การออกแบบและสร้างชุดการทดลองการแทรกสอดของเสียงภายในท่อร่วมกับแอปพลิเคชันสมาร์ตโฟน

Design and Construction of Sound Interference within Tube and Smartphone Application

ณัฐกมล คำมา กฤษณา กฤษณกาศ และ อุดมศักดิ์ กิจทวี *

Nattakamol Kamma, Kitsana Kitsanakarn and Udomsak Kitthawee *

Received: 3 October 2018, Revised: 11 June 2019, Accepted: 6 September 2019

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอชุดทดลองการแทรกสอดของคลื่นเสียงโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดทดลองการแทรกสอดของเสียงได้อย่างถูกต้องตรงตามทฤษฎีเรื่อง การแทรกสอดของเสียงใช้แอปพลิเคชันสมาร์ตโฟน (Hoel Boedec) สร้างคลื่นเสียงที่มีความถี่เสียง ในช่วง 600-1200 เฮิรตซ์ โดยชุดทดลองสร้างจากท่อ PVC สามารถปรับเปลี่ยนให้มีความยาวของท่อเพื่อศึกษาค่าผลต่างของทางเดินเสียง (path difference) ระหว่างคลื่นเสียงสองขบวน เมื่อนำชุดทดลองไปทดสอบหาค่าความยาวคลื่นเสียงที่อุณหภูมิห้อง โดยสังเกตจากการแทรกสอดของเสียงแบบเสริมกันผ่านแอปพลิเคชันสมาร์ตโฟน(Advanced spectrum Analyzer PRO) เมื่อปล่อยความถี่ที่ 600-1200 เฮิรตซ์ โดยมีค่าที่วัดความถี่ได้จาก smartphones คือ 602, 710, 796, 904, 1000, 1100 และ 1200 เฮิรตซ์ โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเป็น 7.2 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการแทรกสอดแบบหักล้างกันผ่านสมาร์ตโฟน ซึ่งปล่อยความถี่เช่นเดียวกับการแทรกสอดแบบเสริมและมีค่าที่วัดความถี่ได้จาก smartphones เท่ากัน โดยมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเป็น 12.8 เปอร์เซ็นต์ และจากผลการทดลองพบว่า ความถี่จะแปรผกผันกับความยาวคลื่น สาเหตุที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนอาจเกิดจากเครื่องปล่อยความถี่ไม่ได้ปล่อยความถี่ตามที่กำหนด และเครื่องรับสัญญาณความถี่มีคลื่นเสียงจากภายนอกรบกวนจึงส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ จากที่กล่าวมาข้างต้นเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ความยาวคลื่นจะลดลง ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยในครั้งนี้โรงเรียนควรนำชุดทดลองการแทรกสอดของเสียงนี้ไปเป็นต้นแบบเพื่อผลิตขึ้นใช้ได้เองในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ เนื่องจากวัสดุอุปกรณ์ต่าง ๆ สามารถจัดหาได้ง่าย มีวิธีการสร้างไม่ยุ่งยากซับซ้อน และให้ผลการทดลองชัดเจน

หลักสูตรศึกษาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต เลขที่ 228-228/1-3 สิรินธร แขวงบางบำหรุ เขตบางพลัด กรุงเทพมหานคร 10700

Bachelor of Education, Program in Physics, Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University 228-228 / 1-3, Sirindhorn, Bangbamru, Bang Phlat, Bangkok 10700, Thailand.

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน ไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (Corresponding author, e-mail): Udomsak_Kit@dusit.ac.th Tel: 08 1625 1056

คำสำคัญ: การแทรกสอดแบบเสริมกัน, คลื่นเสียง, สมาร์ตโฟน, ชุดทดลอง

ABSTRACT

This article presents an audio interference test kit for designing and developing audio interference test kit that follows the theory of interference of sound by smartphone application (Hoel Boedec) which generates frequency of sound waves of 600-1200 Hz. The test kit made from PVC pipe was able to adjust the pipe length to study path difference between two waves. The test kit was tested for wavelength at room temperature by observing the interference of the complementary sound through smartphone application (Advanced spectrum Analyzer PRO). At the frequency of 600-1200 Hz, frequency measurements from smartphones were 602, 710, 796, 904, 1000, 1100 and 1200 Hz. The average deviation was 7.2 percent. The destructive interference through the smartphone generated same frequency as the constructive interference indicated an average error of 12.8 percent. The result showed that the frequency is inversely proportional to the wavelength. The cause of discrepancy may be due to non-release of specified frequency by the frequency generator. In addition, outside interference affecting the receiver results in inaccuracy. As mentioned above, wavelength is reduced when the frequency increases. Suggestions for this research is that the test kit can be used as a prototype in the physics laboratory by schools. Since various materials and equipment can be easily procured. Also, it is easy to create and provides clear results.

