

บทที่ 17 แรงและการเคลื่อนที่

เราทั้งหลายอยู่ในโลกที่ทุกอย่างกำลังเคลื่อนที่ทั้งนั้น การเคลื่อนที่บางอย่างก็มองเห็นได้ บางอย่างก็มองเห็นไม่ได้ ดังเช่น เรายืนที่สถานีรถไฟเรามองเห็นรถไฟกำลังวิ่งเข้าสู่สถานีด้วยตาของเราเอง และในขณะเดียวกันเรากำลังยืนอยู่บนผิวโลกที่กำลังหมุนด้วยความเร็วสูงกว่ารถไฟ แต่เรามองไม่เห็น

อีกประการหนึ่งอันเป็นที่น่าสังเกตก็คือการเคลื่อนที่ที่มีทิศทางแน่นอน ไม่ปะปะเหมือนเด็กสอนเดิน การเคลื่อนที่ที่มีทิศทางแน่นอนเท่านั้นที่เราพอพิจารณาได้โดยอาศัยการวัดอย่างตรงไปตรงมา (direct measurement)

17.1 แรง (force)

เมื่อใดที่กล่าวถึงแรงเราก็สามารถเห็นในมโนภาพได้ว่าเป็นการดึงหรือดันวัตถุ สมมติมีแรงดันวัตถุที่ยืดหยุ่นได้ เช่น สปริง ทำให้เกิดการเปลี่ยนรูปในส่วนต่างๆ ของสปริงซึ่งมีทั้งยืด หด คด งอ และบิดเป็นเกลียว ตามปกติแล้วสปริงจะมีการยืดหดตามแรงที่เราใช้กระทำต่อสปริงนั้น ดังนั้นเราจึงมีเครื่องชั่งสปริงเป็นเครื่องมือวัด *แรงดึงดูดของโลก* ที่มีต่อวัตถุ ซึ่งเราเรียกกันทั่ว ๆ ไปว่า *น้ำหนัก* ของวัตถุได้

บ่อเกิดของแรงเป็นตัวยกประเภทของแรงได้ว่ามีอยู่ 3 ชนิด ซึ่งได้แก่

17.1.1 แรงดึงดูดระหว่างมวล (gravitational force) แรงประเภทนี้เกิดขึ้นเสมอไม่ว่าที่โลกของเราหรือในจักรวาล เป็นแรงที่ดึงให้ขันทักน้ำลอยเข้าชิดขอบโถง เป็นแรงที่ดึงให้วัตถุตกลงสู่พื้นดิน เป็นแรงยึดเหนี่ยวระหว่างวัตถุท้องฟ้าและโลกไว้ในระบบสุริยะเดียวกัน เป็นแรงที่ทำให้ยานอวกาศต้องใช้ถึง 3 ร่วมพร้อมกันเพื่อลดความเร็วเมื่อเข้าใกล้โลกและเข้าสู่เขตบรรยากาศ

17.1.2 **แรงแม่เหล็กไฟฟ้า** แรงประเภทนี้เกิดขึ้นเมื่อมีแม่เหล็ก หรือมีกระแสไฟฟ้า ถ้าหากเราย้อนกลับไปดูผลงานของนักวิทยาศาสตร์ในสมัยคริสต์ศตวรรษที่ 17 เราจะพบว่า *กิลเบิร์ต* (William Gilbert) ได้ศึกษาและทำการทดลองเกี่ยวกับแม่เหล็กไว้มากมาย ต่อมาปลายคริสต์ศตวรรษที่ 18 *เบนจามิน แฟรงคลิน* (Benjamin Franklin) ได้ทำการทดลองและศึกษาเกี่ยวกับไฟฟ้าสถิต เราจะเห็นสิ่งที่เหมือนกัน 2 ประการคือ แรงจากขั้วแม่เหล็ก และแรงจากประจุไฟฟ้าจะลดลงอย่างรวดเร็วแบบเดียวกันไม่มีผิด ในทางคำนวณกล่าวว่าการลดลงเป็นอัตราส่วนกลับกับกำลังสองของระยะห่างระหว่างที่ที่เราสังเกตกับขั้วแม่เหล็กหรือประจุไฟฟ้านั้น หมายถึงแรงที่ระยะห่างเป็น 2 เท่ามีค่าเพียง 1 ใน 4 ของแรงเดิม และถ้าห่างออกไปเป็น 3 เท่า แรงจะเหลือเพียง 1 ใน 9 ของแรงเดิมเท่านั้น

