

บทที่ 6

คลื่น

ในบทก่อน ๆ เราได้ศึกษาเรื่องสสาร แรง ไปแล้ว ในสามสัปดาห์ต่อไปนี้จะศึกษาพลังงาน แต่ก่อนจะกล่าวถึงพลังงานเราจะศึกษาสิ่งที่จะช่วยในการส่งถ่ายพลังงาน คือ คลื่น โดยจะศึกษาคุณสมบัติของคลื่นโดยทั่ว ๆ ไป

คลื่น เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ทำให้เกิดการส่งถ่ายพลังงาน คลื่น เกิดจากแหล่งกำเนิดถูกรบกวน (disturbance) เมื่อกระตุกเชือก เราจะเห็นคลื่นในเส้นเชือก เมื่อโยนก้อนหินลงไปในน้ำ เราจะเห็นคลื่นตีวงออกไปเรื่อย ๆ พึงสังเกตว่าน้ำไม่ได้เคลื่อนที่ไปกับคลื่น ถ้าลองสังเกตจอกแหวนหรือฝักตบขวา เวลาเกิดคลื่นในน้ำ เราจะมองเห็นคล้ายกับว่ามันเคลื่อนที่ไปตามคลื่นแต่จริง ๆ มันอยู่กับที่เพียงแต่เคลื่อนที่ขึ้นลงเท่านั้น

คลื่นบางชนิดต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน เราเรียกคลื่นชนิดนี้ว่า คลื่นเชิงกล (mechanical waves) มีคลื่นอีกชนิดหนึ่งที่ไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ อย่างเช่นแสงอาทิตย์สามารถส่องมาถึงโลกเราได้ ทั้ง ๆ ที่มีส่วนที่เป็นสุญญากาศกันอยู่ระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ คลื่นประเภทนี้เรียกว่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic waves) หรือ บางทีเรียกว่าคลื่นบริสุทธิ์ (pure wave) ซึ่งคลื่นนี้ยังรวม คลื่นวิทยุ ความร้อน แสง เอกซเรย์ และคลื่นที่ใช้ในการสื่อสารระบบดาวเทียม เป็นต้น

ชนิดของคลื่น

ในการยกเอาคลื่นน้ำ คลื่นแสง คลื่นเสียง มาเป็นตัวอย่างของการเคลื่อนที่ของคลื่นนั้น มิใช่เราจะจำแนกคุณสมบัติทางกายภาพของมันได้อย่างกว้าง ๆ เท่านั้น เรายังสามารถจำแนกชนิดของคลื่นได้ด้วยวิธีอื่น ๆ อีก

เราสามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของคลื่นแต่ละชนิดได้ โดยการพิจารณาว่าการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารมีความสัมพันธ์กับทิศทางของการเคลื่อนที่ของคลื่นอย่างไร ถ้าการเคลื่อนที่ของอนุภาคของตัวกลางตั้งฉากกับทิศทางของการเคลื่อนที่ของคลื่น เราเรียกคลื่นชนิดนี้ว่า "คลื่นตามขวาง" (transverse wave) ตัวอย่างเช่น เชือกที่ขึงตึงในแนวตั้งถูกทำให้สั่นไปมาที่ปลายข้างหนึ่ง คลื่นตามขวางจะเคลื่อนลงไปตามเชือกแต่อนุภาคของเชือกจะสั่นตั้งฉากกับทิศทางของการเคลื่อนที่ของคลื่น (ดังรูป 6.1 (a))

