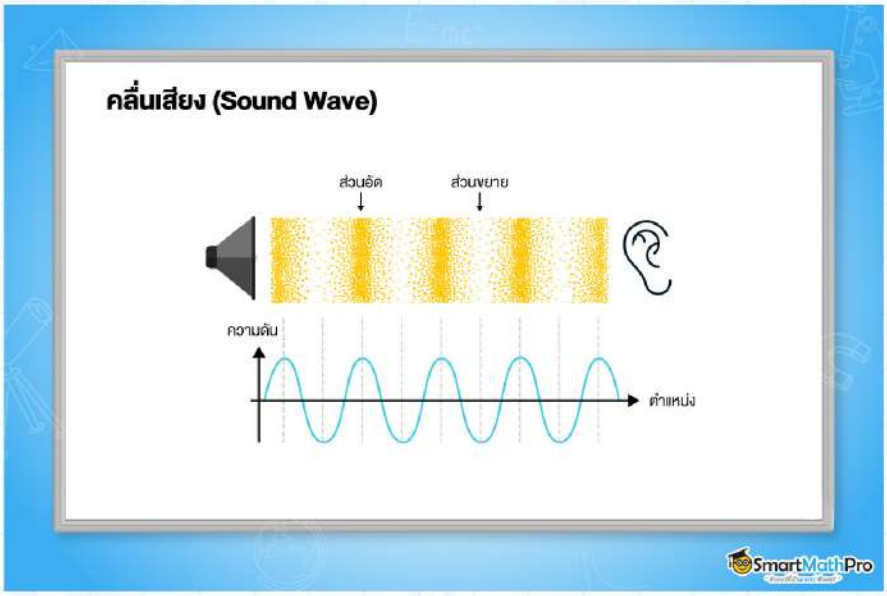
เสียง

ธรรมชาติของเสียง

คลื่นเสียง (sound wave)

คลื่นเสียง (sound wave) เป็นคลื่นกลและคลื่นตามยาว ซึ่งเกิดจากการถ่ายทอดพลังงานจากการสั่นสะเทือนของแหล่งกำเนิดเสียงผ่านโมเลกุลของตัวกลาง (ส่วนใหญ่คืออากาศ) ไปยังผู้รับ เมื่อคลื่นเสียงเดินทางมาถึงหูของเรา อวัยวะรับเสียงอันซับซ้อนของเราจะทำหน้าที่รับการสั่นสะเทือนและแปลงให้เป็นสัญญาณไฟฟ้า ก่อนส่งต่อไปยังสมองเพื่อประมวลผล จนในที่สุดเราก็สามารถรับรู้และเข้าใจเสียงต่าง ๆ ที่ได้ยิน



อัตราเร็วเสียง

อัตราเร็วเสียง หาได้จาก $v = \frac{s}{t}$ หรือ $v = f\lambda$

เมื่อ v คือ อัตราเร็วเสียง มีหน่วยเมตรต่อวินาที $(\mathrm{m/s})$

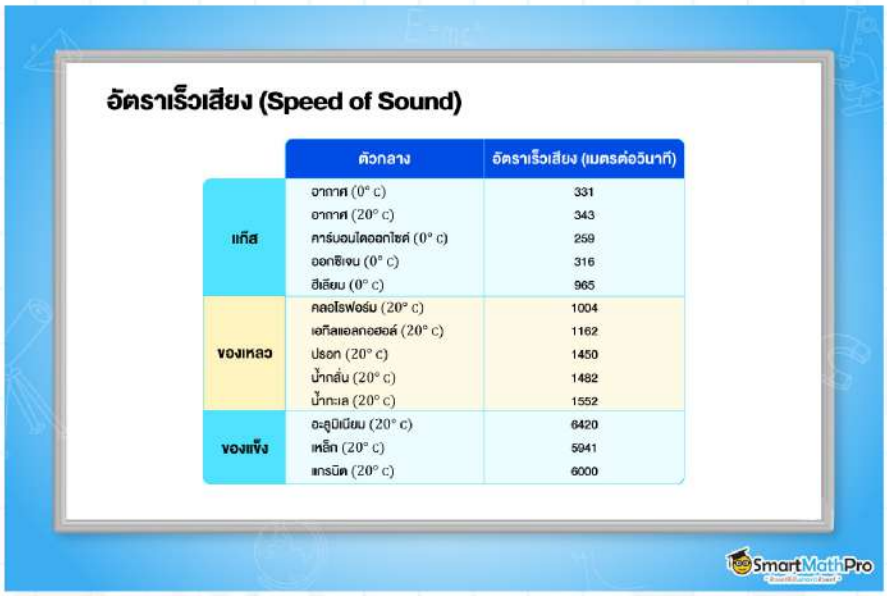
s คือ ระยะทางที่เสียงเคลื่อนที่ได้ มีหน่วยเมตร (m)

t คือ เวลา มีหน่วยวินาที (s)

f คือ ความถี่เสียง มีหน่วยเฮิรตซ์ (Hz)