จนกระทั่งถึงปี พ.ศ. 2363 (ค.ศ. 1820) ในเดือนกรกฎาคม *เออร์สเตด* (Hans C. Oersted) ได้พิมพ์บทความเรื่องการค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแม่เหล็ก มีทั้งทฤษฎีและการทดลองอธิบายไว้โดยละเอียด

จากการค้นคว้าและค้นพบของนักวิทยาศาสตร์หลายท่านบอกเราว่า แรงแม่เหล็กและไฟฟ้าเป็นแรงประเภทเดียวกันแยกจากกันไม่ออก หมายความว่าเมื่อใดมีแรงแม่เหล็กก็จะมีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น และเมื่อใดมีกระแสไฟฟ้าก็มีแรงแม่เหล็กเกิดขึ้น

17.1.3 **แรงนิวเคลียร์** เราเคยได้ยินเรื่องราวของแรงนิวเคลียร์กันมาบ้างแล้ว ความจริงแรงประเภทนี้เป็นแบบพิเศษอยู่สักหน่อย ถ้าลองเปรียบเทียบกับสิ่งที่เราเข้าใจได้ง่าย ๆ น่าจะเป็นดังนี้

ส่วนที่เป็นหัวใจของอะตอมหรือนิวเคลียสนั้นประกอบด้วยประจุไฟฟ้าบวกที่รวมกันอยู่อย่างใกล้ชิด ตามปกติแล้วประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกันย่อมอยู่รวมกันไม่ได้ เพราะมีแรงผลักรัน แต่ในนิวเคลียสกลับมีประจุบวกรวมกันอยู่ ดังนั้นเราก็พอจะเห็นได้ว่าน่าจะมีแรงยึดเหนี่ยวหรือผูกมัดให้ประจุเหล่านั้นรวมกันอยู่ได้ แรงจำนวนนี้ต้องสูงมากจึงสามารถเอาชนะแรงผลักระหว่างประจุเหล่านั้นได้ แรงยึดเหนี่ยวประจุบวกในนิวเคลียสคือ แรงนิวเคลียร์

ในประเภทของแรงดังกล่าวแล้วนั้น เรามีชื่อของแรงที่ใช้เรียกเฉพาะกรณีอีกด้วย เช่น

แรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของสารชนิดเดียวกันเรียก cohesive force แต่ถ้าเป็นแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของสารต่างชนิดกันเรียก adhesive force

แรงระหว่างผิววัตถุที่สัมผัสและเสียดสีกันเรียกแรงเสียดทาน (friction)

แรงในขดลวดสปริงที่ดันออกเวลาเราอัดลวดสปริงสั้นเข้า และดึงเข้าเวลาเราจับมันยืดออก เรียกแรงยืดหยุ่น (elastic force)

แรงในเส้นเชือกที่ใช้ห่อพัสดุหรือเชือกชิงช้าเมื่อมีเด็กนั่งแกว่งเล่น เป็นแรงต้านทานเพื่อกันไม่ให้พัสดุแยกกระจายออก หรือแรงในเส้นเชือกที่รับน้ำหนักตัวเด็กที่กำลังนั่งเล่น เราเรียกแรงในเส้นเชือกว่า ความตึง (tension)

เมื่อเรายกถังน้ำลูกเล็ก ๆ ที่มีน้ำอยู่ในถังประมาณครึ่งถังแล้วเหวี่ยงไปรอบตัว เราจะพบว่าถ้าเราเหวี่ยงเร็วพอน้ำในถังยังคงติดกันถังอยู่ แม้ว่าในขณะที่เหวี่ยงถังจะอยู่ในสภาพตะแคงในอากาศ แต่ถ้าเหวี่ยงช้าลงน้ำก็จะหกออกจากถังได้ เราอาจสรุปได้ว่าแรงที่ช่วยให้น้ำติดกับถังไม่หกออกมาได้เมื่อเหวี่ยงรอบตัวนั้น เปลี่ยนแปลงได้ ถ้าเร็วมากแรงมากด้วยน้ำจึงไม่หก ถ้าช้าลงแรงก็ลดลงด้วย น้ำก็จะไม่สามารถเกาะติดกันถังอยู่ได้ แรงประเภทนี้ขึ้นอยู่กับความเร็วของการหมุนเป็นวงกลม เรียกชื่อว่าแรงหนีศูนย์กลาง (centrifugal force) เมื่อย้อนมาสังเกตตรงมือที่จับหูถังดูบ้าง เราจะรู้สึกได้ว่าต้องออกแรงดึงหูถังไว้ แรงที่ดึงหูถังเข้าหาตัวนี้เรียกแรงสู่ศูนย์กลาง (centripetal force) มีทิศตรงกันข้ามกับแรงที่ดันให้น้ำติดกันถังหรือหนีศูนย์กลาง

