเกิดการยืดหรือหดตัว อันเป็นสาเหตุทำให้เสียงขลุ่ยเปลี่ยนไป
4. ไม่ควรใช้ขลุ่ยร่วมกับผู้อื่น เพราะอาจเป็นแหล่งแพร่เชื้อได้
5. ไม่ควรให้ขลุ่ยตกหล่น เพราะอาจแตกหักได้
6. ไม่ควรตกแต่งรูขลุ่ย เพราะอาจทำให้เสียงเพี้ยนได้
7. ไม่ควรปล่อยให้ขลุ่ยแห้งไว้นานๆ ดากจะหดตัวลง ทำให้เป่าแล้วเสียงไม่ใส

องค์ความรู้เกี่ยวกับโหวด

โหวดเป็นเครื่องดนตรีทางภาคอีสานของประเทศไทย ประเภทเครื่องเป่า ยังไม่สามารถยืนยันได้ว่ามีขึ้นในสมัยใด แต่มีประวัติเล่าเป็นนิยายสืบต่อกันมาว่า ในสมัยก่อนพุทธกาล ประชาชนในเมืองพันทุมาลัยต้องการฝน ก็ไปบนบานศาลกล่าวต่อพระยาแถน ทำให้ฝนตกตามฤดูกาล ต่อมา มีพระโพธิสัตว์เสวยชาติมาเป็นพระยาคางคก ประชาชนได้หันไปนับถือพระยาคางคก ทำให้พระยาแถนไม่พอใจ จึงไม่ประทานฝน ทำให้เมืองแห้งแล้งเป็นเวลา 7 ปี 7 เดือน คน สัตว์ และพืชพันธุ์ธัญญาหารล้มตาย ประชาชนจึงโกรธและไปทำสงครามกับพระยาแถน แต่ก็ไม่ชนะสักที จึงไปปรึกษากับพระยาคางคก พระยาคางคกจึงรับอาสาไปต่อสู้กับพระยาแถน โดยพระยาคางคกได้วางแผนให้พระยาปลวกทำสะพานดินเป็นถนนขึ้นสู่เมืองพระยาแถน และให้พระยามดเข้าไปในเมืองเพื่อไปเจาะอาวุธยุทธโปกรณ์ต่างๆ ให้หัก และให้พระยาตะขาบ แมงป่อง อสรพิษทั้งหลายไปดักอยู่ตามเสื้อผ้า อุปกรณ์ต่างๆ ที่ทหารพระยาแถนใช้ พอถึงวันแรม 7 ค่ำ พระยาคางคกก็นำทัพขึ้นไปเจรจาชอฝนกับพระยาแถน พระยาแถนโกรธ จึงได้ประกาศสงครามกัน และตามแผนที่พระยาคางคกไว้วางไว้ ทำให้พระยาแถนแพ้พ่าย จึงยอมประทานฝนให้เหมือนเดิม และหากประชาชนได้น้ำฝนเพียงพอแล้ว จะมีการแกว่งโหวดขึ้นสู่ท้องฟ้าให้เกิดเสียงดัง เป็นสัญญาณให้พระยาแถนหยุดให้ฝน (โยธิน, 2564) ดังนั้นโหวดจึงเป็นสิ่งที่มนุษย์เชื่อว่าเป็นเครื่องมือติดต่อกับสิ่งศักดิ์สิทธิ์เพื่อขอให้ฝนหยุดตก การแกว่งโหวดแสดงในภาพที่ 9



ภาพที่ 9 การแกว่งโหวด (สุจิตต์, 2563)

เมื่อปี พ.ศ. 2511 นายทรงศักดิ์ ประทุมสินธุ์ ชาวอำเภอหนองพอก จังหวัดร้อยเอ็ด ได้ดัดแปลงโหวดให้มีขนาดเล็กลง และใช้การเป่าแทนการแกว่ง วัสดุที่ใช้คือไม้กู่แคนหรือไม้ไผ่เอี้ย มาตัดให้แตกต่างกันทั้งขนาดและความยาว จากนั้นนำมาติดกับแกนไม้ไผ่ให้ครบ 7-8 ลูก ปรับเสียงให้เข้ากับดนตรีพื้นบ้านประเภทเป่าอื่นๆ เช่น แคน พิณ และโปงลาง (ลักขณา, 2542) ซึ่งต่อมาปี พ.ศ. 2542 สภาวัฒนธรรมจังหวัดร้อยเอ็ด ได้ประกาศให้โหวดเป็นเครื่องดนตรีประจำจังหวัดร้อยเอ็ด

ลักษณะทางกายภาพของโหวด



ภาพที่ 10 ส่วนประกอบของเครื่องดนตรีโหวด

ที่มา : <https://sites.google.com/site/karphathnabthreiybnweb2529/howd>

โหวดเป็นเครื่องดนตรีทางภาคอีสานของประเทศไทย ประเภทเครื่องเป่า ประกอบด้วยลูกโหวดทำจากไม้ไผ่เอียงที่ตัดให้มีความยาวลดหลั่นกัน แต่ละลูกโหวดจะตัดเฉียงเป็นมุม 45 องศา มีซี่สุดอุดรูลูกโหวดแต่ละลูก แกนโหวดทำจากไม้รวกที่มีขนาดใหญ่ หรือเล็กตามขนาดของลูกโหวด ซึ่งลูกโหวดจะติดกับแกนโหวดโดยมีซี่สุดเป็นตัวยึดโดยรอบ ลักษณะทางกายภาพของโหวด แสดงในภาพที่ 10 ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

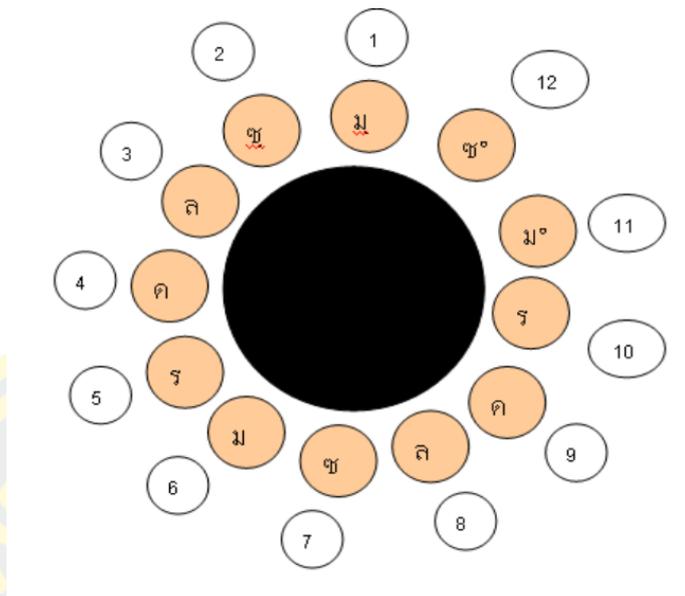
1. ลูกโหวด คือ ไม้ไผ่เอียงที่มีลักษณะเป็นท่อ เปลือกบางผิวละเอียด เป็นส่วนที่ทำให้เกิดเสียง
2. แกนโหวด คือ ไม้รวกที่นำลูกโหวดมาติดเรียงกัน
3. จมูกโหวด คือ ซี่สุด หรือชันโรง เป็นวัสดุที่ได้จากฝักป่า ใช้ยึดลูกโหวดเข้ากับแกนโหวด

ระบบเสียงของโหวด

โหวดมี 3 ขนาด ได้แก่ (1) โหวดเล็ก มีลูกโหวด 3 – 7 ลูก (2) โหวดกลาง มีลูกโหวด 9 ลูก และ (3) โหวดใหญ่ มีลูกโหวด 11 - 13 ลูก ความยาวของลูกโหวดในแต่ละลูกนั้น มีขนาดสั้น-ยาวแตกต่างกัน ลูกที่ยาวที่สุดประมาณ 25 เซนติเมตร ลูกต่อมายาวลดหลั่นกันลงมา จนถึงลูกที่สั้นที่สุดประมาณ 6 เซนติเมตร คนโบราณนิยมเรียกลูกโหวดลูกที่ยาวที่สุดว่า "ลูกโ้" ลูกที่เหลือไม่ปรากฏชื่อในปัจจุบันจะเรียกชื่อลูกโหวดตามระดับเสียงโน้ตสากล สำหรับโหวดพื้นบ้าน มี 5 เสียง คือ โด เร มี ซอล ลา และมีลูกโหวด 12 ลูก โน้ตของโหวดลูกที่ 1-12 แสดงดังในภาพที่ 11 ดังนี้