λ คือ ความยาวคลื่น มีหน่วยเมตร (m)

ในการเดินทางของคลื่นเสียง อัตราเร็วของเสียงไม่ได้มีค่าคงที่เสมอไป แต่แปรผันตามปัจจัยสำคัญ สองประการ คือ คุณสมบัติของตัวกลางและอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อม



ในกรณีที่เสียงเคลื่อนที่ผ่านอากาศ อัตราเร็วเสียงขึ้นกับอุณหภูมิของอากาศ ตามความสัมพันธ์

$v \propto \sqrt{T_K}$ เมื่อ T_K คือ อุณหภูมิของอากาศในหน่วยเคลวิน (K)

เพื่อความสะดวกจึงมีการแปลงสมการให้อยู่ในหน่วย องศาเซลเซียส

$$v = 331 + 0.6t_C$$

สมการนี้ สามารถใช้คำนวณได้ในช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ -50 ถึง 50 องศาเซลเซียส

ตัวอย่างที่ 1

หากมองเห็นฟ้าแลบและได้ยินเสียงฟ้าร้องหลังจากนั้น 5 วินาที จงคำนวณว่าตำแหน่งที่เกิดฟ้าแลบอยู่ห่างจากจุดที่สังเกตกี่เมตร โดยกำหนดให้อุณหภูมิของอากาศขณะนั้นเป็น 25 องศาเซลเซียส

วิธีทำ:

1. คำนวณอัตราเร็วของเสียงในอากาศที่อุณหภูมิ 25°C

$v = 331 + 0.6t_C = 331 + (0.6)(25) = 331 + 15 = 346$ เมตรต่อวินาที

2. หาตำแหน่งที่เกิดฟ้าแลบ :

$s = vt = 346 \times 5 = 1{,}730$ เมตร

ตอบ ตำแหน่งที่เกิดฟ้าแลบอยู่ห่างจากจุดที่สังเกต 1,730 เมตร

พฤติกรรมของเสียง

คลื่นเสียงแสดงพฤติกรรม 4 อย่าง ได้แก่ การสะท้อน การหักเห การเลี้ยวเบน และการแทรกสอด เช่นเดียวกับคลื่นอื่น ๆ

1. การสะท้อนของเสียง คลื่นเสียงเคลื่อนที่ไปพบสิ่งกีดขวางแล้วจะเคลื่อนที่กลับมาในตัวกลางเดิม

ข้อควรรู้เกี่ยวกับการสะท้อนของเสียง

- เสียงที่ไปกระทบกับวัตถุแล้วสะท้อนกลับมาใช้เวลามากกว่า **0.1 วินาที** ซึ่งภายในเวลาดังกล่าวหูของเราสามารถแยกเสียงทั้งสองออกจากกันได้อย่างชัดเจน ทำให้เกิดการได้เสียงครั้งต่อไปได้ เรียกว่า **เสียงสะท้อนกลับ (echo)**
- เสียงที่ไปกระทบกับวัตถุแล้วสะท้อนกลับมาใช้เวลา**น้อยกว่า 0.1 วินาที** หูจะไม่สามารถแยกเสียงทั้งสองครั้งได้ เสียงที่ได้ยิน เรียกว่า **การกังวาน (reverberation)**

2. การหักเหของเสียง เกิดขึ้นเมื่อคลื่นเสียงเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่ง โดยคลื่นเสียงที่เคลื่อนผ่านตัวกลางใหม่จะมีอัตราเร็วเปลี่ยนไป แต่**ความถี่คงเดิม**

3. การเลี้ยวเบนของเสียง เกิดขึ้นเมื่อคลื่นเสียงเดินทางอ้อมสิ่งกีดขวาง โดยคลื่นจะแผ่กระจายออกจากขอบของสิ่งกีดขวางไปยังด้านหลังของสิ่งกีดขวาง

