

การพัฒนาชุดทดลองการสั่นพ้องของเสียงโดยใช้สมาร์ทโฟน และท่อพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC)

Development of Experimental Set on Resonance of Sound Using Smartphones and Polyvinyl Chloride (PVC) Tube

ธวัชชัย นาคชูวัย^{1*} ประสงค์ เกษราธิคุณ² และสุวิทย์ คงภักดี²

Thawatchai Nakchuay^{1*}, Prasong Kessaratikoon² and Suwit Khongpakdee²

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้ได้นำเสนอการพัฒนาชุดทดลองการสั่นพ้องของเสียงโดยใช้สมาร์ทโฟนและท่อพอลิไวนิลคลอไรด์ ชุดการทดลองดังกล่าวนี้ใช้ท่อพอลิไวนิลคลอไรด์ยาว 1 เมตร เป็นท่อปลายเปิด 1 ด้าน ปิด 1 ด้าน สำหรับการสั่นพ้องของเสียง และใช้สมาร์ทโฟน 2 เครื่องที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน Phyphox ใช้เป็นแหล่งกำเนิดเสียงและติดตั้งแอปพลิเคชัน Oscilloscope เพื่อตรวจวัดระดับความเข้มเสียง ในการทดลองใช้ความถี่เสียงตั้งแต่ 800 – 2,200 Hz พบว่าเกิดการสั่นพ้องของเสียงที่ชัดเจน สามารถคำนวณค่าความยาวคลื่นและอัตราเร็วเสียง ในช่วงความถี่ 1,000 – 2,200 Hz และความถี่ 800 Hz มีค่าความคลาดเคลื่อนจากค่าทางทฤษฎีไม่เกิน 2 % และ 6 % ตามลำดับ

คำสำคัญ: การสั่นพ้องของเสียง สมาร์ทโฟน ท่อพอลิไวนิลคลอไรด์ แอปพลิเคชัน Phyphox แอปพลิเคชัน Oscilloscope

Abstract

This research paper presents the development of experimental set on resonance of sound using smartphones and polyvinyl chloride (PVC) tube. The 1 metre long and one-closed-end PVC tube which used to be the resonance tube for this experimental set. Two smartphones which were downloaded the Phyphox and the Oscilloscope applications, were used as a sound source and a sound intensity detector, respectively. It was found that the suitable audio frequency from 800 - 2,200 Hz could be used for the accurate sound resonance in this study. Furthermore, the wavelength and speed of sound were studied and calculated in the frequency ranges of 1,000 - 2,200 Hz and 800 Hz with the error compared to the theoretical values within 2 % and 6 %, respectively.

Keywords: Resonance of Sound, Smartphones, Polyvinyl Chloride (PVC) Tube, Phyphox Application, Oscilloscope Application

¹ นิสิตปริญญาโท วท.ม. วิทยาศาสตร์ศึกษา สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

² ผศ.ดร., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

¹ Graduate Student, M.Sc. Science Studies, Department of Basic Science and Mathematics, Faculty of Sciences, Thaksin University, Songkhla, 90000

² Asst. Prof. Dr., Department of Basic Science and Mathematics, Faculty of Sciences, Thaksin University, Songkhla, 90000