1. มี 2. ซอล 3. ลา 4. โด 5. เร 6. มี 7. ซอล 8. ลา 9. โด 10. เร 11. มี 12. ซอล

ทั้งนี้ความถี่เสียงของลูกโหวดที่มีความยาวมากที่สุดซึ่งถูกเรียกตามระดับเสียงโน้ตสากลว่า โน้ต มี (ม) มีความถี่ตรงกับระดับเสียง มี (ม) ในระดับเสียงดนตรีทางวิทยาศาสตร์ และพบว่าความถี่เสียงของลูกโหวดที่สั้นที่สุดซึ่งถูกเรียกตามระดับเสียงโน้ตสากลว่า โน้ต ซอล (ซ) มีความถี่เสียงตรงกับระดับเสียง ซอล สูง (ซ'') จึงทำให้เครื่องดนตรีโหวดมีระดับเสียงดนตรีโดยเริ่มต้นจากลูกโหวดที่ยาวที่สุดและลดหลั่นจนถึงลูกที่สั้นที่สุดคือ ม ซ ล ด' ร' ม' ซ' ล' ด'' ร'' ม'' ซ'' ตามลำดับ



ภาพที่ 11 โหนดของโหนดลูกพื้นบ้านที่ 1-12 (โยธิน, 2564)

การฝึกเป่าโหวด

การจับโหวดจะใช้มือข้างที่ถนัดจับโหวด ดังแสดงในภาพที่ 12 นิ้วหัวแม่มือจะแตะลูกโหวดที่ยาวสุด (ลูกที่ 1) โดยให้นิ้วหัวแม่มือชี้ขึ้นส่วนนิ้วที่เหลือจับตัวโหวดตามถนัด ให้ส่วนหัวของโหวดอยู่บริเวณร่องคาง ทำมุมประมาณ 45 องศา ดังแสดงในภาพที่ 13 การหมุนโหวดจะใช้ข้อมือเท่านั้น ลักษณะการเป่าคล้ายกับการเป่าปากขวด ดังแสดงในภาพที่ 14 ตำแหน่งของลูกโหวดที่เสียงต่ำที่สุดอยู่ตรงริมฝีปาก



ภาพที่ 12 ท่าทางการจับโหวด (โยธิน, 2564)



ภาพที่ 13 การนำหัวโหวดเข้าไปหนุนที่ร่องคาง (โยธิน, 2564)



ภาพที่ 14 ลักษณะปากเป่าโหวดคล้ายเป่าปากขวด (โยธิน, 2564)

ในการเป่าโหวด ผู้เป่าจะต้องสูดหายใจเข้าลึกๆ เพื่อเก็บลมให้ได้มากที่สุด และเป่าลมโดยใช้ริมฝีปากบังคับปริมาณของลมที่ออกให้ลมเข้าไปในรูลูกโหวดพอดี ลูกโหวดใหญ่จะใช้ลมมาก ลูกโหวดเล็กจะใช้ลมน้อย การฝึกเป่าเสียงแรกตรงกับโน้ตตัว มี ค่อยๆ เป่าลมออกทีละน้อยอย่างสม่ำเสมอให้ได้เสียงที่ชัดเจนที่สุด ถ้ายังไม่ได้เสียงที่ต้องการให้ใช้ข้อมือหมุนโหวดเพื่อหาตำแหน่งเสียงที่ต้องการ เมื่อลมจะหมดให้รีบหายใจเข้าอย่างรวดเร็ว ไม่ควรปล่อยให้ลมหมดก่อนค่อยหายใจเพราะจะมีผลทำให้ทางเสียงไม่นิ่งและลมไม่สม่ำเสมอ เสียงที่ออกมาจากโหวดจะกังวานมีคุณภาพ ในการฝึกเป่าโหวดควรฝึกเป่าไล่เสียง โดยเริ่มเป่าเสียงต่ำที่สุดไปหาเสียงสูงที่สุดจนครบทุกเสียง

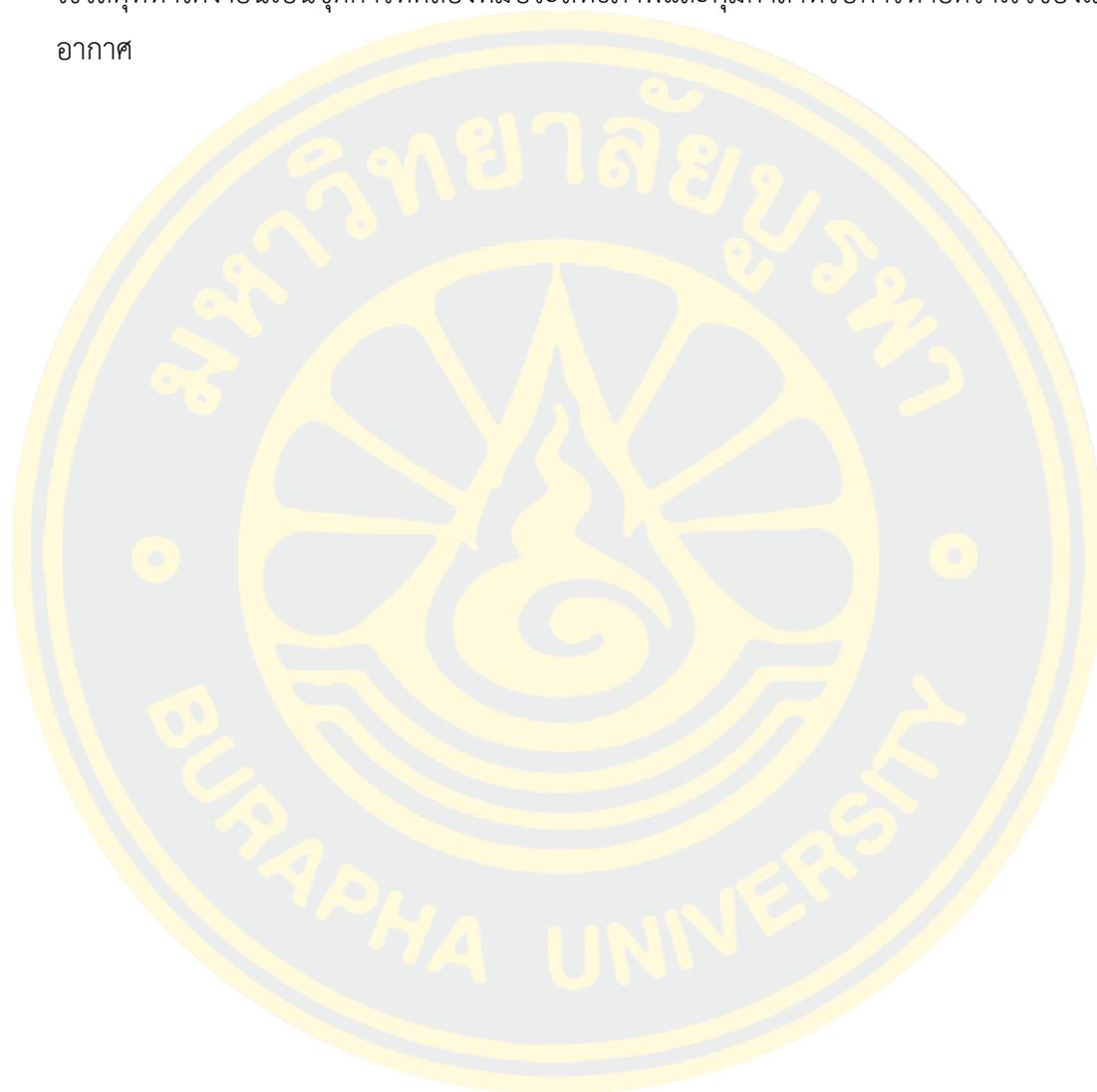
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Thongsuk and Intanin (2021) ได้ทำการทดลองหาความเร็วของเสียงโดยใช้โทรศัพท์มือถือเป็นเครื่องมือทดลอง การทดลองจะให้บัณฑิตสาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไปจำนวน 43 คน แบ่งเป็น 10 กลุ่ม ทำการทดลองหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากท่อปลายปิด มีการประยุกต์ใช้กระบอกฉีดยาเป็นท่อสั้นพ้อง และใช้สมาร์ทโฟนเป็นแหล่งกำเนิดเสียงที่ให้เสียงความถี่ที่แตกต่างกัน วัดค่าความยาวของท่อสั้นพ้องแต่ละครั้งและใช้เซนเซอร์สมาร์ทโฟนวัดค่าความถี่ของการสั้นพ้อง ที่อุณหภูมิ 26°C คำนวณค่าอัตราเร็วของเสียงมีค่าเท่ากับ 346.46 m/s เมื่อเปรียบเทียบกับค่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ได้จากการทดลองกับค่าทางทฤษฎี พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าร้อยละ 0.1 จากการทดลองพบว่า วิธีนี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพและใช้วัสดุราคาไม่แพงสำหรับผู้เรียนในการเรียนรู้หลักการทางฟิสิกส์ นอกจากนี้ยังทำให้ผู้เรียนได้รับความเข้าใจเชิงระเบียบวิธีของการศึกษา และสามารถวิเคราะห์และจำลองความถี่ที่เหมาะสมโดยใช้โปรแกรม Excel ร่วมด้วย ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้วัสดุอุปกรณ์ใกล้ตัวที่หาได้ มาปรับใช้ในการทำปฏิบัติการทางฟิสิกส์เพื่อการเรียนการสอนได้เป็นอย่างดี

