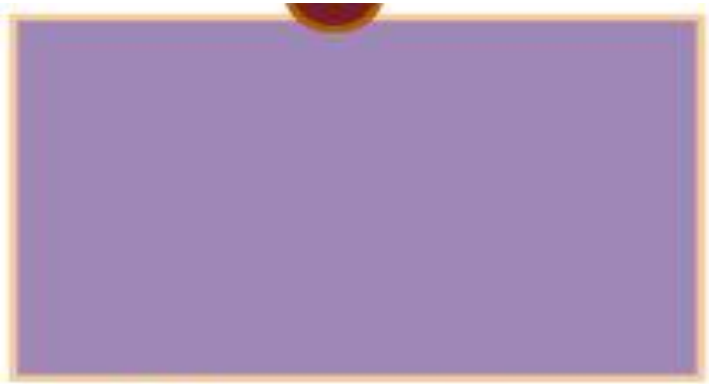
Lecture 8 : คลื่น

- ที่มาและการกำเนิดคลื่น
- ชนิดของคลื่น
- องค์ประกอบของคลื่น
- คุณสมบัติของคลื่น
- การส่งถ่ายพลังงานความร้อน

ที่มาและการกำเนิดของคลื่น (น้ำ)



น้ำในสภาวะปกติ

หลังจากถูกรบกวน

การจะเกิดคลื่นได้นั้นต้องประกอบไปด้วยสามสิ่ง

- แหล่งของการรบกวน (source of disturbance) → ก้อนหิน
- ตัวกลาง (medium) → น้ำ
- อันตรกิริยาระหว่างตัวกลางที่ตำแหน่งข้างเคียงกัน
  → แรงระหว่างโมเลกุลของน้ำ

ที่มาและการกำเนิดของคลื่น (ในเส้นเชือก)

การจะเกิดคลื่นได้นั้นต้องประกอบไปด้วยสามสิ่ง

- แหล่งของการรบกวน → คนสั่นเชือก
- ตัวกลาง → เชือก
- อันตรกิริยาระหว่างตัวกลาง→ แรงระหว่างโมเลกุลของเชือก

สรุปได้ว่า "คลื่นก็คือการถ่ายทอดพลังงานจากแหล่งหนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่ง โดยที่ตัวกลางไม่ได้เคลื่อนที่ไปพร้อมกับคลื่น"

ชนิดของคลื่น

1. แบ่งตามลักษณะการอาศัยตัวกลาง

- คลื่นกล (Mechanical wave) : อาศัยตัวกลาง
- คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnatic wave) : ไม่อาศัยตัวกลาง

- คลื่นในเส้นเชือก
- คลื่นในสปริง
- คลื่นน้ำ
- สึนามิ
- คลื่นแผ่นดินไหว
- คลื่นเสียง

คลื่นที่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่มักเรียกว่า “คลื่นกล”

- คลื่นแสง
- คลื่นวิทยุ

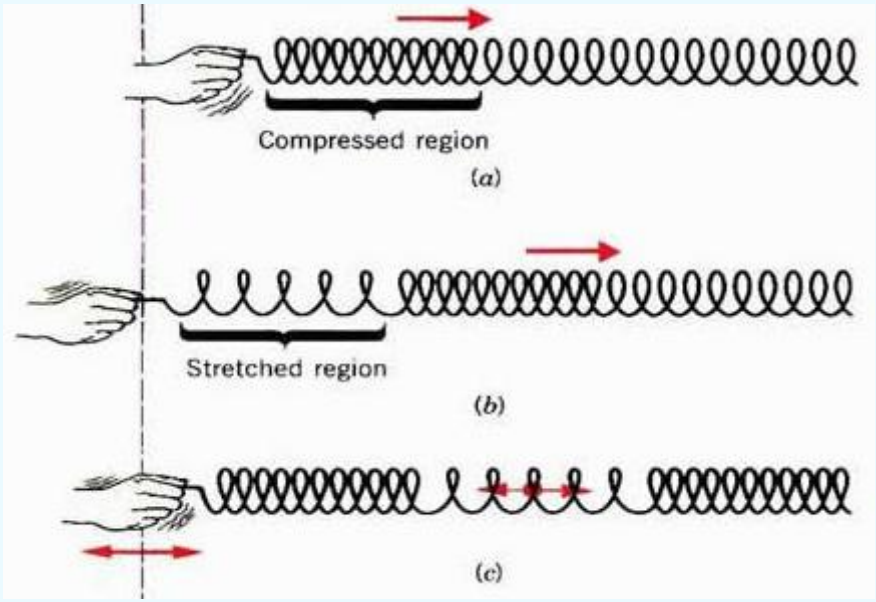
คลื่นที่ไม่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่

ชนิดของคลื่น

2. แบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่

คลื่นตามยาว (Longitudinal wave) :

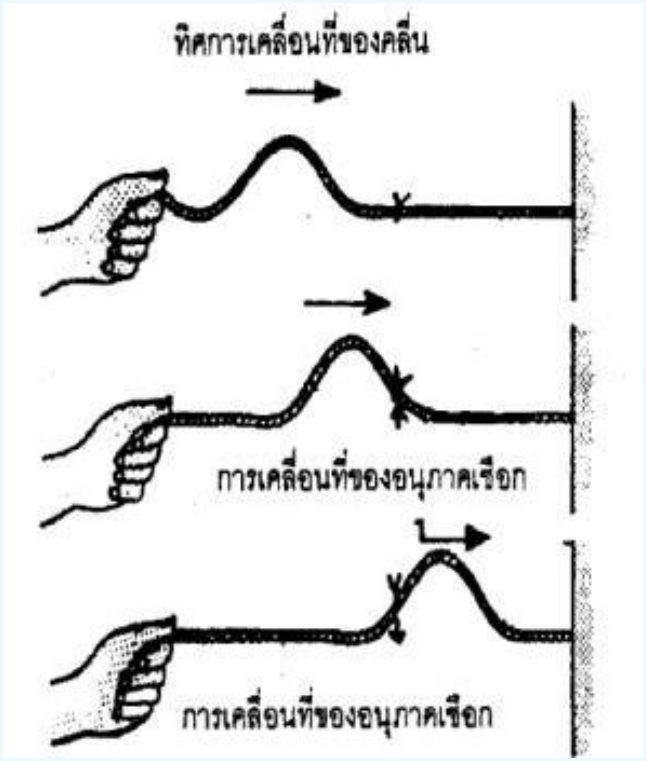
ตัวกลางเคลื่อนที่แนวเดียวกับการเคลื่อนที่ของคลื่น



Energy Transport

คลื่นตามขวาง (Transverse wave) :