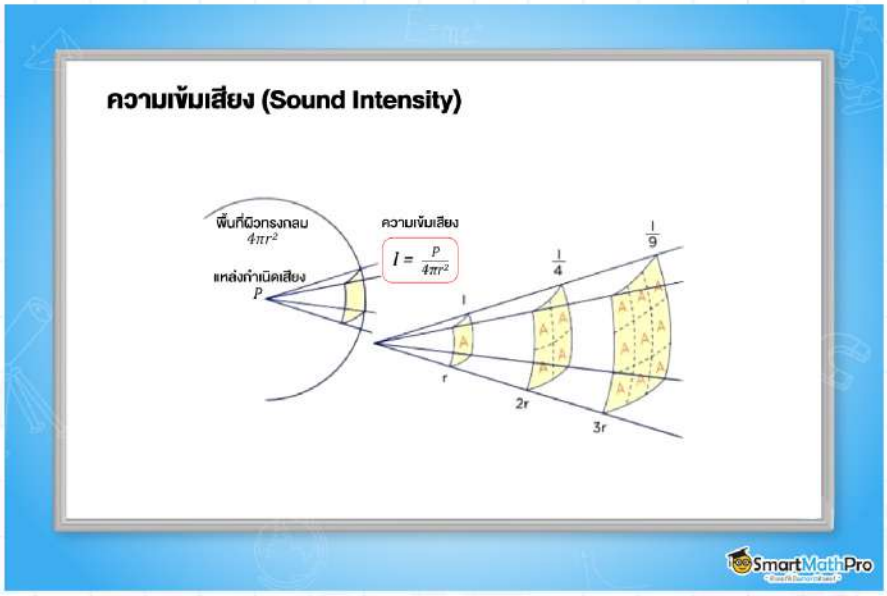
4. การแทรกสอดของเสียง เกิดขึ้นเมื่อคลื่นเสียงสองขบวนเคลื่อนที่มาซ้อนทับกัน ทำให้เกิดเสียงดัง – ค่อยสลับกันไป

SmartMathPro × PHYSICS FARM

การได้ยินเสียง

ความเข้มเสียง (Sound Intensity)

ความเข้มเสียง (Sound Intensity) หมายถึง พลังงานเสียงที่ตกกระทบต่อพื้นที่ตั้งฉาก 1 ตารางหน่วย ในเวลา 1 วินาที แทนด้วยสัญลักษณ์ I



คำนวณได้จากสมการ

$$I = \frac{P}{A} = \frac{P}{4\pi r^2}$$

เมื่อ I คือ อัตราเร็วเสียง มีหน่วยเมตรต่อวินาที $(\mathrm{W/m^2})$

P คือ กำลังเสียง มีหน่วยวัตต์ (W)

A คือ พื้นที่ที่เสียงเคลื่อนที่ผ่านในทิศตั้งฉาก มีหน่วยตารางเมตร $(\mathrm{m^2})$

r คือ รัศมีวงกลม มีหน่วยเมตร (m)

ข้อควรรู้

- ความเข้มเสียงต่ำสุดที่หูมนุษย์สามารถได้ยิน (เสียงเบา) คือ $I_0 = 10 - 12\ \mathrm{W/m^2}$
- ความเข้มเสียงสูงสุดที่หูมนุษย์สามารถทนฟังได้ (เสียงดัง) คือ $I_{Max} = 1\ \mathrm{W/m^2}$
- ความเข้มเสียงสูงสุดมีค่า 10^{12} เท่าของความเข้มเสียงต่ำสุด

ความแตกต่างระหว่างความเข้มเสียงทั้งสองนั้นกว้างมาก เพื่อเป็นการลดช่วงที่กว้างนี้ลง จึงพิจารณาการได้ยินจาก “ระดับเสียง” แทน

ระดับเสียง

ระดับเสียง (Sound Level) เป็นปริมาณที่บอกความดังของเสียง แทนด้วยสัญลักษณ์ คำนวณได้จากสมการ

$$\beta = 10log\frac{I}{I_0}$$

โดย β คือ ระดับเสียง มีหน่วยเดซิเบล (dB)

I คือ ความเข้มเสียงที่พิจารณา มีหน่วยวัตต์ต่อตารางเมตร (W/m^2)