Atakan and Niyazi (2020) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการหาความถี่ของการสั้นพ้องของท่อปลายเปิด โดยประยุกต์ใช้บอร์ด Arduino ที่มีเซนเซอร์วัดเสียงต่อเข้ากับ LED สีเขียว ซึ่งเมื่อได้ความถี่ของการสั้นพ้อง LED สีเขียวจะสว่างขึ้น ในการทดลองนี้ได้ใช้ท่อปลายเปิดที่มีความยาว 31.5 cm และรัศมี 6.1 cm ปลายท่อด้านหนึ่งวางชุดบอร์ด Arduino ส่วนปลายท่ออีกด้านหนึ่งวางลำโพงใช้สำหรับเป็นแหล่งกำเนิดเสียง ทำการทดลองวัดค่าความถี่ของการสั้นพ้องครั้งที่หนึ่งได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 427.40 Hz และความถี่ของการสั้นพ้องครั้งที่สองได้ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 877.80 Hz จากนั้นนำทั้งสองค่านี้มาคำนวณหาความถี่มูลฐานได้เท่ากับ 460.40 Hz เมื่อได้ค่าความถี่มูลฐานจะนำค่านี้มาคำนวณหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศร่วมกับค่าความยาวของท่อปลายเปิด และรัศมีของท่อ ได้ค่าอัตราเร็วของเสียงที่อุณหภูมิห้องเท่ากับ 350.90 m/s และเมื่อเทียบกับค่าอัตราเร็วของเสียงที่อุณหภูมิห้องซึ่งเป็นค่าทางทฤษฎีเท่ากับ 346 m/s ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 1.42 จะเห็นได้ว่าการทดลองนี้ที่มีการประยุกต์ใช้บอร์ด Arduino ที่มีเซนเซอร์วัดเสียง สามารถใช้วัดความถี่เสียงได้อย่างแม่นยำ เป็นการประยุกต์การจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นการจัดการเรียนการสอนแบบ STEM ได้เป็นอย่างดี

Wijitwongwan and Wuttiptom (2019) ทำการดัดแปลงชุดทดลองการสั้นพ้องเพื่อหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศ การทดลองจะใช้วัสดุที่หาได้ง่ายมาทำการทดลอง อุปกรณ์ที่ใช้ได้แก่สมาร์ทโฟนสำหรับให้แหล่งกำเนิดเสียงความถี่ $1,500\text{ Hz}$ ขวดน้ำที่มีน้ำบรรจุอยู่ และหลอดขานมไข่มุกที่มีสเกลอ่านค่าสำหรับท่อสั้นพ้อง ในการทดลองหาอัตราเร็วของเสียง ที่อุณหภูมิ 24°C อัตราเร็ว

ของเสียงมีค่าเท่ากับ 345.0 m/s ที่อุณหภูมิ 26°C อัตราเร็วของเสียงมีค่าเท่ากับ 347.0 m/s และที่อุณหภูมิ 30°C อัตราเร็วของเสียงมีค่าเท่ากับ 349.0 m/s เปรียบเทียบอัตราเร็วของเสียงที่ได้จากการทดลองกับค่าทางทฤษฎี พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 0.1 นั้นแสดงให้เห็นว่าชุดการทดลองที่ใช้วัสดุที่หาได้ง่ายนี้เป็นชุดการทดลองที่มีประสิทธิภาพและคุ้มค่าสำหรับการหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศ



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

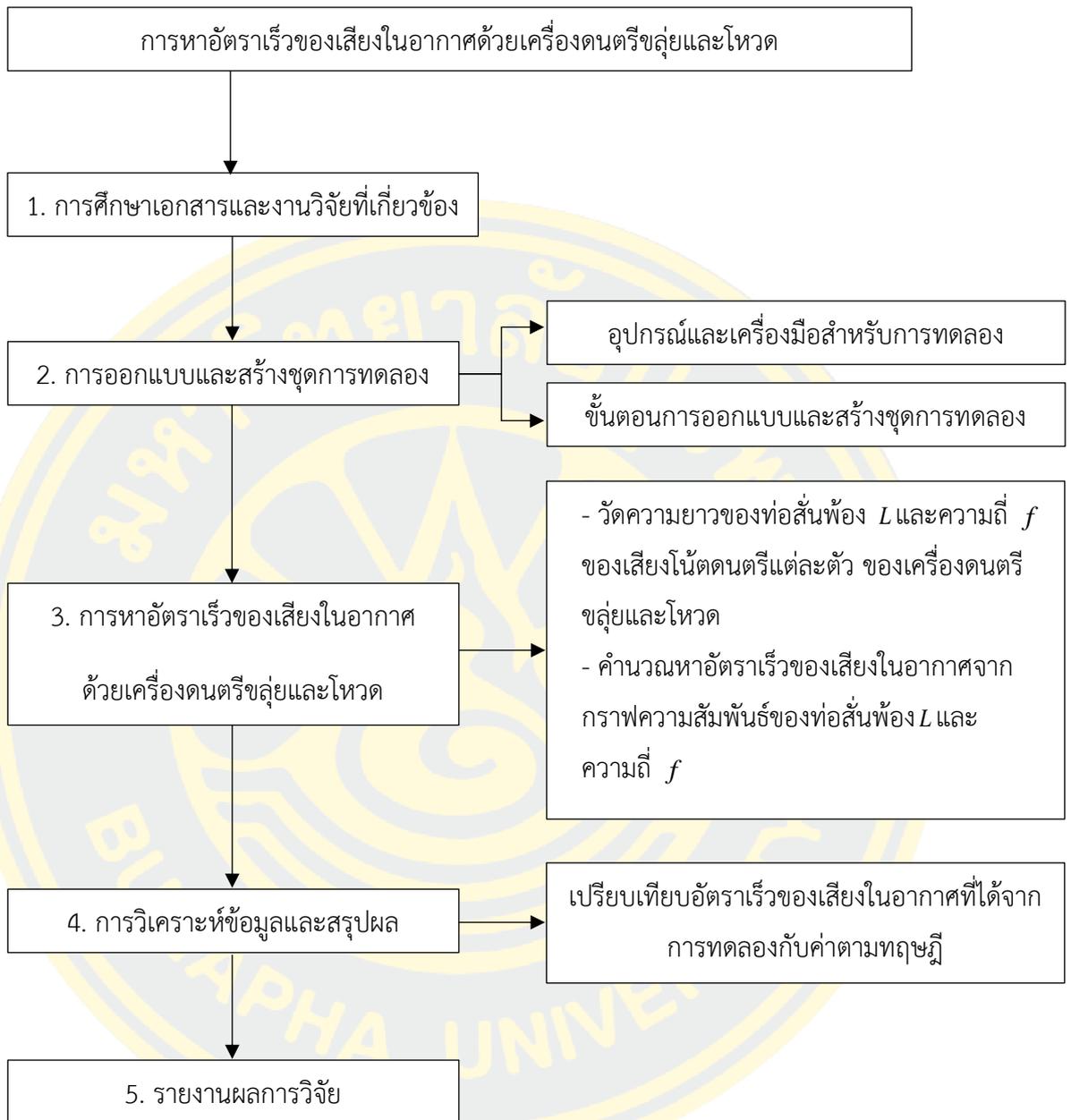
งานวิจัยนี้เป็นการทดลองเพื่อหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศด้วยเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด ซึ่งมีรายละเอียดและขั้นตอนในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. กรอบแนวคิดของการวิจัย
2. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
3. การออกแบบและสร้างชุดการทดลอง
4. วิธีการทดลอง

