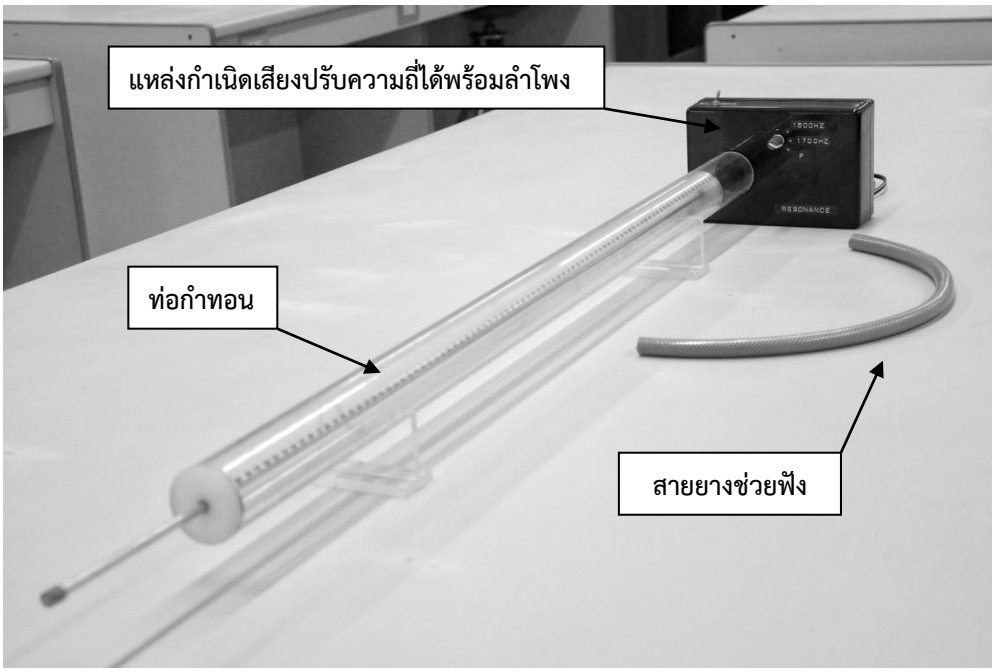
การทดลอง
กำทอนของคลื่นเสียง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการเกิดการกำทอนของคลื่นเสียงในท่อกำทอน
2. เพื่อทดลองหาอัตราเร็วของคลื่นเสียงโดยวิธีกำทอน
3. เพื่อหาความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียงที่ไม่ทราบค่า

อุปกรณ์ทดลอง

1. ท่อกำทอน 1 ชุด
2. แหล่งกำเนิดเสียงปรับความถี่ได้พร้อมลำโพง 1 ชุด
3. สายยางช่วยฟัง 1 เส้น



