

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในการสร้างชุดทดลองเรื่องการหาค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็งโดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียง ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างชุดทดลองโดยให้ผู้เชี่ยวชาญและนักเรียนประเมินความเหมาะสมของชุดทดลอง จากนั้นผู้วิจัยได้นำมาวิเคราะห์ข้อมูล โดยจะเสนอผลการวิจัยออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ผลการสร้างชุดทดลองและการทดลองการหาค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็งโดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียง

ส่วนที่ 2 ผลการจัดทำเอกสารประกอบชุดทดลอง ประกอบไปด้วยคู่มือปฏิบัติการและคู่มือปฏิบัติการสำหรับครู เพื่อใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การทดลองหาค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็งโดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียง

ส่วนที่ 3 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลองกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ของรายวิชา โดยหาค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC ระหว่างเครื่องมือที่สร้างขึ้นโดยใช้ดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน และใช้มาตราส่วนประมาณค่าตามวิธีของลิเคิร์ท สอบถามความคิดเห็นของนักเรียน

ดังนั้นผู้วิจัยจึงขอเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ผลการทดลองและผลการวิจัยในแต่ละส่วน ดังต่อไปนี้

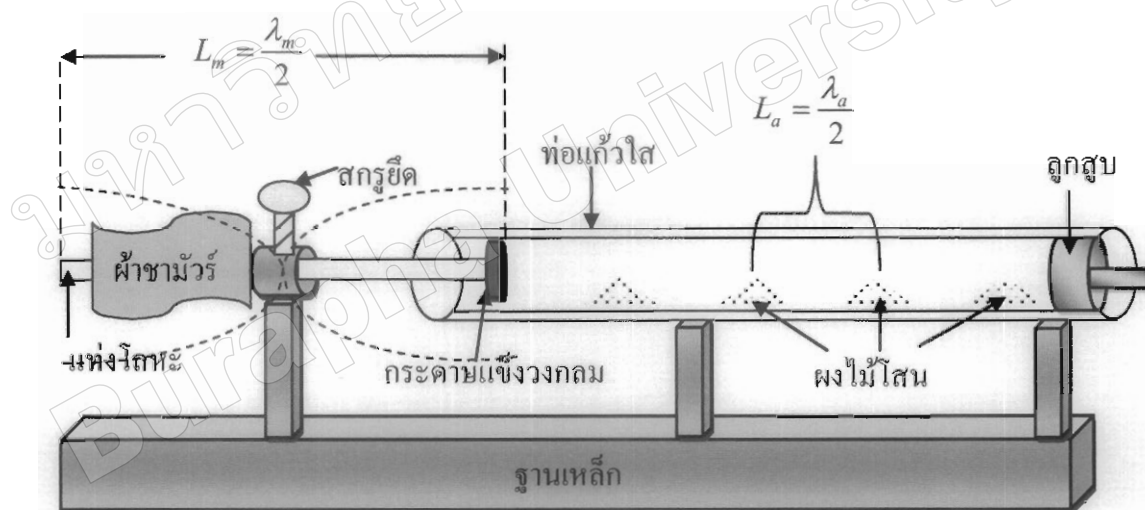
4.1 ผลการสร้างชุดทดลองและการทดลองหาค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็งโดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียง

การสร้างชุดทดลองและการทดลองการหาค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็งโดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียง แบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การสร้างชุดทดลองและผลการทดลอง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

ลักษณะของชุดทดลองที่สร้างขึ้น

1. จัดอุปกรณ์การทดลองดังภาพที่ (4-1) ใช้เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิห้อง เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราเร็วเสียงในอากาศจากความสัมพันธ์ $v_a = 331 + 0.6t$ ไรยผงไม้โสนในท่อแก้วใส ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.035 m ยาว 1 m และเกลี่ยผงไม้โสนให้กระจายอย่างสม่ำเสมอ