* Corresponding author: Tel.: 087-6273075. E-mail Address: nakchuay616@gmail.com

บทนำ

โลกแห่งศตวรรษที่ 21 การศึกษาจะมีความยืดหยุ่น สร้างสรรค์ ทำทาย และซับซ้อน เป็นการศึกษาที่จะทำให้โลกเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วเต็มไปด้วยสิ่งท้าทาย และปัญหา รวมทั้งโอกาสและสิ่งที่เป็นไปได้ใหม่ๆ การเรียนรู้จากตำราจะเป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น ความรู้เกิดขึ้นจากการวิจัยและการปฏิบัติโดยเชื่อมโยงกับความรู้และประสบการณ์เก่า [1] ในขณะเดียวกันการศึกษาไทยแลนด์ 4.0 คือ การเรียนการสอนที่สอนให้ผู้เรียน สามารถนำองค์ความรู้ที่มีอยู่ทุกหนทุกแห่งบนโลกนี้มาบูรณาการเชิงสร้างสรรค์เพื่อพัฒนานวัตกรรมต่าง ๆ มาตอบสนองความต้องการของสังคม [2] ซึ่งการเรียนการสอนในปัจจุบัน ยังคงห่างไกลในหลาย ๆ มิติ เช่น ไม่เคยสอนให้ผู้เรียนได้คิดเองทำเองส่วนใหญ่ยังคงสอนให้ทำโจทย์แบบเดิม ๆ อีกเรื่องคือผู้เรียนเริ่มไม่รู้จักสังคม ส่วนใหญ่ใช้เวลาในโลกออนไลน์ ซึ่งเทคโนโลยีไม่ได้คิด แต่เหรียญมีสองด้าน เทคโนโลยีก็เช่นกัน จะนำไปใช้ในด้านใดให้เกิดประโยชน์ เป็นความยากและท้าทายของผู้ที่ต้องทำหน้าที่สอนในยุคนี้เพราะการเรียนการสอนในยุค 4.0 ต้องปล่อยให้ผู้เรียนได้ใช้เทคโนโลยี ในการเรียนรู้ด้วยตนเอง ปล่อยให้กล้าคิดและกล้าที่จะผิด แต่ทั้งหมดก็ยังต้องอยู่ในกรอบที่สังคมต้องการหรือยอมรับได้ [3] วิชาฟิสิกส์นั้นถือว่าเป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือสิ่งที่เกิดขึ้นรอบตัวเราโดยอย่างยิ่งเกี่ยวกับคลื่นเสียง สำหรับการอธิบายเกี่ยวกับคลื่นเสียงเป็นเรื่องที่ยากสำหรับผู้สอนที่จะทำให้ผู้เรียนเห็นภาพพจน์ที่ชัดเจนและเกิดความเข้าใจพอสมควร โดยเฉพาะในเรื่องการสั่นพ้องของเสียงเป็นเรื่องที่ต้องให้ผู้เรียนจินตนาการถึงการเคลื่อนที่หรือผู้สอนจะต้องวาดภาพของการเคลื่อนที่ให้ผู้เรียนได้เข้าใจ จึงทำให้อาจจะเกิดความคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง ผู้เรียนอาจจะตีความหมายของภาพที่วาดขึ้นแตกต่างไปมาจากที่ถูกต้อง และเมื่อใช้ชุดทดลองทั่วไป พบว่าชุดทดลองที่ใช้ในห้องทดลองมีราคาสูง และบางชุดทดลองได้ผลการทดลองที่ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นผู้สอนควรจะนำเอาชุดการทดลองที่ใช้เทคโนโลยีด้านสมาร์ทโฟนและแอปพลิเคชัน เข้ามาช่วยในการอธิบายเกี่ยวกับการสั่นพ้องของเสียงในการเรียนการสอนให้มากยิ่งขึ้น โดยการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 สมาร์ทโฟนเข้ามามีบทบาทกับผู้เรียนเป็นอย่างมาก ซึ่งมีความสามารถที่มากมาย มากกว่าการเป็นแค่โทรศัพท์มือถือทั่วไป สมาร์ทโฟนเป็นเหมือนคอมพิวเตอร์พกพา โดยที่สามารถเชื่อมต่อความสามารถหลักของโทรศัพท์มือถือร่วมกับแอปพลิเคชันของโทรศัพท์นั้น ๆ โดยสมาร์ตโฟนนั้นสามารถให้ผู้ใช้งานติดตั้งแอปพลิเคชันต่าง ๆ ลงบนสมาร์ตโฟนได้และสมาร์ตโฟนยังมีคุณสมบัติพิเศษคือ เซ็นเซอร์ต่าง ๆ เช่น เซ็นเซอร์หาค่าสนามโน้มถ่วง อัตราเร็ว สนามแม่เหล็ก ค่าความเข้มแสง และเซ็นเซอร์เกี่ยวกับเสียง