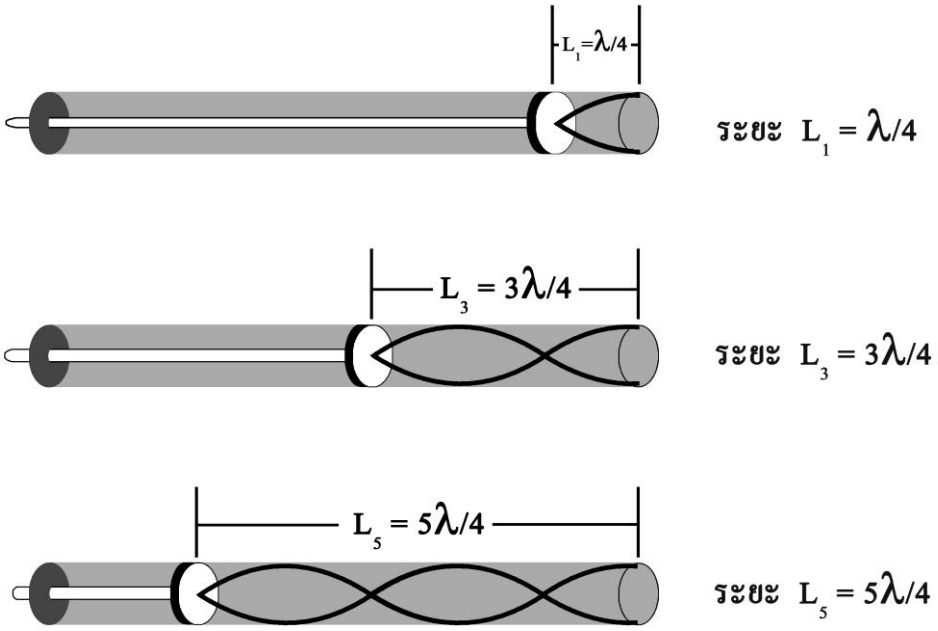
รูปที่ 1 ชุดทดลองกำทอนของคลื่นเสียง

ทฤษฎี

กำทอน (resonance) คือ การสั่นของระบบด้วยแอมพลิจูดสูงสุด เมื่อระบบถูกกระตุ้นเป็นจังหวะด้วยความถี่เท่ากับความถี่ธรรมชาติของระบบนั้นหรือที่เรียกว่า **ความถี่ธรรมชาติ** จะเกิดการกำทอนขึ้นและเรียกความถี่ขณะที่เกิดกำทอนนี้ว่า **ความถี่กำทอน** (resonant frequency)

ในการทดลองกำทอนของคลื่นเสียงจะใช้คลื่นเสียงจากลำโพงกระตุ้นอากาศในท่อให้สั่น เมื่อความถี่ของคลื่นเสียงจากลำโพงเท่ากับความถี่เสียงธรรมชาติของโมเลกุลของอากาศในท่อจะเกิดการ

กำทอนขึ้นทำให้ได้ยินเสียงดังที่สุด ลักษณะของคลื่นเสียงขณะเกิดกำทอนจะเป็น**คลื่นนิ่ง** (standing waves) ที่เกิดจาก**การรวม** (superposition) ของคลื่นที่เคลื่อนที่ตกกระทบบนลูกสูบที่เป็นปลายปิดและคลื่นที่สะท้อนกลับ โดยปลายปิดของท่อเป็น**บัพ** (node) และปลายเปิดของท่อเป็น **ปฏิบัพ** (antinode) ซึ่งสามารถเกิดได้หลายรูปแบบ (modes) ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 การเกิดกำทอนของคลื่นเสียงในท่อกำทอน

พิจารณารูปที่ 2 จะเห็นว่าคลื่นเสียงเกิดกำทอนเมื่อความยาวของลำอากาศ (L_n) ในท่อกำทอนเป็น $\lambda/4$, $3\lambda/4$, $5\lambda/4$, ... ตามลำดับ เมื่อ λ เป็นความยาวคลื่นของคลื่นเสียง

ดังนั้นความยาวของลำอากาศที่ทำให้เกิดการกำทอนเขียนได้ดังสมการ

$$L_n = n\left(\frac{\lambda}{4}\right)$$ เมื่อ n เป็นเลขคี่ = 1,3,5,... .....(1)

และจากความถี่ของคลื่น $f = \frac{v}{\lambda}$ เมื่อ v เป็นอัตราเร็วของคลื่นเสียง

ทำให้ได้ความถี่กำทอน $f = n\left(\frac{v}{4L_n}\right)$ เมื่อ n เป็นเลขคี่ = 1,3,5,... .....(2)

