

ปฏิบัติการที่ 7

การสั่นพ้องของเสียงในหลอดแก้ว

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการสั่นพ้องของเสียง
2. เพื่อหาอัตราเร็วของเสียงในอากาศ
3. เพื่อหาความถี่ของส้อมเสียง ด้วยหลักการสั่นพ้องของเสียง

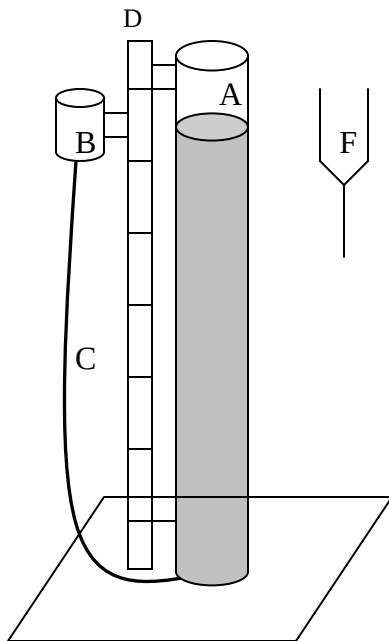
อุปกรณ์

ชุดทดลองหลอดเรโซแนนซ์ น้ำ ส้อมเสียงที่ทราบค่าความถี่และไม่ทราบค่าความถี่พร้อมที่เคาะ เทอร์โมมิเตอร์

ทฤษฎี

เมื่อมีแรงแบบมีคาบมาทำให้วัตถุสั่น ถ้าความถี่ของแรงเท่ากับความถี่ธรรมชาติของการสั่นของวัตถุ จะทำให้วัตถุมีแอมพลิจูดของการสั่นมากที่สุด การสั่นของวัตถุเช่นนี้เรียกว่า “การสั่นพ้อง”

ชุดการทดลองดังรูปที่ 7.1 ใช้แสดงการสั่นพ้องของเสียงที่เคลื่อนที่ไปในลำอากาศในหลอดเรโซแนนซ์ได้ โดยจะได้ยินเสียงดังที่สุดในขณะเกิดการสั่นพ้องของเสียง



รูปที่ 7.1 อุปกรณ์ทดลองกำหนดในหลอดแก้ว

จากรูป A เป็นหลอดแก้วทรงกระบอกปลายเปิดตอนบน มีรัศมีหลอด r คงที่ บรรจุน้ำจำนวนหนึ่ง B เป็นกระป๋องใส่น้ำปรับให้เลื่อนขึ้นลงได้ ใช้สำหรับปรับระดับน้ำในหลอด A เพื่อทำให้ความยาวของลำอากาศเหนือระดับน้ำในหลอด A เปลี่ยนแปลง ส่วน C เป็นสายยางเชื่อมหรือถ่ายเทน้ำระหว่างกระป๋อง B กับหลอด A ส่วน D เป็นสเกลไม้เมตรบอกตำแหน่งระดับน้ำในหลอด A สำหรับ F เป็นส้อมเสียงใช้เคาะทำให้เกิดคลื่นเสียง

การทำให้เกิดการสั่นพ้องของเสียงเมื่อมีคลื่นเสียงเคลื่อนที่ไปในลำอากาศในหลอด A ทำได้โดยจ่อส้อมเสียงที่เคาะแล้วให้อยู่เหนือปากหลอด A จากนั้นปรับระดับน้ำในหลอด A เพื่อให้ความ

ยาวของลำอากาศเหนือระดับน้ำในหลอด A เปลี่ยนแปลงจนพอดีทำให้การสั่นของอนุภาคอากาศในท่อมีแอมพลิจูดสูงสุด ซึ่งสังเกตจากการได้ยินเสียงดังที่สุด

การปรับความยาวของลำอากาศในหลอด A ที่พอดีทำให้เกิดกำหนดของเสียงทำได้หลายค่า โดยค่าที่น้อยที่สุดทำให้เกิดคลื่นนิ่งในลำอากาศ ซึ่งมีแอมพลิจูดของการกระจัดของอนุภาคอากาศที่ปลายหลอดมีค่ามากที่สุดดังกราฟ ระหว่างการกระจัดของอนุภาคอากาศกับตำแหน่งต่างๆ ตามความยาวของหลอดดังรูปที่ 7.2 (ก) เรียกว่า “การสั่นพ้องครั้งที่หนึ่ง”