ดังนั้นในการศึกษารุ่นนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาชุดทดลองเรื่องการสั่นพ้องของเสียงโดยใช้สมาร์ทโฟนและท่อพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) โดยนำเทคโนโลยีด้านสมาร์ทโฟน และแอปพลิเคชันเข้ามาช่วยทำการทดลองและในการอธิบายเกี่ยวกับการสั่นพ้องของเสียง ใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์มากยิ่งขึ้น เพื่อเป็นสื่อที่จะทำให้ผู้เรียนเห็นภาพที่ชัดเจน และผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการทดลองและออกแบบสร้างอุปกรณ์ทดลองทางฟิสิกส์ ซึ่งชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีราคาที่ต่ำ วัสดุสามารถหาได้ง่าย ผู้วิจัยคาดหวังเป็นอย่างยิ่งว่าผลที่ได้ศึกษาในครั้งนี้จะมีส่วนทำให้ผู้เรียนมีความเข้าใจเนื้อหาในวิชาฟิสิกส์มากยิ่งขึ้นด้วย

ทฤษฎี

เสียงเกิดจากการสั่นของวัตถุ ซึ่งส่งผลให้โมเลกุลของตัวกลางเกิดการอัดและขยายตัวแล้วเกิดการถ่ายทอดพลังงานไปโดยที่อนุภาคของตัวกลางสั่นไปมาอยู่ที่เดิม และการได้ยินเสียงต้องมียอดก่ประกอบด้วย แหล่งกำเนิด ตัวกลางและผู้ฟัง อัตราเร็วของเสียงพบว่า เมื่ออุณหภูมิของเสียงสูงขึ้นเสียงจะเคลื่อนที่ได้เร็วขึ้น โดยพบว่าอัตราเร็วเสียงและอุณหภูมิในหน่วยเคลวิน (K) มีความสัมพันธ์กันดังนี้

$$v = \sqrt{T}$$

เมื่อ v เป็นอัตราเร็วเสียงในอากาศ มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที (m/s)

T เป็นอุณหภูมิของอากาศ มีหน่วยเป็น เคลวิน (K)

และจากการทดลองที่อุณหภูมิ 0°C หรือ 273 K เสียงในอากาศมีอัตราเร็วเท่ากับ 331 m/s ดังนั้นสมการในการหาอัตราเร็วเสียงในอากาศ ณ อุณหภูมิต่าง ๆ คือ

$$v_t = 331 + 0.6t \quad (t \text{ แทนด้วยอุณหภูมิในหน่วย } ^{\circ}\text{C})$$

แต่สูตร $v_t = 331 + 0.6t$ จะใช้ได้เมื่ออุณหภูมิของตัวกลางไม่เกิน 45°C ถ้าอุณหภูมิของตัวกลางเกิน 45°C จะต้องใช้สมการ

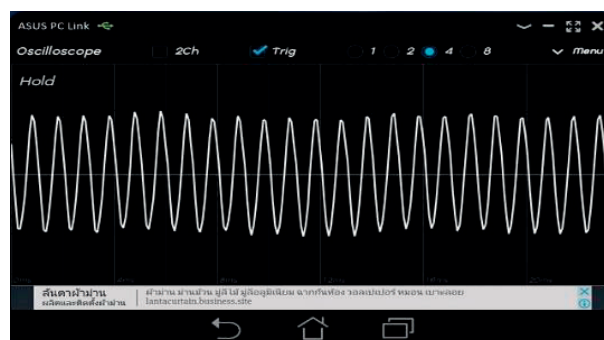
$$\frac{v_1}{v_2} = \sqrt{\frac{T_1}{T_2}}$$

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดทดลองเรื่องการสั่นพ้องของเสียงโดยใช้สมาร์ทโฟนและท่อพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) โดยมีการศึกษาคุณสมบัติของสมาร์ทโฟน สมาร์ทโฟนที่ใช้ในชุดการทดลองจะติดตั้งแอปพลิเคชัน Phyphox ดังภาพที่ 1 ใช้เป็นแหล่งกำเนิดเสียงและติดตั้งแอปพลิเคชัน Oscilloscope ตรวจวัดระดับความเข้มเสียง ดังภาพที่ 2