Key words: constructive interference, sound wave, smartphone, test kit

บทนำ

วิชาฟิสิกส์เป็นวิชาวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่สำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาความรู้พื้นฐานและการนำไปใช้ในวิชาต่างๆ มุ่งเน้นให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ให้ผู้เรียนเกิดความรู้ ความเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้วิชาฟิสิกส์ยังเป็นพื้นฐานการศึกษาปัจจุบันพบว่าการสอนฟิสิกส์ยังมีลักษณะที่เน้นครูเป็นศูนย์กลางมุ่งเน้นให้ผู้เรียนจดจำทำให้ผู้เรียนขาดความรู้ความเข้าใจหลักการพื้นฐานทางฟิสิกส์ (สุระ และ พนัส, 2554)

การจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นไปที่การแก้โจทย์ปัญหามากกว่าที่จะให้ผู้เรียนซึมซับแนวความคิดหลักหรือมโนมติทางการเรียนฟิสิกส์ ปัญหาที่สำคัญอีกประการหนึ่งของการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ ซึ่งเป็นพื้นฐานของวิทยาศาสตร์หลายสาขาทฤษฎีและความรู้ทางฟิสิกส์สามารถประยุกต์ใช้กับวิทยาศาสตร์สาขาอื่นได้มาก แต่ก็เป็นวิชาที่ประสบปัญหาในการจัดการเรียนรู้ซึ่งเป็นเนื้อหาวิชาที่เป็นนามธรรมจึงทำให้ยากต่อการทำความเข้าใจ (อรพินท์, 2549) เนื้อหาบางเรื่องของวิชาฟิสิกส์เป็น ปรากฏการณ์เชิงนามธรรม ที่ให้ผู้เรียนต้องอาศัยจินตนาการเพื่อให้เห็นลักษณะของปรากฏการณ์ เช่น เรื่องคลื่นเสียงก็เป็นปรากฏการณ์เชิงนามธรรมที่ผู้เรียนต้องอาศัยประสบการณ์ของตนเอง ซึ่งผู้เรียนแต่ละคนย่อมมีประสบการณ์

แตกต่างกัน เพื่อให้ผู้เรียนทุกคนสามารถเข้าใจปรากฏการณ์ต่างๆ ในเรื่องคลื่นเสียงให้ตรงกันได้ ผู้สอนจึงนำเทคโนโลยีสื่อการสอนเข้ามาใช้ในหลักสูตรการเรียนรู้ที่ออกแบบขึ้น และยังช่วยแก้ไขความเข้าใจผิดในหลักการเรื่องคลื่นเสียงของผู้เรียน เพราะความเข้าใจผิดของผู้เรียนเกิดขึ้นได้ถ้าจินตนาการที่ผู้เรียนแต่ละคนสร้างขึ้นเองผิดพลาด ผู้เรียนก็จะมีแนวคิดในเรื่องนั้นผิดไป ผลที่ตามมาคือผู้เรียนไม่เข้าใจเนื้อหา ทำให้รู้สึกว่าฟิสิกส์เป็นวิชาที่ยาก เกิดความไม่อยากเรียน (วันธนา, 2552)

จากปัญหาดังกล่าวคณะผู้วิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดทดลองเรื่องการแทรกสอดของเสียงโดยใช้แหล่งกำเนิดเสียงจากแอปพลิเคชันสมาร์ตโฟนซึ่งสามารถสร้างเสียงได้หลายความถี่และยังใช้ตัวแอปพลิเคชันสมาร์ตโฟนในการตรวจจับสัญญาณเสียงและแสดงผลผ่านหน้าจอสมาร์ตโฟน เมื่อแอปพลิเคชันสมาร์ตโฟนส่งความถี่ทำให้เกิดเสียงและเริ่มค่อยๆ ขยับท่อออก ผู้เรียนจะสามารถมองเห็นการแทรกสอดของเสียงแบบเสริมและแบบหักล้างกันผ่านทางหน้าจอของตัวสมาร์ตโฟนไปพร้อมกับการได้ยินเสียงการแทรกสอดของเสียงแบบเสริมและการแทรกสอดของเสียงแบบหักล้างได้อย่างซึ่งจะช่วยทำให้นักเรียนเข้าใจและเห็นภาพในเรื่องการแทรกสอดของเสียงได้มากขึ้น ซึ่งการออกแบบและพัฒนาในครั้งนี้คณะผู้วิจัยได้พัฒนาชุดทดลองมาจากงานวิจัยเรื่อง การออกแบบและสร้างชุดทดลองการแทรกสอดของเสียงโดยใช้แหล่งกำเนิดเสียงจากแอปพลิเคชันของสมาร์ทโฟน (อรณัฏฐ์, 2559) โดยคณะผู้วิจัยได้พัฒนาเพิ่มเติมและปรับปรุงเกี่ยวกับขนาดของชุดทดลองให้มีขนาดพกพาสะดวกต่อการเรียนรู้และปรับปรุงในเรื่องของแหล่งกำเนิดเสียงโดยใช้แอปพลิเคชันผ่านสมาร์ตโฟนและนำแอพพลิเคชันที่สามารถตรวจจับสัญญาณเสียงและแสดงผลผ่านหน้าจอสมาร์ตโฟนพร้อมๆ กับการปล่อยความถี่เสียงยิ่งทำให้เห็นเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับบทความวิชาการของ (ชาติ, 2560) กล่าวไว้ว่าเซนเซอร์ในสมาร์ตโฟนสามารถวัดค่าต่างๆ ได้อย่างแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือสูง ดังนั้นการประยุกต์ใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนเป็นเครื่องมือวัดในการทดลองฟิสิกส์กลศาสตร์สมควรได้รับ การศึกษาเพื่อพัฒนาและส่งเสริมให้นำมาประยุกต์ใช้ในวงการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ทุกระดับชั้น

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การแทรกสอดของเสียง

การแทรกสอดของเสียงเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดจากคลื่นเสียงที่มาจากแหล่งกำเนิดเสียงตั้งแต่ 2 แหล่งขึ้นไปรวมกัน จึงเกิด การแทรกสอดแบบเสริมกัน และหักล้างกัน ทำให้เกิดเสียงดัง และ เสียงค่อย ในกรณีที่ S1 และ S2 เป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ ทุกจุดบนเส้นปฏิบัพ เสียงจะแทรกสอดแบบเสริม เสียงจะดัง และผลต่างระหว่างระยะทางจากแหล่งกำเนิดคลื่นทั้งสองไปยังจุดใดๆ บนเส้นปฏิบัพจะเท่ากับจำนวนเต็มของความยาวคลื่น