I_0 คือ ความเข้มเสียงอ้างอิง มีค่าเท่ากับ 1×10^{-12} วัตต์ต่อตารางเมตร

ตัวอย่างที่ 2

วิทยุเครื่องหนึ่งกำลังส่งเสียงเพลงภายในห้อง หากผู้ฟังยืนอยู่ห่างจากวิทยุเป็นระยะทาง 1 เมตร จงคำนวณระดับเสียง ณ ตำแหน่งดังกล่าว โดยกำหนดให้กำลังเสียงของวิทยุเท่ากับ $4\pi\times10^{-3}$

วิธีทำ:

1. คำนวณความเข้มเสียง (I) :

$$I = \frac{P}{A} = \frac{4\pi\times10^{-3}}{4\pi(1)^2} = 1 \times 10^{-3}\,W/m^2$$

2. คำนวณระดับเสียง (β) :

$$\beta = 10log\frac{I}{I_0} = 10log\frac{1\times10^{-3}}{1\times10^{-12}} = 10log10^9 = 9 \times 10log10 = 9 \times 10 = 90\,dB$$

ตอบ ระดับเสียงที่ตำแหน่งห่างจากวิทยุ 1 เมตร เท่ากับ 90 เดซิเบล (dB)

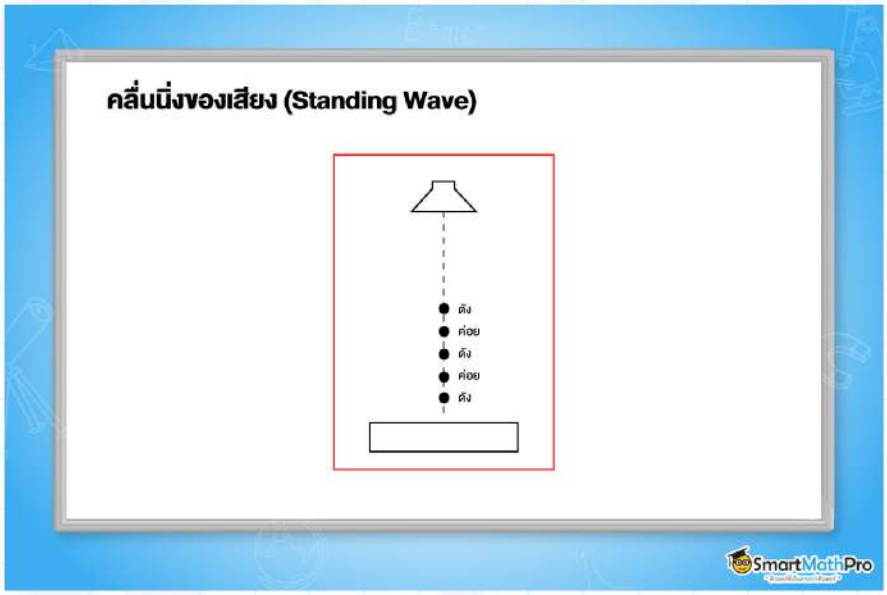
SmartMathPro × PHYSICS FARM

ปรากฏการณ์เกี่ยวกับเสียง

คลื่นนิ่งของเสียง

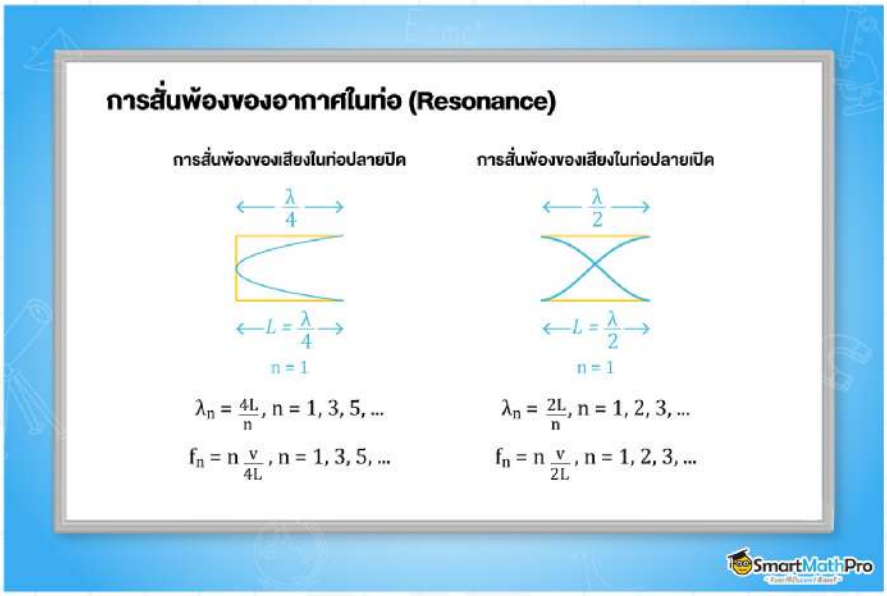
คลื่นนิ่งเกิดจากการแทรกสอดของคลื่นเสียง 2 ขบวน ที่มีความยาวคลื่นเท่ากัน แต่มีทิศทางตรงข้าม สำหรับกรณีคลื่นเสียงสามารถเกิดคลื่นนิ่งได้ สามารถศึกษาได้โดยใช้เสียงจากลำโพงเคลื่อนที่ไปกระทบกับโต๊ะ ทำให้เกิดคลื่นสะท้อนกลับมาแทรกสอดกับคลื่นตกกระทบเป็นคลื่นนิ่ง