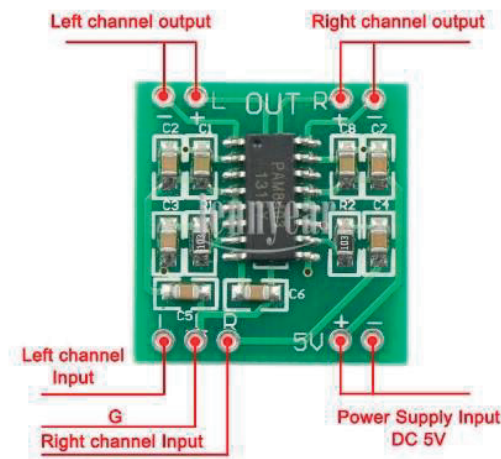


ภาพที่ 1 แอปพลิเคชัน Phyphox



ภาพที่ 2 แอปพลิเคชัน Oscilloscope

สำหรับขั้นตอนการพัฒนาชุดทดลองเรื่องการสั่นพ้องของเสียงโดยใช้สมาร์ทโฟนและท่อพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) เป็นชุดการทดลองใช้ท่อพอลิไวนิลคลอไรด์ยาว 1 เมตร เป็นท่อปลายเปิด 1 ด้าน ปิด 1 ด้าน โดยใช้ PAM8403 Digital Amplifier Board เป็นชุดวงจรขยายเสียง ดังภาพที่ 3 ใช้กับแหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ ผ่าน USB จากนั้นจัดชุดอุปกรณ์ วงจรขยายเสียงเข้ากับชุดทดลองท่อการสั่นพ้องที่ใช้ท่อพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 3 PAM8403 Digital Amplifier Board

(ที่มา : <http://www.sunrom.com/p/stereo-audio-amplifier-pam8403>)



ภาพที่ 4 ชุดทดลองเรื่องการสั่นพ้องของเสียงโดยใช้สมาร์ทโฟนและท่อพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC)

ผลการวิจัย

ผลการพัฒนาชุดทดลองการสั่นพ้องของเสียงโดยใช้สมาร์ทโฟนและท่อพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาชุดทดลองโดยเปรียบเทียบผลการทดลองกับการคำนวณจากทฤษฎี ผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยเสนอผลการวิจัยออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. ผลจากการศึกษาคุณสมบัติของสมาร์ทโฟน

จากการศึกษาคุณสมบัติของสมาร์ทโฟนและแอปพลิเคชันต่าง ๆ พบว่า สมาร์ทโฟนทุกรุ่นที่มีระบบปฏิบัติการ Android และ iOS ที่มีช่องเสียบหูฟังและไมโครโฟน สามารถเป็นแหล่งกำเนิดเสียงและตรวจวัดระดับความเข้มเสียงได้ทุกรุ่น โดยขึ้นอยู่กับระบบปฏิบัติการเวอร์ชันที่รองรับ สามารถทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำ สะดวกในการใช้งาน ผู้วิจัยได้ศึกษาแอปพลิเคชันต่าง ๆ ที่มีคุณสมบัติเป็นแหล่งกำเนิดเสียงและตรวจวัดระดับความเข้มเสียงไว้ ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 แอปพลิเคชันแหล่งกำเนิดเสียง

แอปพลิเคชัน	ระบบปฏิบัติการที่รองรับ		คุณสมบัติ
	Android	iOS	
Phyphox	4.0 และสูงกว่า	8.0 และสูงกว่า	มีเซ็นเซอร์ให้เลือกใช้งานได้หลากหลาย แต่ประสิทธิภาพการใช้งานเซ็นเซอร์ขึ้นกับสมาร์ทโฟน
Physics Toolbox Sensor Suite	4.1 และสูงกว่า	10.0 และสูงกว่า	มีเซ็นเซอร์ให้เลือกใช้งานได้หลากหลาย แต่สำหรับระบบ iOS ใช้งานได้เฉพาะฟังก์ชัน Tone Generator
Tone Generator	4.1 และสูงกว่า	8.0 และสูงกว่า	แอปพลิเคชันใช้งานง่าย แต่มีวิธีการปรับความถี่แบบเลื่อน จึงทำให้ต้องใช้เวลาในการเลือกความถี่นาน
Sonic Pitch Sound Tone Generator	4.0 และสูงกว่า	7.0 และสูงกว่า	แอปพลิเคชันใช้งานง่าย แต่มีวิธีการปรับความถี่แบบเลื่อน จึงทำให้ต้องใช้เวลาในการเลือกความถี่นาน
ToneGen Tone Generator	2.3.3 และสูงกว่า	6.0 และสูงกว่า	สามารถปรับความถี่ได้หลายค่า แต่ใช้งานแอปพลิเคชันค่อนข้างยาก
Frequency Sound Generator	4.0 และสูงกว่า	9.0 และสูงกว่า	สามารถสร้างความถี่เสียงพร้อมกัน 3 ค่า แต่สำหรับระบบ iOS มีค่าใช้จ่าย
Frequency & Tone Generator	4.0 และสูงกว่า	-	สามารถปรับความถี่ได้หลายค่า แต่เพิ่มความถี่ครั้งละ 1 Hz ได้เท่านั้น
Simple Tone Generator	2.3 และสูงกว่า	-	สามารถปรับความถี่ได้หลายค่า แต่ใช้งานแอปพลิเคชันค่อนข้างยาก
Tone Generator PRO	4.0.3 และสูงกว่า	-	สามารถปรับความถี่ได้หลายค่า แต่ใช้งานแอปพลิเคชันค่อนข้างยาก
Sound Generator	2.3 และสูงกว่า	-	สามารถปรับความถี่ได้หลายค่า แต่ใช้งานแอปพลิเคชันค่อนข้างยาก
Audio Tone Generator Lite	-	10.3 และสูงกว่า	สามารถปรับความถี่ได้หลายค่า แต่ใช้งานแอปพลิเคชันค่อนข้างยาก
Audio Function Generator	-	9.0 และสูงกว่า	สามารถปรับเพิ่ม ลด เสียงได้ในแอปพลิเคชัน แต่ใช้งานแอปพลิเคชันค่อนข้างยาก