ในท่อแก้ว นำท่อแก้วไปติดตั้งบนฐานเหล็ก และนำลูกสูบมาปิดไว้ที่ปลายด้านหนึ่งของท่อแก้ว นำแท่งวัสดุทองเหลืองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.01 m ยาว 1.20 m มาติดปลายด้วย กระจายแข็งวงกลมที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.033 m เคลื่อนแท่งวัสดุเข้าไปในท่อแก้ว แล้วขันล็อกตรงกึ่งกลางของความยาวแท่งวัสดุ นำผ้าขาวม้าที่แท่งวัสดุส่วนที่ยื่นออกมาด้านนอก จนเกิดการสั่นพ้องของคลื่นเสียง สังเกตผงไม้ไสนในท่อว่าจะมีลักษณะเป็นลูกคลื่น ทำการวัด ระยะห่างของกึ่งกลางของกองไม้ไสนที่เป็นลูกคลื่นที่อยู่ติดกัน บันทึกเป็นค่าความยาวคลื่นเสียง ในอากาศ (λ_a) คำนวณหาความถี่ของเสียงในอากาศได้จากสมการ $f_a = v_a / \lambda_a$ คำนวณหา อัตราเร็วเสียงในแท่งวัสดุได้จากสมการ $v_m = f_a 2L_m$ ความยาวของแท่งวัสดุที่ใช้ (L_m) เท่ากับ 1.20 m ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง หาค่าเฉลี่ยของอัตราเร็วเสียงในแท่งวัสดุ และนำค่าเฉลี่ย ของอัตราเร็วเสียงในแท่งวัสดุไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน และทำการทดลองซ้ำโดยเปลี่ยน แท่งวัสดุจากทองเหลืองเป็น แท่งทองแดง เหล็ก และอลูมิเนียม ตามลำดับ



ภาพที่ 4-1 โครงสร้างโดยรวมของอุปกรณ์การทดลองหาค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็งโดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียง

ผลการทดลอง

การทดลองหาค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็ง โดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียง ผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 4 ตอน คือ การหาอัตราเร็วเสียงในแท่งทองเหลือง การหาอัตราเร็วเสียงในแท่งทองแดง การหาอัตราเร็วเสียงในแท่งเหล็ก และการหาอัตราเร็วเสียงในแท่งอลูมิเนียม

ซึ่งในแต่ละคอนผู้วิจัยได้ทำการทดลองซ้ำ 5 ครั้ง ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูล ที่ได้จากการทดลองซึ่ง
แสดงผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4-1 ผลการหาอัตราเร็วคลื่นเสียงในแท่งทองเหลือง

ตัวแปร	การคำนวณ	ค่าที่วัดได้
อุณหภูมิห้อง $t (^{\circ}\text{C})$	$t_{\text{average}} = \frac{t_1 + t_2}{2}$	29°C
อัตราเร็วเสียงในอากาศ $v_{\text{air}} (\text{m/s})$	$v_{\text{air}} = 331 + 0.6t$	348.4 m/s
ความยาวคลื่นเสียงในอากาศ $\lambda_{\text{air-average}} (\text{m})$	$\lambda_{\text{air-average}}$	0.24 m
ความถี่ของเสียงในอากาศ $f_{\text{air}} (\text{Hz})$	$f_{\text{air}} = \frac{v_{\text{air}}}{\lambda_{\text{air}}}$	1451.67 Hz
ความยาวของแท่งทองเหลือง $L_{\text{brass}} (\text{m})$	วัดความยาวของแท่งทองเหลือง	1.2 m
ความยาวคลื่นของแท่งทองเหลือง $\lambda_{\text{brass}} (\text{m})$	$\lambda_{\text{brass}} = 2 \times L_{\text{brass}}$	2.4 m
ความถี่ของแท่งทองเหลือง $f_{\text{brass}} (\text{Hz})$	$f_{\text{brass}} = f_{\text{air}}$	1451.67 Hz
อัตราเร็วเสียงในแท่งทองเหลือง $v_{\text{brass}} (\text{m/s})$	$v_{\text{brass}} = f_{\text{brass}} \times \lambda_{\text{brass}}$	3484 m/s
อัตราเร็วเสียงตามทฤษฎี $v_{\text{brass-theory}} (\text{m/s})$	$v_{\text{theory}} = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$	3500 m/s
ร้อยละความคลาดเคลื่อน % error	$\% \text{ error} = \frac{ E - A }{A} \times 100$	0.46%