เนื่องจากในงานวิจัยครั้งนี้ฟังเสียงการแทรกสอดจากตำแหน่งเสียงดัง-ดัง จะได้ยินเสียงดัง 2 ครั้งติดกัน ใช้สัญลักษณ์แทนเสียงดังครั้งที่ 1 ให้เป็น x_1 และเสียงดังครั้งที่ 2 ให้เป็น x_2 โดยความต่างของระยะทาง x_1 และ x_2 คือ $x_2 - x_1 = \frac{\lambda}{2}$ เมื่อ x_1 และ x_2 คือตำแหน่งเสียงดัง-ดัง ที่อยู่ติดกัน จะเท่ากับ $\frac{\lambda}{2}$ จากสมการ

Path difference $\Delta r = n\frac{\lambda}{2}$

$$\Delta r_1 = x_1 = \frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta r_2 = x_2 = 2\frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta r = \Delta r_2 - \Delta r_1 = x_2 - x_1 = 2\frac{\lambda}{2} - \frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda}{2}$$

จะได้ $$\lambda = 2(x_2 - x_1) \quad (1)$$

เมื่อ (Δr) คือ Path difference = $\Delta r_2 - \Delta r_1$

n คือ จำนวนครั้งที่เสียงดัง $(n = 0, 1, 2, 3...)$

λ คือ ความยาวคลื่น

x_1 คือ เสียงดังครั้งที่ 1

x_2 คือ เสียงดังครั้งที่ 2

เนื่องจากในงานวิจัยครั้งนี้ฟังเสียงการแทรกสอดจากตำแหน่งเสียงเบา-เบา จะได้ยินเสียงเบา 2 ครั้งติดกัน ใช้สัญลักษณ์แทนเสียงเบาครั้งที่ 1 ให้เป็น x_1 และเสียงเบาครั้งที่ 2 ให้เป็น x_2 โดยความต่างของระยะทาง x_1 และ x_2 คือ $x_2 - x_1 = \frac{\lambda}{2}$ เมื่อ x_1 และ x_2 คือตำแหน่งเสียงเบา-เบา ที่อยู่ติดกันจะเท่ากับ $\frac{\lambda}{2}$ จากสมการ

Path difference $\Delta r = (n-\frac{1}{2})\frac{\lambda}{2}$

$$\Delta r_1 = x_1 = (1-\frac{1}{2})\frac{\lambda}{2} = (\frac{1}{2})\frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta r_2 = x_2 = (2-\frac{1}{2})\frac{\lambda}{2} = (\frac{3}{2})\frac{\lambda}{2}$$

$$\Delta r = \Delta r_2 - \Delta r_1 = x_2 - x_1 = (\frac{3}{2})\frac{\lambda}{2} - (\frac{1}{2})\frac{\lambda}{2} = \frac{\lambda}{2}$$

จะได้ $$\lambda = 2(x_2 - x_1) \quad (2)$$

เมื่อ (Δr) คือ Path difference = $\Delta r_2 - \Delta r_1$

n คือ จำนวนครั้งที่เสียงเบา $(n = 1, 2, 3...)$

λ คือ ความยาวคลื่น

x_1 คือ เสียงเบาครั้งที่ 1

x_2 คือ เสียงเบาครั้งที่ 2

จากที่กล่าวมาข้างต้นพบว่า การแทรกสอดจากตำแหน่งเสียงดัง-ดัง และการแทรกสอดจากตำแหน่งเสียงเบา-เบา ซึ่งสามารถหาความยาวคลื่นได้จากสมการเดียวกัน คือ

$$\lambda = 2(x_2 - x_1) \quad (3)$$

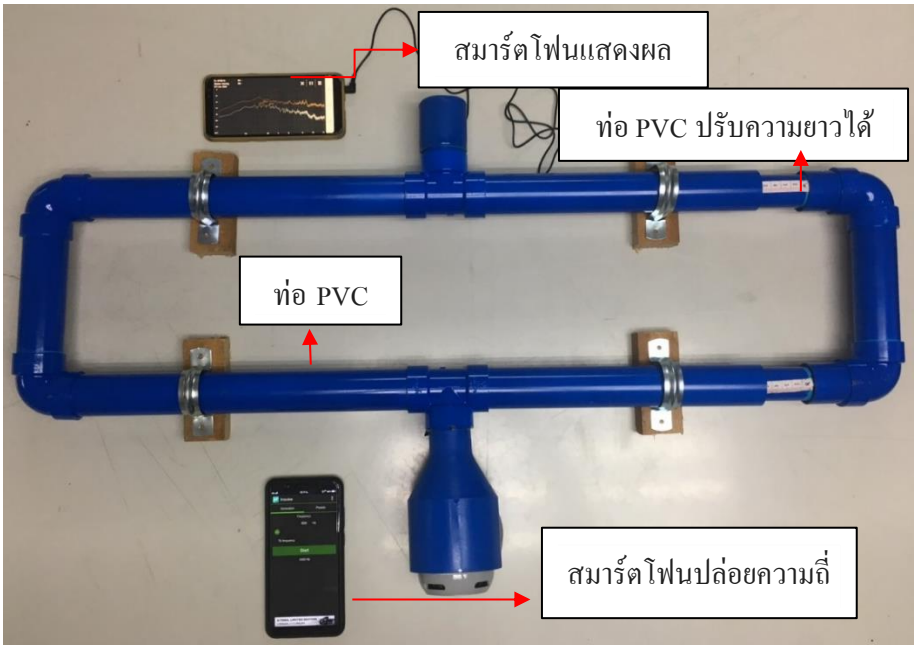
การหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศใช้วิธีคำนวณจากสมการ