กรอบแนวคิดของการวิจัย

ในการศึกษาการหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด มีกรอบแนวคิดการวิจัยแสดงในภาพที่ 15 ผู้วิจัยได้แบ่งการดำเนินงานของการวิจัยเป็นดังนี้

1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. การออกแบบและสร้างชุดการทดลองหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด
3. การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด
4. เปรียบเทียบอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวดกับค่าทางทฤษฎี
5. รายงานผลการวิจัย



ภาพที่ 15 กรอบแนวคิดการวิจัย

การศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

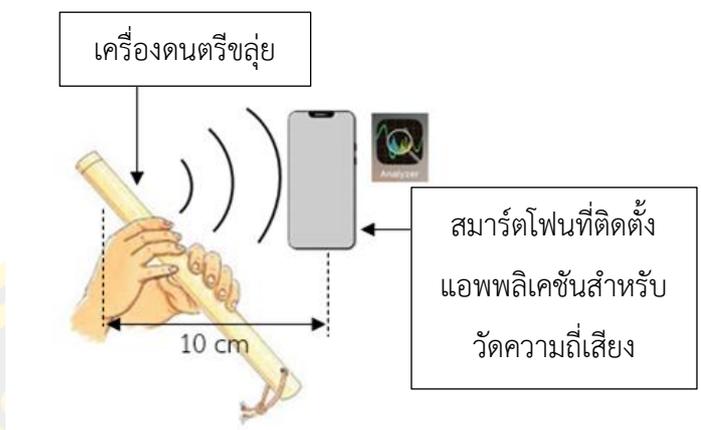
การศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมีวิธีการดังนี้ (1) วิเคราะห์มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ และหน่วยการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2560) (2) ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี เทคนิค และวิธีการออกแบบการทดลองทางวิทยาศาสตร์จากเอกสารตำราต่างๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และ (3) ศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับการออกแบบชุดการทดลองจากเอกสารต่างๆ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างชุดการทดลอง

การออกแบบและสร้างชุดการทดลอง

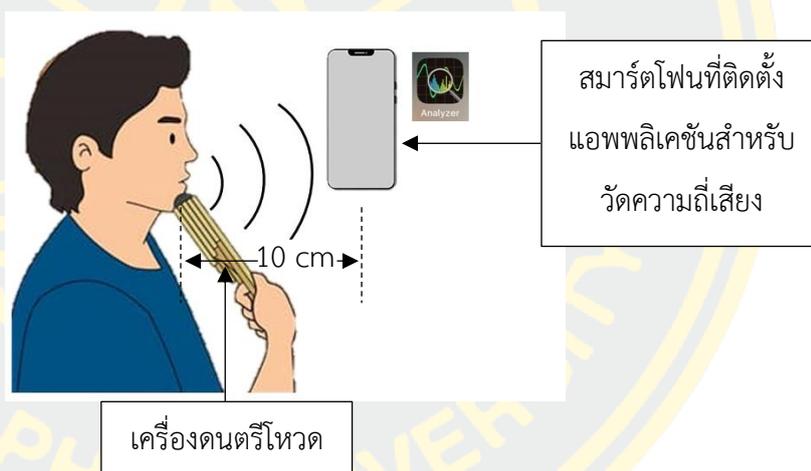
การออกแบบชุดการทดลองเพื่อหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศด้วยเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวดจะมีการติดตั้งอุปกรณ์การทดลองหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศด้วยเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวดแสดงในภาพที่ 16 และ 17 ตามลำดับ ซึ่งมีอุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลองดังนี้

อุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|--|-----------------------|
| 1. เครื่องดนตรีขลุ่ยเพียงออ | จำนวน 1 เล้า |
| 2. เครื่องดนตรีโหวด | จำนวน 1 ดวง |
| 3. ไม้บรรทัด ยาว 30 เซนติเมตร | จำนวน 1 อัน |
| 4. หนังกยาง | จำนวน 1 วง |
| 5. เทอร์โมมิเตอร์ (Barigo รุ่น B-0344) | จำนวน 1 อัน |
| 6. สมาร์ทโฟนรุ่น 12mini (รับความถี่เสียงในช่วง 20 Hz – 20 kHz) | |
| พร้อมติดตั้งแอปพลิเคชัน Audio/Spectrum Analyzer | สำหรับวัดความถี่เสียง |
| | จำนวน 1 เครื่อง |



ภาพที่ 16 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลองหาอัตราเร็วเสียงในอากาศด้วยเครื่องดนตรีขลุ่ย
ที่มา : ดัดแปลงจาก https://km.nssc.ac.th/external_newsblog.php?links=1637



ภาพที่ 17 การติดตั้งอุปกรณ์การทดลองหาอัตราเร็วเสียงในอากาศด้วยเครื่องดนตรีโหวด
ที่มา : ดัดแปลงจาก <https://www.facebook.com/watch/?v=227187312620049>

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศตามทฤษฎี

1. ใช้เทอร์โมมิเตอร์มาวัดอุณหภูมิขณะทำการทดลอง 5 ครั้ง และบันทึกผล พร้อมหาอุณหภูมิเฉลี่ย
2. นำค่าอุณหภูมิเฉลี่ยมาคำนวณหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศ จากสมการที่ (1)
 $v_t = 331 + 0.6t$ บันทึกผลเป็นอัตราเร็วของเสียงในอากาศตามทฤษฎี (v_t)

ตอนที่ 2 การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด

2.1 การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากเครื่องดนตรีขลุ่ย

- วัดความยาว (L) จากปากขลุ่ยถึงรูเปิดในแต่ละตัวโน้ต 5 ครั้ง พร้อมหาค่าความยาวเฉลี่ยของท่อสั้นพ้อง (L_{av}) ของแต่ละตัวโน้ต
- จัดเครื่องดนตรีขลุ่ยห่างจากสมาร์ตโฟนเป็นระยะประมาณ 10 เซนติเมตร
- เป่าขลุ่ยในแต่ละตัวโน้ต และวัดความถี่ (f) ด้วยสมาร์ตโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน 5 ครั้ง เพื่อไปคำนวณหาค่าความถี่เฉลี่ย (f_{av}) และ $\frac{1}{f_{av}}$
- เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง L_{av} และ $\frac{1}{f_{av}}$ โดยให้แกน y เป็นความยาวท่อสั้นพ้อง L_{av} และแกน x เป็น $\frac{1}{f_{av}}$ และคำนวณหาค่าความชัน (slope)
- นำค่าความชัน (slope) ที่ได้จากข้อ 5 มาคำนวณหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากเครื่องดนตรีขลุ่ย จากสมการที่ (3) $f_n = \frac{nv}{2L}$ (กำหนดให้ $n = 1$) จะได้ $L = \frac{v}{2f_n}$ ซึ่งหากเทียบกับสมการเส้นตรง $y = mx + c$ จะได้ว่า $slpoe = \frac{v}{2}$ ดังนั้นจะได้อัตราเร็วของเสียงในอากาศจากเครื่องดนตรีขลุ่ย (v_{ex}) = $2slope$