ตัวกลางเคลื่อนที่แนวตัดขวางกับการเคลื่อนที่ของคลื่น

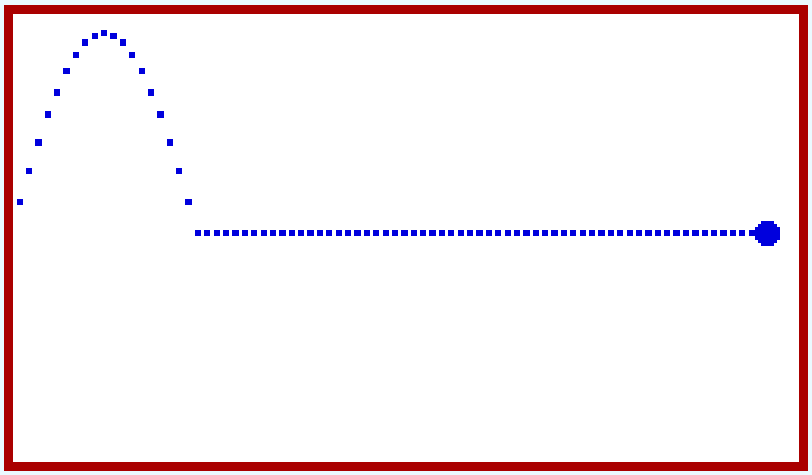


Energy Transport

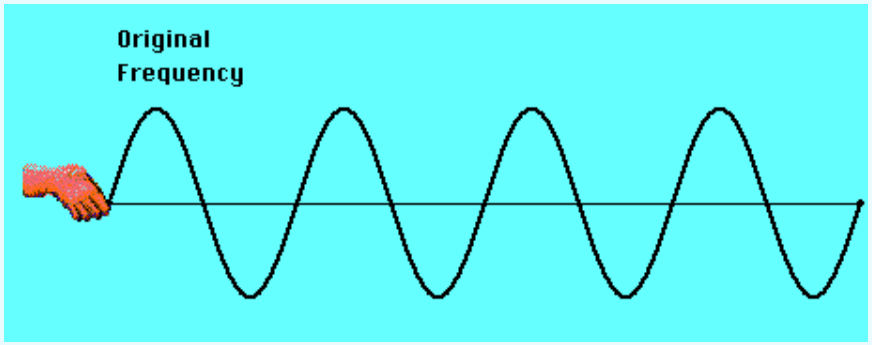
ชนิดของคลื่น

2. แบ่งตามลักษณะการเกิด

คลื่นดล (Pulse wave) :
คลื่นที่เกิดเพียงครั้งเดียว



คลื่นต่อเนื่อง (Continuous wave) :
คลื่นที่เกิดขึ้นแบบต่อเนื่อง

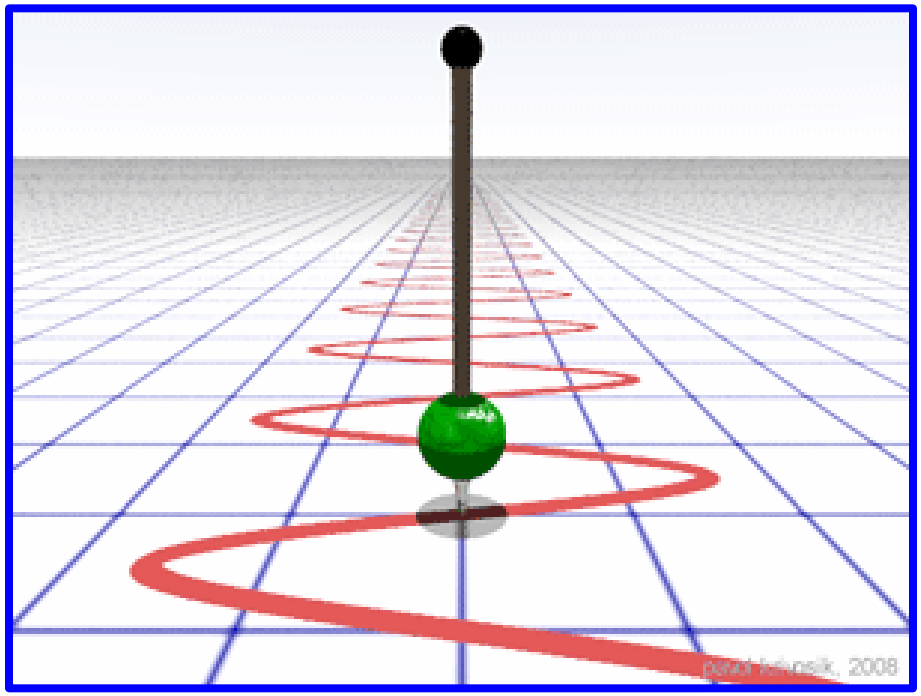


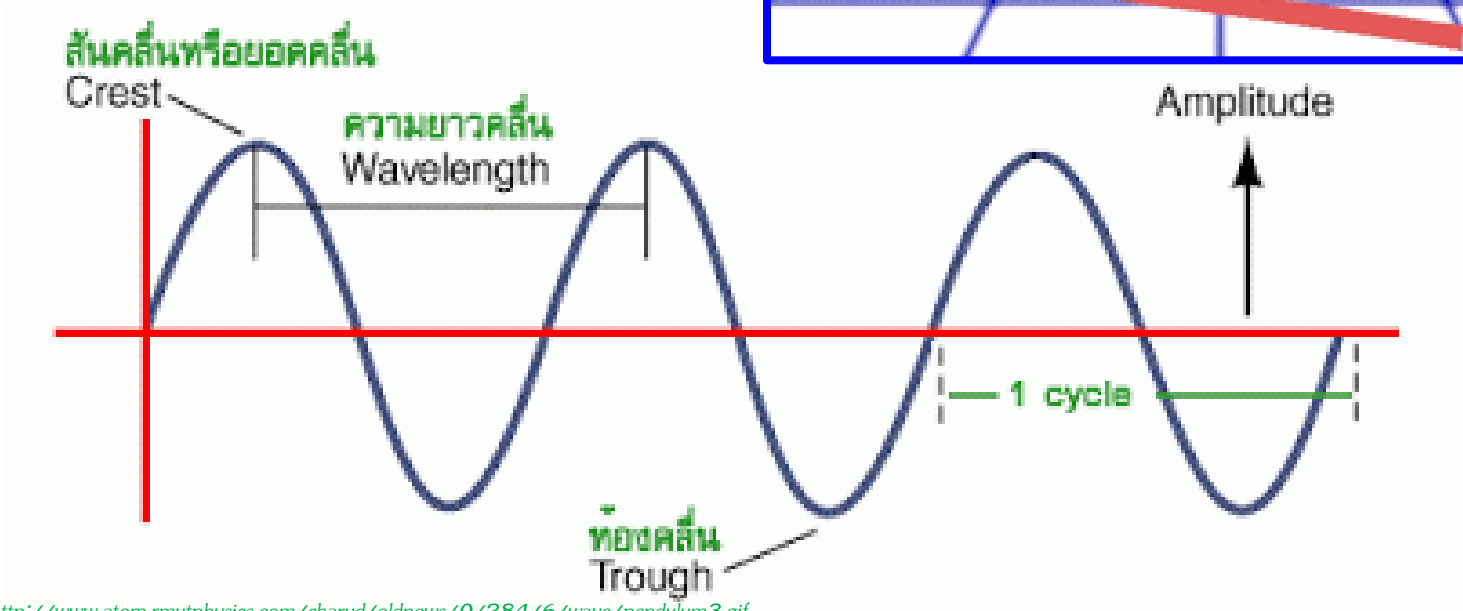
http://www.sa.ac.th/winyoo/mechanicswave/basic/basic1/fix.gif

http://4.bp.blogspot.com/-2-ZlEp5v8lo/TmyLjXxN0fI/AAAAAAAAAts/vPzBUx-du_M/s1600/wavbeh1.gif

องค์ประกอบของคลื่น

องค์ประกอบของคลื่น





http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/284/6/wave/pendulum3.gif

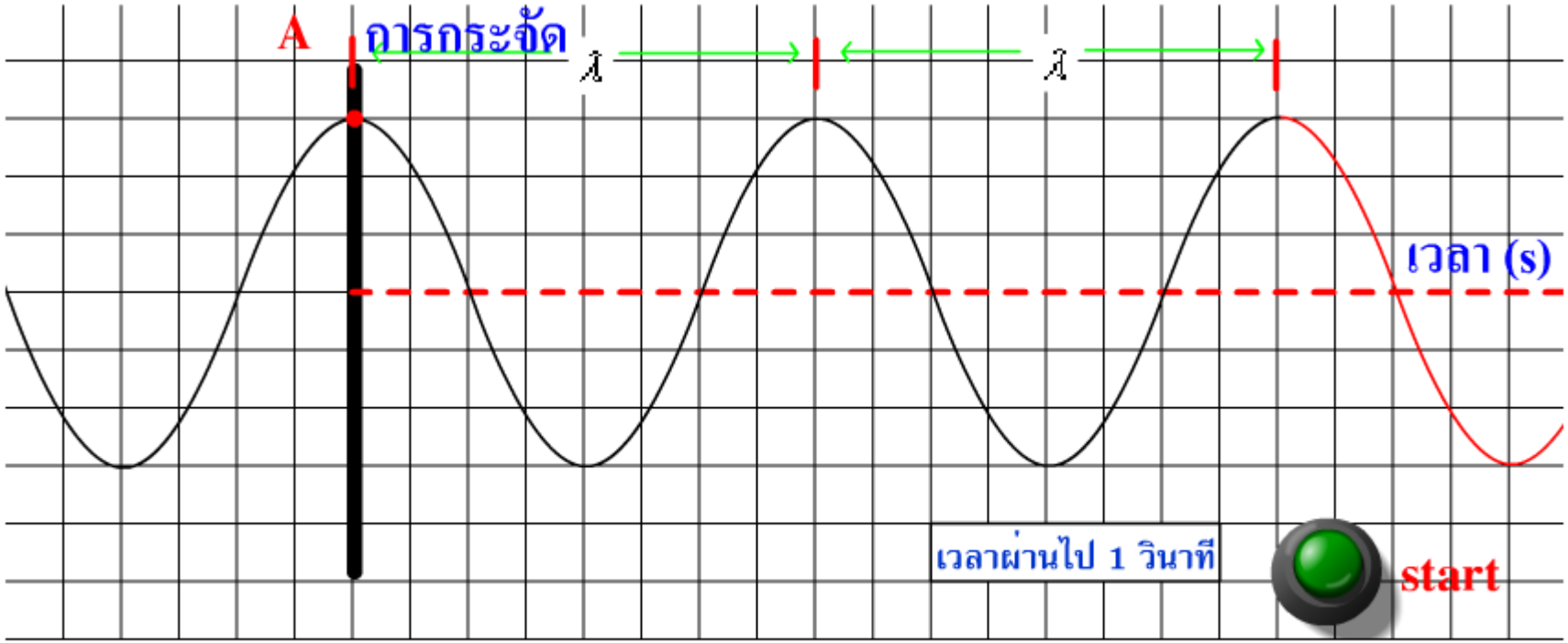
https://sites.google.com/site/bdjuntasan/fisiks-4/swn-prakxb-khxng-khlun

องค์ประกอบของคลื่น

ความถี่ (Frequency; f)

คือ จำนวนรอบที่คลื่นเคลื่อนที่ได้ในระยะเวลา 1 s (รอบ/s)

หรือ Hz (เฮิร์ท)



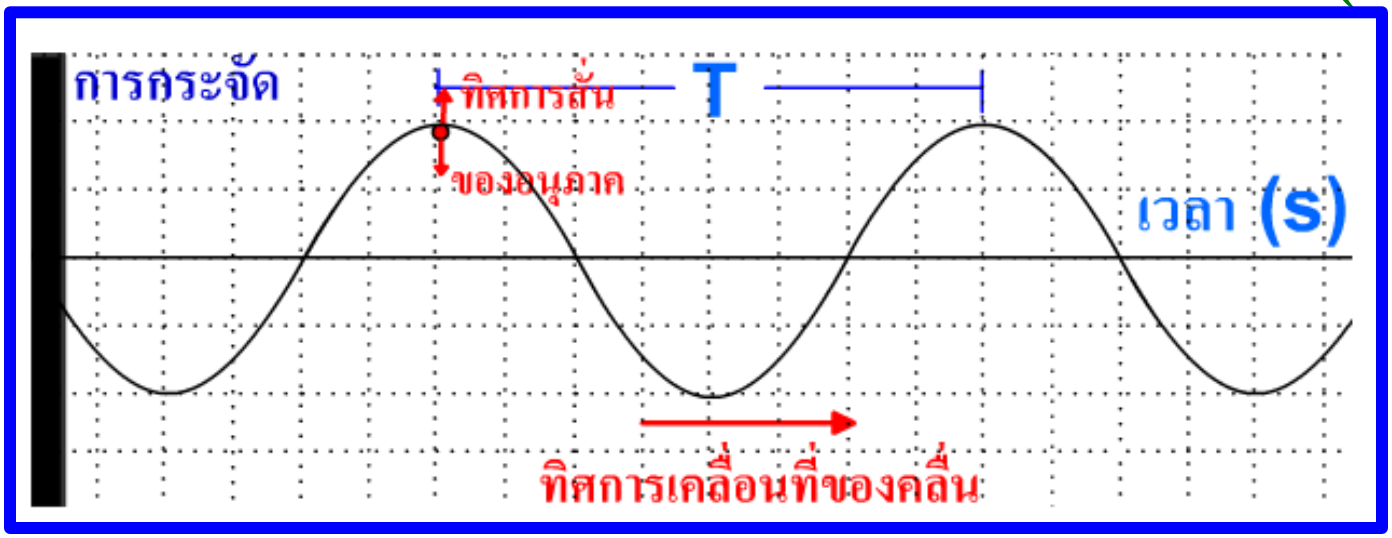
รูปแสดงการเคลื่อนที่ของคลื่น

http://www.atom.rmutphysics.com/CHARUD/scibook/wave5/equation/frequency.html

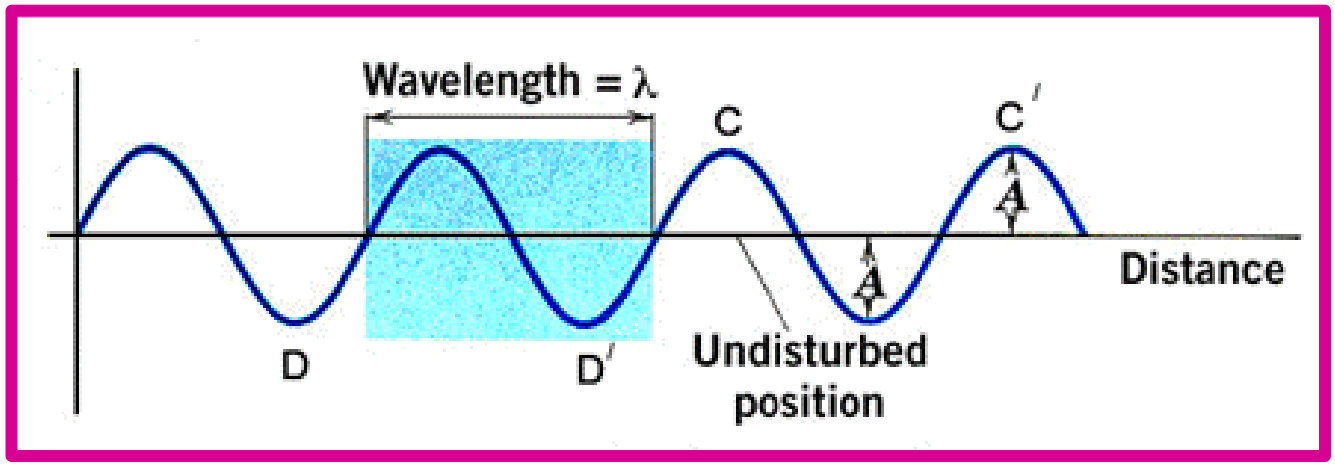
องค์ประกอบของคลื่น

คาบ (Period; T)