จากการศึกษาคุณสมบัติของสมาร์ทโฟนและแอปพลิเคชันต่าง ๆ ตามตารางที่ 1 พบว่า แอปพลิเคชันสำหรับเป็นแหล่งกำเนิดเสียง จะใช้กับสมาร์ทโฟนในระบบปฏิบัติการ Android และระบบปฏิบัติการ iOS ที่มีช่องเสียบหูฟังและไมโครโฟน โดยขึ้นอยู่กับระบบปฏิบัติการเวอร์ชันที่รองรับ โดยผู้วิจัยได้เลือกแอปพลิเคชันสำหรับเป็นแหล่งกำเนิดเสียง คือ Phyphox รองรับระบบปฏิบัติการ Android 4.0 และสูงกว่า และรองรับระบบปฏิบัติการ iOS 8.0 และสูงกว่า โดยแอปพลิเคชัน Phyphox สามารถเป็นแหล่งกำเนิดเสียง โดยสามารถปรับความถี่เสียงได้หลายค่าที่ต้องการ และมีความละเอียดในการปรับค่าความถี่เสียง การใช้งานแอปพลิเคชันใช้งานง่าย และมีเซ็นเซอร์ให้เลือกใช้งานได้หลากหลาย แต่ประสิทธิภาพการใช้งานเซ็นเซอร์ขึ้นกับสมาร์ทโฟน

ตารางที่ 2 แอปพลิเคชันตรวจวัดระดับความเข้มเสียง

แอปพลิเคชัน	ระบบปฏิบัติการที่รองรับ		คุณสมบัติ
	Android	iOS	
Oscilloscope (XYZ-Apps)	3.0 และสูงกว่า	-	ใช้งานแอปพลิเคชันง่าย สามารถปรับความสูงของกราฟได้
SmartScope Oscilloscope	3.0 และสูงกว่า	-	ใช้งานแอปพลิเคชันง่าย แต่การสังเกตกราฟเสียงค่อนข้างยาก
SignalScope X	-	10.0 และสูงกว่า	ใช้งานแอปพลิเคชันง่าย แต่ระบบ iOS มีค่าใช้จ่าย
MC Oscilloscope	-	9.0 และสูงกว่า	ใช้งานแอปพลิเคชันง่าย แต่ระบบ iOS มีค่าใช้จ่าย
AX-7 Oscilloscope	-	7.0 และสูงกว่า	ใช้งานแอปพลิเคชันง่าย แต่ระบบ iOS มีค่าใช้จ่าย
Sonic Tools SVM	-	9.0 และสูงกว่า	ใช้งานแอปพลิเคชันง่าย แต่การสังเกตกราฟเสียงค่อนข้างยาก
Oscilloscope (Sound-Base Audio, LLC)	4.1 และสูงกว่า	-	ใช้งานแอปพลิเคชันง่าย แต่การสังเกตกราฟเสียงค่อนข้างยาก
Audio Frequency Counter	2.2 และสูงกว่า	-	สามารถสังเกตกราฟเสียงได้ง่าย แต่การใช้งานแอปพลิเคชันค่อนข้างยาก
Sound Level Meter	4.0.3 และสูงกว่า	-	สามารถสังเกตกราฟเสียงได้ง่าย แต่การใช้งานแอปพลิเคชันค่อนข้างยาก
Sound Analyzer App	4.3 และสูงกว่า	-	ใช้งานแอปพลิเคชันง่าย แต่การสังเกตกราฟเสียงค่อนข้างยาก