คลื่นแสง ไม่เป็นคลื่นกล เพราะการเดินทางของคลื่นไม่ใช่การเคลื่อนที่ของสสารแต่

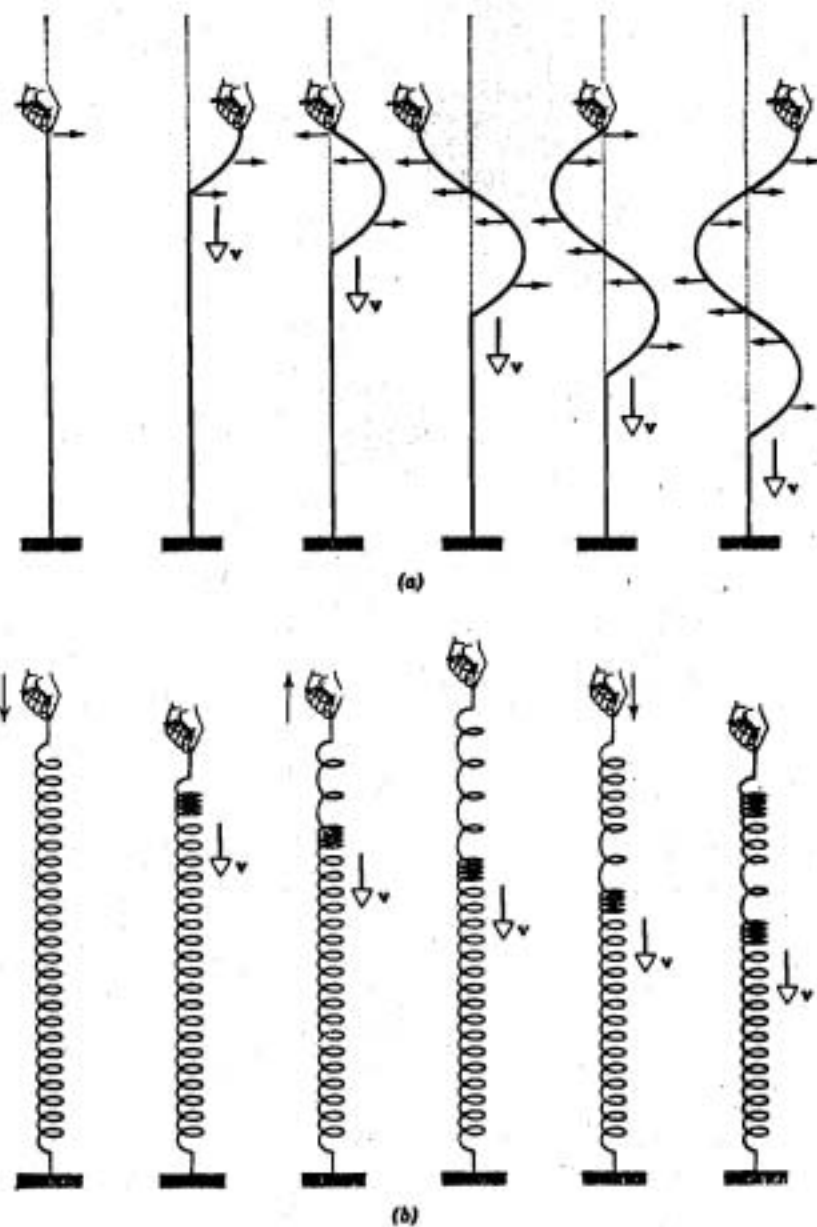
เป็นของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เนื่องจากทั้งสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าต่างตั้งฉากกับทิศทาง
การแผ่ขยายของคลื่น จึงถือว่าคลื่นแสงเป็นคลื่นตามขวางได้

การเคลื่อนที่ของคลื่นบางชนิดทำให้อนุภาคของตัวกลางเคลื่อนที่ไปมาในแนวเดียวกับ
ทิศทางของการเคลื่อนที่ของคลื่น เราเรียกคลื่นชนิดนี้ว่า 'คลื่นตามยาว' (longitudinal wave)
ตัวอย่างเช่น เมื่อเราทำให้สปริงที่ขึงตึงอยู่ในแนวตั้งสั่นขึ้นลงที่ปลายข้างหนึ่ง คลื่นตามยาวจะ
เคลื่อนที่ลงตามสปริง ขดลวดสปริงจะสั่นไปมาในทิศทางเดียวกันกับการเคลื่อนที่ของคลื่น
(ดังรูป 6.1 (b))

มีคลื่นบางชนิดไม่มีคลื่นตามขวางหรือตามยาวเพียงอย่างเดียว ตัวอย่างเช่น คลื่นที่ผิว
หน้าของน้ำ ซึ่งอนุภาคของน้ำเคลื่อนที่ทั้งขึ้นลงและกลับไปกลับมา

คลื่นอาจจำแนกได้เป็น 1, 2 และ 3 มิติตามจำนวนของระนาบที่คลื่นแผ่ขยายออกไป
คลื่นที่เคลื่อนที่ในเชือกหรือสปริงในรูป 6.1 เป็นคลื่น 1 มิติ คลื่นที่ผิวน้ำหรือระลอกน้ำที่เกิดจาก
การโยนก้อนหินลงในบ่อจัดเป็นคลื่น 2 มิติ คลื่นเสียงและคลื่นแสงซึ่งแผ่ขยายออกจากต้น
กำเนิดขนาดเล็กในแนวรัศมี จัดเป็นคลื่น 3 มิติ