$$v_t = 331 + 0.6t \quad (4)$$

เมื่อ v_t คือ เป็นอัตราเร็วเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ t ใดๆ มีหน่วย เมตรต่อวินาที (m/s)

t คือ เป็นอุณหภูมิของอากาศ มีหน่วย องศาเซลเซียส

ในงานวิจัยนี้ได้สร้างชุดทดลองการแทรกสอดของเสียงโดยใช้แอปพลิเคชันสมาร์ตโฟนเป็นแหล่งกำเนิดความถี่ ซึ่งสามารถปรับค่าความถี่ได้ และชุดการทดลองสามารถปรับเปลี่ยนขนาดความยาวได้เพื่อศึกษาค่าผลต่างของทางเดินเสียงระหว่างคลื่นเสียงสองขบวน เพื่อนำชุดทดลองไปหาค่าความยาวคลื่นเสียงที่อุณหภูมิห้อง โดยสังเกตการณ์แทรกสอดของเสียงแบบเสริมกันและแบบหักล้างกันผ่านแอปพลิเคชันจากสมาร์ตโฟน ซึ่งมีวิธีการดำเนินการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 1 ชุดทดลองการแทรกสอดของคลื่นเสียง (ผู้วิจัยได้ออกแบบขึ้นมาเอง)

2. การหาความยาวคลื่นเสียงในอากาศโดยชุดการทดลองการแทรกสอดของเสียง

ตอนที่ 1 การหาความยาวคลื่นเสียงในอากาศโดยวิธีคำนวณ

1. ใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิของอากาศขณะนั้น คำนวณอัตราเร็วของเสียงในอากาศ โดยใช้ความสัมพันธ์จากสมการ $v_t = 331 + 0.6t$

2. นำอัตราเร็วของเสียงที่ได้มาคำนวณหาความยาวคลื่นเสียงในอากาศโดยใช้ ความสัมพันธ์ เมื่อความถี่ของเสียงเท่ากับความถี่เสียงจากแหล่งกำเนิดสัญญาณเสียงคือ 600, 500,…, 1200 Hz โดยปรับเพิ่มครั้งละ 100 Hz บันทึกความยาวคลื่นเสียงเมื่อความถี่ ของเสียงมีค่าต่างๆ กัน

ตอนที่ 2 การหาความยาวคลื่นเสียงในอากาศโดยอาศัยปรากฏการณ์การแทรกสอดของเสียง

1. เปิดแอปพลิเคชันกำเนิดความถี่ ปรับความถี่ของเสียงไปที่ 600 Hz พร้อมทั้งปรับความดังให้เหมาะสม

2. เชื่อมสายจากสมาร์ตโฟนเข้ากับไมโครโฟน เปิดแอปพลิเคชัน

3. เลื่อนท่อพีวีซีที่ปรับความยาวได้มาที่ 0 cm. แล้วค่อยๆ เลื่อนท่อพีวีซี ออกช้าๆ จนกระทั่งแอมพลิจูดบนหน้าจอสมาร์ตโฟนสูงสุดหรือได้ยินเสียงดังที่สุด ครั้งที่ 1 ให้เป็นตำแหน่ง ทั้งด้านบนและด้านล่างแล้วค่อยๆ เลื่อนท่อ PVC อีกครั้งจนได้ยินเสียงดังครั้งที่ 2 ให้เป็นตำแหน่ง โดยที่ 2 ตำแหน่งนี้จะต้องอยู่ติดกันของท่อพีวีซี

4. คำนวณหาความยาวคลื่นของการแทรกสอดแบบเสริมกันจากสมการ (3) และหาค่าเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนของความยาวคลื่น เมื่อเปลี่ยนเทียบจากการคำนวณตามทฤษฎีและการทดลอง

5. จากนั้นเปลี่ยนความถี่ไปทีละ 100 Hz จนถึง 1200 Hz แล้วทำซ้ำข้อ 3-5

6. สำหรับการแทรกสอดแบบหักล้าง ให้ทำการทดลองเหมือนแบบการแทรกสอดแบบเสริม เริ่มจากเปิดแอปพลิเคชันกำเนิดความถี่ ปรับความถี่ของเสียงไปที่ 600 Hz พร้อมทั้งปรับความดังให้เหมาะสม

7. เลื่อนท่อพีวีซีที่ปรับความยาวได้มาที่ 0 cm. แล้วค่อยๆ เลื่อนท่อพีวีซี ออกช้าๆ สังเกตแอมพลิจูดบนหน้าจอสมาร์ตโฟน (ตารางที่ 1) ต่ำสุดหรือได้ยินเสียงเบาที่สุดครั้งที่ 1 ให้เป็นตำแหน่ง ทั้งด้านและด้านล้างแล้วค่อยๆ เลื่อนท่อ PVC อีกครั้งจนได้ยินเสียงดังครั้งที่ 2 ให้เป็นตำแหน่ง โดยที่ 2 ตำแหน่งนี้อจะต้องอยู่ติดกันของท่อพีวีซี

