เอกสารประกอบการบรรยาย: ***วิชา 2304101 ฟิสิกส์ทั่วไป 1 (ชีวภาพ)***
ครั้งที่ 2/ปลายภาค ภาคการศึกษาต้น พ.ศ. 2552
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
วันที่ 1 สิงหาคม พ.ศ. 2552

สารบัญ

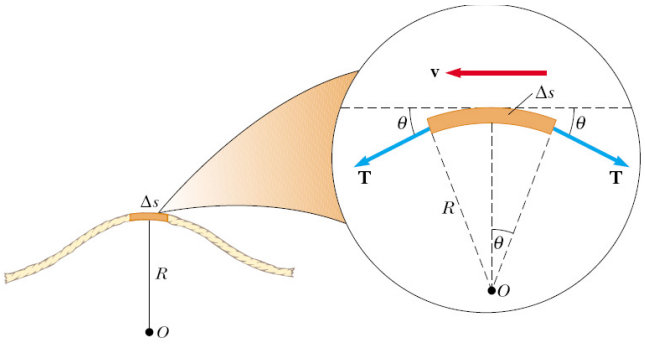
1 คลื่นในเส้นเชือก **1**

2 การสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือก **2**

3 การส่งผ่านคลื่นในเส้นเชือก **4**

1 คลื่นในเส้นเชือก

อัตราเร็วคลื่นในเส้นเชือก



พิจารณาเชือก Δs โดยผู้สังเกตเคลื่อนที่ด้วยอัตราเร็วเท่าคลื่น เขาจึงเห็นมันเคลื่อนที่ไปทางซ้ายมือ และมีแรงเข้าสู่ศูนย์กลาง $\vec{\mathbf{F}}_r$ ถ้าเชือกมีแรงตึง $\vec{\mathbf{T}}$ จะเขียนแรงลัพธ์ได้เป็น

$$F_r = 2T\sin\theta \approx 2T\theta$$

ถ้า μ คือ มวล m ต่อความยาวเชือก Δs ดังนั้น

$$m = \mu\Delta s = 2\mu r\theta$$

$$F_r = \frac{mv^2}{R}; \quad 2T\theta = \frac{2\mu R\theta v^2}{R}$$

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$

ตัวอย่าง
เฮลิคอปเตอร์โรยเชือกช่วยชีวิตนักไต่เขามวล 80 กก. เชือกมวล 8 กก. ยาว 15 ม. ปลายเชือกมีเก้าอี้มวล 70 กก. ระหว่างลอยอยู่กลางอากาศ นักไต่เขาเขย่าเชือกเป็นสัญญาณ พบว่า คลื่นเคลื่อนที่ใช้เวลา 0.25 วินาที จึงถึง ฮ. จงหาอัตราเร่งขึ้นของ ฮ.

อัตราเร็วของคลื่นในเส้นเชือกหาได้จาก

$$v = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \frac{15}{0.25} = 60 \text{ m/s}$$

ดังนั้นเราหาแรงตึงเชือกได้จาก

$$v = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$$
$$T = \mu v^2 = 1.92 \times 10^3 \text{ N}$$

จากสมการของนิวตัน

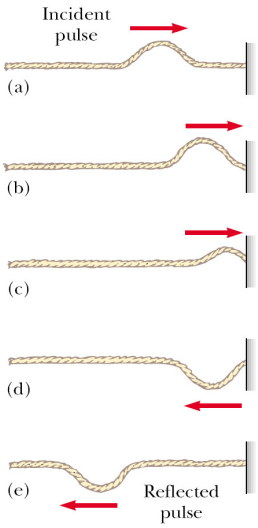
$$\Sigma F = ma$$
$$T - mg = ma$$
$$a = \frac{T}{m} - g = 3 \text{ m/s}^2$$

2 การสะท้อนของคลื่นในเส้นเชือก

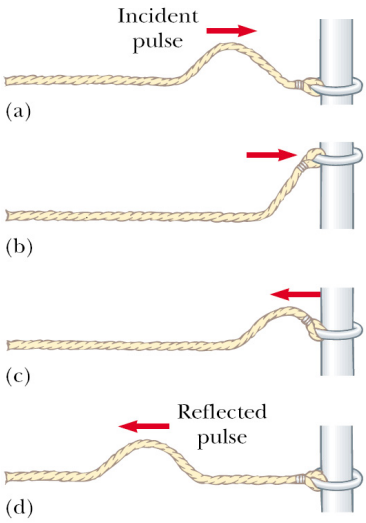
การสะท้อนกรณีปลายตรึง

เมื่อคลื่นดึงอนุภาคของเชือกขึ้น (ลง) จากกฎข้อที่สามของนิวตัน กำแพงจะดึงลง (ขึ้น)