เราอาจจะจำแนกชนิดของคลื่นต่อไปอีกได้ตามลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสาร
ที่นำคลื่นไปในเวลาหนึ่งทีคลื่นแผ่ขยายออกไป ตัวอย่างเช่น ถ้าเราสร้าง 'คลื่นเดี่ยว'
(single wave หรือ pulse) ให้เคลื่อนที่ไปตามเชือกที่ขึงตึงโดยการสับที่ปลายเชือก
เพียงครั้งเดียว ทุก ๆ อนุภาคของเชือกจะอยู่นิ่ง จนกระทั่งคลื่นเดี่ยวนั้นเคลื่อนมาถึงซึ่งจะทำให้
อนุภาคเคลื่อนที่ในเวลาอันสั้นแล้วก็จะกลับอยู่นิ่งอีก ถ้าเราสับปลายเชือกไปมาต่อไป จะเกิด
คลื่นหลายคลื่น (train of waves) เคลื่อนที่ไปตามเชือก ถ้าเราสับเชือกเป็นช่วง ๆ จะเกิด
ขบวนคลื่นเป็นช่วง ๆ (periodic train of waves) ซึ่งทุก ๆ อนุภาคของเชือกเคลื่อนที่แบบคาบ
(periodic) รูปที่ง่ายที่สุดของคลื่นแบบคาบ คือ คลื่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย (simple harmonic
motion) ซึ่งทุก ๆ อนุภาคเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย (SHM)



รูป 6.1 (a) โคนคลื่นตามขวาง อนุภาคของตัวกลาง (เชือก) แกว่งทำมุม 90 กับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น
 (b) โคนคลื่นตามยาว อนุภาคของตัวกลาง (สปริง) แกว่งในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น

คุณสมบัติของคลื่น

สิ่งที่จะเรียกว่าคลื่นนั้น มีคุณสมบัติที่สำคัญ 5 อย่าง คือ

1. **การสะท้อน** คลื่นเมื่อไปกระทบสิ่งกีดขวางแล้วจะเกิดการสะท้อน อย่างเช่น คลื่นน้ำเมื่อกระทบฝั่งแล้วจะมีการสะท้อนกลับมา คลื่นที่สะท้อนกลับมา อาจจะไม่ใหญ่เหมือนคลื่นลูกเก่าก็ได้ เพราะว่าพลังงานอาจจะสูญหายไปกับแรงเสียดทาน คลื่นที่สะท้อนจึงเล็กกว่าลูกแรกมาก ปรากฏการณ์อีกอันหนึ่งเกี่ยวกับการสะท้อนของคลื่นเสียง คือ เสียงก้อง เช่น เวลาพูดคุยกันหรือตะโกนในช่วงตึก หอประชุม หรือโรงยิม เราจะได้ยินเสียงสะท้อนกลับคืนมา เรื่องของเสียงก้องนี้จะได้กล่าวถึงอีกครั้งหนึ่งเมื่อตอนพูดถึงคลื่นเสียง

2. **การหักเห** คลื่นจะเปลี่ยนทางเดินหรือเปลี่ยนความเร็วเมื่อเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งไปอีกร่างตัวกลางหนึ่ง ตัวอย่างที่เห็นได้ง่ายคือ การที่เราเห็นรอยหักของแท่งดินสอ หรือไม้บรรทัดที่แช่อยู่ในแก้วน้ำ ทั้งนี้เพราะแสงมีการหักเหเมื่อเดินทางจากน้ำจากสู่อากาศ หรือจากอากาศไปสู่ น้ำ

3. **การเลี้ยวเบน (diffraction)** หมายถึงการเปลี่ยนแนวทางเดินของคลื่นเมื่อผ่านขอบที่มีคมบาง ๆ หรือผ่านช่องเปิดเล็ก ๆ ดังรูป 6.2 หรือแสงที่เดินทางลอดรูตะปูที่ฝ้าบ้านจะเกิดการเลี้ยวเบน ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น จันทรูปราคา หรือสุริยูปราคา แม้ว่าจะเกิดแบบเต็มดวง แต่เราจะเห็นว่า มันไม่มีตสันิทเหมือนคืนข้างแรม เดือนมืดจริง ๆ ทั้งนี้เพราะแสงอาทิตย์จะเกิดการเลี้ยวเบนที่ขอบของโลกในกรณีของจันทรูปราคา แสงจะเกิดการเลี้ยวเบนที่ขอบของดวงจันทร์ในกรณีของสุริยูปราคา