จากรูปที่ 7.2 (ก) การกระจัดสูงสุดของอนุภาคอากาศอยู่เหนือปากท่อเล็กน้อย นั่นคือ ความยาวของลำอากาศให้เป็น I_1 จะมีค่าประมาณ $1/4$ ของความยาวคลื่น ซึ่งเขียนได้ว่า

$$I_1 + \text{ค่าแก้} = \frac{\lambda}{4}$$

ค่าแก้มีค่าเท่ากับ $0.6r$ เมื่อ r เป็นรัศมีของรูหลอด นั่นคือจะได้ว่า

$$I_1 + 0.6r = \frac{\lambda}{4} \quad (7.1)$$

ความยาวของลำอากาศค่าต่อไปที่ทำให้เกิดการสั่นพ้องอีกครั้งหนึ่งเป็นดังรูปที่ 7.2 (ข) เรียกการสั่นพ้องครั้งที่สอง ถ้าให้ความยาวนี้เป็น I_2 จะเขียนได้เช่นเดียวกับ I_1 เป็น

$$I_2 + 0.6r = \frac{3\lambda}{4} \quad (7.2)$$

จากสมการ (7.1) และ (7.2) จะได้ $I_2 - I_1 = \frac{\lambda}{2}$ หรือ $\lambda = 2(I_2 - I_1) = 2d$ เมื่อ

$d = I_2 - I_1 =$ ผลต่างของความยาวลำอากาศที่เกิดจากการสั่นพ้องครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2

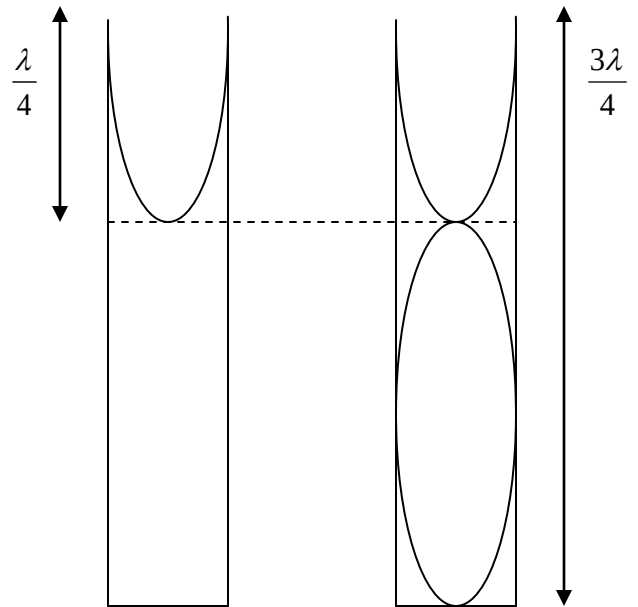
จากความสัมพันธ์ระหว่างอัตราเร็วเสียง V กับความยาวคลื่น λ ดังสมการ $V = f\lambda$ เมื่อ f เป็นความถี่ของเสียง จะได้ว่า

$$V = f(2d) = 2fd \quad (7.3)$$

ค่าอัตราเร็วเสียง V ในการทดลองนี้เป็นค่าอัตราเร็วเสียงในอากาศ สามารถหาได้จากค่าอุณหภูมิ t ตามสมการ

$$V = 331.45 + 0.6T \quad (7.4)$$

เมื่อ T มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส และ V มีหน่วยเป็นเมตรต่อวินาที



รูปที่ 7.2 การสั่นพ้องแต่ละครั้ง

จากสมการ (7.4) แสดงว่า ถ้าทำการทดลอง ณ อุณหภูมิเดียวกัน อัตราเร็วของเสียงยังมีค่าเท่ากัน นั่นคือในการนำส้อมเสียงสองตัวที่มีความถี่เป็น f และ f' มาเคาะแล้วทำการทดลองจนได้ผลต่างของความยาวของลำอากาศที่เกิดการสั่นพ้องครั้งที่ 1 และครั้งที่ 2 ของส้อมเสียง f เป็น d และของส้อมเสียง f' เป็น d' จะได้ว่า

$$V = 2fd = 2fd'$$

$$f' = f\left(\frac{d}{d'}\right) \quad (7.5)$$

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 หาอัตราเร็วของเสียงในอากาศ

1. จัดชุดทดลองดังรูปที่ 7.1 โดยเลื่อนกระป๋อง B เพื่อทำให้ระดับน้ำในหลอด A อยู่ที่ตำแหน่งใกล้เคียงปากหลอด
2. เคาะส้อมเสียงที่ทราบค่าความถี่ f แล้วนำไปจ่อเหนือปากหลอด A เล็กน้อย และระวังอย่าให้แตะปากหลอด ขณะเดียวกันปรับความยาวของลำอากาศในหลอด A ให้เพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ โดยเลื่อนกระป๋อง B ลงช้า ๆ จนได้ความยาวพอดีทำให้เกิดกำหนดของเสียงครั้งหนึ่ง เป็น I_1 โดยสังเกตจากการได้ยินเสียงดังที่สุด บันทึกตำแหน่งระดับน้ำในหลอด A ให้เป็นตำแหน่ง I_1 บันทึกผล
3. ปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 2 แต่ในตอนนี้ปรับความยาวของลำอากาศในหลอด A เพิ่มขึ้นอีก (เลื่อนกระป๋อง B ลงไปอีก) ให้พอดีเกิดกำหนดเสียงครั้งที่สอง บันทึกตำแหน่งระดับน้ำในหลอด A เป็นตำแหน่ง I_2 บันทึกผล
4. ทำการทดลองซ้ำใหม่ (ตามข้อ 2 และ 3) อีก 2 ครั้ง บันทึกผล
5. หาค่า $d = (I_2 - I_1)$ แต่ละครั้ง และหาค่าเฉลี่ยและความคลาดเคลื่อน d บันทึกผล
6. อ่านและบันทึกค่าความถี่ f ของส้อมเสียงที่ใช้ทดลอง (ดูที่ส้อมเสียง)
7. ใช้ค่าเฉลี่ยของ d คำนวณหาค่าอัตราเร็วของเสียง V จากสมการ (7.3)
8. บันทึกค่าอุณหภูมิ T ของอากาศในหลอดและใช้ค่านี้คำนวณหาค่าอัตราเร็วของเสียงจากสมการ (7.4) แล้วเปรียบเทียบค่าอัตราเร็ว V ที่ได้นี้กับอัตราเร็ว V ที่ได้ในข้อ 7 หา % ความแตกต่าง