8. คำนวณหาความยาวคลื่นของการแทรกสอดแบบหักล้างกันจากสมการ (3) และหาค่าเปอร์เซ็นความคลาดเคลื่อนของความยาวคลื่น เมื่อเปรียบเทียบจากการคำนวณตามทฤษฎีและการทดลอง

9. จากนั้นเปลี่ยนความถี่ไปทีละ 100 Hz จนถึง 1200 Hz แล้วทำซ้ำข้อ 7-9

ตารางที่ 1 แอปพลิเคชันสมาร์ตโฟนที่ใช้ในการทดลอง

ชื่อแอปพลิเคชัน	สัญลักษณ์แอปพลิเคชัน	เวอร์ชัน	ระบบปฏิบัติการ
Advanced spectrum Analyzer PRO		เวอร์ชันปัจจุบัน 2.1	Android
Hoel Boedec		เวอร์ชันปัจจุบัน 3.3	Android

(ที่มา: ชาติ, 2561)

ผลการวิจัยและวิจารณ์ผล

งานวิจัยครั้งนี้ได้สร้างชุดทดลองการแทรกสอดของเสียง สำหรับการเรียนการสอนในเรื่องคลื่นเสียง โดยการปล่อยความถี่จากแอปพลิเคชัน Hoel Boedec ผ่านสมาร์ตโฟนที่เชื่อมต่อกับลำโพง ซึ่งกำหนดความถี่อยู่ที่ 600-1200 เฮิรตซ์ จากนั้นนำไมโครโฟนที่เป็นตัวรับสัญญาณเสียงเชื่อมต่อกับสมาร์ตโฟนอีกเครื่องหนึ่งเพื่อแสดงแอมพลิจูดที่สูง

ที่สุดและต่ำที่สุดโดยจะแสดงผลจากแอปพลิเคชัน Advanced spectrum Analyzer PRO

จากการทดลองได้เลือกใช้ความถี่ 600-1200 Hz เพื่อให้เหมาะสมกับขนาดความยาวของท่อ PVC เนื่องจากความยาวของท่อที่ทดลองหากใช้ความถี่ที่ต่ำกว่า 600 Hz จะทำให้ไม่ได้ยินเสียงวาวดัง 2 ครั้งติดกันเพราะคลื่นเสียงที่ต่ำกว่า 600 Hz มีขนาดของความยาวคลื่นมาก และหากใช้ความถี่ที่มากกว่า 1200 Hz จะทำให้เกิดเสียงวาวดังที่ติดกันจนเกินไปจนทำให้ไม่สามารถวัดความยาวของท่อได้

เมื่อ อัตราเร็วเสียงในอากาศ (v) เท่ากับ 348.4 m/s

อุณหภูมิในห้องทดลอง (t) เท่ากับ 29 $^{\circ}C$

x_1 และ x_2 คือตำแหน่งเสียงดัง-ดังที่อยู่ติดกัน เท่ากับ $\frac{\lambda}{2}$

ตารางที่ 2 ความยาวคลื่นที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีและความยาวเคลื่อนที่ได้จากการทดลองการแทรกสอดแบบเสริมกัน

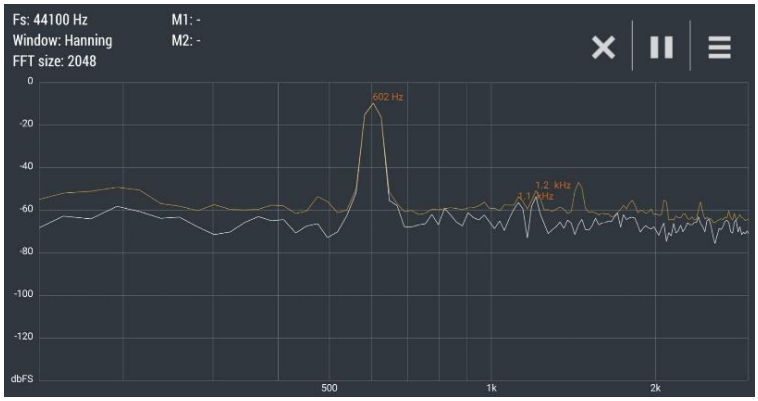
f : ความถี่ (เฮิรตซ์)	**λ : ความยาวคลื่น (เมตร)**		**ความคลาดเคลื่อน**
	การคำนวณ	**การทดลอง**	**(เปอร์เซ็นต์)**
600	0.58	0.62	8.3
700	0.49	0.53	8
800	0.43	0.42	2
900	0.38	0.38	1
1000	0.34	0.37	7.4
1100	0.31	0.35	12.3
1200	0.28	0.32	11.1
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย			7.2