เมื่อฟังเสียง ณ ตำแหน่งต่าง ๆ โดยใช้ท่อรับฟัง จะได้ยินเสียงดัง – ค่อยสลับกันไประหว่างโต๊ะจนถึงลำโพงโดย **จุดบัพ (Node)** ตำแหน่งเสียงค่อยและ**จุดปฏิบัพ (Antinode)** เป็นตำแหน่งเสียงดัง



การสั่นพ้องของเสียง

เมื่อแหล่งกำเนิดเสียงส่งเข้าไปในท่อ จะทำให้เกิดการแทรกสอดเป็นคลื่นนิ่ง
แต่ถ้าความถี่กระตุ้นตรงกับความถี่ธรรมชาติ ของโมเลกุลอากาศในท่อ จะทำให้อากาศในท่อสั่นอย่างรุนแรง (แอมพลิจูดสูง) และเกิดเสียงดังมากจากการสั่นพ้อง โดยการศึกษาเรื่องคลื่นนิ่งของเสียง นิยมใช้ท่อปลายปิดและท่อปลายเปิด จะได้ความสัมพันธ์ ดังนี้



โดย f_n คือ ความถี่การสั่นพ้องซึ่งเป็น เท่าของความถี่มูลฐาน (Hz)

v คือ อัตราเร็วเสียงในอากาศ (m/s)

L คือ ความยาวของลำอากาศในท่อ (m)

ข้อควรรู้

- สำหรับการสั่นพ้องของเสียงในหลอดเรโซแนนซ์ซึ่งปรับความยาวได้ การสั่นพ้องจะเกิดขึ้นทุกระยะ $\frac{\lambda}{2}$

คำศัพท์ของความถี่

ความถี่มูลฐาน (Fundamental) คือ ความถี่ต่ำสุดของคลื่นนิ่ง
โอเวอร์โทน (Overtone) คือ ความถี่ถัดจากความถี่มูลฐาน
ฮาร์มอนิก (Harmonic) คือ ตัวเลขที่บอกว่าความถี่นั้นเป็นกี่เท่าของความถี่มูลฐาน(ตัว n ในสูตร)

ตัวอย่างที่ 3 ท่อปลายปิดหนึ่งด้านมีความยาว 1 เมตร ถ้าความเร็วของเสียงในอากาศมีค่าเท่ากับ 340 เมตรต่อวินาที ความถี่มูลฐานมีค่าเท่าใด

วิธีทำ:

ความถี่มูลฐาน คือ f_1 จะได้ว่า $f_n = n\frac{v}{4L}$

$$f_1 = (1)\frac{340}{4(1)}$$

$$f_1 = 85 \text{ Hz}$$

ตอบ ความถี่มูลฐานเท่ากับ 85 Hz

SmartMathPro × PHYSICS FARM

บีต

บีต(beat) เกิดขึ้นเมื่อมีเสียง 2 เสียงที่แอมพลิจูดเท่ากัน แต่ความถี่ใกล้ ๆ กันมาเจอกัน เหมือนคลื่นสองลูกมาซ้อนทับกัน ผลที่ได้คือจะเกิดเสียงดัง-เบาสลับกันเป็นจังหวะ ซึ่งหาได้จาก

$$f_b = |f_1 - f_2|$$

หูของเราสามารถความถี่บีตได้มากที่สุด 7 Hz** ถ้ามากกว่านี้จะแยกไม่ออก

โดย f_b คือ ความถี่บีต (Hz)

f_1 คือ อัตราเร็วเสียงในอากาศ (Hz)

f_2 คือ ความยาวของลำอากาศในท่อ (Hz)

