

## บทที่ 6

### คลื่น

ในบทก่อน ๆ เราได้ศึกษาเรื่องสสาร แรงแง ไปแล้ว ในสามสัปดาห์ต่อไปนี้จะศึกษาพลังงาน แต่ก่อนจะกล่าวถึงพลังงานเราจะศึกษาสิ่งที่ช่วยในการส่งถ่ายพลังงาน คือ คลื่น โดยจะศึกษาคุณสมบัติของคลื่นโดยทั่ว ๆ ไป

คลื่น เป็นปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ทำให้เกิดการส่งถ่ายพลังงาน คลื่น เกิดจากแหล่งกำเนิดถูกรบกวน (disturbance) เมื่อกระทบเชือก เราจะเห็นคลื่นในเส้นเชือก เมื่อโยนก้อนหินลงไปใต้น้ำ เราจะเห็นคลื่นตีวงออกไปเรื่อย ๆ ฟังสังเกตว่าน้ำไม่ได้เคลื่อนที่ไปกับคลื่น ถ้าลองสังเกตจอกแหวนหรือฝักตบชวา เวลาเกิดคลื่นในน้ำ เราจะมองเห็นคล้ายกับว่ามันเคลื่อนที่ไปตามคลื่นแต่จริง ๆ มันอยู่กับที่เพียงแต่เคลื่อนที่ขึ้นลงเท่านั้น

คลื่นบางชนิดต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงาน เราเรียกคลื่นชนิดนี้ว่า คลื่นเชิงกล (mechanical waves) มีคลื่นอีกชนิดหนึ่งที่ไม่อาศัยตัวกลางในการเคลื่อนที่ อย่างเช่นแสงอาทิตย์สามารถส่องมาถึงโลกเราได้ ทั้ง ๆ ที่มีส่วนที่เป็นสุญญากาศกั้นอยู่ระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ 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 เชือกที่ซึ่งดึงในแนวตั้งถูกทำให้สั่นไปมาที่ปลายข้างหนึ่ง คลื่นตามขวางจะเคลื่อนลงไปตามเชือกแต่อนุภาคของเชือกจะสั่นตั้งฉากกับทิศทางของการเคลื่อนที่ของคลื่น (ดังรูป 6.1 (a))

คลื่นแสง ไม่เป็นคลื่นกล เพราะการเดินทางของคลื่นไม่ใช่การเคลื่อนที่ของสสารแต่

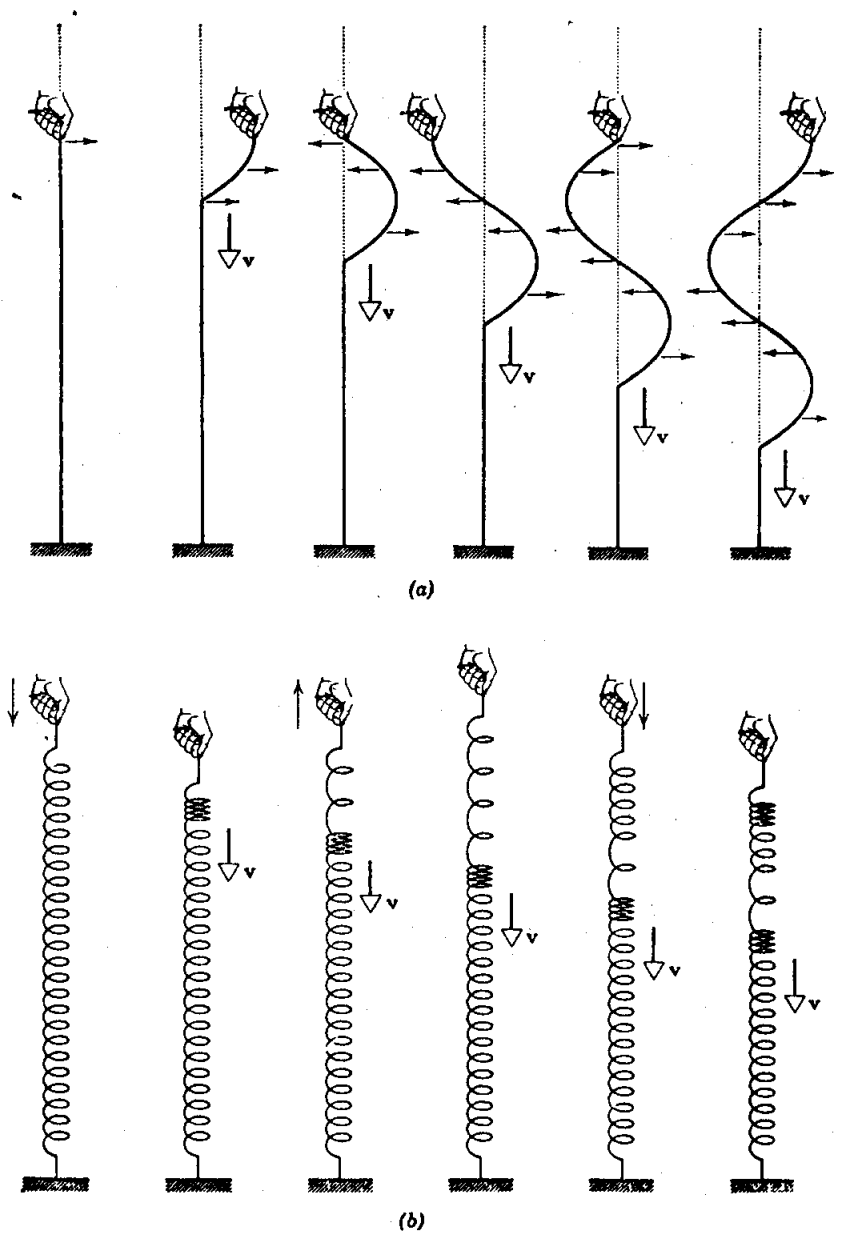
เป็นของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า เนื่องจากทั้งสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าต่างตั้งฉากกับทิศทางการแผ่ขยายของคลื่น จึงถือว่าคลื่นแสงเป็นคลื่นตามขวางได้