จากการศึกษาคุณสมบัติของสมาร์ตโฟนและแอปพลิเคชันต่าง ๆ ตามตารางที่ 2 พบว่า แอปพลิเคชันสำหรับตรวจวัดระดับความเข้มเสียง จะใช้กับสมาร์ตโฟนในระบบปฏิบัติการ Android และระบบปฏิบัติการ iOS โดยขึ้นอยู่กับระบบปฏิบัติการเวอร์ชันที่รองรับ โดยผู้วิจัยได้เลือกแอปพลิเคชันสำหรับตรวจวัดระดับความเข้มเสียง คือ Oscilloscope รองรับระบบปฏิบัติการ Android 3.0 และสูงกว่า โดยแอปพลิเคชัน Oscilloscope สามารถตรวจวัดระดับความเข้มเสียงแสดงผลเป็นกราฟระดับความเข้มเสียงที่ชัดเจน สามารถปรับระดับความสูงของกราฟได้

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพจากการทดลองกับการคำนวณจากทฤษฎี

จากการหาประสิทธิภาพโดยทดสอบชุดทดลองการสั่นพ้องของเสียงโดยใช้สมาร์ตโฟนเทียบผลกับค่าจากทฤษฎี โดยขั้นตอนการทดลองเปลี่ยนความยาวท่อ ความถี่คงที่ ทดสอบหาค่าความยาวคลื่นและอัตราเร็วเสียง ของท่อปลายเปิด 1 ด้าน ปิด 1 ด้าน โดยอุณหภูมิห้องที่ทดลอง 30 °C ผลการทดลองดังตารางที่ 3 และตารางที่ 4

ตารางที่ 3 ค่าจากการทดลองความยาวคลื่นเปรียบเทียบกับค่าทฤษฎี

ความถี่ (Hz)	ความยาวคลื่นจากการทดลอง (cm)				S.D.	ความยาวคลื่น จากทฤษฎี (cm)	เปอร์เซ็นต์ความ คลาดเคลื่อน
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย			
800	45.65	45.95	45.85	45.82	0.15	43.62	5.01
1,000	35.27	35.17	35.33	35.26	0.08	34.90	1.02
1,200	29.44	29.38	29.46	29.43	0.04	29.08	1.19
1,400	24.85	24.85	24.90	24.87	0.03	24.92	0.21
1,600	22.21	22.21	22.20	22.21	0.01	21.18	1.83
1,800	19.76	19.76	19.78	19.77	0.01	19.38	1.94
2,000	17.46	17.48	17.48	17.47	0.01	17.45	0.12
2,200	15.95	15.99	16.03	15.99	0.04	15.86	0.82

ตารางที่ 4 ค่าจากการทดลองอัตราเร็วเสียงเปรียบเทียบกับค่าทฤษฎี

ความถี่ (Hz)	อัตราเร็วเสียงจากการทดลอง (m/s)				S.D.	อัตราเร็วเสียง จากทฤษฎี (m/s)	เปอร์เซ็นต์ความ คลาดเคลื่อน
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย			
800	365.20	367.60	366.80	366.53	1.22	349.00	5.02
1,000	352.70	351.70	353.30	352.57	0.81	349.00	1.02
1,200	353.28	352.56	353.52	353.12	0.50	349.00	1.18
1,400	347.90	347.90	348.60	348.13	0.40	349.00	0.25
1,600	355.36	355.36	355.20	355.31	0.09	349.00	1.82
1,800	355.68	355.68	356.04	355.80	0.21	349.00	1.95
2,000	349.20	349.60	349.60	349.47	0.23	349.00	0.12
2,200	350.90	351.78	352.66	351.78	0.88	349.00	0.80