ตัวอย่างที่ 4

ถ้าเสียงแรกมีความถี่ 440 Hz อีกเสียงมีความถี่ 442 Hz

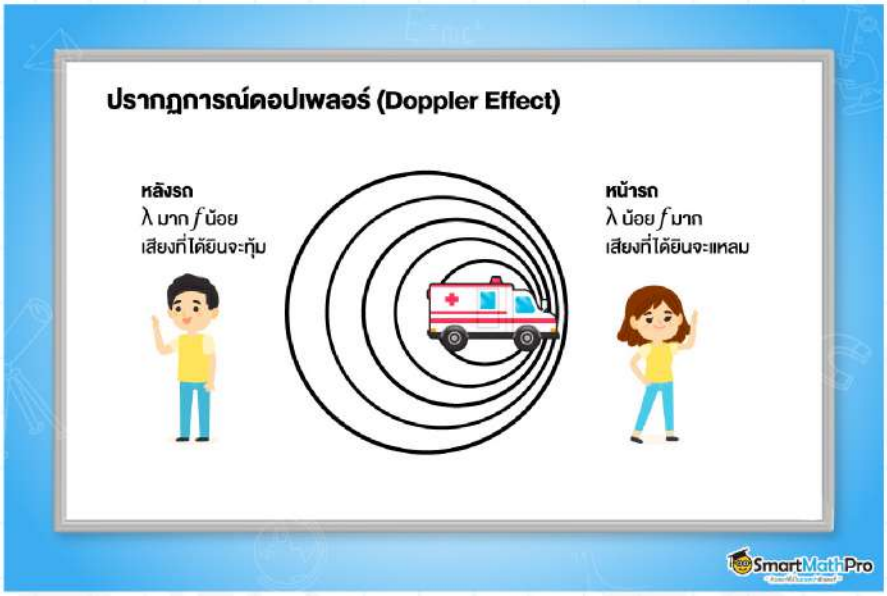
$$f_b = |f_1 - f_2|$$
$$f_b = |440 - 442|$$
$$f_b = 2 \text{ Hz}$$

ตอบ จะได้ยินเสียงดัง-เบา 2 ครั้งต่อวินาที

เรื่องนี้มีประโยชน์มาก ๆ เลย เพราะช่างดนตรีใช้การฟังบีตเพื่อตั้งเสียงเครื่องดนตรีให้ตรงมาตรฐาน

SmartMathPro × PHYSICS FARM

ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์



ปรากฏการณ์ดอปเพลอร์ (Doppler Effect) เป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อแหล่งกำเนิดคลื่นมีการเคลื่อนที่สัมพันธ์กับผู้สังเกต ทำให้ความถี่ของคลื่นที่ผู้สังเกตได้รับแตกต่างจากความถี่ของคลื่นที่แหล่งกำเนิดปล่อยออกมา

- เมื่อแหล่งกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่เข้าหาผู้สังเกต ความถี่ของคลื่นที่ผู้สังเกตได้รับจะเพิ่มขึ้น (แหล่งกำเนิดคลื่นเรียกว่า “เข้ามา” หาผู้สังเกต)
- เมื่อแหล่งกำเนิดคลื่นเคลื่อนที่ออกห่างจากผู้สังเกต ความถี่ของคลื่นที่ผู้สังเกตได้รับจะลดลง (แหล่งกำเนิดคลื่นเรียกว่า “ออกไป” หาผู้สังเกต)

ตัวอย่างของปรากฏการณ์นี้สามารถพบได้ในชีวิตประจำวัน เช่น เสียงรถตำรวจหรือรถพยาบาลที่มีเสียงสูงเมื่อเข้ามาใกล้ และเสียงต่ำเมื่อวิ่งออกไป

บนเส้นทางสู่เป้าหมาย ก้าวที่ยากที่สุด ... คือก้าวแรก
- พี่ฟาร์ม PhysicsFarm -
สนใจติวฟิสิกส์เพิ่มเติม online.smartmathpro.com