ผลการทดลองสรุปได้ว่า ที่ความถี่ที่ 600-1200 Hz จากตารางที่ 2 พบว่าเมื่อความถี่เพิ่มขึ้นความยาวคลื่นจะลดลง ซึ่งสามารถคำนวณหาความยาวคลื่นจากทฤษฎีได้จากสมการ $v = f\lambda$ และจากการทดลองที่ฟังเสียงดังติดกัน 2 ครั้ง ทำให้ความยาวคลื่นเท่ากับ $\frac{\lambda}{2}$ สามารถคำนวณหาความยาวคลื่นจากทดลองได้จากสมการที่ 1 เพื่อนำมาหาค่าความคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีและจากการทดลอง พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนลดลงเมื่อเพิ่มความถี่ เนื่องจากเมื่อให้แอปพลิเคชันจากสมาร์ตโฟนส่งความถี่เพิ่มขึ้นพบว่าแอปพลิเคชันจากสมาร์ตโฟนที่เป็นตัวรับสัญญาณเสียงได้รับความถี่ตรงกับความถี่ที่ส่งออกมาและมีค่าความเคลื่อนเฉลี่ย 7.2 เปอร์เซ็นต์ สอดคล้องกับงานวิจัยของอรณัฏฐ์ (2559) ซึ่งได้สร้างชุดทดลองการแทรกสอดของเสียงโดยใช้แอปพลิเคชันของสมาร์ตโฟนสร้างคลื่นเสียงที่มีความถี่เสียงในช่วง 1.0 - 3.0 kHz จากผลการทดลองพบว่า ค่าความยาวคลื่นเสียงที่ได้มีค่าใกล้เคียงกับทฤษฎี โดยมีค่าความคลาดเคลื่อน ไม่เกิน 3.01 เปอร์เซ็นต์ การสร้างความถี่จากเครื่องกำเนิดเสียงจากสมาร์ตโฟนนั้นเป็นดิจิตอลจึงทำให้ง่ายต่อการคำนวณและควบคุมถึงแม้จะมีความคลาดเคลื่อนบ้าง อีกทั้งในส่วนของภาครับเสียงก็ใช้แอปพลิเคชันจากสมาร์ตโฟนเพื่อเป็นการยืนยันความเข้มเสียงที่เปลี่ยนแปลง

นอกจากการใช้หูฟังเพียงอย่างเดียว โดยเฉพาะการแทรกสอดแบบเสริมกันซึ่งมีความชัดเจนของการเปลี่ยนแปลงความเข้มเสียง

สำหรับการแทรกสอดแบบเสริมกันที่ความถี่ที่ 600 Hz พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนคือ 8.3% เนื่องจากแอปพลิเคชันจากสมาร์ตโฟนส่งความถี่ไม่ได้ส่งความถี่ตามที่กำหนดคือ จากการกำหนดความถี่จากแอปพลิเคชันสมาร์ตโฟนที่ส่งความถี่เสียงไว้ที่ 600 Hz แต่แอพพลิเคชั่นสมาร์ตโฟนที่รับสัญญาณความถี่เสียงรับสัญญาณได้ 602 Hz เนื่องจากตัวรับสัญญาณจากการสังเกตกราฟที่แสดงผลจากสมาร์ตโฟน และเครื่องรับสัญญาณความถี่มีคลื่นเสียงจากภายนอกรบกวน จากชุดการทดลองพบว่าขณะทำการทดลองได้ยินเสียงดังติดกันค่อนข้างชัดเจนซึ่งหากใช้หูฟังอย่างเดียวอาจฟังได้ไม่ชัดในบางตำแหน่งจึงได้ใช้แอพพลิเคชั่นจากสมาร์ตโฟนเพื่อรับสัญญาณแสดงให้เห็นแอมพลิจูดที่สูงหากเกิดเสียงดังในตำแหน่งนั้นๆ

ตัวอย่างแอมพิจูดบนหน้าจอสมาร์ตโฟนด้วยแอปพลิเคชัน Advanced Spectrum Analyzer PRO ที่มีแอมพิจูดที่สูงหรือขึ้นจุดพีคที่ความถี่ 600 Hz ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงแอมพลิจูดบนหน้าจอสมาร์ตโฟนสูงสุดหรือได้ยินเสียงดังที่สุด (ภาพถ่ายจากผู้วิจัยขณะทำการทดลอง)

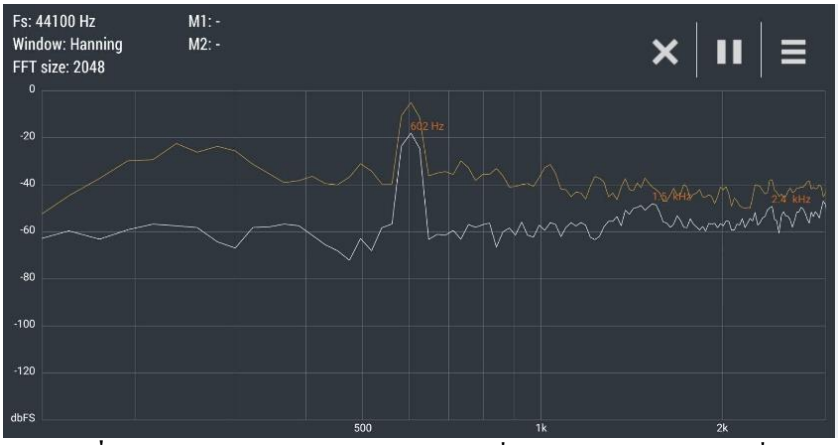
ตารางที่ 3 ความยาวคลื่นที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีและความยาวเคลื่อนที่ได้จากการทดลองการแทรกสอดแบบหักล้างกัน

f : ความถี่ (เฮิรตซ์)	**λ : ความยาวคลื่น (เซนติเมตร)**		**ความคลาดเคลื่อน (เปอร์เซ็นต์)**
	การคำนวณ	**การทดลอง**	
600	0.58	0.42	25.6
700	0.49	0.40	17.8
800	0.43	0.42	1.3
900	0.38	0.45	19
1000	0.34	0.34	1.7
1100	0.31	0.26	17
1200	0.28	0.26	6.9
ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย			12.8