สำหรับตัวอย่างสุดท้ายของแรงที่จะกล่าวถึงในที่นี้คือ แรงพยุง (buoyant force) แรงชนิดนี้เป็นแรงที่ช่วยให้เรือลอยน้ำหรือรู้สึกตัวเบาเมื่อว่ายน้ำ ทั้งนี้เป็นเพราะน้ำมีแรงดันที่ผิวสัมผัส ทำให้เกิดแรงพยุงช่วยรับน้ำหนักเรือหรือน้ำหนักตัวเราได้บ้างบางส่วน

17.2 การเคลื่อนที่ (motion)

ถ้าเราลองสมมติตัวเราอยู่ในรถแข่งที่เริ่มต้นเร่งความเร็ว เราก็จะรู้สึกคล้ายกับพนักเก้าอี้ดันหลังเราอยู่ และจะดันแรงขึ้นถ้าเร่งความเร็วขึ้น

จากการสังเกตอาการแบบข้างต้นเราก็พอบอกได้ประการหนึ่งว่า การเคลื่อนที่ที่มีความสัมพันธ์กับแรง การเคลื่อนที่ดังกล่าวนี้หมายถึงการเคลื่อนที่ที่มีความเร็วไม่สม่ำเสมอ ถ้าจะพูดอย่างสั้น ๆ ก็พอจะกล่าวได้ว่าแรงทำให้การเคลื่อนที่ไม่สม่ำเสมอ

เมื่อพิจารณาเฉพาะการเคลื่อนที่ที่เกิดขึ้นจากผลของแรง (โดยไม่จำเป็นต้องคำนึงประเภทหรือชนิดของแรง) เรามีคำอธิบายอยู่ 3 คำคือ ระยะทาง (displacement) ความเร็ว (velocity) และความเร่ง (acceleration)

สมมติเราไปเข้าจักรยานที่สนามหลวงแล้วลองขับขึ้นไปรอบสนามหลวง จับเวลาดูว่ากี่นาที และลองสังเกตดูว่าถ้าต้องการให้จักรยานเร็วขึ้นเราต้องออกแรงเหยียบบันไดรถแรงขึ้น

จากการสมมติข้างต้นนี้เราสามารถแยกผลออกไปเป็น 3 ประการคือ เราขับขี่จักรยานไปได้ไกลเท่าใดหรือเป็นระยะทางเท่าใด ก็จะได้จำนวนเลขที่บอกระยะทาง จำนวนเลขอีกจำนวนหนึ่งก็คือเวลาที่เราใช้ในการขับขี่ เมื่อนำตัวเลขที่บอกระยะทางหารด้วยเวลาก็จะได้ตัวเลขที่บอกความเร็วเฉลี่ยที่เราขับเคลื่อนไปได้ไกลเท่าใดใน 1 นาทีโดยเฉลี่ย และจากการสังเกตเราย่อมพบว่าความเร็วของจักรยานไม่สม่ำเสมอ ถ้าหากติดเครื่องวัดความเร็วไว้ด้วยเราก็อาจจะอ่านความเร็วก่อนที่จะเพิ่มแรงเหยียบบันไดรถ และความเร็วหลังจากที่เร่งขึ้นแล้วพร้อมทั้งบันทึกจำนวนนาทีที่จักรยานเปลี่ยนความเร็วไว้ จากตัวเลขที่บอกผลต่างของความเร็วทั้งสองตอนหารด้วยจำนวนนาที เราจะทราบค่าความเร่งได้

ในขั้นนี้เราอาจให้ความหมายของปริมาณทั้งสามได้ดังนี้

ระยะทาง (displacement) หมายถึง ระยะทางไกลที่สุดที่วัตถุใด ๆ เคลื่อนที่ไปโดยนับจากจุดตั้งต้นถึงตำแหน่งของวัตถุในขณะนั้น