2.2 การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากเครื่องดนตรีโหวด

- วัดความยาวของท่อสั้นพ้อง (L) จากจุมุกโหวดไปถึงปลายลูกโหวดในแต่ละตัวโน้ต จำนวน 5 ครั้ง พร้อมหาค่าความยาวเฉลี่ยของท่อสั้นพ้อง (L_{av}) ของแต่ละตัวโน้ต
- จัดเครื่องดนตรีโหวดให้จุมุกโหวดห่างจากสมาร์ตโฟนเป็นระยะประมาณ 10 เซนติเมตร
- เป่าโหวดแต่ละตัวโน้ต และวัดความถี่เสียง (f) ด้วยสมาร์ตโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน 5 ครั้ง เพื่อไปหาค่าความถี่เสียงเฉลี่ย (f_{av}) และหาค่า $\frac{1}{f_{av}}$
- เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง L_{av} และ $\frac{1}{f_{av}}$ โดยให้แกน y เป็นความยาวท่อสั้นพ้อง L_{av} และแกน x เป็น $\frac{1}{f_{av}}$ และคำนวณหาค่าความชัน (slope)
- นำค่าความชัน (slope) ที่ได้ มาคำนวณหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากเครื่องดนตรีโหวด จากสมการที่ (6) $f_n = \frac{nv}{4L}$ (กำหนดให้ $n = 1$) จะได้ $L = \frac{v}{4f_n}$ ซึ่งหากเทียบกับสมการเส้นตรง $y = mx + c$ จะได้ว่า $slpoe = \frac{v}{4}$ ดังนั้นจะได้อัตราเร็วของเสียงในอากาศจากเครื่องดนตรีโหวด (v_{ex}) = $4slope$

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวดกับค่าทางทฤษฎี

เมื่อเปรียบเทียบค่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศของเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด (v_{ex}) กับค่าทางทฤษฎี (v_t) จะได้ว่าร้อยละความคลาดเคลื่อนของอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวดเทียบกับอัตราเร็วเสียงในอากาศตามทฤษฎี ตามสมการ

$$\Delta v\% = \frac{|v_{ex} - v_t|}{v_t} \times 100\%$$



บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้แบ่งผลการทดลองออกเป็น 3 ตอน ได้แก่ ตอนที่ 1 การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศตามทฤษฎี ตอนที่ 2 การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด และตอนที่ 3 การเปรียบเทียบอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวดกับค่าทางทฤษฎี รายละเอียดดังนี้

ตอนที่ 1 การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศตามทฤษฎี

ในการหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศตามทฤษฎี ผู้วิจัยได้ทำการทดลองวัดอุณหภูมิขณะทำการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง และนำไปหาอุณหภูมิเฉลี่ย (t) ได้ผลแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 อุณหภูมิขณะทำการทดลอง

ครั้งที่	อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	อุณหภูมิเฉลี่ย ($^{\circ}\text{C}$)
1	27.0	27.1
2	27.1	
3	27.3	
4	26.9	
5	27.0	

จากตารางที่ 3 พบว่าอุณหภูมิเฉลี่ย (t) เท่ากับ 27.1°C เมื่อคำนวณค่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากสมการ $v_t = 331 + 0.6t$ ที่อุณหภูมิ 27.1°C จะได้ $v_t = 347.26 \text{ m/s}$ ดังนั้นอัตราเร็วของเสียงในอากาศตามทฤษฎีเท่ากับ 347.26 m/s

ตอนที่ 2 การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด

2.1 การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากเครื่องดนตรีขลุ่ย

ในการวัดค่าความยาวของท่อสั้นพ้องและความถี่เสียงด้วยแอปพลิเคชันวัดค่าความถี่เสียงบนสมาร์ตโฟนของตัวโน้ต 9 ตัว ของเครื่องดนตรีขลุ่ย ได้แก่ ร// ด// ท/ ล/ ซ/ ฟ/ ม/ ร/ ด/ ได้ผลแสดงดังตารางที่ 4

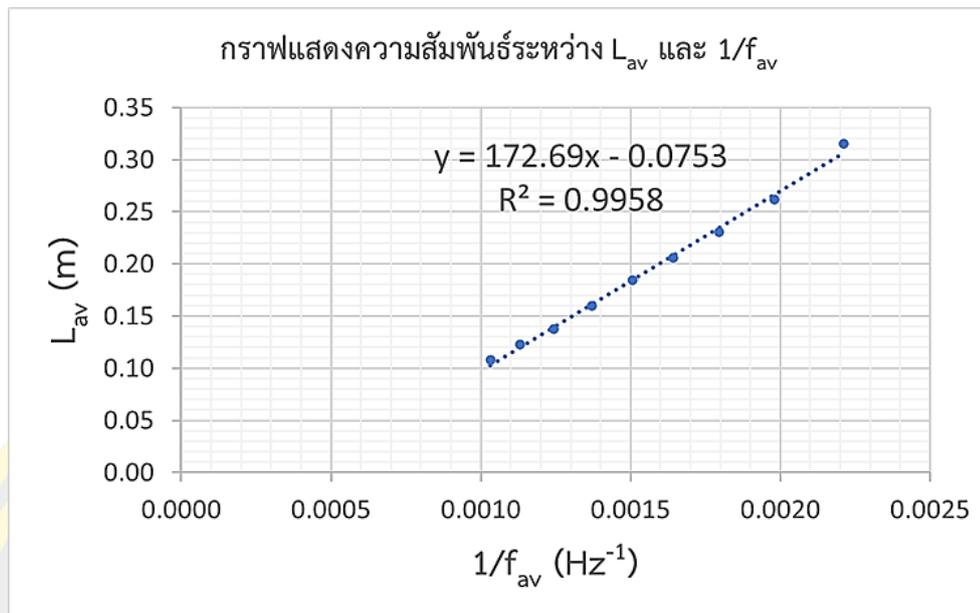
ตารางที่ 4 ค่าความยาวของท่อสั้นพ้อง ความถี่เสียงในแต่ละตัวโน้ตของเครื่องดนตรีขลุ่ย พร้อมการหาค่าความยาวเฉลี่ยของท่อสั้นพ้อง และความถี่เสียงเฉลี่ย และ $\frac{1}{f_{av}}$

ลำดับที่	ตัวโน้ต	ครั้งที่	ความยาว (L)	ความยาวเฉลี่ย (L _{av})	ความถี่ (f)	ความถี่เฉลี่ย (f _{av})	$\frac{1}{f_{av}}$
			(× 10 ⁻² m)	(× 10 ⁻² m)	(Hz)	(Hz)	(× 10 ⁻³ Hz ⁻¹)
1	ร//	1	10.75	10.76±0.04	963	969	1.03
		2	10.70		967		
		3	10.75		966		
		4	10.80		970		
		5	10.80		977		
2	ด//	1	12.25	12.26±0.04	883	884	1.13
		2	12.25		884		
		3	12.20		887		
		4	12.30		880		
		5	12.30		884		
3	ท/	1	13.80	13.73±0.04	805	804	1.24
		2	13.70		800		
		3	13.70		801		
		4	13.70		806		
		5	13.75		810		

ลำดับ ที่	ตัว โน้ต	ครั้งที่	ความยาว (L)	ความยาว เฉลี่ย (L_{av})	ความถี่ (f)	ความถี่เฉลี่ย (f_{av})	$\frac{1}{f_{av}}$
			($\times 10^{-2} m$)	($\times 10^{-2} m$)	(Hz)	(Hz)	($\times 10^{-3} Hz^{-1}$)
4	ล'	1	16.05	16.01±0.04	728	729	1.37
		2	16.05		729		
		3	16.00		730		
		4	15.95		728		
		5	15.98		731		
5	ซ'	1	18.50	18.42±0.06	663	664	1.51
		2	18.45		664		
		3	18.40		663		
		4	18.40		663		
		5	18.35		665		
6	ฟ'	1	20.65	20.57±0.08	609	609	1.64
		2	20.65		610		
		3	20.55		609		
		4	20.50		609		
		5	20.50		610		
7	ม'	1	23.10	23.06±0.04	558	557	1.80
		2	23.10		557		
		3	23.05		558		
		4	23.05		554		
		5	23.00		557		