การเคลื่อนที่ของคลื่นบางชนิดทำให้อนุภาคของตัวกลางเคลื่อนที่ไปมาในแนวเดียวกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น เราเรียกคลื่นชนิดนี้ว่า "คลื่นตามยาว" (longitudinal wave) ตัวอย่างเช่น เมื่อเราทำให้สปริงที่ขึงตึงอยู่ในแนวตั้งสั่นขึ้นลงที่ปลายข้างหนึ่ง คลื่นตามยาวจะเคลื่อนที่ลงตามสปริง ขดลวดสปริงจะสั่นไปมาในทิศทางเดียวกันกับการเคลื่อนที่ของคลื่น (ดังรูป 6.1 { b })

มีคลื่นบางชนิดไม่มีคลื่นตามขวางหรือตามยาวเพียงอย่างเดียว ตัวอย่างเช่น คลื่นที่ผิวน้ำของน้ำ ซึ่งอนุภาคของน้ำเคลื่อนที่ทั้งขึ้นลงและกลับไปกลับมา

คลื่นอาจจำแนกได้เป็น 1, 2 และ 3 มิติตามจำนวนของระนาบที่คลื่นแผ่ขยายออกไป คลื่นที่เคลื่อนที่ในเชือกหรือสปริงในรูป 6.1 เป็นคลื่น 1 มิติ คลื่นที่ผิวน้ำหรือระลอกน้ำที่เกิดจากการโยนก้อนหินลงในบ่อจัดเป็นคลื่น 2 มิติ คลื่นเสียงและคลื่นแสงซึ่งแผ่ขยายออกจากต้นกำเนิดขนาดเล็กในแนวรัศมี จัดเป็นคลื่น 3 มิติ

เราอาจจะจำแนกชนิดของคลื่นต่อไปอีกได้ตามลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคของสสารที่นำคลื่นไปในช่วงเวลาหนึ่งที่คลื่นแผ่ขยายออกไป ตัวอย่างเช่น ถ้าเราสร้าง "คลื่นเดี่ยว" (single wave หรือ pulse) ให้เคลื่อนที่ไปตามเชือกที่ขึงตึงโดยการสะบัดที่ปลายเชือกเพียงครั้งเดียว ทุก ๆ อนุภาคของเชือกจะอยู่นิ่ง จนกระทั่งคลื่นเดี่ยวนั้นเคลื่อนมาถึงซึ่งจะทำให้อนุภาคเคลื่อนที่ในเวลาอันสั้นแล้วก็จะกลับอยู่นิ่งอีก ถ้าเราสะบัดปลายเชือกไปมาต่อไป จะเกิดคลื่นหลายคลื่น (train of waves) เคลื่อนที่ในเส้นเชือก ถ้าเราสะบัดเชือกเป็นช่วง ๆ จะเกิดขบวนคลื่นเป็นช่วง ๆ (periodic train of waves) ซึ่งทุก ๆ อนุภาคของเชือกเคลื่อนที่แบบคาบ (periodic) รูปที่ง่ายที่สุดของคลื่นแบบคาบ คือ คลื่นแบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย (simple harmonic motion) ซึ่งทุก ๆ อนุภาคเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิกอย่างง่าย (SHM)