คือ ระยะเวลาที่คลื่นเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ มีหน่วยเป็น s (s/รอบ)



s



m

http://www.atom.rmutphysics.com/CHARUD/scibook/wave5/equation/equation.html
http://www.rmutphysics.com/physics/oldfront/95/wave1/wave_2.htm

ความถี่ (Frequency; f) & คาบ (Period; T)

$$T = \frac{1}{f}$$

คำถาม

หาความถี่ (Hz) ของ (ก) เข็มวินาที (ข) เข็มนาที และ (ค) เข็มชั่วโมง

(ก) $T = 60$ s ดังนั้น $f = 1/60 = 0.0167$ Hz

(ข) $T = 1$ hr $= 3600$ s

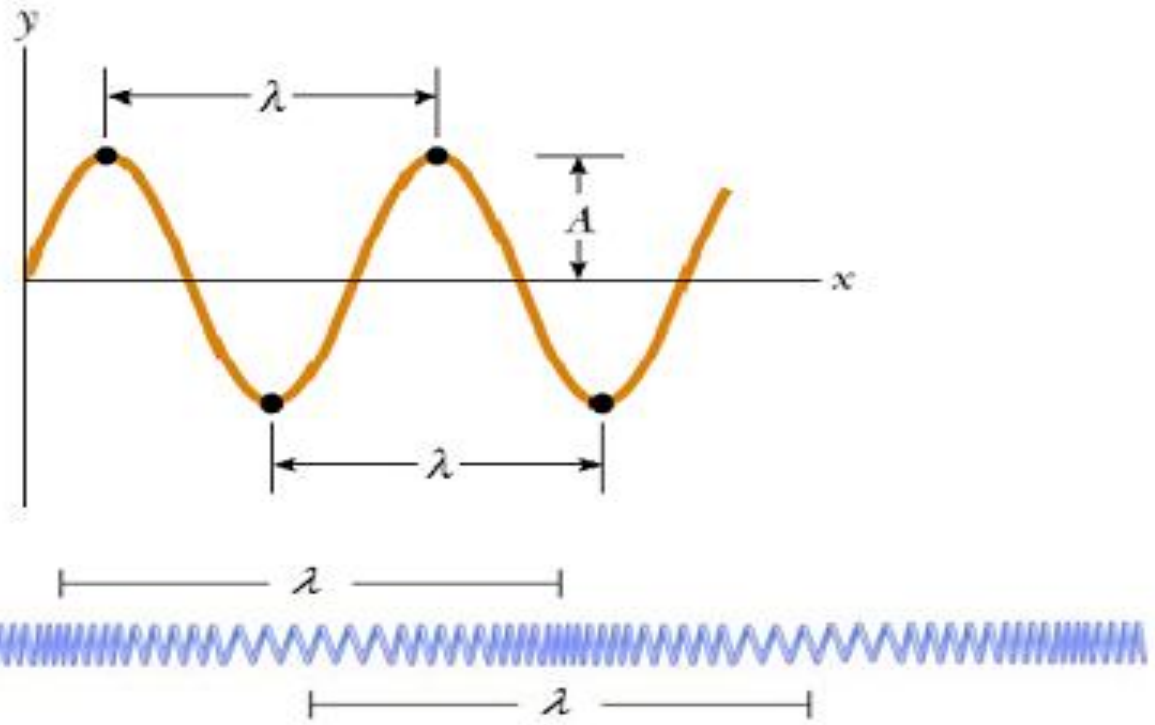
ดังนั้น $f = 1/3600 = 2.78 \times 10^{-4}$ Hz

(ค) $T = 12$ hr $= 4.32 \times 10^{4}$ s

ดังนั้น $f = 2.31 \times 10^{-5}$ Hz

องค์ประกอบของคลื่น

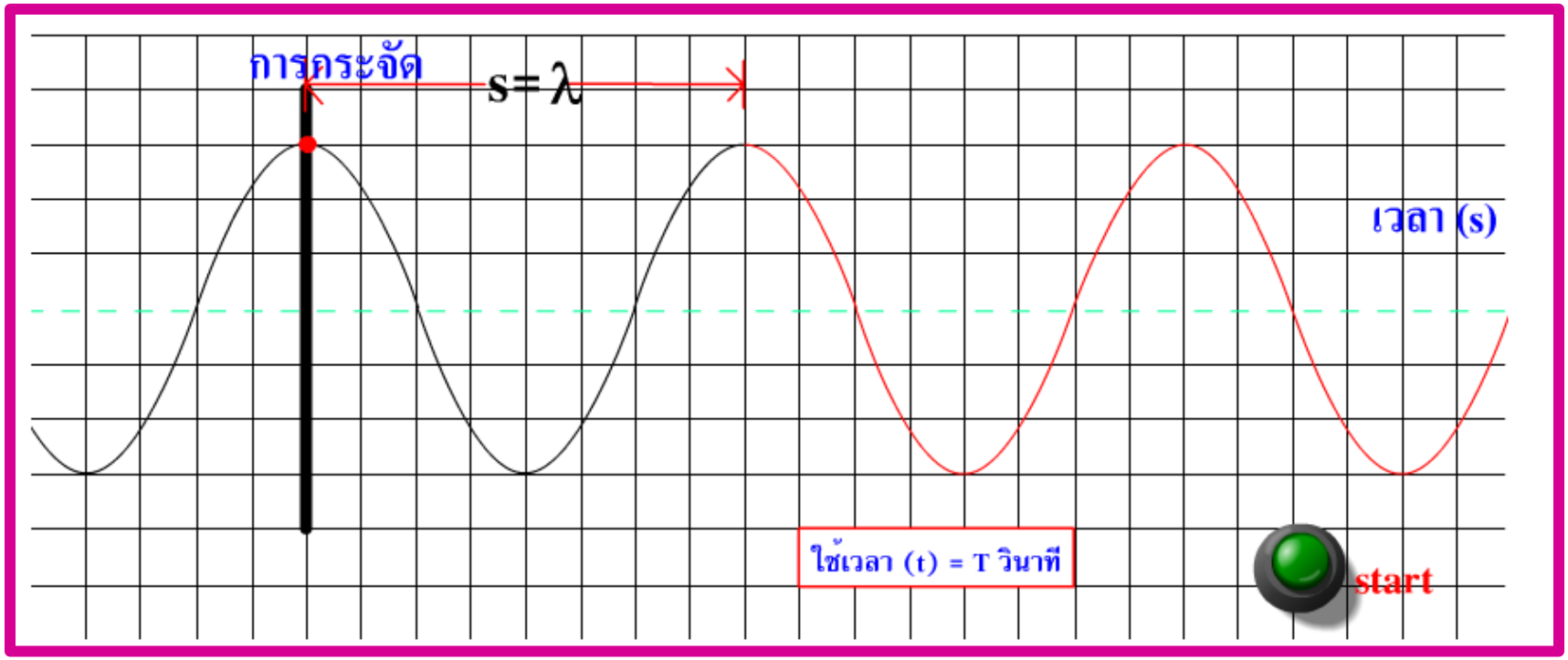
ความยาวคลื่น (λ)



ระยะทางระหว่างส่วนที่เหมือนกันของคลื่นเรียกว่าความยาวคลื่น (wavelength, λ)

องค์ประกอบของคลื่น

อัตราเร็วของคลื่น (v)



$$v = \frac{s}{t} = \frac{\lambda}{T} = \lambda f$$

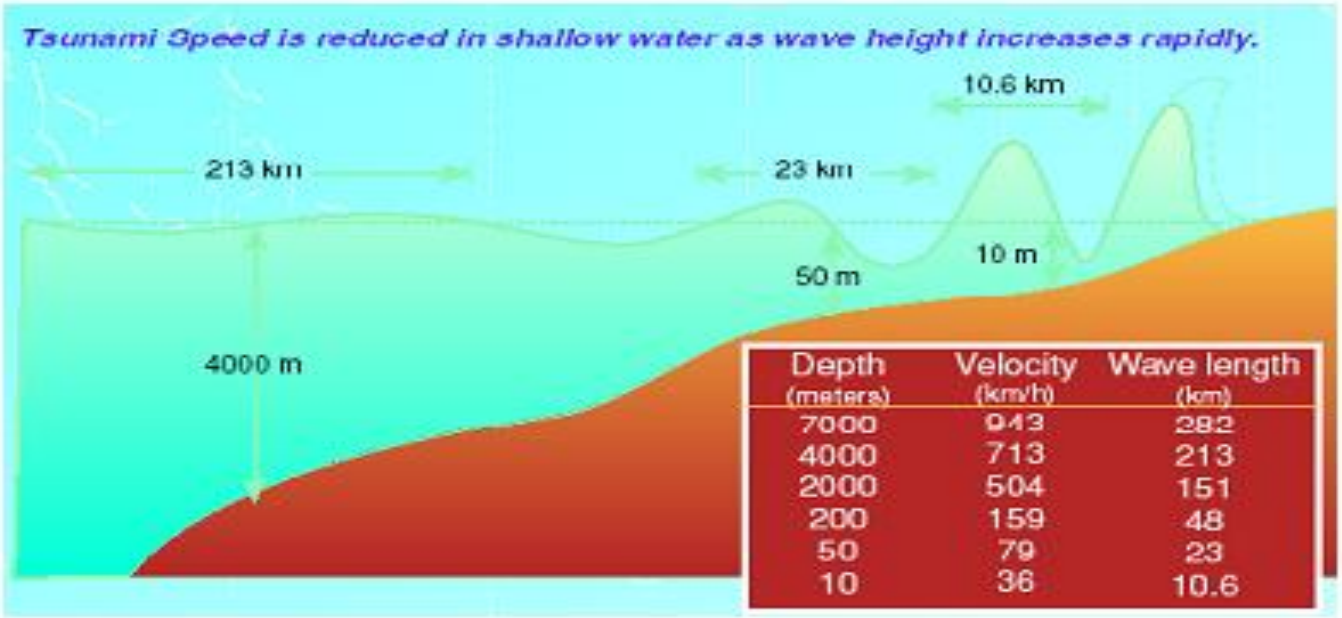
http://www.atom.rmutphysics.com/CHARUD/scibook/wave5/equation/velocity.html

องค์ประกอบของคลื่น

อัตราเร็วของคลื่น (v)

