

ชุดทดลองวัดความเร็วของเสียงในอากาศ ที่อุณหภูมิต่าง ๆ

อ.มนู เฟื่องฟุ้ง¹ และ นิเทศ บุญกลิ่น²

บทนำและทฤษฎี

จากการทดลองสร้างเครื่องมือสำหรับวัดความเร็วของเสียงในอากาศ ที่อุณหภูมิห้องจนถึงอุณหภูมิประมาณ 70°C โดยอาศัยหลักการก่อกวนของเสียงในท่อปลายเปิด เพื่อให้นักศึกษาได้ใช้ทดลองศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วของเสียงกับอุณหภูมิ ผลการทดลองจากชุดเครื่องมือที่สร้างขึ้นในช่วงอุณหภูมิ 30°C ถึง 66°C ได้ผลการวัดใกล้เคียงกับการคำนวณได้ทางทฤษฎีมากโดยมีผลแตกต่างกันไม่เกิน 1.3 เปอร์เซ็นต์ การออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองคำนึงถึงความปลอดภัยโดยเลือกใช้วัสดุที่หาได้ง่ายภายในประเทศ มีความง่ายในการสร้างและวิธีการใช้งานที่สามารถทำความเข้าใจได้ง่ายเป็นสำคัญ

ในห้องทดลองทางฟิสิกส์พื้นฐานทั่วไป เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองเกี่ยวกับความเร็วของเสียงที่พบเห็นกันโดยทั่วไปมักเป็นหลอดก่อกวนชนิดในน้ำ จะมีหลอดก่อกวนของชนิดข้างแค้กไม่มากนักซึ่งทั้งสองแบบจะใช้วัดความเร็วเสียงในอากาศที่อุณหภูมิห้อง และใช้ส้อมเสียงเป็นต้นกำเนิดเสียง โดยการก่อกวนสังเกตจากการฟังเสียงหรือดูจากกระแจะห่างของกองฝุ่นในกรณีหลอดของชนิด แค้กทั้งสองแบบจะเป็นการก่อกวนในท่อปลายปิดข้างหนึ่ง

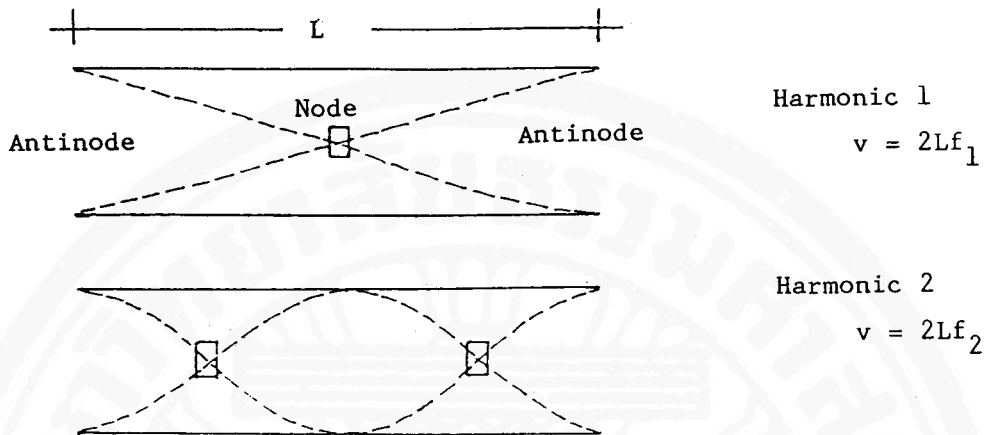
และเพื่อให้นักศึกษาได้ศึกษาการก่อกวนในท่อปลายเปิดทั้งสองด้านและความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความเร็วของเสียง จึงได้พัฒนาเครื่องมือขึ้นใหม่โดยเพิ่มเติมอุปกรณ์ให้ความร้อนด้วยไฟฟ้าใช้ลวดทองขนาดเล็กต่อกับฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์สำหรับให้เสียงที่มีความถี่ต่าง ๆ ได้ และใช้ไดนามิคไมโครโฟนเป็นตัวรับสัญญาณเสียงเข้าสู่ออสซิลโลสโคปเพื่อให้ผลการทดลองแม่นยำขึ้นทั้งนี้ได้ใช้ท่อก่อกวนที่มีท่อปลายเปิดทั้งสองด้าน