วิธีการทดลอง

<u>ตอนที่ 1</u> การหาอัตราเร็วของคลื่นเสียงในอากาศโดยวิธีกำทอน

1. อ่านค่าอุณหภูมิห้องจากเทอร์โมมิเตอร์ในห้องปฏิบัติการ บันทึกในรายงานผลการทดลอง
2. จัดชุดอุปกรณ์ดังรูปที่ 1 โดยให้ลูกสูบอยู่ชิดปลายท่อที่ประกบใกล้ลำโพงเสียง
3. เสียบปลั๊กไฟฟ้าของแหล่งกำเนิดเสียงเข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ 220 V
4. ปรับความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียงไว้ที่ 1,500 Hz
5. เปิดสวิตซ์ของแหล่งกำเนิดเสียง
6. ดึงแกนลูกสูบให้ลูกสูบเลื่อนออกจากลำโพงอย่างช้าๆ พร้อมกับฟังเสียงที่ปลายเปิดของท่อใกล้ลำโพง จนได้ยินเสียงดังที่สุด (อาจใช้สายยางช่วยในการฟังเสียง) แล้วบันทึกตำแหน่งของปลายลูกสูบที่ทำให้ได้ยินเสียงดังที่สุดตำแหน่งแรก (ระยะที่ได้คือ L_1) โดยอ่านจากสเกลบนท่อกำทอน จากนั้นดึงลูกสูบออกจากลำโพงเรื่อยๆ จนได้ยินเสียงดังที่สุดถัดๆ ไป บันทึกตำแหน่งของปลายลูกสูบที่ทำให้ได้ยินเสียงดังที่สุดเป็น L_3, L_5, L_7 และ L_9 ตามลำดับ
7. คำนวณหาความยาวคลื่นเสียง (λ) โดย $L_3 - L_1 = (3\lambda/4) - (\lambda/4) = \lambda_1/2$ ดังนั้น $\lambda_1 = 2(L_3 - L_1)$ ในทำนองเดียวกัน $\lambda_2 = 2(L_5 - L_3)$, $\lambda_3 = 2(L_7 - L_5)$ และ $\lambda_4 = 2(L_9 - L_7)$
8. คำนวณหาค่าความยาวคลื่นเสียงเฉลี่ย $\bar{\lambda} = (\lambda_1+\lambda_2+\lambda_3+\lambda_4)/4$ แล้วบันทึกในรายงานผลการทดลอง
9. ทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ 2–8 แต่ปรับความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียงไว้ที่ 1,700 Hz
10. คัดลอกค่าความยาวคลื่นเสียงเฉลี่ยที่ได้จากการใช้ค่าความถี่ทั้งสองลงในใบรายงานผลการทดลอง
11. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง $1/\bar{\lambda}$ และความถี่ (f) จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยให้ $1/\bar{\lambda}$ อยู่ในแกนนอน และความถี่ f อยู่ในแกนตั้ง
12. หาความชันของกราฟ ซึ่งค่าที่ได้คือ อัตราเร็วของเสียงจากการทดลอง ($v_{experiment}$)
13. คำนวณหาอัตราเร็วของเสียงจากทฤษฎี โดยใช้สมการของก๊าซอุดมคติ ดังนี้

    $v_{theory} = (331 + 0.606T)$ m/s เมื่อ T เป็นค่าอุณหภูมิขณะทดลองในหน่วย °C
14. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของอัตราเร็วเสียงที่ได้จากการทดลองเทียบกับค่าที่ได้จากทฤษฎี

<u>ตอนที่ 2</u> การหาความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียงที่ไม่ทราบค่า

1. ทำการทดลองเช่นเดียวกับตอนที่ 1 ตั้งแต่ข้อ 2–8 แต่ปรับความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียงไว้ที่ตำแหน่ง F ซึ่งจะทำให้ได้ค่า $\bar{\lambda}$
2. คำนวณหาความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียงจากการทดลอง โดยใช้อัตราเร็วของเสียงจากการทดลองตอนที่ 1 และ $\bar{\lambda}$ ที่ได้จากการทดลองในตอนที่ 2 ตามสมการ $F = v_{experiment} / \bar{\lambda}$
3. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของความถี่ของแหล่งกำเนิดเสียง