ความเร็ว (velocity) หมายถึง จำนวนระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้ในหนึ่งหน่วยเวลา ซึ่งอาจเป็น ชั่วโมง นาที หรือวินาทีก็ได้

ความเร่ง (acceleration) หมายถึง อัตราการเปลี่ยนความเร็วในหน่วยเวลา

17.3 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's Laws of Motion)

ปรากฏการณ์ทั้งหลายที่ได้กล่าวถึงในบทนี้ เซอร์ไอแซค นิวตัน (Sir Isaac Newton) เป็นผู้มองเห็นและเข้าใจปัญหาก่อนผู้อื่น และได้เขียนไว้ในหนังสือ Principia Mathematica Philosophiae Naturalis เป็นภาษาละติน พิมพ์ที่ประเทศอังกฤษเมื่อ พ.ศ. 2230 (ค.ศ. 1687) หนังสือเล่มนี้เทียบได้ดังอนุสาวรีย์ที่ประกาศความเป็นอัจฉริยะ และมีอิทธิพลต่อการศึกษาของอนุชนรุ่นหลังเป็นอันมาก

ในสมัยนั้นนิวตันเรียกวิชาฟิสิกส์ว่า “ปรัชญาธรรมชาติ” (natural philosophy) ส่วนวิธีอธิบายในหนังสือเล่มนั้นเป็นแบบเดียวกันกับที่ Euclid ใช้กับวิชาเรขาคณิต นั่นคือ ตั้งทฤษฎีบทขึ้นมาก่อนแล้วจึงตามมาด้วยการพิสูจน์ให้เห็นจริงโดยอาศัยคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นที่มาของชื่อหนังสือที่เขียนเป็นภาษาอังกฤษว่า Mathematical Principles of Natural Philosophy

กฎเกณฑ์ขั้นต้นทั้งสามกล่าวถึงแรงและการเคลื่อนที่มีชื่อว่า กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's laws of motion) กล่าวไว้ดังนี้

กฎที่ 1 วัตถุใด ๆ จะอยู่คงที่หรือคงเคลื่อนที่เป็นทางตรงด้วยความเร็วเท่าเดิม ถ้าไม่มีแรงกระทำจากภายนอก

กฎที่ 2 ถ้ามีแรงกระทำต่อวัตถุจากภายนอก วัตถุจะมีความเร่งในทิศทางเดียวกันกับแรงที่มากระทำ และมีขนาดเป็นปฏิภาคตรงกับแรงกระทำแต่เป็นปฏิภาคกลับกับมวลของวัตถุ

กฎที่ 3 ถ้าวัตถุชิ้นที่หนึ่งมีแรงกระทำต่อวัตถุชิ้นที่สอง วัตถุชิ้นที่สองย่อมมีแรงตอบโต้ต่อวัตถุชิ้นที่หนึ่ง ในขณะเดียวกัน ด้วยแรงขนาดเดียวกันแต่มีทิศทางสวนกันกับแรงจากวัตถุชิ้นที่หนึ่ง

เมื่อเราพิจารณาอย่างถี่ถ้วนแล้วก็จะพบว่ากฎทั้งสามของนิวตัน ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกับการเคลื่อนที่ไว้อย่างครบถ้วน

นอกจากกฎทั้งสามข้างต้นแล้ว นิวตันยังได้ตั้งกฎเกี่ยวกับแรงดึงดูดระหว่างมวล (law of universal gravitation) ไว้อีกด้วย กฎของแรงกฎนี้กล่าวว่า “แรงดึงดูดระหว่างวัตถุคู่หนึ่งมีขนาดเป็นปฏิภาคกับมวลของวัตถุทั้งสอง แต่เป็นปฏิภาคกลับกับกำลังสองของระยะทางระหว่างวัตถุคู่นั้น”

จากกฎของแรงดึงดูดระหว่างมวลที่กล่าวข้างต้น หมายความว่าวัตถุคู่นั้นยิ่งโตเท่าใด แรงก็ยิ่งมากขึ้น แต่ยิ่งห่างกันเท่าใด แรงจะยิ่งน้อยลงอย่างรวดเร็ว ดังได้กล่าวไว้แล้วในหัวข้อ

17.1.1

นิวตันได้เสนอกฎนี้เป็นสมการในวิชาแคลคูลัส (calculus) เพื่อใช้คำนวณการเคลื่อนที่เป็นวงโคจรของเทหวัตถุในระบบสุริยะได้อย่างถูกต้อง