ตารางที่ 4-2 ผลการหาอัตราเร็วคลื่นเสียงในแท่งทองแดง

ตัวแปร	การคำนวณ	ค่าที่วัดได้
อุณหภูมิห้อง $t (^{\circ}\text{C})$	$t_{\text{average}} = \frac{t_1 + t_2}{2}$	29°C
อัตราเร็วเสียงในอากาศ $v_{\text{air}} (\text{m/s})$	$v_{\text{air}} = 331 + 0.6t$	348.4 m/s
ความยาวคลื่นเสียงในอากาศ $\lambda_{\text{air-average}} (\text{m})$	$\lambda_{\text{air-average}}$	0.23 m
ความถี่ของเสียงในอากาศ $f_{\text{air}} (\text{Hz})$	$f_{\text{air}} = \frac{v_{\text{air}}}{\lambda_{\text{air}}}$	1514.78 Hz
ความยาวของแท่งทองแดง $L_{\text{copper}} (\text{m})$	วัดความยาวของแท่งทองแดง	1.2 m
ความยาวคลื่นของแท่งทองแดง $\lambda_{\text{copper}} (\text{m})$	$\lambda_{\text{copper}} = 2 \times L_{\text{copper}}$	2.4 m
ความถี่ของแท่งทองแดง $f_{\text{copper}} (\text{Hz})$	$f_{\text{copper}} = f_{\text{air}}$	1514.78 Hz
อัตราเร็วเสียงในแท่งทองแดง $v_{\text{copper}} (\text{m/s})$	$v_{\text{copper}} = f_{\text{copper}} \times \lambda_{\text{copper}}$	3635.48 m/s
อัตราเร็วเสียงตามทฤษฎี $v_{\text{copper-theory}} (\text{m/s})$	$v_{\text{theory}} = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$	3700 m/s
ร้อยละความคลาดเคลื่อน % error	$\% \text{ error} = \frac{ E - A }{A} \times 100$	1.74%

ตารางที่ 4-3 ผลการหาอัตราเร็วคลื่นเสียงในแท่งเหล็ก

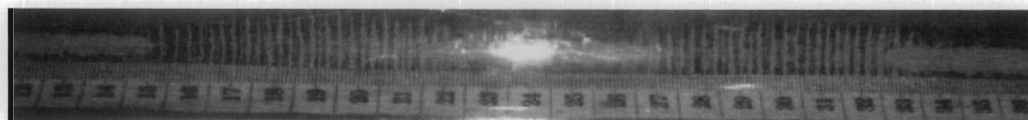
ตัวแปร	การคำนวณ	ค่าที่วัดได้
อุณหภูมิห้อง $t (^{\circ}\text{C})$	$t_{\text{average}} = \frac{t_1 + t_2}{2}$	28°C
อัตราเร็วเสียงในอากาศ $v_{\text{air}} (\text{m/s})$	$v_{\text{air}} = 331 + 0.6t$	347.8 m/s
ความยาวคลื่นเสียงในอากาศ $\lambda_{\text{air-average}} (\text{m})$	$\lambda_{\text{air-average}}$	0.17 m
ความถี่ของเสียงในอากาศ $f_{\text{air}} (\text{Hz})$	$f_{\text{air}} = \frac{v_{\text{air}}}{\lambda_{\text{air}}}$	2045.88 Hz
ความยาวของแท่งเหล็ก $L_{\text{steel}} (\text{m})$	วัดความยาวของแท่งเหล็ก	1.2 m
ความยาวคลื่นของแท่งเหล็ก $\lambda_{\text{steel}} (\text{m})$	$\lambda_{\text{steel}} = 2 \times L_{\text{steel}}$	2.4 m
ความถี่ของแท่งเหล็ก $f_{\text{steel}} (\text{Hz})$	$f_{\text{steel}} = f_{\text{air}}$	2045.88 Hz
อัตราเร็วเสียงในแท่งเหล็ก $v_{\text{steel}} (\text{m/s})$	$v_{\text{steel}} = f_{\text{steel}} \times \lambda_{\text{steel}}$	4910.11 m/s
อัตราเร็วเสียงตามทฤษฎี $v_{\text{steel-theory}} (\text{m/s})$	$v_{\text{theory}} = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$	5050 m/s
ร้อยละความคลาดเคลื่อน % error	$\% \text{ error} = \frac{ E - A }{A} \times 100$	2.77%