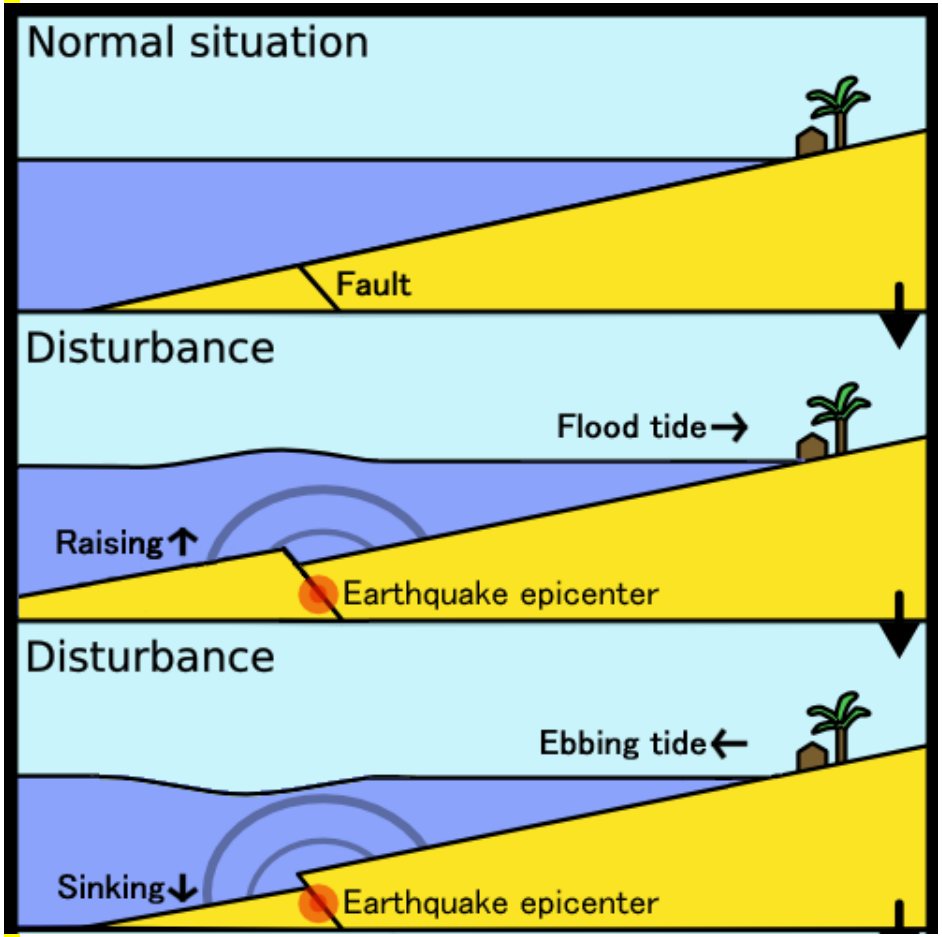
แม้ว่าอัตราเร็วของคลื่นจะเขียนเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความถี่กับความยาวคลื่นได้ แต่ปัจจัยที่กำหนดอัตราเร็วของคลื่นคือคุณสมบัติของตัวกลาง เช่น ความหนาแน่น ความยืดหยุ่น เป็นต้น ไม่ใช่ความถี่หรือความยาวคลื่น

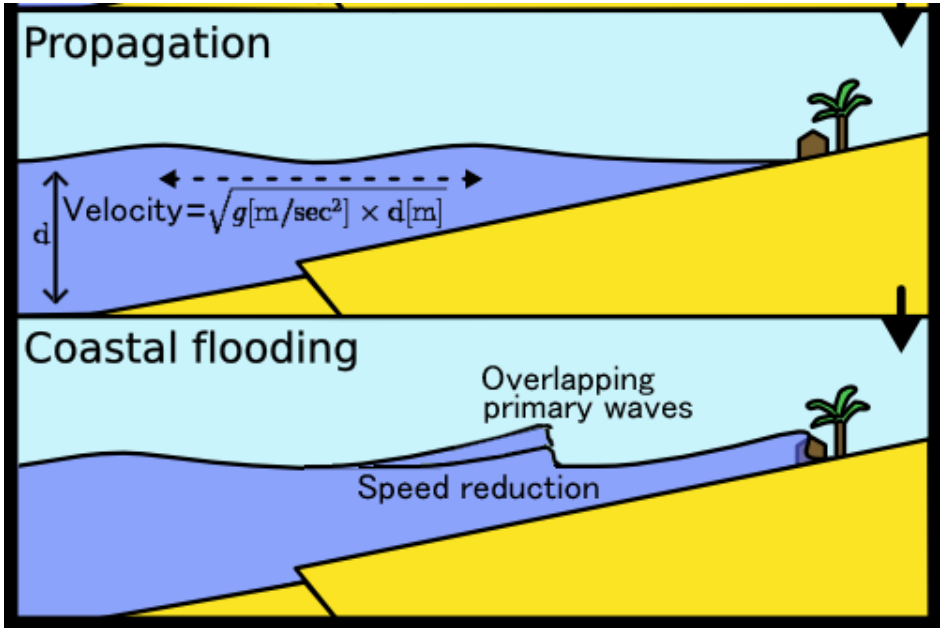
$$v = f\lambda$$



ชนิดของคลื่น

ตัวอย่างการเกิดคลื่นสึนามิ





http://www.fisho.com/blog/rat/image/3234_1.jpg

http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/21/Tsunami_comic_book_style.png

องค์ประกอบของคลื่น

ตัวอย่างที่ 1

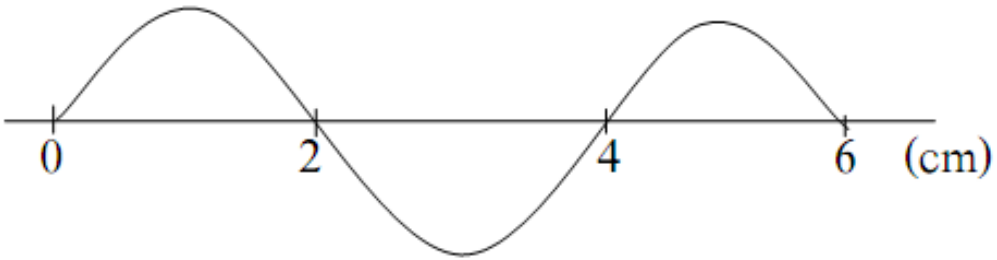
ในการสั่นเชือกที่มีความยาวมากเส้นหนึ่ง ปรากฏว่าหลังจากการสั่น 0.5 วินาที ทำให้เกิดคลื่นดังรูป

ก) ความยาวของคลื่นนี้มีค่าเท่าใด

ข) อัตราเร็วของคลื่นบนเส้นเชือกนี้มีค่าเท่าใด

ค) คาบของการเคลื่อนที่ของคลื่นนี้มีค่าเท่าใด

ง) ความถี่ของคลื่นนี้มีค่าเท่าใด



องค์ประกอบของคลื่น

การบ้าน 1

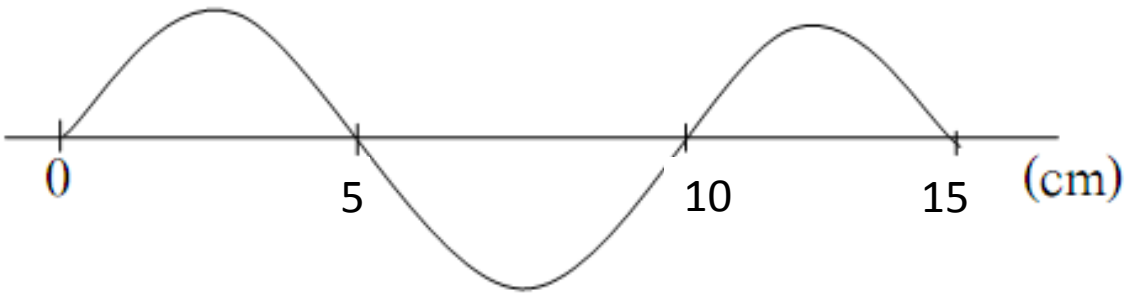
ในการสั่นเชือกที่มีความยาวมากเส้นหนึ่ง ปรากฏว่าหลังจากการสั่น 3 วินาที ทำให้เกิดคลื่นดังรูป

ก) ความยาวของคลื่นนี้มีค่าเท่าใด

ข) อัตราเร็วของคลื่นบนเส้นเชือกนี้มีค่าเท่าใด

ค) คาบของการเคลื่อนที่ของคลื่นนี้มีค่าเท่าใด

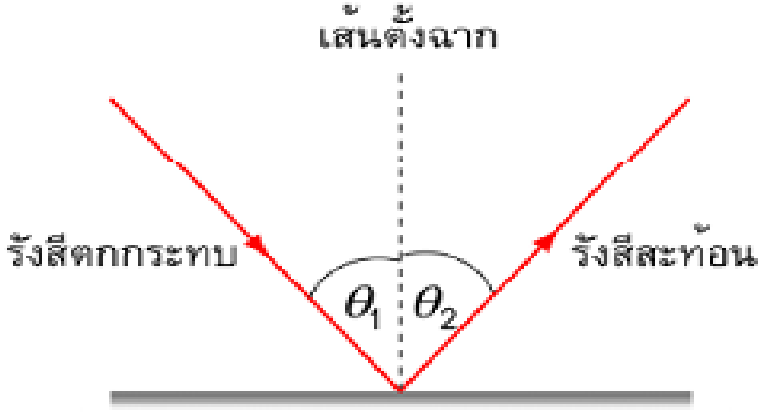
ง) ความถี่ของคลื่นนี้มีค่าเท่าใด



คุณสมบัติของคลื่น

1. การสะท้อน (Reflection)

ในการสะท้อนคลื่นจะประพฤติตัวตาม **กฎของการสะท้อน (law of reflection)**



รูปที่ 8-11 การสะท้อนของคลื่น

1) มุมตกกระทบ เท่ากับ มุมสะท้อน

$$\theta_1 = \theta_2$$

2) รังสีตกกระทบ เส้นตั้งฉาก และรังสีสะท้อนจะอยู่ในระนาบเดียวกัน

ภายหลังการสะท้อน ความถี่ ความยาวคลื่น และความเร็วของคลื่นหลังการสะท้อนจะยังคงมีค่าเท่ากับของคลื่นก่อนการสะท้อน และถ้าไม่มีการสูญเสียพลังงานระหว่างการสะท้อน แอมพลิจูดของคลื่นสะท้อนจะมีค่าเท่าเดิมเช่นกัน

ตัวอย่างที่ 2

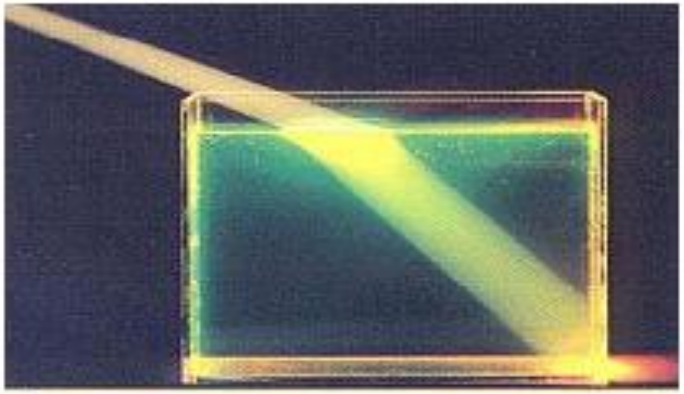
- กลาสีเรือเคาะท้องเรือด้วยค้อน เกิดเสียงสะท้อนจากก้นมหาสมุทรกลับมาถึงตัวเขาในเวลา 0.50 วินาที หลังจากเคาะ อยากทราบว่าก้นมหาสมุทรลึกจากเรือเท่าใด ให้ความเร็วเสียงในน้ำทะเลเป็น 1500 m/s (375)