จากทฤษฎีความยาวคลื่นที่ระยะต่าง ๆ และอัตราเร็วเสียง ณ อุณหภูมิ 30 °C ซึ่งจากการทดลองพบว่า ในช่วงความถี่ 1,000 Hz – 2,200 Hz จะมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2 % และความถี่ 800 Hz จะมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 6 %

การอภิปรายผลและสรุปผลการวิจัย

การพัฒนาชุดทดลองการสั่นพ้องของเสียงโดยใช้สมาร์ตโฟนและท่อพอลิไวนิลคลอไรด์ (PVC) เป็นชุดการทดลองใช้ท่อพอลิไวนิลคลอไรด์ยาว 1 เมตร เป็นท่อปลายเปิด 1 ด้าน ปิด 1 ด้าน โดยใช้สมาร์ตโฟนที่ติดตั้งแอปพลิเคชัน Phyphox ใช้เป็นแหล่งกำเนิดเสียงและติดตั้งแอปพลิเคชัน Oscilloscope ตรวจวัดระดับความเข้มเสียง และใช้ PAM8403 Digital Amplifier Board เป็นวงจรขยายเสียง โดยใช้แหล่งจ่ายไฟ 5 โวลต์ ผ่าน USB มีความเหมาะสมในการใช้ทดลองการสั่นพ้องของเสียงประสิทธิภาพสูง จากการเปรียบเทียบกับทฤษฎีการหาอัตราเร็วเสียงในอากาศ และการสั่นพ้องของเสียงในท่อปลายเปิด 1 ด้าน ปิด 1 ด้าน พบว่าในช่วงคลื่นความถี่ 800 Hz – 2,200 Hz จะเกิดการสั่นพ้องของเสียงที่ชัดเจน โดยค่าความยาวคลื่นและอัตราเร็วเสียงที่ได้จากการทดลอง ในช่วงความถี่ 1,000 Hz – 2,200 Hz มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 2 % และความถี่ 800 Hz มีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 6 %

เอกสารอ้างอิง

- [1] Mesintree, K. (2016). **Strategy and Reformation to Thailand 4.0**. Bangkok: Ministry of Education.
- [2] Henjaroenlerd, N. (2016). **New Territories of Learning: Education System 4.0**. Bangkok: Learning Innovation Center, Chulalongkorn University.
- [3] Jaroensedtasin, T. (2016). **Thai Education 4.0 in the Context of Education Management for Sustainable Development**. Bangkok: Vayupak Convention Center, Certra Government Complex Hotel & Convention Centre Chaeng Watthana.
- [4] Akkaratheeranon, T. (2012). **Development of High Efficiency Standing Waves on A String Apparatus for Performing and Experiment, Teaching and Learning Activities in Physics on Waves**. Research Report. Bangkok: Srinakharinwirot University.
- [5] Suwarat, N. (2011). **Course Guide Learn more Physics, Volume 3, Secondary 4-6**. Bangkok: P.S.Pattana.
- [6] Waikruea, B. (2011). **Using Experimental Method on Interference and Diffraction of Light to Develop Learning Achievement on Physics for Grade XI Students**. Independent Study Master of Science. Ubonratchathani: Ubonratchathani University.
- [7] Pimpisan, P. (2014). **Construction the Experiments to Determine the Speed of Sound in Solids by Resonance of the Sound Wave**. Thesis Master of Science. Chonburi: Burapha University.
- [8] Anupongongarch, P. (2009). **Development of the Experiment Set for Studying Wave Resonance in Closed End Tube**. Research Report. Bangkok: Randsit University.
- [9] Suriyapichitkul, O. (2016). **Design and Build of the Experimental Kit of An Acoustic Interferometer Using Sound Wave form Application on Smartphone**. Thesis Master of Science. Chonburi: Burapha University.
- [10] Alwielland, Q.B. (2013). "Development and Utilization of a Modified Resonator Tube Apparatus for Sound Wave Experiments", **JPAIR Multidisciplinary Research**. 13(1), 44-56.
- [11] Jaafar, R. (2016). "Visualization of Harmonic Series in Resonance Tubes Using a Smartphone", **The Physics Teacher**. 54(9), 545-547.