ตอนที่ 2 หาความถี่ของส้อมเสียงที่ไม่ทราบค่า

1. นำส้อมเสียงที่ต้องการหาความถี่ มาทำการทดลองเหมือนข้อ 1-5 ของตอนที่ 1 โดยบันทึกค่าผลต่างความยาวของลำอากาศที่เกิดการสั่นพ้องครั้งที่หนึ่งและครั้งที่สอง เป็น d' ให้ทดลองให้ได้ค่า d' 3 ค่า แล้วหาค่าเฉลี่ยของ d' และความคลาดเคลื่อน
2. คำนวณหาความถี่ของส้อมเสียง f' ตามสมการ 7.5 โดยใช้ค่าเฉลี่ยของ d' ซึ่งหาได้จากการทดลองข้อ 1 (ใช้ค่า f และค่าเฉลี่ยของ d ในตอนที่ 1)
3. อ่านค่าความถี่ของส้อมเสียง(จากตัวเลขที่บันทึกบนส้อมเสียง) บันทึกผล
4. เปรียบเทียบ f' จากการทดลองกับค่าจริง ๆ แล้วหาความคลาดเคลื่อน เป็นเปอร์เซ็นต์

บันทึกผลปฏิบัติการที่ 7

การสั่นพ้องของเสียงในหลอดแก้ว

ชื่อ สกุล รหัส คณะ

วันที่ เดือน พ.ศ. 25..... กลุ่มที่ ทดลองครั้งที่

ผู้ร่วมงาน รหัส

ผู้ร่วมงาน รหัส

ตอนที่ 1 หาอัตราเร็วเสียงในอากาศ

อุณหภูมิอากาศบริเวณทดลอง $T = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots (.....)$

ความถี่ของส้อมเสียงที่ใช้ทดลอง $f = \dots\dots\dots \pm \dots\dots\dots (.....)$

ครั้งที่	ตำแหน่งกำหนด ครั้งที่ 1 (I_1) (.....)	ตำแหน่งกำหนด ครั้งที่ 2 (I_2) (.....)	ผลต่างความยาวลำ อากาศในท่อ (d) (.....)	ค่าเฉลี่ยและคาด เคลื่อนของ d
1				
2				
3				

ความเร็วเสียงในอากาศคำนวณได้ตามสมการ(7.3) เท่ากับ..... $\pm$ (.....)

แสดงการคำนวณ

.....

.....

.....

ความเร็วเสียงในอากาศคำนวณได้ตามสมการ(7.4) เท่ากับ..... $\pm$ (.....)

แสดงการคำนวณ.....

.....

.....

% ความแตกต่างเท่ากับ

แสดงการคำนวณ.....

.....

ตอนที่ 2 หาความถี่เสียงที่ไม่ทราบค่า

ครั้งที่	ตำแหน่งกำหนด ครั้งที่ 1 (I_1) (.....)	ตำแหน่งกำหนด ครั้งที่ 2 (I_2) (.....)	ผลต่างความยาวลำ อากาศในท่อ (d') (.....)	ค่าเฉลี่ยและค่า เคลื่อนของ d'
1				
2				
3				

ความถี่เสียงคำนวณได้ตามสมการ(7.5) เท่ากับ..... $\pm$(.....)

แสดงการคำนวณ

.....

.....

ความถี่จริงเสียง = (.....)

%ความคลาดเคลื่อน =

แสดงการคำนวณ

.....

.....

วิเคราะห์ผลการทดลองตอนที่ 1 และ 2

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายการทดลอง

- จงอธิบายให้ชัดเจนว่า เหตุใดเราจึงสามารถเป่าลมผ่านปากขวด ให้เกิดเสียงดังได้
- เรานำความรู้เรื่อง คลื่นนิ่งและการกำหนด ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน ได้อย่างไร