รูป 6.1 (a) ในคลื่นตามขวาง อนุภาคของตัวกลาง (เข็อก) แกว่งทำมุม 90 กับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น  
 (b) ในคลื่นตามยาว อนุภาคของตัวกลาง (สปริง) แกว่งในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการเคลื่อนที่ของคลื่น

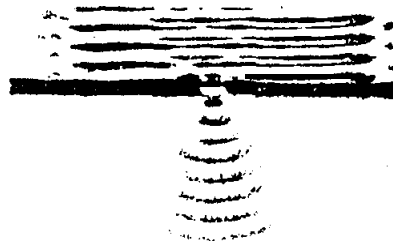
## คุณสมบัติของคลื่น

สิ่งที่จะเรียกว่าคลื่นนั้น มีคุณสมบัติที่สำคัญ 5 อย่าง คือ

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

2. การหักเห คลื่นจะเปลี่ยนทางเดินหรือเปลี่ยนความเร็วเมื่อเคลื่อนที่จากตัวกลางหนึ่งไปอีกตัวกลางหนึ่ง ตัวอย่างที่เห็นได้ง่ายคือ การที่เราเห็นรอยหักของแท่งดินสอ หรือไม้บรรทัดที่แช่อยู่ในแก้วน้ำ ทั้งนี้เพราะแสงมีการหักเหเมื่อเดินทางจากน้ำจากสู่อากาศ หรือจากอากาศไปสู่ น้ำ

3. การเลี้ยวเบน (diffraction) หมายถึงการเปลี่ยนแนวทางการเดินทางของคลื่นเมื่อผ่านขอบที่มีคมบาง ๆ หรือผ่านช่องเปิดเล็ก ๆ ดังรูป 6.2 หรือแสงที่เดินทางลอดรูตะปูที่ฝาบ้านจะเกิดการเลี้ยวเบน ปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ เช่น จันทรุปราคา หรือสุริยุปราคา แม้ว่าจะเกิดแบบเต็มดวง แต่เราจะเห็นว่า มันไม่มีดสนิทเหมือนคืนข้างแรม เดือนมืดจริง ๆ ทั้งนี้เพราะแสงอาทิตย์จะเกิดการเลี้ยวเบนที่ขอบของโลกในกรณีของจันทรุปราคา แสงจะเกิดการเลี้ยวเบนที่ขอบของดวงจันทร์ในกรณีของสุริยุปราคา



รูป 6.2 แสดงการเลี้ยวเบนของคลื่น

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

กัน จะพบว่าตรงบริเวณนั้น คลื่นอาจจะสูงกว่าคลื่นลูกเก่านั้นสอง หรืออาจจะราบ ๆ เหมือนไม่มีคลื่น ดังรูป 6.2 นั้นเป็นปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การแทรกสอด การแทรกสอดสำหรับแสงตรงที่มันเสริมกันจะสว่างมากตรงที่มันลบล้างกันจะสว่างน้อยของคลื่นเสียงตรงที่เสริมกันเสียงจะดังตรงที่ลบล้างกันเสียงจะเบา

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

ปรากฏการณ์ทางเสียงจะช่วยอธิบายการกำทอนได้ดี ลองหยิบไม้บรรทัดพลาสติกขึ้นมาถือปลายข้างหนึ่งไว้แน่น มืออีกข้างหนึ่งโน้มปลายบรรทัดแล้วปล่อย จะเห็นว่าไม้บรรทัดจะสั่นด้วยความถี่ใดความถี่หนึ่งซึ่งเป็นความถี่เฉพาะของมัน เรียกว่า ความถี่แห่งการกำทอน (resonant frequency) ผนังตึก แก้วแชมเปญ หรือ ลำอากาศในท่อ 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