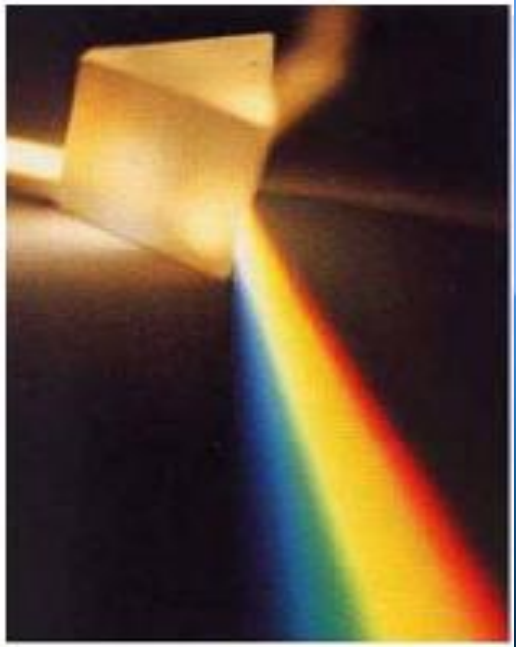
การบ้าน 2

- กลาสีเรือเคาะท้องเรือด้วยค้อน เกิดเสียงสะท้อนจากก้นมหาสมุทรกลับมาถึงตัวเขาในเวลา 10 วินาที หลังจากเคาะ อยากทราบว่าก้นมหาสมุทรลึกจากเรือเท่าใด ให้ความเร็วเสียงในน้ำทะเลเป็น 1500 m/s

2. การหักเห (Refraction)

การหักเห คือ การเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่นเมื่อคลื่นเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งไปยังอีกตัวกลางหนึ่งที่มีอัตราเร็วของคลื่นต่างกัน





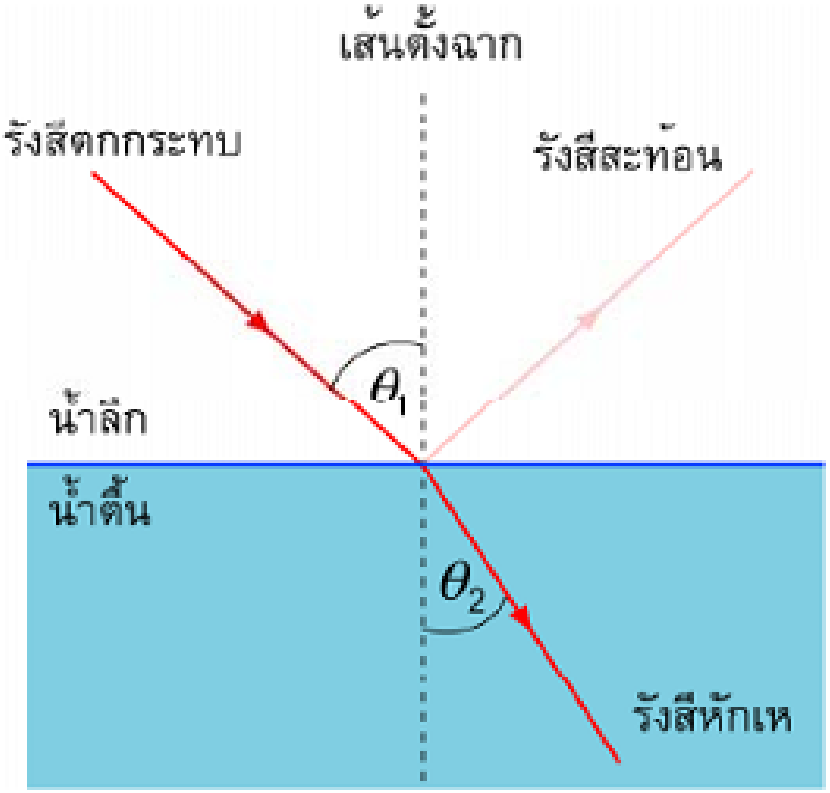
คุณสมบัติของคลื่น

2. การหักเห (Refraction) *(ต่อ)*

การหักเหเป็นไปตาม

กฎของสเนลล์ (Snell's law)

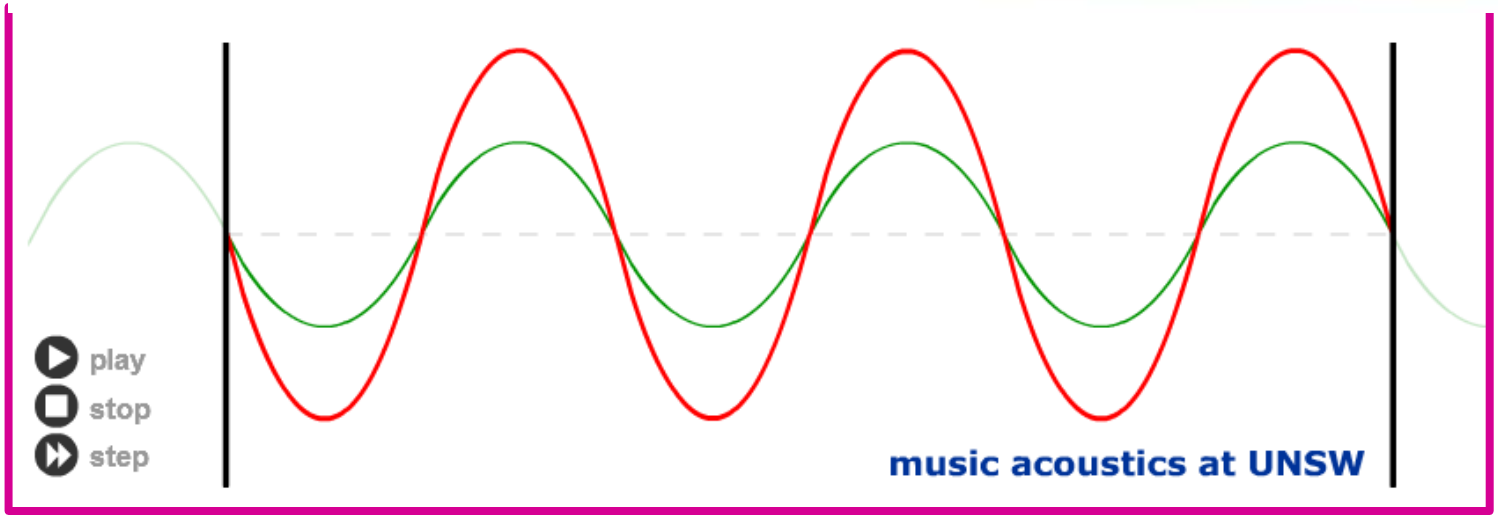
$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = \frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2}$$



เมื่อ v_1 และ v_2 คือความเร็วคลื่นของคลื่นตกกระทบและของคลื่นหักเห θ_1 และ θ_2 คือมุมตกกระทบและ**มุมหักเห (refraction angle)** ส่วน λ_1 และ λ_2 คือความยาวคลื่นของคลื่นตกกระทบและคลื่นหักเห

3. การแทรกสอด (Interference)

เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวของคลื่นเท่านั้น หลังแทรกสอดคลื่นทั้งสองยังคงรูปร่างเหมือนเดิมทุกอย่าง แต่ถ้าเป็นอนุภาคเคลื่อนมาชนกัน ....



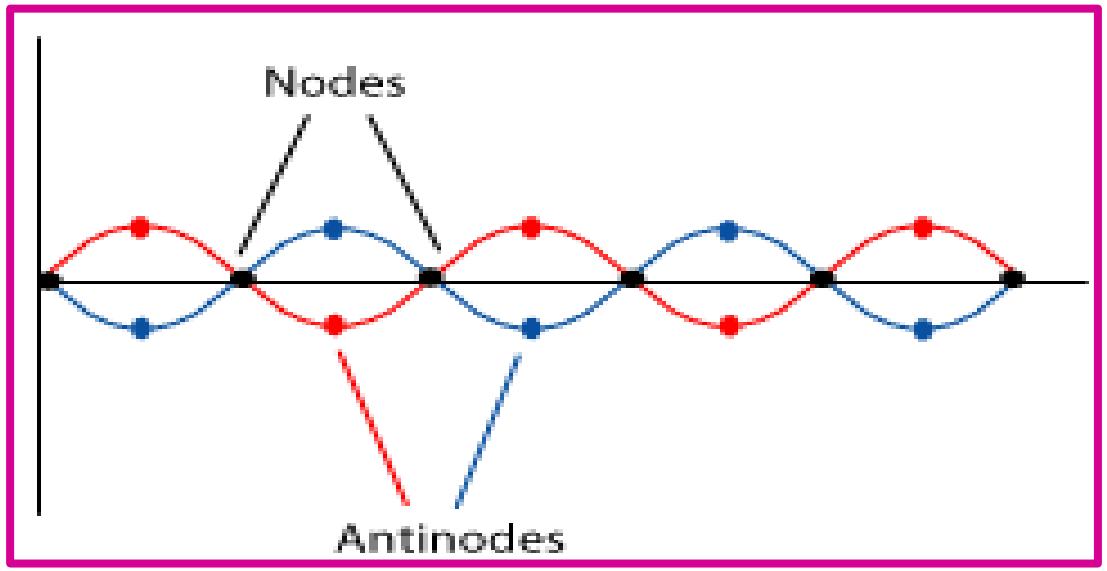
http://newt.phys.unsw.edu.au/jw/strings.html

3. การแทรกสอด (Interference) *(ต่อ)*

คลื่นนิ่ง (Standing wave)

คือการแทรกสอดของคลื่นต่อเนื่อง 2 ขบวนที่เกิดจากแหล่งกำเนิดอาพันธ์ ซึ่งเคลื่อนที่เข้าหากันในตัวกลางเดียวกัน ทำให้เราเห็นตำแหน่งบัพและปฏิบัพที่เกิดขึ้นมีตำแหน่งที่อยู่คงที่แน่นอน ไม่มีการย้ายตำแหน่ง

- **จุดบัพ (Node) : ตำแหน่งไม่มีการสั่นเลย**
- **ปฏิบัพ (Antinode) : ตำแหน่งที่สั่นได้มากที่สุด**