ตารางที่ 4-4 ผลการหาอัตราเร็วคลื่นเสียงในแท่งอลูมิเนียม

ตัวแปร	การคำนวณ	ค่าที่วัดได้
อุณหภูมิห้อง $t (^{\circ}C)$	$t_{average} = \frac{t_1 + t_2}{2}$	$28.5^{\circ}C$
อัตราเร็วเสียงในอากาศ $v_{air} (m/s)$	$v_{air} = 331 + 0.6t$	$348.1 m/s$
ความยาวคลื่นเสียงในอากาศ $\lambda_{air-average} (m)$	$\lambda_{air-average}$	$0.17 m$
ความถี่ของเสียงในอากาศ $f_{air} (Hz)$	$f_{air} = \frac{v_{air}}{\lambda_{air}}$	$2047.65 Hz$
ความยาวของแท่งอลูมิเนียม $L_{aluminum} (m)$	วัดความยาวของแท่งอลูมิเนียม	$1.2 m$
ความยาวคลื่นของแท่ง อลูมิเนียม $\lambda_{aluminum} (m)$	$\lambda_{aluminum} = 2 \times L_{aluminum}$	$2.4 m$
ความถี่ของแท่งอลูมิเนียม $f_{aluminum} (Hz)$	$f_{aluminum} = f_{air}$	$2047.65 Hz$
อัตราเร็วเสียงในแท่ง อลูมิเนียม $v_{aluminum} (m/s)$	$v_{aluminum} = f_{aluminum} \times \lambda_{aluminum}$	$4914.35 m/s$
อัตราเร็วเสียงตามทฤษฎี $v_{aluminum theory} (m/s)$	$v_{theory} = \sqrt{\frac{Y}{\rho}}$	$5,150 m/s$
ร้อยละความคลาดเคลื่อน % error	$\% error = \frac{ E - A }{A} \times 100$	4.58%



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

ภาพที่ 4-2 ลักษณะของลูกคลื่นที่เกิดจากการสั่นพ้องของคลื่นเสียงในแท่งวัสดุ (ก) ทองเหลือง (ข) ทองแดง (ค) เหล็ก และ (ง) อลูมิเนียม

แสดงตัวอย่างขั้นตอนการคำนวณอัตราเร็วเสียงในของแข็งของแท่งทองเหลือง

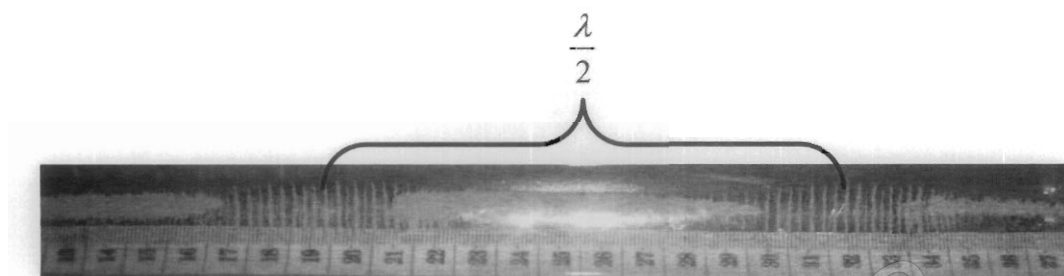
การคำนวณหาอุณหภูมิ

$$t_{average} = \frac{t_1 + t_2}{2} = \frac{29 + 29}{2} = 29^{\circ}C$$

การคำนวณหาอัตราเร็วเสียงในอากาศ

$$v_{air} = 331 + 0.6t = 331 + 0.6 \times 29 = 348.4 \text{ m/s}$$

การคำนวณหาความยาวคลื่นในอากาศดังภาพที่ 4-3



ภาพที่ 4-3 แสดงการเกิดลูกคลื่นของแท่งทองเหลือง

$$\lambda_1 = 0.24m, \lambda_2 = 0.24m, \lambda_3 = 0.25m, \lambda_4 = 0.24m, \lambda_5 = 0.23m$$