เราทราบแล้วว่าเสียงเป็นคลื่นชนิดหนึ่ง เพราะเสียงสามารถแสดงปรากฏการณ์แทรกสอด หักเห สะท้อนและเลี้ยวเบนได้ และการทดลองต่าง ๆ ยืนยันว่าเสียงเป็นคลื่นตามยาว และคลื่นตามยาวที่เกิดจากการอัดตัวของภาวในท่อหรือคลื่นเสียง จะมีการสะท้อนที่ปลายท่อเกิดเป็นคลื่นนิ่งในกรณีของท่อปลายเปิดทั้งสองข้าง อนุภาคของอากาศที่ปลายทั้งสองจะเคลื่อนที่ได้อย่างอิสระ

¹ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

² พนักงานงานวิทยาศาสตร์ประจำห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

เพราะฉะนั้นจึงคาดได้ว่าจะเกิดปฏิบัพ (Antinode) ที่ใกล้ ๆ ปลายทั้งสองข้างดังรูป



จากรูปข้างบนจะเห็นว่าความเร็วของเสียงทุกฮาร์โมนิก เป็นไปตามความสัมพันธ์

$$V = 2Lf \dots\dots\dots (1)$$

เมื่อ V = ความเร็วของเสียงในอากาศ ณ อุณหภูมิที่ทดลอง (เมตร/วินาที)

L = ระยะห่างระหว่างบัพ (Node) ที่อยู่ติดกัน (เมตร)

f = ความถี่ของคลื่นเสียง (Hz)

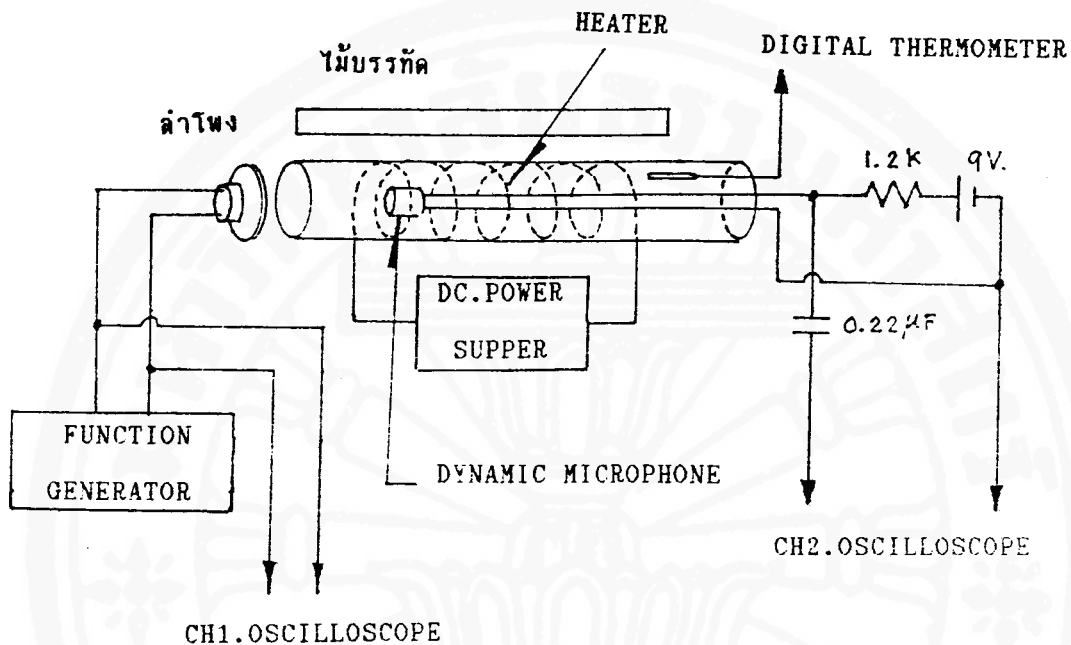
จากการศึกษาทางทฤษฎีและการทดลองนักฟิสิกส์พบว่า อัตราเร็วของเสียงในอากาศขึ้นกับอุณหภูมิด้วย เพราะเมื่ออุณหภูมิเพิ่มอัตราเร็วเฉลี่ยของโมเลกุลของอากาศจะเพิ่มขึ้นทำให้การสั่นสะเทือนสามารถถ่ายทอดไปในอากาศได้เร็วขึ้น และยังพบว่าในช่วงอุณหภูมิ -40°C ถึง 40°C อัตราเร็วของเสียงในอากาศเป็นไปตามความสัมพันธ์

$$V = 331 + 0.6t \dots\dots\dots (2)$$

เมื่อ t = อุณหภูมิของอากาศ ($^{\circ}\text{C}$)