รูป 6.2 แสดงการเลี้ยวเบนของคลื่น

4. **การแทรกสอด (interference)** เกิดจากการที่คลื่นอย่างน้อยสองขบวนการวิ่งมาพบกัน บางตอนก็เสริมกัน บางตอนก็ลบล้างกัน ถ้าเราโยนก้อนหินสองก้อนลงไปในบ่อน้ำพร้อม ๆ กัน ให้ตกห่างกันสักสองเมตร แล้วสังเกตความสูงของคลื่นตรงบริเวณที่คลื่นทั้งสองพบ

กัน จะพบว่าตรงบริเวณนั้น คลื่นอาจจะสูงกว่าคลื่นลูกเก่าทั้งสอง หรืออาจจะราบ ๆ เหมือนไม่มีคลื่น ดังรูป 6.2 นั้นเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การแทรกสอด การแทรกสอดสำหรับแสง ตรงที่มันเสริมกันจะสว่างมาก ตรงที่มันลบล้างกันจะสว่างน้อยของคลื่นเสียงตรงที่เสริมกันเสียงจะดัง ตรงที่ลบล้างกันเสียงจะเบา

5. การกำทอน (resonance) การเพิ่มพลังงานให้กับคลื่นโดยการออกแรงช่วยให้เป็นจังหวะเดียวกับคลื่นเดิม จะช่วยให้คลื่นมีพลังงานมากขึ้น นึกถึงการเล่นชิงช้า ถ้าเราเป็นผู้แกว่งชิงช้า คอยผลักชิงช้าในจังหวะที่มาตัวเราและกำลังจะแกว่งหนีเราไป จะเห็นว่าชิงช้าค่อยสูงขึ้นเรื่อย ๆ การที่ชิงช้าแกว่งไกลขึ้นและแรงขึ้นโดยแรงผลักเป็นจังหวะนี้ เรียกว่า เกิดกำทอน

ปรากฏการณ์ทางเสียงจะช่วยอธิบายการกำทอนได้ดี ลองหยิบไม้บรรทัดพลาสติกขึ้นมาถือปลายข้างหนึ่งไว้แน่น มีอีกข้างหนึ่งโน้มปลายบรรทัดแล้วปล่อย จะเห็นว่าไม้บรรทัดจะสั่นด้วยความถี่ใดความถี่หนึ่งซึ่งเป็นความถี่เฉพาะของมัน เรียกว่า ความถี่แห่งการกำทอน (resonant frequency) ผนังตึก แก้วแชมเปญ หรือ ล้ออากาศในท่อ ต่างก็มีความถี่แห่งการกำทอนประจำตัวของมัน ถ้ามีแหล่งกำเนิดคลื่นที่มีความถี่เท่ากับความถี่เฉพาะของวัตถุ วัตถุนั้นก็จะส่งไปกับคลื่นนั้นด้วย ตัวอย่างเช่น กำแพงตึกหรือพื้นบ้านจะมีความถี่แห่งการกำทอนต่ำ ดังนั้น ถ้าเพื่อนบ้านเราจัดงานเลี้ยงเปิดสเตอริโอ เราจะทนเสียงเบสไม่ค่อยได้ เพราะเสียงเบสจะทำให้ฝ้าบ้านหรือพื้นบ้านสั่นไปตามจังหวะเพลงด้วย

แบบฝึกหัด

- 6.1 คลื่น (waves) เกิดขึ้นได้อย่างไร และคลื่นมีความสัมพันธ์กับพลังงานอย่างไร
- 6.2 คลื่นกล (mechanical waves) แตกต่างกับคลื่นบริสุทธิ์ (pure waves) หรือคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic waves) อย่างไร
- 6.3 คลื่นมีคุณสมบัติที่สำคัญกี่ประการ อะไรบ้าง
- 6.4 จงให้ความหมายของคำว่า การสะท้อน การหักเหและการเลี้ยวเบนของคลื่น
- 6.5 การแทรกสอด (interference) ของคลื่นมีลักษณะอย่างไร และมีผลอย่างไรกับคลื่น
- 6.6 ความถี่แห่งการกำทอน (resonance frequency) หมายถึงอะไร
- 6.7 คลื่นเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของมนุษย์อย่างไร