ความยาวคลื่นเฉลี่ย ($\lambda_{air-average}$)

$$\lambda_{air-average} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2 + \lambda_3 + \lambda_4 + \lambda_5}{5} = \frac{0.24 + 0.24 + 0.25 + 0.24 + 0.23}{5} = 0.24 m$$

การคำนวณหาความถี่ของเสียงในอากาศ

$$f_{air} = \frac{v_{air}}{\lambda_{air}} = \frac{348.4}{0.24} = 1451.67 \text{ Hz}$$

การคำนวณหาความยาวคลื่นในแท่งทองเหลือง

$$\lambda_{brass} = 2 \times L_{brass} = 2 \times 1.20 = 2.4 m$$

การคำนวณหาความถี่ของแท่งทองเหลืองจะเท่ากับความถี่ของเสียงในอากาศเพราะเกิดจากแหล่งกำเนิดเสียงเดียวกัน จะได้ว่า

$$f_{brass} = f_{air} = 1451.67 \text{ Hz}$$

การคำนวณหาอัตราเร็วเสียงในแท่งทองเหลือง

$$v_{brass} = f_{brass} \times \lambda_{brass} = 1451.67 \times 2.4 = 3484 \text{ m/s}$$

การคำนวณหาอัตราเร็วเสียงในแท่งทองเหลืองตามทฤษฎี

$$v_{theory} = \sqrt{\frac{Y}{\rho}} = \sqrt{\frac{104 \times 10^9}{8500}} = 3500 \text{ m/s}$$

คำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลการทดลอง สามารถคำนวณได้ดังนี้

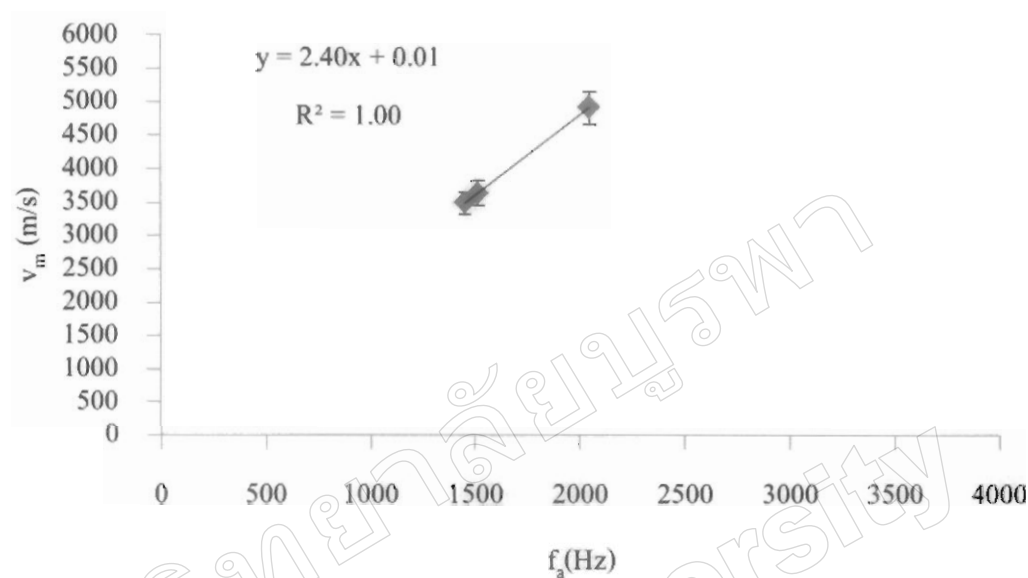
$$\text{เปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง} = \frac{|E - A|}{A} \times 100 = \frac{|3484 - 3500|}{3500} \times 100 = 0.46 \%$$