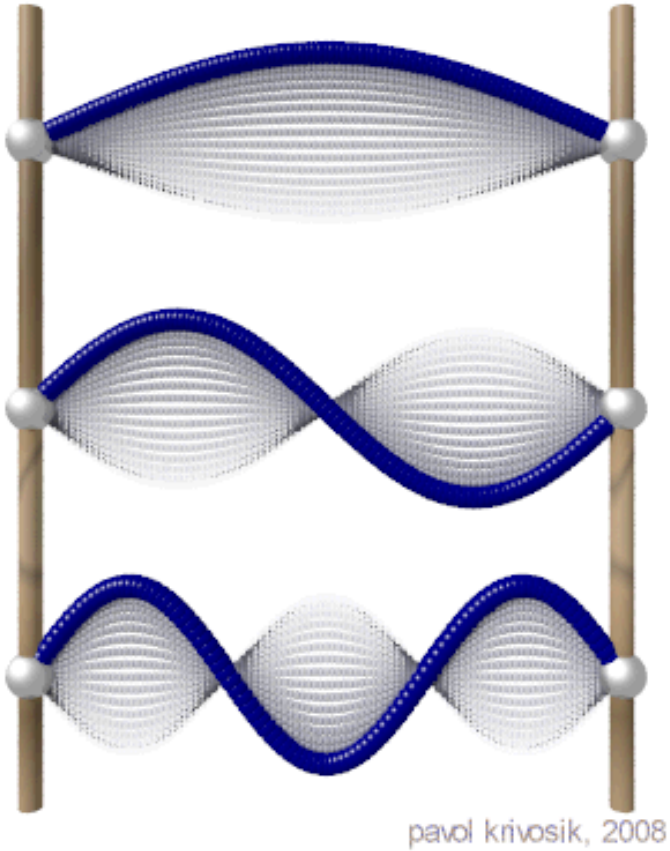


http://4.bp.blogspot.com/--v7qQUqCHx8/Ti9mjwXb43I/AAAAAAAAAS8/hObgumY6FLQ/s1600/nodes+and+antinodes.png

3. การแทรกสอด (Interference) *(ต่อ)*

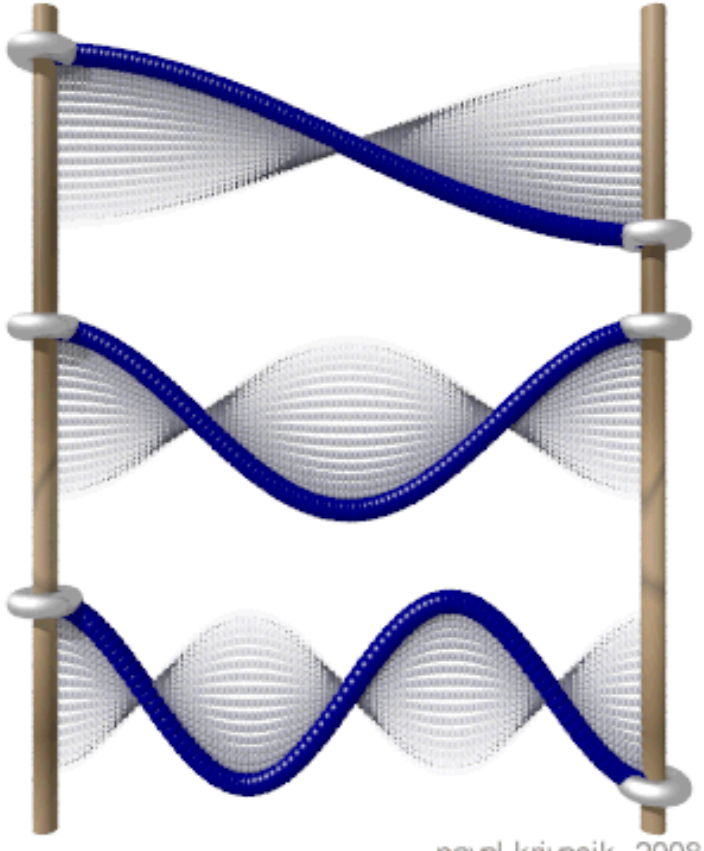
คลื่นนิ่งจากปลายตรึงทั้งสองข้าง

(Two fixed end)



คลื่นนิ่งจากปลายอิสระทั้งสองข้าง

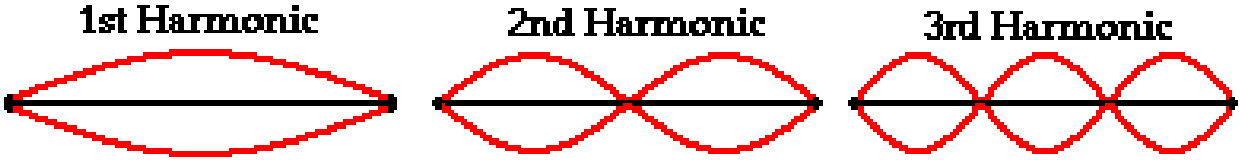
(Two free end)



http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/284/6/wave/standing2.html

3. การแทรกสอด (Interference) (ต่อ)

Lowest Three Natural Frequencies of a Guitar String



$L = \frac{1}{2}\lambda$ → algebra → $\lambda = \frac{2}{1}L$

$L = \frac{2}{2}\lambda$ → algebra → $\lambda = \frac{2}{2}L$

$L = \frac{3}{2}\lambda$ → algebra → $\lambda = \frac{2}{3}L$

$$\lambda = \frac{2L}{n}$$

$$f = \frac{v}{\lambda} = \frac{nv}{2L}$$

λ = ความยาวคลื่น (m)

L = ความยาวของเชือก (m)

v = อัตราเร็วของคลื่น (m/s)

n = จำนวน Loop

f = ความถี่ของการสั่น (Hz) หรือ รอบ/s

http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/284/6/wave/standing3.html

3. การแทรกสอด (Interference) (ต่อ)

ตัวอย่างที่ 3 คลื่นนิ่งในเส้นเชือกที่ยาว 60 cm มีจำนวน 3 loop อัตราเร็วคลื่น 20 m/s จงหาว่า

ก) ความถี่คลื่นเป็นกี่เฮิรตซ์

ข) ความยาวคลื่นมีค่าเท่าใด

วิธีทำ ก) จากโจทย์ L = 60 cm = 0.6 m n = 3 loop

v = 20 m/s f = ?

$$f = \frac{nv}{2L} = \frac{3\times 20 m/s}{2\times 0.6 m} = 50\ Hz$$

ข) จาก $\lambda = \frac{v}{f} = \frac{20 m/s}{50\ Hz} = 0.4\ m$

http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/284/6/wave/standing3.html

คุณสมบัติของคลื่น

การบ้าน 3 คลื่นนิ่งในเส้นเชือกที่ยาว 1 m มีจำนวน 5 loop ถ้าความถี่ของการสั่นมีค่าเท่ากับ 50 Hz จงหาว่า

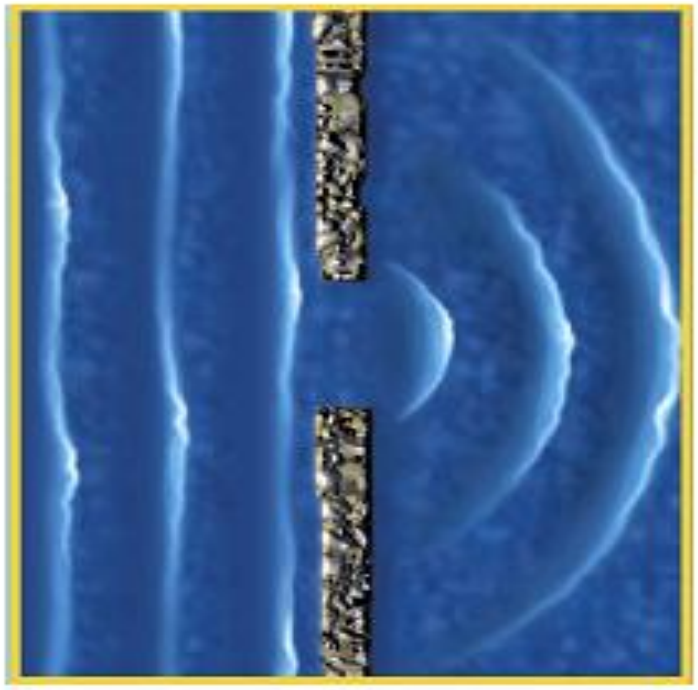
ก) ความเร็วของคลื่นนี้ในเส้นเชือกมีค่ากี่ m/s

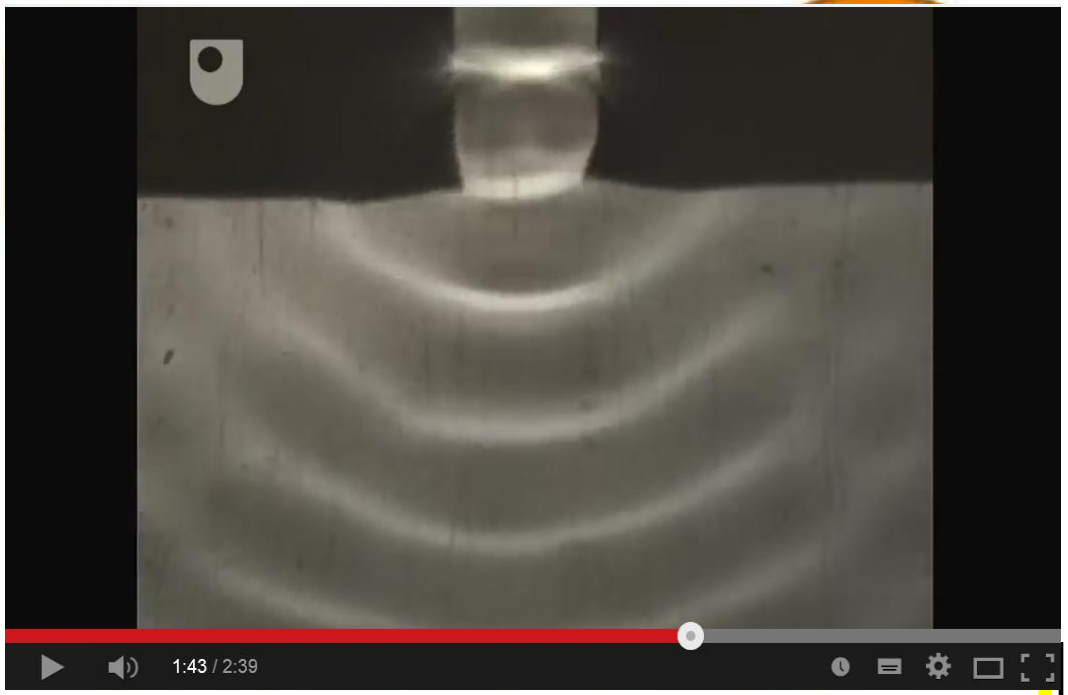
ข) ความยาวคลื่นมีค่าเท่าใด

http://www.atom.rmutphysics.com/charud/oldnews/0/284/6/wave/standing3.html

4. การเลี้ยวเบน (Diffraction)

การเลี้ยวเบนก็เป็นอีกปรากฏการณ์หนึ่งที่ไม่สามารถเกิดขึ้นได้กับวัตถุ
การเลี้ยวเบนก็คือปรากฏการณ์ที่คลื่นสามารถแผ่จากขอบของสิ่งกีดขวางไปทางด้านหลังของสิ่งกีดขวางได้