ผลการทดลองสรุปได้ว่า ที่ความถี่ที่ 600-1200 Hz จากตารางที่ 3 พบว่าเมื่อความถี่เพิ่มขึ้น ความยาวคลื่นจะลดลง ซึ่งสามารถคำนวณหาความยาวคลื่นจากทฤษฎีได้จาก $v = f\lambda$ และจากการทดลองที่ฟังเสียงเบาติดกัน 2 ครั้ง ทำให้ความยาวคลื่นเท่ากับ $\frac{\lambda}{2}$ สามารถคำนวณหาความยาวคลื่นจากจากทดลองได้จากสมการที่ 2 เพื่อนำมาหาค่าความคลาดเคลื่อนจากทฤษฎีและจากการทดลอง พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนลดลงเมื่อเพิ่มความถี่ เนื่องจากเมื่อให้แอปพลิเคชันจากสมาร์ตโฟนส่งความถี่เพิ่มขึ้นพบว่าแอปพลิเคชันจากสมาร์ตโฟนที่เป็นตัวรับสัญญาณเสียงได้รับความถี่ตรงกับความถี่ที่ส่งออกมาและมีค่าความเคลื่อนเฉลี่ย 12.8 เปอร์เซ็นต์

สำหรับการแทรกสอดแบบหักล้างกันที่ความถี่ที่ 600 Hz พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนมากที่สุดคือ 25.6 เปอร์เซ็นต์ จากการกำหนดความถี่จากแอปพลิเคชันสมาร์ตโฟนที่ส่งความถี่เสียงไว้ที่ 600 Hz แต่แอพพลิเคชั่นสมาร์ตโฟนที่รับสัญญาณความถี่เสียงรับสัญญาณได้ 602 Hz เนื่องจากตัวรับสัญญาณจากการสังเกตกราฟที่แสดงผลจากสมาร์ตโฟน และเครื่องรับสัญญาณความถี่มีคลื่นเสียงจากภายนอกรบกวน จากชุดการทดลองพบว่าขณะทำการทดลองได้ยินเสียงเบาติดกันค่อนข้างชัดเจนซึ่งหากใช้หูฟังอย่างเดียวอาจฟังได้ไม่ชัดในบางตำแหน่งจึงได้ใช้แอพพลิเคชั่นจากสมาร์ตโฟนเพื่อรับสัญญาณแสดงให้เห็นแอมพลิจูดที่ต่ำลงมาหากเกิดเสียงเบาในตำแหน่งนั้นๆ

ตัวอย่างแอมพิจูดบนหน้าจอสมาร์ตโฟนด้วยแอปพลิเคชัน Advanced Spectrum Analyzer PRO ที่มีแอมพิจูดที่ต่ำหรือลดลงจากจุดพีคที่ความถี่ 600 Hz ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แอมพลิจูดบนหน้าจอสมาร์ตโฟนต่ำสุดหรือได้ยินเสียงเบาที่สุด
(ภาพถ่ายจากผู้วิจัยขณะทำการทดลอง)

จากผลการทดลองของผู้วิจัยที่กล่าวมาข้างต้น พบว่ามีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ (วันธนา, 2552) ได้ทำวิจัยเรื่อง ชุดการทดลองเพื่อแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของเรื่องคลื่นเสียง ที่กล่าวไว้ว่าเรื่องการแทรกสอดยังมีความคลาดเคลื่อนจากการทดลองถึง 13.56% ซึ่งความคลาดเคลื่อนนี้เกิดจากการวัดตำแหน่งขณะทดลอง เนื่องจาก ณ ตำแหน่งเสียงเบาที่สุดของการแทรกสอดในท่อเสียงมีช่องน้อยมากทำให้เวลาเลื่อนระยะของท่อเลยตำแหน่งจริงไปมาก และจากการที่ผู้วิจัยใช้แอปพลิเคชันสมาร์ตโฟน ซึ่งสอดคล้องกับงานบทความของ (Parolin and Pezzi, 2015) ที่ว่าปัจจุบันนี้สมาร์ตโฟนเป็นอุปกรณ์ที่มีราคา

ไม่แพงและสามารถทดแทนอุปกรณ์ราคาแพงในห้องปฏิบัติการได้หลายชิ้น ถ้าใช้สมาร์ตโฟน 2 เครื่องสามารถมองเห็นบัพและปฏิบัพของคลื่นเสียงอะคูสติกในท่อที่มีการสั่นสะเทือนของอากาศและเพื่อวัดความเร็วของเสียงได้ จากการใช้สมาร์ตโฟนอย่างกว้างขวางเราเชื่อว่าการทดสอบนี้อาจเป็นวิธีที่ง่ายสำหรับนักเรียนในการคิดและวิเคราะห์คลื่นนิ่งในท่อของอากาศได้อย่างง่ายดาย นอกจากนี้การวัดความเร็วของเสียงได้ให้ผลลัพธ์ที่ยอมรับได้