ตารางที่ 4-5 ตารางแสดงค่าความหนาแน่น ค่ายังมอดูลัสของแท่งวัสดุชนิดต่างๆ ค่าความยาวคลื่น ค่าความถี่ ค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็งที่ได้จากการทดลอง ค่าอัตราเร็วเสียงมาตรฐาน และค่าความคลาดเคลื่อนของอัตราเร็วเสียงในของแข็งที่ได้จากการทดลองเทียบกับ ค่ามาตรฐาน (DAVID T. BLACKSTOCK, 2000, pp. 461 – 463)

วัสดุ ทดสอบ	ความ หนาแน่น (kg/m^3)	ยัง มอดูลัส (GPa)	ความ ยาวคลื่น (m)	ความถี่ ที่ได้จาก การ ทดลอง (Hz)	อัตราเร็ว เสียง ในของแข็ง ที่ได้จากการ ทดลอง (m/s)	อัตราเร็ว เสียง มาตรฐาน (m/s)	%error
ทองเหลือง	8,500.00	104.00	0.24	1,451.67	3,484.00	3,500.00	0.46%
ทองแดง	8,900.00	122.00	0.23	1,514.78	3,635.48	3,700.00	1.74%
เหล็ก	7,700.00	195.00	0.17	2,045.88	4,910.11	5,050.00	2.77%
อลูมิเนียม	2,700.00	71.00	0.17	2,047.65	4,914.35	5,150.00	4.58%

จากข้อมูลตารางที่ 4-5 จะพบว่าค่าความยาวคลื่นจะแปรผกผันกับค่าความถี่และค่าความถี่ที่มากขึ้นจะทำให้ค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็งที่ได้จากการทดลองมีค่ามากขึ้นด้วย โดยค่าอัตราเร็วเสียงของทองเหลือง ทองแดง เหล็กและอลูมิเนียม ที่วัดได้มีค่าเท่ากับ 3484.00, 3635.48, 4910.11 และ 4914.35 m/s ตามลำดับ หลังจากนั้นเมื่อนำค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็งที่ได้จากการทดลองไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (David T. Blackstock, 2000) พบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเท่ากับ 0.46, 1.74, 2.77 และ 4.58% ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วเสียงในของแข็งกับค่าความถี่ที่ได้จากการทดลอง โดยแท่งวัสดุแต่ละชนิดทำการทดลองซ้ำจำนวน 5 ครั้ง ดังแสดงในภาพที่ (4-4)



ภาพที่ 4-4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วเสียงในของแข็งกับค่าความถี่ที่ได้จากการทดลอง

ภาพที่ 4-4 เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็งและความถี่ที่ได้จากการทดลอง ทั้งนี้เห็นว่าค่าอัตราเร็วเสียงและความถี่มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้นตามสมการ

$$v_m = 2.40f_a \quad (4-1)$$

จากความชันของกราฟที่ได้เท่ากับ 2.40 ถ้าเปรียบเทียบกับสมการ(2-38) $v_m = f_a 2L_m$ พบว่าค่า $2.40 = 2L_m$ ซึ่งสอดคล้องกับแท่งโลหะที่มีความยาว 1.20 m

4.2 ผลการจัดทำเอกสารประกอบชุดทดลอง

ประกอบไปด้วยคู่มือปฏิบัติการและคู่มือปฏิบัติการสำหรับครู เพื่อใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การหาอัตราเร็วเสียงในของแข็งโดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียง

ผู้วิจัยได้จัดทำคู่มือปฏิบัติการและคู่มือปฏิบัติการสำหรับครู ดังนี้

คู่มือปฏิบัติการ ประกอบด้วย (แสดงรายละเอียดดังภาคผนวก ข)

1. ใบความรู้
2. ใบงานการทดลอง

คู่มือปฏิบัติการสำหรับครู ประกอบด้วย (แสดงรายละเอียดดังภาคผนวก ก)

1. แผนการจัดการเรียนรู้
2. ใบความรู้
3. ใบงานการทดลอง

โดยนำคู่มือปฏิบัติการสำหรับครูให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบพร้อมกับอุปกรณ์การทดลองเพื่อหาค่า IOC ในส่วนของคู่มือปฏิบัติการนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างพร้อมกับอุปกรณ์การทดลองโดยใช้มาตราส่วนประมาณค่าตามวิธีของลิเคิร์ท สอบถามความคิดเห็นของนักเรียน (ดูผลในส่วนที่ 3)