กรณีนี้ คลื่นสะท้อนจะกลับเฟส 180^o



การสะท้อนกรณีปลายอิสระ

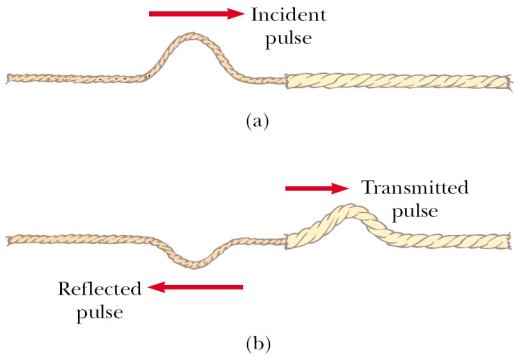


เมื่อคลื่นดึงห่วงขึ้น (ลง) ห่วงจะกดตัวเองลง ทำให้เชือกมีคลื่นที่เคลื่อนที่ขึ้น (ลง)

กรณีนี้ คลื่นสะท้อนจะมีเฟสคงเดิม (0^o)

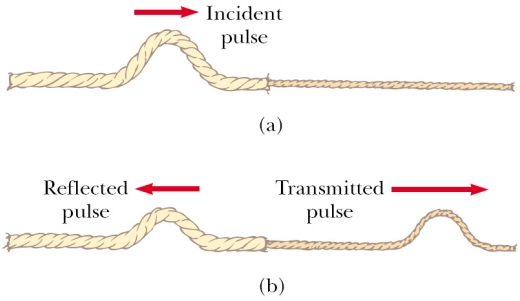
3 การส่งผ่านคลื่นในเส้นเชือก

คลื่นจากเชือกความหนาแน่นมากไปน้อย



- คลื่นส่งผ่าน (เชือกหนาแน่นมาก) เฟสเหมือนเดิม อัตราเร็วคลื่นน้อยกว่าคลื่นสะท้อน
- คลื่นสะท้อน (เชือกหนาแน่นน้อย) เฟสกลับ 180^o อัตราเร็วคลื่นมากกว่าคลื่นส่งผ่าน

คลื่นจากเชือกความหนาแน่นน้อยไปมาก



- คลื่นส่งผ่าน (เชือกหนาแน่นมาก) เฟสเหมือนเดิม อัตราเร็วคลื่นมากกว่าคลื่นสะท้อน
- คลื่นสะท้อน (เชือกหนาแน่นน้อย) เฟสคงเดิม (0^o) อัตราเร็วคลื่นน้อยกว่าคลื่นส่งผ่าน

อัตราการส่งผ่านพลังงานของคลื่นรูปไซน์ในเส้นเชือก

พิจารณาอนุภาคของเชือกช่วงสั้น ๆ dx ซึ่งมีมวลต่อความยาวเป็น μ ดังนั้นมวลของเชือกในช่วงที่พิจารณาจึงมีค่าเป็น

$$dm = \mu dx$$

พลังงานจลน์ของเชือกช่วงนี้ (dK) และพลังงานศักย์ของเชือกช่วงนี้ (dU) หาได้จาก

$$dK = \frac{1}{2}dmv_y^2 = \frac{1}{2}(\mu dx)v_y^2 = \frac{1}{2}\mu v_y^2 dx$$
$$dU = \frac{1}{2}dmy^2 = \frac{1}{2}(\mu dx)y^2 = \frac{1}{2}\mu y^2 dx$$

$$y = A\sin(kx - \omega t)$$
$$v_y = -\omega A\cos(kx - \omega t)$$

พิจารณาที่ $t = 0$ จะได้ว่า

$$K_\lambda = \int_0^\lambda \frac{1}{2}\mu\omega^2 A^2\cos^2 kx\ dx = \frac{1}{4}\mu\omega^2 A^2\lambda$$
$$U_\lambda = \int_0^\lambda \frac{1}{2}\mu A^2\sin^2 kx\ dx = \frac{1}{4}\mu\omega^2 A^2\lambda$$
$$E_\lambda = \frac{1}{2}\mu\omega^2 A^2\lambda$$
$$P = \frac{E_\lambda}{T} = \frac{1}{2}\mu\omega^2 A^2\left(\frac{\lambda}{T}\right) = \frac{1}{2}\mu\omega^2 A^2 v$$

อัตราการส่งผ่านพลังงานของคลื่น หรือ กำลัง (P) ขึ้นอยู่กับ มวลของเชือก(ตัวกลาง) ความถี่(ความถี่เชิงมุม) แอมปลิจูด และอัตราเร็วของคลื่น