สรุป

จากวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาชุดทดลองเรื่องการแทรกสอดของเสียงโดยใช้แหล่งกำเนิดเสียงจากแอปพลิเคชันสมาร์ตโฟน Hoel Boedec ผ่านสมาร์ตโฟนซึ่งสามารถสร้างเสียงได้หลายความถี่และยังใช้แอปพลิเคชัน Advanced spectrum Analyzer PRO ผ่านสมาร์ตโฟนในการตรวจจับสัญญาณความถี่และแสดงผลผ่านหน้าจอสมาร์ตโฟน ซึ่งจากผลการทดลองด้วยชุดทดลองการแทรกสอดของเสียงจะเห็นได้ว่าที่ความถี่ 600-1200 Hz เมื่อนำค่าความยาวคลื่นจากการทดลองมาเปรียบเทียบกับความยาวคลื่นที่ได้จากการคำนวณทางทฤษฎีตามความสัมพันธ์ จากการศึกษาแอปพลิเคชันตรวจจับสัญญาณความถี่เพื่อเพิ่มความชัดเจนของตำแหน่งการแทรกสอดแบบเสริมและการแทรกสอดแบบหักล้าง ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าณ ตำแหน่งต่างๆ ของท่อ PVC ขณะทดลองเกิดการแทรกสอดแบบเสริมและการแทรกสอดแบบหักล้างกันจริง โดยผลการทดลองที่ได้มีแนวโน้มที่ใกล้เคียงกัน ผลการทดลองจากแอปพลิเคชัน Advanced Spectrum Analyzer PRO ที่ตำแหน่งการแทรกสอดแบบเสริมกัน และการแทรกสอดแบบหักล้างกัน พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 7.2 % และ 12.8% ตามลำดับ ซึ่งการแทรกสอดแบบหักล้างกันมีความคลาดเคลื่อนค่อยข้างสูง สาเหตุที่ทำให้มีความคลาดเคลื่อนนี้อาจเกิดจากเครื่องปล่อยความถี่ไม่ได้ปล่อยความถี่ตามที่กำหนด และเครื่องรับสัญญาณความถี่มีคลื่นเสียงจากภายนอกรบกวน จึงส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนได้ขณะทำการทดลอง และเนื่องจากทฤษฎีการแทรกสอดแบบเสริมและการแทรกสอดแบบหักล้าง ที่ความถี่เดียวกันจะต้องมีความยาวคลื่นที่เท่ากัน โดยเมื่อเพิ่มความถี่ให้สูงขึ้นความยาวคลื่นจะสั้นลง จึงกล่าวได้ว่า ความถี่แปรผกผันกับความยาวคลื่นนั้นเอง อย่างไรก็ดีจากผลการทดลองชุดทดลองที่สร้างขึ้นก็แสดงให้เห็นว่าชุดทดลองเรื่องการแทรกสอดของเสียงสามารถนำไปใช้ในปรากฏการณ์เรื่องการแทรกสอดของเสียงและที่สำคัญชุดทดลองนี้สามารถสร้างขึ้นได้เองจากอุปกรณ์ที่หาซื้อได้ทั่วไปซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการสร้างสื่อการสอน

ข้อเสนอแนะ

โรงเรียนควรนำชุดทดลองการแทรกสอดของเสียงนี้ไปเป็นต้นแบบเพื่อผลิตขึ้นใช้ได้เองในห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ เนื่องจากวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ สามารถจัดหาได้ง่าย มีวิธีการสร้างไม่ยุ่งยากซับซ้อน ซึ่งในการใช้ชุดทดลองการแทรกสอดของเสียงควรจัดการเรียนการสอนในห้องเรียนที่มีลักษณะที่ปิดเพราะทำให้การทดลองมีความคลาดเคลื่อนที่น้อยลง ไม่ควรจัดการเรียนการสอนในที่โล่งแจ้ง เพราะจะทำให้เกิดสัญญาณรบกวนจากคลื่นเสียงต่างๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องกับชุดทดลอง เพื่อให้ชุดทดลองมีความถูกต้องมากที่สุดผู้วิจัยควรตั้งชุดทดลองให้ถูกต้องและแข็งแรง และควรปรับขนาดของความยาวท่อให้มีความเหมาะสมกับความถี่เสียงที่ใช้ในชุดการทดลอง เพื่อให้ผลการทดลองมีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด จากที่กล่าวมาเนื่องจากวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ

สามารถจัดหาได้ง่าย มีวิธีการสร้างไม่ยุ่งยากซับซ้อน และให้ผลการทดลองค่อนข้างชัดเจน

เอกสารอ้างอิง

ชาติ ทีฆะ. 2560. การประยุกต์ใช้เซนเซอร์บนสมาร์ตโฟนในการจัดการเรียนการสอนฟิสิกส์กลศาสตร์, น. 8. *ใน* **การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยศรีปทุม ครั้งที่ 12 เรื่อง "ผลงานวิจัยและนวัตกรรมสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน".** มหาวิทยาลัยศรีปทุม, กรุงเทพฯ.

ชาติ ทีฆะ. 2561. **การประยุกต์ใช้สมาร์ตโฟนเซนเซอร์สำหรับการทดลองฟิสิกส์.** พิมพ์ครั้งที่ 1. ศูนย์บริการสื่อและสิ่งพิมพ์กราฟฟิคไซท์, กรุงเทพฯ.

วันธนา ศิลปะวิลาวัณย์. 2552. ชุดการทดลองเพื่อแก้ไขแนวคิดที่คลาดเคลื่อนของเรื่องคลื่นเสียง. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาลัยเชียงใหม่.

สุระ วุฒิพรหม และ พนัส แก่นอาสา. 2554. **การสำรวจตรวจสอบแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเรื่องคลื่นกลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.** กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรุงเทพฯ.

อรณัฏฐ์ สุริยะพิชิตกุล. 2559. การออกแบบและสร้างชุดทดลองการแทรกสอดของเสียงโดยใช้แหล่งกำเนิดเสียงจากแอปพลิเคชันของสมาร์ตโฟน. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาฟิสิกส์ศึกษา, มหาวิทยาลัยบูรพา.

อรพินท์ ชื่นชอบ. 2549. การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนฟิสิกส์และความสามารถในการแก้ปัญหาทาง ฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยวิธีสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ โดยเสริมการแก้ปัญหา ตามเทคนิคของโพลยา. วิทยานิพนธ์ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการสอน, มหาวิทยาลัยบูรพา.

Parolin, S. and Pezzi, G. 2015. Kundt's tube experiment using smartphones. **Physics Education** 50(1): 443-447.