ลำดับ ที่	ตัว โน้ต	ครั้งที่	ความยาว (L)	ความยาว เฉลี่ย (L_{av})	ความถี่ (f)	ความถี่เฉลี่ย (f_{av})	$\frac{1}{f_{av}}$
			($\times 10^{-2} m$)	($\times 10^{-2} m$)	(Hz)	(Hz)	($\times 10^{-3} Hz^{-1}$)
8	ร'	1	26.15	26.16±0.04	504	505	2.00
		2	26.15		506		
		3	26.10		507		
		4	26.20		505		
		5	26.20		504		
9	ด'	1	31.55	31.56±0.04	453	452	2.21
		2	31.55		450		
		3	31.50		454		
		4	31.60		449		
		5	31.60		454		

จากตารางที่ 4 พบว่า ความยาวของท่อสั้นพ้องของเครื่องดนตรีขลุ่ยตัวโน้ต ร' ด' พ' ล' ซ' ฟ' ม' ร' ด' มีความยาวเฉลี่ย (L_{av}) เท่ากับ $10.76 \pm 0.04 cm$, $12.26 \pm 0.04 cm$, $13.73 \pm 0.04 cm$, $16.01 \pm 0.04 cm$, $18.42 \pm 0.06 cm$, $20.57 \pm 0.08 cm$, $23.06 \pm 0.04 cm$, $26.16 \pm 0.04 cm$ และ $31.56 \pm 0.04 cm$ ตามลำดับ และสอดคล้องกับการวัดค่าความถี่เสียงด้วยแอปพลิเคชันวัดค่าความถี่เสียงบนสมาร์ตโฟน ที่มีความถี่เฉลี่ย f_{av} เท่ากับ $969 Hz$, $884 Hz$, $804 Hz$, $729 Hz$, $664 Hz$, $609 Hz$, $557 Hz$, $505 Hz$ และ $452 Hz$ ตามลำดับ



ภาพที่ 18 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง L_{av} และ $\frac{1}{f_{av}}$ ของเครื่องดนตรีขลุ่ย

จากภาพที่ 18 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง L_{av} และ $\frac{1}{f_{av}}$ ของเครื่องดนตรีขลุ่ย พบว่าเป็นกราฟเส้นตรงมีสมการเป็น $L_{av} = 172.69 \left(\frac{1}{f_{av}} \right) - 0.0753$ หากเปรียบเทียบกับสมการที่ (3) ที่เป็นสมการความถี่ของการสั่นพ้องในท่อปลายเปิด $f_n = \frac{nv}{2L}$ กำหนดให้ $n = 1$ จะได้ $\frac{v}{2} = slope$ หรือเขียนได้ว่า $v = 2slope$ แทนค่าความชันจากกราฟจะได้ $v = 2(172.69) = 345.38 \text{ m/s}$ ดังนั้นการวัดอัตราเร็วของเสียงในอากาศด้วยเครื่องดนตรีขลุ่ย v_{ex} เท่ากับ 345.38 m/s

2.2 การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากเครื่องดนตรีโหวด

ในการวัดค่าความยาวของท่อสั้นพ้องและความถี่เสียงด้วยแอปพลิเคชันวัดค่าความถี่เสียงบนสมาร์ทโฟนของตัวโน้ต 12 ตัว ของเครื่องดนตรีโหวด ได้แก่ ซ' ม'' ร'' ต'' ล' ซ' ม' ร' ต' ล ซม ได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 ค่าความยาวของท่อสั้นพ้อง ความถี่เสียงในแต่ละตัวโน้ตของเครื่องดนตรีโหวด พร้อมการ

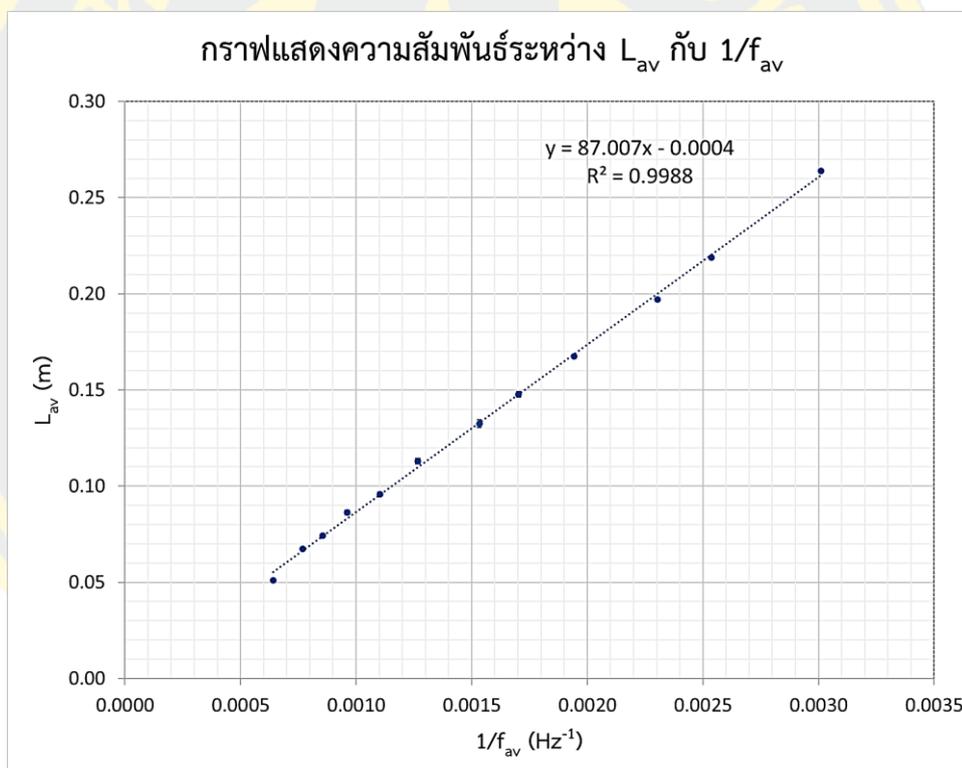
หาค่าความยาวเฉลี่ยของท่อสั้นพ้อง และความถี่เสียงเฉลี่ย และ $\frac{1}{f_{av}}$

ลำดับ ที่	ตัว โน้ต	ครั้งที่	ความยาว (L)	ความยาว เฉลี่ย (L_{av})	ความถี่ (f)	ความถี่เฉลี่ย (f_{av})	$\frac{1}{f_{av}}$
			($\times 10^{-2} m$)	($\times 10^{-2} m$)	(Hz)	(Hz)	($\times 10^{-3} Hz^{-1}$)
1	ซ//	1	5.15	5.09±0.04	1555	1560	0.64
		2	5.10		1559		
		3	5.05		1573		
		4	5.09		1575		
		5	5.08		1540		
2	ม//	1	6.69	6.74±0.05	1295	1300	0.77
		2	6.70		1299		
		3	6.80		1303		
		4	6.79		1293		
		5	6.72		1309		
3	ร//	1	7.51	7.41±0.09	1161	1169	0.86
		2	7.31		1176		
		3	7.35		1167		
		4	7.50		1173		
		5	7.40		1170		
4	ด//	1	8.50	8.63±0.11	1041	1040	0.96
		2	8.65		1039		
		3	8.71		1041		
		4	8.75		1038		
		5	8.55		1042		

ลำดับ ที่	ตัว โน้ต	ครั้งที่	ความยาว (L)	ความยาว เฉลี่ย (L_{av})	ความถี่ (f)	ความถี่เฉลี่ย (f_{av})	$\frac{1}{f_{av}}$
			($\times 10^{-2} m$)	($\times 10^{-2} m$)	(Hz)	(Hz)	($\times 10^{-3} Hz^{-1}$)
5	ล'	1	9.45	9.58±0.12	905	907	1.10
		2	9.5		909		
		3	9.51		906		
		4	9.71		905		
		5	9.71		909		
6	ซ'	1	11.15	11.30±0.15	790	790	1.27
		2	11.19		788		
		3	11.51		791		
		4	11.42		788		
		5	11.25		791		
7	ม'	1	13.05	13.25±0.21	652	652	1.53
		2	13.11		646		
		3	13.15		658		
		4	13.45		651		
		5	13.51		655		
8	ร'	1	14.59	14.77±0.15	589	587	1.70
		2	14.71		588		
		3	14.75		590		
		4	15.00		584		
		5	14.81		585		