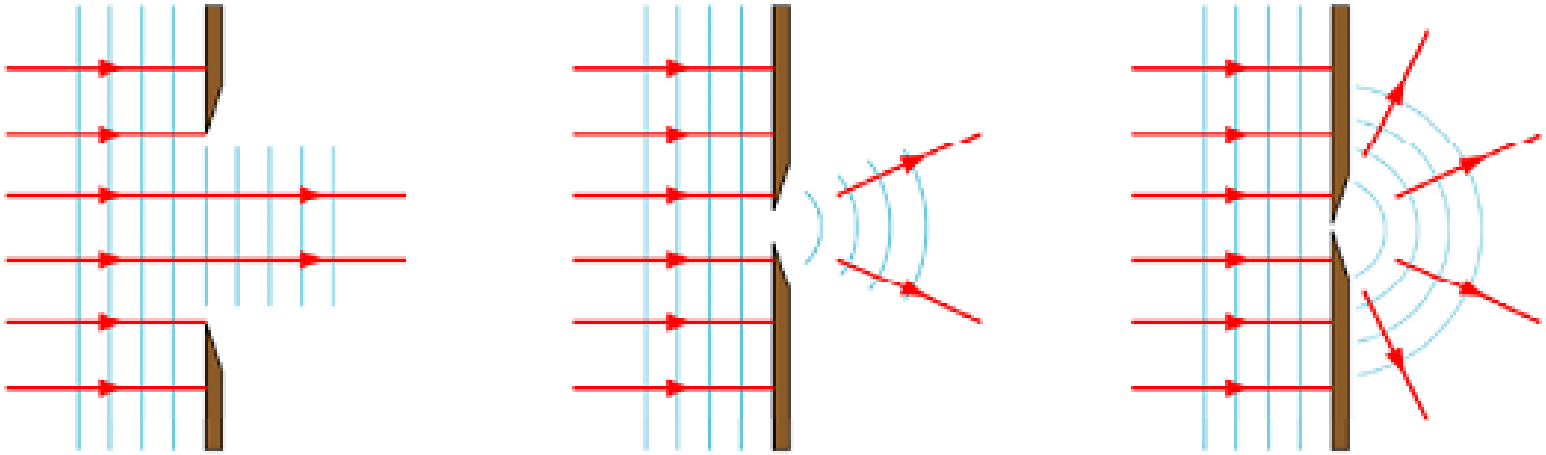




http://www.youtube.com/watch?v=BH0NfVUTWG4

4. การเลี้ยวเบน (Diffraction)

การเลี้ยวเบนจะเกิดได้ดีหรือไม่ดีขึ้นกับสัดส่วนระหว่างความยาวคลื่นของคลื่นกับขนาดของช่องเปิด

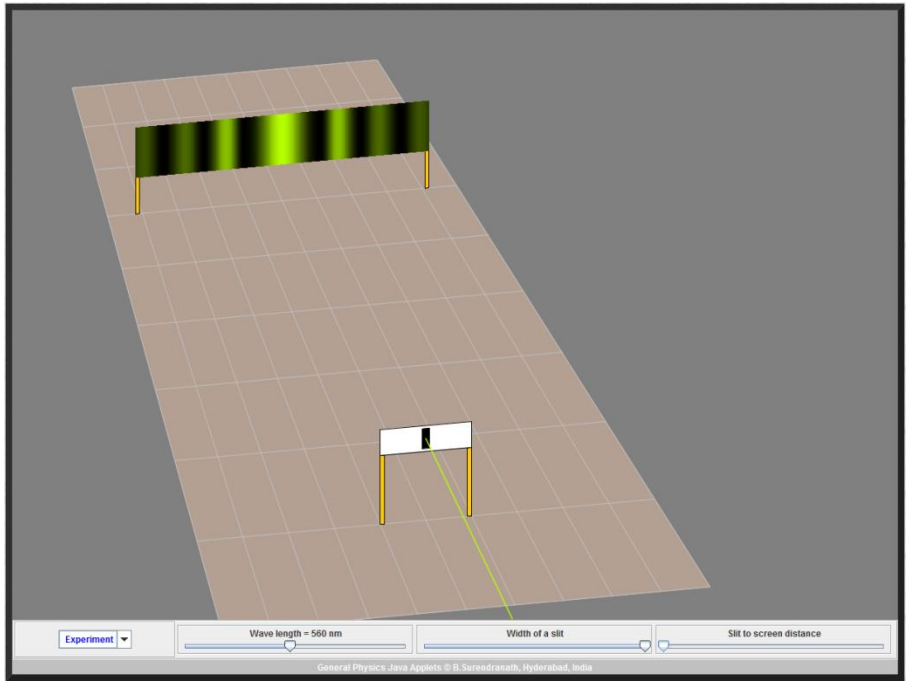


(ก) (ข) (ค)

$\frac{\lambda}{d} << 1$ $\frac{\lambda}{d} < 1$ $\frac{\lambda}{d} >> 1$

4. การเลี้ยวเบน (Diffraction) *(ต่อ)*

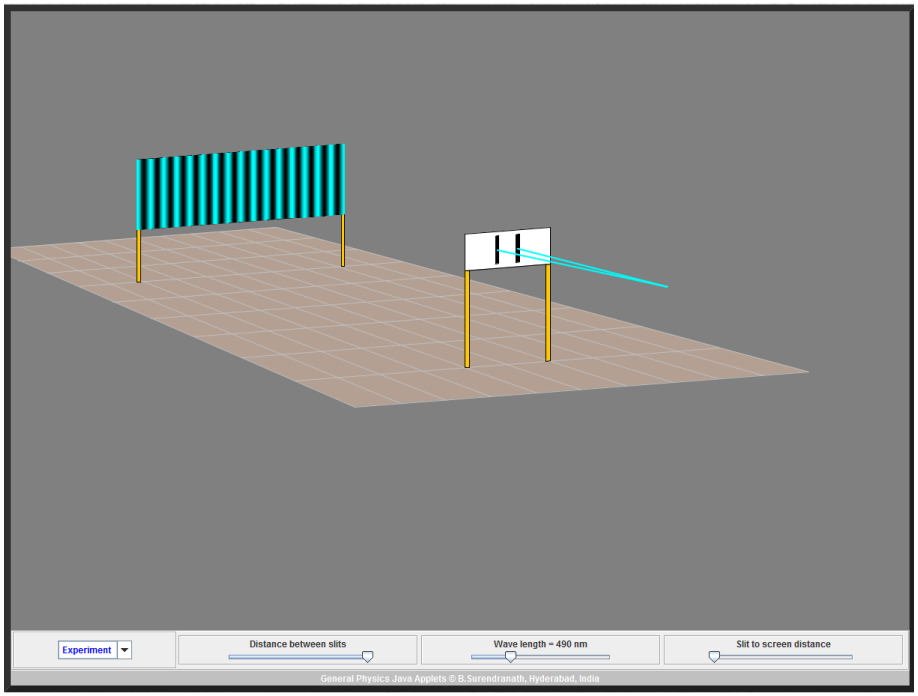
การเลี้ยวเบนผ่านช่องเดี่ยว (Single slit diffraction)



http://www.surendranath.org/Applets/Optics/Slits/SingleSlit/SS.html

4. การเลี้ยวเบน (Diffraction) *(ต่อ)*

การเลี้ยวเบนผ่านช่องคู่ (Double slit diffraction)



http://www.surendranath.org/Applets/Optics/Slits/DoubleSlit/DS.html

คลื่น

1. เมื่อมีคลื่นผิวน้ำ แผ่ไปถึงวัตถุที่ลอยอยู่ที่ผิวน้ำจะมีการเคลื่อนที่อย่างไร

1. อยู่นิ่งๆ เหมือนเดิม
2. กระเพื่อมขึ้นลงและอยู่กับที่เมื่อคลื่นผ่านไปแล้ว
3. เคลื่อนที่ตามคลื่น
4. ขยับไปข้างหน้าแล้วถอยหลัง

2. คลื่นตามยาวและคลื่นตามขวางต่างกันอย่างไร

1. ต่างกันที่ความยาวคลื่น
2. ต่างกันที่ทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น
3. ต่างกันที่ประเภทของแหล่งกำเนิด
4. ต่างกันที่ทิศทางการสั่นของตัวกลาง

3. คลื่นที่ต้องอาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่คือ

1. คลื่นกล
2. คลื่นดล
3. คลื่นตามยาว
4. คลื่นตามขวาง

4. คลื่นในข้อใดต่อไปนี้ ข้อใดเป็นคลื่นประเภทเดียวกัน

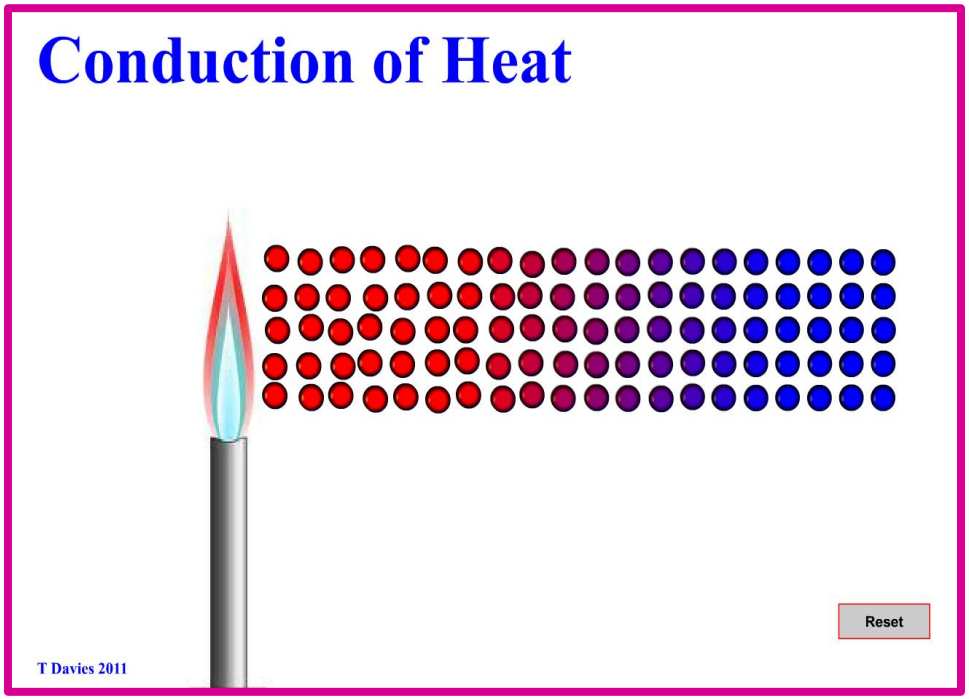
1. คลื่นเสียง , คลื่นวิทยุ , คลื่นไมโครเวฟ
2. คลื่นน้ำ , คลื่นในเส้นเชือก , คลื่นดล
3. คลื่นในสปริง , คลื่นน้ำ , แสง
4. แสง , คลื่นไฟฟ้ากระแสสลับ , รังสีแกมมา