4.3 ผลการตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลองกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้

ของรายวิชา

ผู้วิจัยได้ทำการตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลองกับเนื้อหาและผลการเรียนรู้ของรายวิชา ซึ่งแบ่งเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC จากดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 คน

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีการของลิเคิร์ทจากความคิดเห็นของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้จากการคำนวณและคัดเลือกด้วยวิธีการทางสถิติ

ซึ่งผู้วิจัยจะนำเสนอผลการตรวจสอบความเหมาะสมของชุดทดลองในแต่ละตอนดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การวิเคราะห์โดยใช้ดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญ

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินจากดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองเรื่อง การสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็งโดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียง โดยการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง *IOC* ซึ่งมีผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ได้ผลดังนี้

ตาราง 4-6 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดทดลองจากดุลยพินิจของผู้เชี่ยวชาญ

รายการความคิดเห็น	ดัชนี <i>IOC</i>
1. ด้านประสิทธิภาพการทดลอง	1
2. ด้านการออกแบบชุดทดลอง	0.96
3. ด้านคู่มือปฏิบัติการสำหรับครู	1
ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองทั้ง 3 ด้าน	0.99

จากตารางที่ 4-6 แสดงให้เห็นว่าความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองเรื่อง การสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็งโดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียง ในด้านประสิทธิภาพการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 ในด้านการออกแบบชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.96 ในด้านคู่มือปฏิบัติการสำหรับครูมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1 ซึ่งค่าเฉลี่ยของดัชนีความสอดคล้อง *IOC* ทั้ง 3 ด้าน มากกว่าเกณฑ์ 0.5

สรุปผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อชุดทดลองเรื่อง การสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็งโดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียง ทั้ง 3 ด้าน เท่ากับ 0.99 ซึ่งสูงกว่า 0.5 ซึ่งถือว่าชุดทดลองนี้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ *IOC*

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์โดยใช้ความคิดเห็นของนักเรียน

ผู้วิจัยได้เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบประเมินความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลองเรื่อง การสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็งโดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียง โดยใช้มาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ ตามวิธีการของลิเคิร์ท ซึ่งมีประชากรเป็นนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ แผนการเรียนปกติ ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนธรรมโชติศึกษาลัย จำนวน 82 คน ซึ่งได้จากกลุ่มตัวอย่างจากการสุ่ม

จากประชากร โดยวิธีการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม ได้กลุ่มตัวอย่างมา 1 ห้อง รวมทั้งหมด 40 คน คิดเป็นร้อยละ 48.78

ตารางที่ 4-7 ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลอง

รายการความคิดเห็น	ค่าเฉลี่ย	S.D.	ระดับความคิดเห็น
1. ด้านการออกแบบชุดทดลอง	4.62	0.48	เห็นด้วยอย่างยิ่ง
2. ด้านใบความรู้	4.49	0.54	เห็นด้วย
3. ด้านใบงานการทดลอง	4.48	0.60	เห็นด้วย
ผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลองทั้ง 3 ด้าน	4.53	0.54	เห็นด้วยอย่างยิ่ง

จากตารางที่ 4-7 แสดงให้เห็นว่าความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลองเรื่อง การสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็งโดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียง ในด้านการออกแบบชุดทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.62 ($S.D. = 0.48$) แสดงว่านักเรียนเห็นด้วยอย่างยิ่ง ในด้านใบความรู้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.49 ($S.D. = 0.54$) แสดงว่านักเรียนเห็นด้วยและในด้านใบงานการทดลองมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.48 ($S.D. = 0.60$) แสดงว่านักเรียนเห็นด้วย

สรุปผลการวิเคราะห์ความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อชุดทดลองเรื่อง การสร้างชุดทดลองเพื่อหาค่าอัตราเร็วเสียงในของแข็งโดยวิธีการสั่นพ้องของคลื่นเสียง ทั้ง 3 ด้าน เท่ากับ 4.53 ($S.D. = 0.54$) ซึ่งแสดงว่านักเรียนเห็นด้วยอย่างยิ่งกับชุดทดลองนี้