ลำดับ ที่	ตัว โน้ต	ครั้งที่	ความยาว (L)	ความยาว เฉลี่ย (L_{av})	ความถี่ (f)	ความถี่เฉลี่ย (f_{av})	$\frac{1}{f_{av}}$
			($\times 10^{-2} m$)	($\times 10^{-2} m$)	(Hz)	(Hz)	($\times 10^{-3} Hz^{-1}$)
9	ด'	1	16.55	16.76±0.02	514	515	1.94
		2	16.55		511		
		3	16.96		516		
		4	16.95		516		
		5	16.77		518		
10	ล	1	19.45	19.71±0.02	437	434	2.30
		2	19.75		435		
		3	19.63		443		
		4	19.91		430		
		5	19.79		426		
11	ซ	1	21.60	21.89±0.03	389	394	2.54
		2	21.65		399		
		3	21.68		403		
		4	22.21		400		
		5	22.29		380		
12	ม	1	26.85	26.40±0.04	329	332	3.01
		2	26.25		329		
		3	25.95		327		
		4	26.15		339		
		5	26.79		337		

จากตารางที่ 5 การทดลองหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศด้วยเครื่องดนตรีโหวด ความยาวของท่อสั้นพ้องของตัวโน้ต ซ'' ม'' ร'' ด'' ล' ซ' ม' ร' ด' ล ซม มีความยาวเฉลี่ย (L_{av}) เท่ากับ $5.09 \pm 0.04 \text{ cm}$, $6.74 \pm 0.05 \text{ cm}$, $7.41 \pm 0.09 \text{ cm}$, $8.63 \pm 0.11 \text{ cm}$, $9.58 \pm 0.12 \text{ cm}$, $11.30 \pm 0.15 \text{ cm}$, $13.25 \pm 0.21 \text{ cm}$, $14.77 \pm 0.15 \text{ cm}$, $16.76 \pm 0.02 \text{ cm}$, $19.71 \pm 0.02 \text{ cm}$, $21.89 \pm 0.03 \text{ cm}$ และ $26.40 \pm 0.04 \text{ cm}$ ตามลำดับ และสอดคล้องกับการวัดค่าความถี่เสียงด้วยแอปพลิเคชันวัดความถี่เสียงบนสมาร์ตโฟน ที่มีความถี่เฉลี่ย (f_{av}) เท่ากับ $1,560 \text{ Hz}$, $1,300 \text{ Hz}$, $1,169 \text{ Hz}$, $1,040 \text{ Hz}$, 907 Hz , 790 Hz , 652 Hz , 587 Hz , 515 Hz , 434 Hz , 394 Hz และ 332 Hz ตามลำดับ



ภาพที่ 19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง L_{av} และ $\frac{1}{f_{av}}$ ของเครื่องดนตรีโหวด

จากภาพที่ 19 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง L_{av} และ $\frac{1}{f_{av}}$ ของเครื่องดนตรีโหวด พบว่าเป็นกราฟเส้นตรงมีสมการเป็น $L_{av} = 87.007 \left(\frac{1}{f_{av}} \right) - 0.0004$ หากเปรียบเทียบกับสมการที่ 6 ที่เป็นสมการความถี่ของการสั้นพ้องในท่อปลายปิด $f_n = \frac{nv}{4L}$ กำหนดให้ $n = 1$ จะได้ $\frac{v}{4} = slope$ หรือเขียนได้ว่า $v = 4slope$ แทนค่าความชันจากกราฟจะได้ $v = 4(87.007) = 348.03$ ดังนั้นการวัดอัตราเร็วของเสียงในอากาศด้วยเครื่องดนตรีโหวด (v_{ex}) มีค่าเท่ากับ 348.03 m/s

ตอนที่ 3 การเปรียบเทียบอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวดกับค่าทางทฤษฎี

3.1 การเปรียบเทียบค่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ได้จากการทดลองด้วยเครื่องดนตรีขลุ่ยกับค่าทางทฤษฎี

การคำนวณค่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศทางทฤษฎี จากสมการ $v_t = 331 + 0.6t$ ที่อุณหภูมิ $27.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ จะได้ $v_t = 347.26\text{ m/s}$ และจากการคำนวณค่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศด้วยเครื่องดนตรีขลุ่ย (v_{ex}) เท่ากับ 345.38 m/s เมื่อเปรียบเทียบค่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศของเครื่องดนตรีขลุ่ยที่ได้จากการทดลอง (v_{ex}) กับค่าทางทฤษฎี (v_t) จากสมการ

$$\Delta v\% = \frac{|v_{ex}-v_t|}{v_t} \times 100\%$$

แทนค่า

$$\Delta v\% = \frac{|345.38-347.26|}{347.26} \times 100\%$$

จะได้

$$\Delta v\% = 0.54\%$$

3.2 การเปรียบเทียบค่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ได้จากการทดลองด้วยเครื่องดนตรีโหวดกับค่าทางทฤษฎี

การคำนวณค่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศทางทฤษฎี จากสมการ $v_t = 331 + 0.6t$ ที่อุณหภูมิ $27.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ จะได้ $v_t = 347.26\text{ m/s}$ และจากการคำนวณค่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศด้วยเครื่องดนตรีโหวด (v_{ex}) เท่ากับ 348.03 m/s เมื่อเปรียบเทียบค่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศของเครื่องดนตรีโหวดที่ได้จากการทดลอง (v_{ex}) กับค่าทางทฤษฎี (v_t) จากสมการ

$$\Delta v\% = \frac{|v_{ex}-v_t|}{v_t} \times 100\%$$

แทนค่า

$$\Delta v\% = \frac{|348.03-347.26|}{347.26} \times 100\%$$

จะได้

$$\Delta v\% = 0.22\%$$

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด ซึ่งความถี่เสียงทำการวัดโดยใช้สมาร์ตโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชันสำหรับวัดความถี่เสียง โดยแบ่งการทดลองเป็น 3 ตอน คือ ตอนที่ 1 การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศตามทฤษฎี ตอนที่ 2 การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศด้วยเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวด และตอนที่ 3 การเปรียบเทียบอัตราเร็วของเสียงในอากาศด้วยเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวดกับค่าทางทฤษฎี สามารถสรุปผล อภิปรายผล และให้ข้อเสนอแนะ ได้ดังนี้

สรุปผล

1. เมื่ออุณหภูมิขณะทำการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $27.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ จะได้ค่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศ (v_t) ตามทฤษฎี เท่ากับ 347.26 m/s
2. อัตราเร็วของเสียงในอากาศที่หาจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยมีค่าเท่ากับ 345.38 m/s และโหวดมีค่าเท่ากับ 348.03 m/s
3. การเปรียบเทียบอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยและโหวดกับค่าทางทฤษฎี พบว่า มีค่าคลาดเคลื่อนร้อยละ 0.54 และ 0.22 ตามลำดับ

อภิปรายผล

จากข้อมูลที่สรุปผลการวิจัย เมื่ออุณหภูมิขณะทำการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ $27.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ จะได้ค่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศ (v_t) ตามทฤษฎี เท่ากับ 347.26 m/s และอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีขลุ่ยเท่ากับ 345.38 m/s มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 0.54 พบว่ามีความคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีเพียงเล็กน้อย แสดงว่าความสัมพันธ์ของความยาวของท่อสั้นพ้อง (L) ความถี่ (f) และอัตราเร็วของเสียงในอากาศ (v) สอดคล้องกับการสั้นพ้องของเสียงในท่ออากาศปลายเปิด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Atakan and Niyazi (2020) ที่ทำการทดลองหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากการสั้นพ้องของท่อปลายเปิดที่อุณหภูมิห้อง โดยประยุกต์ใช้เซนเซอร์วัดเสียงจากบอร์ด Arduino ได้ค่าอัตราเร็วของเสียงที่อุณหภูมิห้องเท่ากับ 350.90 m/s และเมื่อเทียบกับค่าอัตราเร็วของเสียงที่

อุณหภูมิห้องซึ่งเป็นค่าทางทฤษฎีเท่ากับ 346 m/s พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเพียงร้อยละ 1.42 เท่านั้น

สำหรับอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ระหว่างความถี่เสียงและความยาวของท่อสั้นพ้องจากเครื่องดนตรีโหวด (v_{ex}) เท่ากับ 348.03 m/s มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 0.22 ซึ่งพบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีเพียงเล็กน้อย แสดงว่าความสัมพันธ์ของความยาวของท่อสั้นพ้อง (L) ความถี่ (f) และอัตราเร็วของเสียงในอากาศ (v) สอดคล้องกับการสั้นพ้องของเสียงในท่ออากาศปลายปิด และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wijitwongwan and Wuttiptom (2019) ที่ได้ออกแบบและดัดแปลงชุดการทดลองเพื่อหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากการสั้นพ้องของท่อปลายปิดโดยประยุกต์ใช้หลอดขานุ่มไข่มุก พบว่าเมื่อให้ค่าความถี่ของเสียง $1,500 \text{ Hz}$ ที่อุณหภูมิ $24.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ อัตราเร็วของเสียงในอากาศมีค่าเท่ากับ 345.0 m/s ที่อุณหภูมิ $26.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ อัตราเร็วของเสียงในอากาศมีค่าเท่ากับ 347.0 m/s และที่อุณหภูมิ $30.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ อัตราเร็วของเสียงในอากาศมีค่าเท่ากับ 349.0 m/s เมื่อเปรียบเทียบอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่ได้จากการทดลองกับค่าทางทฤษฎี พบว่าที่อุณหภูมิ $30.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ไม่มีค่าคลาดเคลื่อน ส่วนอุณหภูมิ $24.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ และ $26.0 \text{ }^{\circ}\text{C}$ มีค่าความคลาดเคลื่อนร้อยละ 0.1 และนอกจากนี้ผลการทดลองยังได้สอดคล้องกับ Thongsuk and Intanin (2021) ได้ศึกษาความเร็วของเสียงโดยการใช้สมาร์ทโฟนเป็นแหล่งกำเนิดเสียงในการหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศจากท่อปลายปิด โดยประยุกต์ใช้กระบอกเข็มฉีดยา พบว่าเมื่อค่าความถี่แตกต่างกัน ที่อุณหภูมิ $26 \text{ }^{\circ}\text{C}$ มีค่าอัตราเร็วของเสียงในอากาศเฉลี่ยเท่ากับ 346.46 m/s ซึ่งมีค่าความคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีร้อยละ 0.1

ค่าความคลาดเคลื่อนจากงานวิจัยนี้ จะเห็นได้ว่าเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย ซึ่งปัจจัยที่ส่งผลทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนนี้ได้แก่ ทักษะการใช้เครื่องดนตรีส่วนบุคคล อุณหภูมิขณะทำการทดลองที่มีการเปลี่ยนแปลง $\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

1. การวัดค่าความถี่เสียงของเครื่องดนตรีโหวดต้องใช้ความชำนาญในการเป่าเพื่อให้ได้เสียงที่ชัดและสม่ำเสมอ ดังนั้นผู้เป่าจึงต้องฝึกฝนเป่าเครื่องดนตรีโหวดให้ชำนาญก่อนทำการทดลอง
2. ในการวิจัยครั้งต่อไป อาจใช้ขลุ่ยที่ทำจากวัสดุอื่นที่ไม่ใช่ไม้ทำการทดลอง เช่น ขลุ่ยรีคอร์เดอร์ เป็นต้น

บรรณานุกรม

- นิรันดร์ สุวรรรัตน์. (2551). **คู่มือสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ฟิสิกส์ ม.5 เล่ม 1 ของไหล ความร้อน คลื่นกล**. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัด รุ่งสาสน์ การพิมพ์.
- นิรันดร์ สุวรรรัตน์. (2561). **คู่มือเรียนรู้รายวิชาฟิสิกส์ ม. 5 เล่ม 4**. นนทบุรี: เพิ่มทรัพย์ การพิมพ์.
- นพดล บุญศรีธธา. (2557). ดนตรีไทย(ขลุ่ยเพียงออ). เข้าถึงได้จาก <http://boonsatta.blogspot.com/>
- นพมาศ เดชกำจร. (2565). การจัดการเรียนรู้การเป่าขลุ่ยเพียงออตามแนวคิดสมองเป็นฐาน (BBL) ร่วมกับคิควาร์โค้ด สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. อุดรดิตต์: มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์
- บดินทร์ชาติ สุขบท. (2555). **ฟิสิกส์ 1**. ปทุมธานี: สกายบุ๊กส์.
- ปรเมษฐ์ ปัญญาเหล็ก. (2559). **ฟิสิกส์ 1**. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.
- ปริณาพรรณ พิมพ์พิศาล และกัญจน์ชญา หงส์เลิศคงสกุล. (2557). การสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่า อัตราเร็วเสียงในของแข็งโดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียง. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา ฉบับพิเศษ การประชุมวิชาการระดับชาติ วิทยาศาสตร์วิจัย ครั้งที่ 6, 33-39.
- ยุวดี ใจเดียว. (2563). รายงานผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เชิงรุก เรื่อง คลื่นเสียงโดยใช้แอปพลิเคชัน บนสมาร์โฟน สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เข้าถึงได้จาก <https://rukroo.com/24214>
- โยธิน พลเขต. (2564). การพัฒนาชุดฝึกทักษะการเป่าโหวดดนตรีพื้นบ้านอีสานสำหรับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 วิทยาลัยนาฏศิลป์ร้อยเอ็ด ปีการศึกษา 2564. วิทยานิพนธ์สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์: ร้อยเอ็ด
- โยธิน พลเขต. (2564). ความรู้เกี่ยวกับโหวด. เข้าถึงได้จาก http://media.bpi.ac.th/admin/attach/w2/f20180927191642_uG1PgCeTkz.pdf
- ราม ติวารี, กวิน เชื้อมกลาง, ญัฐธิดา พรหมยอด และพงษ์ ทรงพงษ์. (2561). **คู่มือการจัดกิจกรรม การทดลองเรื่องเสียงผ่านแอปพลิเคชันบนสมาร์ต โฟนหรือแท็บเล็ตพีซี**. สาขาฟิสิกส์, สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- ฤติรัตน์ ชินเวชกิจวานิชย์, สรวุฒิ สุจิตจร, กิตติ อรรถกิจมงคล และเพียร โตท่าโรง. (2004). **การวิเคราะห์ระดับเสียงดนตรีไทย**. วารสารเทคโนโลยีสุรนารี 11. 179-192.
- ลักขณา จินดาวงศ์. (2542, เมษายน-มิถุนายน). โหวด เครื่องดนตรีพื้นเมืองเอกลักษณ์ของร้อยเอ็ด.

เมืองโบราณ. 24(2), 118-121.

สุจิตต์ วงษ์เทศ. (2563). โหวด เครื่องดนตรีอีสาน พลังสร้างสรรค์ร่วมสมัย. เข้าถึงได้จาก

https://www.matichonweekly.com/column/article_285028

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2560). **หลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2560**. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์ การเกษตรแห่งประเทศไทย.

Atakan, C. and Niyazi, C. (2020). **Using Arduino in physics experiments: determining the speed of sound in air**. Phys. Educ. 55.

Raymond A. Serway, J. W. J. (2008). **physics for scientists and engineers**. United States of America: Physical Sciences: Mary Finch.

Selapanvilawen, V. (2009). **Man Experimental Set for Correcting the Misconception of Sound Waves**. Independent Study, Master of Science Degree, Chiang Mai University.

Thongsuk, T. and Intanin, A. (2021). **Smartphones as detector the speed of sound: A classroom explanation and demonstration**. Siam Physics Congress 2021. 2145(012070). 1-5.

Wijitwongwan, P. and Wuttiptom, S. (2019). **DIY small scale resonance tube for measuring the speed of sound in air**. Journal of Physics: Conference Series. 1380(012096). 1-4.

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล ทรศนาภรณ์ วงศ์คำจันทร์
วัน เดือน ปี เกิด 27 มกราคม 2535
สถานที่เกิด อุบลราชธานี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน 83/33 หมู่ 3 ตำบลบ้านสวน อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี 20000
ตำแหน่งและประวัติการทำงาน 2559 - ปัจจุบัน ตำแหน่งครู โรงเรียนชลราษฎรอำรุง
ประวัติการศึกษา ปริญญาตรี สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ (เอกการสอนฟิสิกส์) คณะ
ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