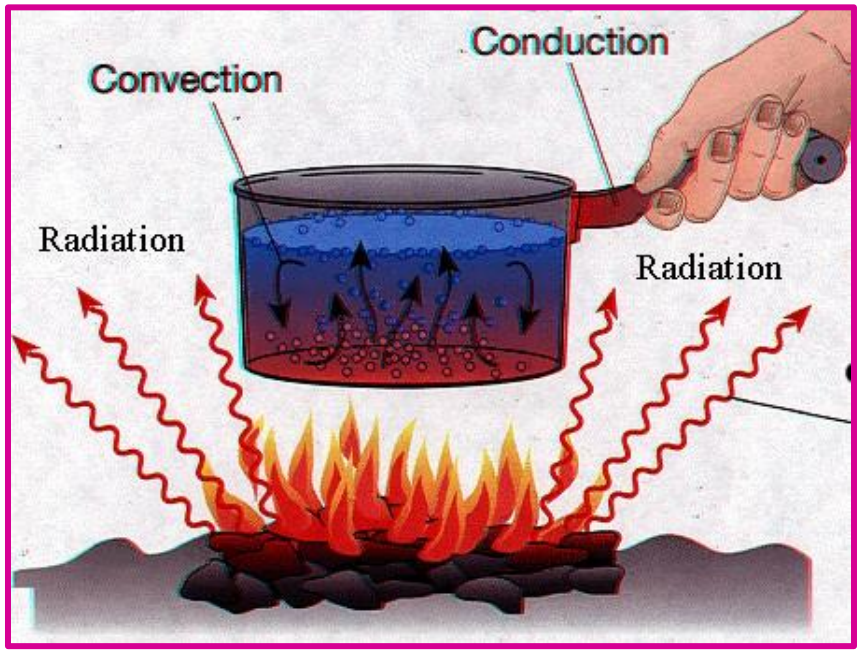
5. ปริมาณใดของคลื่นที่ใช้บอกค่าพลังงานบนคลื่น

1. ความถี่
2. ความยาวคลื่น
3. แอมพลิจูด
4. อัตราเร็ว

การส่งถ่ายพลังงานของคลื่น

การนำความร้อน (conduction) : อนุภาคของสื่อตัวกลางไม่เคลื่อน ทำหน้าที่เพียงส่งถ่ายพลังงาน

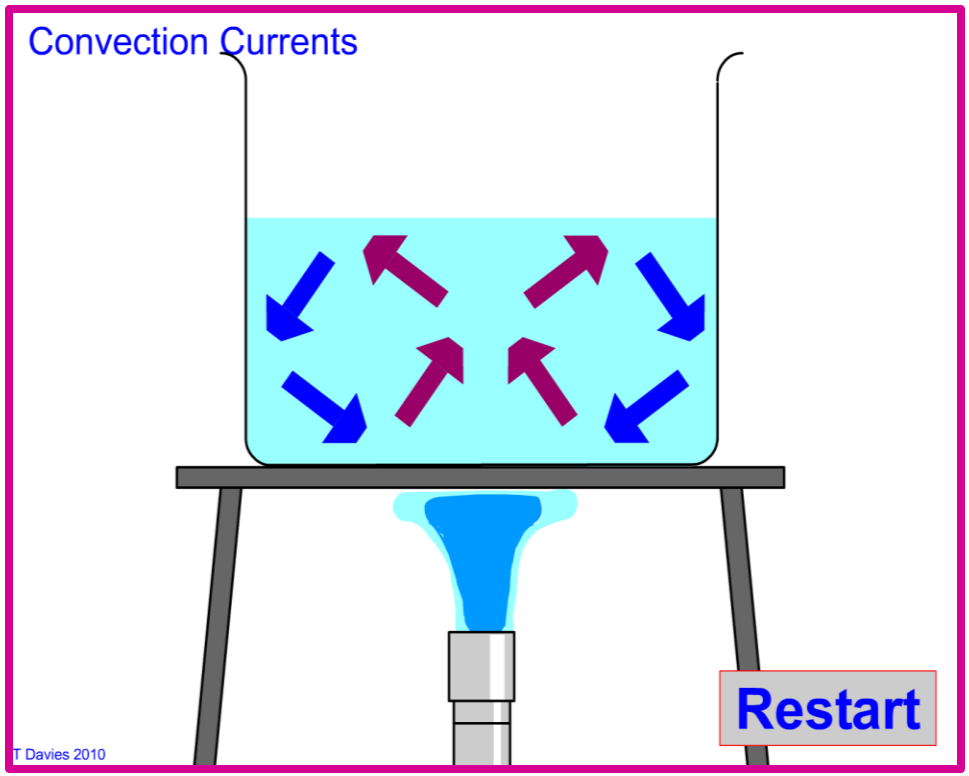


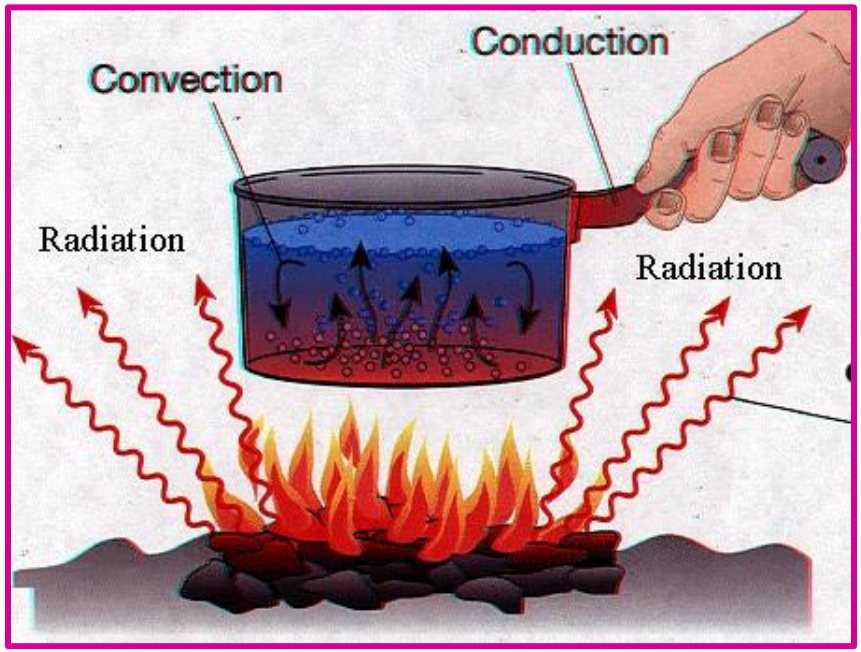


http://tdflashzone.net23.net/index.php?p=2_73
http://www.aos.wisc.edu/~aalopez/aos101/wk5/heatrans.jpg

การส่งถ่ายพลังงานของคลื่น

การพาความร้อน (convection) : อนุภาคของสื่อตัวกลางเป็นตัวเคลื่อนที่พาความร้อนไปด้วย

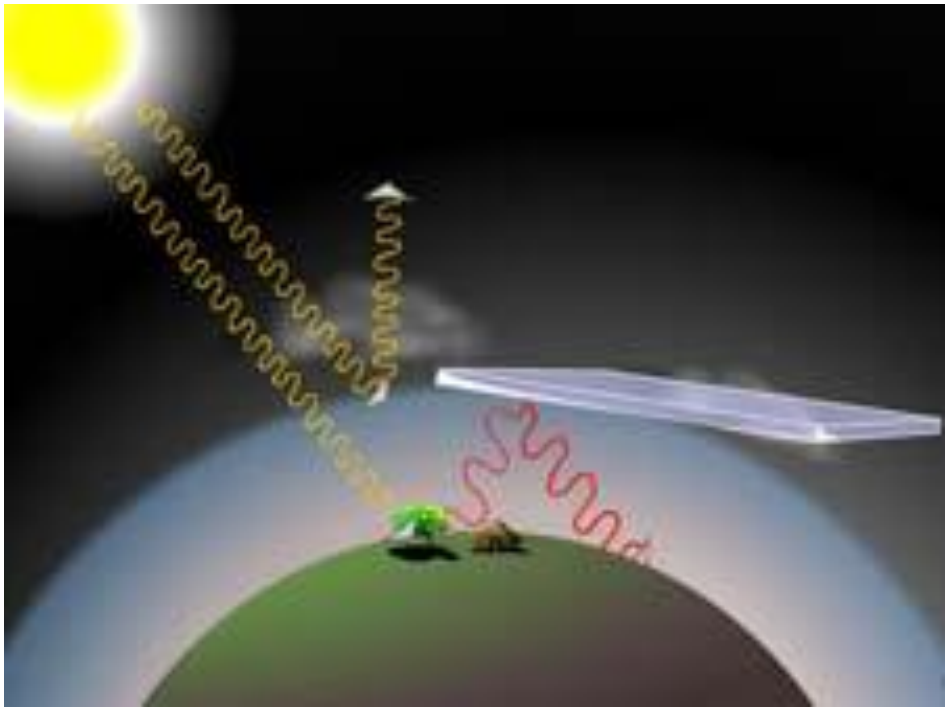


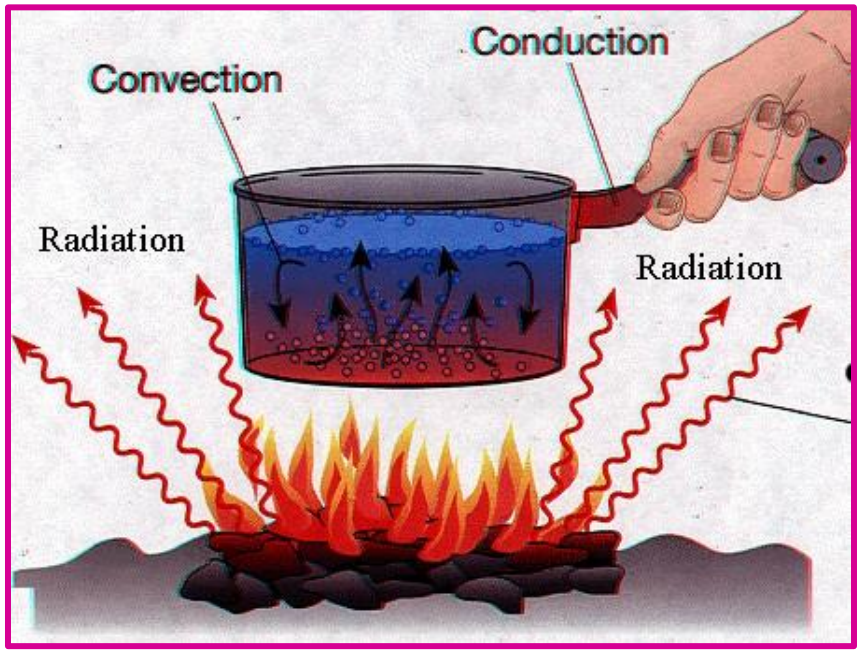


http://tdflashzone.net23.net/index.php?p=2_52
http://www.aos.wisc.edu/~aalopez/aos101/wk5/heatrans.jpg

การส่งถ่ายพลังงานของคลื่น

การแผ่รังสีความร้อน (radiation) : ไม่อาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน





http://www.goalfinder.com/images/SPHPHE1/greenhouse-earth-2.jpg
http://www.aos.wisc.edu/~aalopez/aos101/wk5/heatrans.jpg