อุปกรณ์และการทดลอง

อุปกรณ์การทดลองที่สร้างขึ้นประกอบด้วยสองส่วน คือ ท่อกำหนดปลายเปิดพร้อมหลอดความถี่ และวงจรรับส่งสัญญาณเสียง ในการทดลองต้องนำอุปกรณ์ที่สร้างขึ้นไปประกอบกับอุปกรณ์พื้นฐานอื่นได้แก่ ออสซิลโลสโคป ฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ แหล่งจ่ายไฟกระแสตรง และคิวิตอลเทอร์โมมิเตอร์ (สำหรับการทดลองสอบขึ้นต้นได้ต่อเครื่องวัดความถี่เข้าไปด้วยเพื่อต้องการทราบความถี่แท้จริงของเสียง) อุปกรณ์การทดลองทั้งหมดจัดไว้ดังแผนภาพ



แผนภาพการทดลอง

การทดลอง ตั้งความถี่ของฟังก์ชันเจนเนอเรเตอร์ประมาณ 1000 Hz พร้อมทั้งปรับขนาดของสัญญาณให้เหมาะสมโดยดูจากรูปสัญญาณจากช่องที่ 1 ในจอของออสซิลโลสโคป สัญญาณจากช่องที่ 2 จะเป็นสัญญาณที่ไมโครโฟนรับได้ จากนั้นดันคันชักไมโครโฟนออกไปจะพบว่าขนาดสัญญาณจากช่องที่ 2 จะเปลี่ยนไปแต่สัญญาณจากช่องที่ 1 จะคงที่ เมื่อเลื่อนไมโครโฟนไปจนกระทั่งสัญญาณจากช่องที่ 2 มีลักษณะใกล้เคียงเส้นตรงแสดงว่าเป็นตำแหน่งบัพ (ตำแหน่งที่คลื่นเสียงหักล้างกันหมดไป) บันทึกตำแหน่งของไมโครโฟนได้จากไม้บรรทัด หลังจากนั้นให้เลื่อนไมโครโฟนออกไปอีกจนกระทั่งพบตำแหน่งบัพอีกครั้งหนึ่ง พร้อมทั้งอ่านตำแหน่งของไมโครโฟน ผลต่างของตำแหน่งบัพทั้งสองจะเป็นครึ่งหนึ่งของความยาวคลื่นเสียงที่ใช้ทดลอง นำค่าผลต่างนี้ไปคำนวณหาความเร็วของเสียงได้จากสมการที่ (1) แล้วเปรียบเทียบกับค่าที่คำนวณจากสมการ (2) ส่วนที่อุณหภูมิอื่น ๆ ก็กระทำในลักษณะเดียวกัน

ผลการทดลองและสรุป

ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างผลการทดลองจริงที่อุณหภูมิต่างๆจากนั้นนำค่าที่คำนวณได้จากสมการ (1) ไปหาค่าความหมายด้วยการประมาณแบบกำลังสองน้อยที่สุด แล้วนำผลลัพธ์สุดท้ายไปเขียนกราฟเปรียบเทียบกันระหว่างค่าที่ได้จากการทดลองกับค่าที่คำนวณได้ทางทฤษฎี จากกราฟพบว่าที่อุณหภูมิ 40°C มีความแตกต่างกันเพียง 0.76% เปอร์เซนต์ และที่อุณหภูมิ 70°C จะให้ผลที่ต่างกัน 1.27 เปอร์เซนต์

อุณหภูมิ ($^{\circ}\text{C}$)	V จากการทดลอง	V จากการคำนวณ	ความถี่เสียง (Hz)
29.8	348	348.88	1004
40.5	356	355.3	1000
47.2	359.64	359.32	999
53.0	364	362.8	1000
60.0	368	367	1006
66.0	372.22	370.6	1006

ความสัมพันธ์ของความเร็วเสียงกับอุณหภูมิจากการทดลองเมื่อนำมาหาค่าความหมายแบบกำลังสองน้อยที่สุดเป็นดังนี้

$$V = 331 + 0.667t$$

