

บทที่ 3

แรงและการเคลื่อนที่

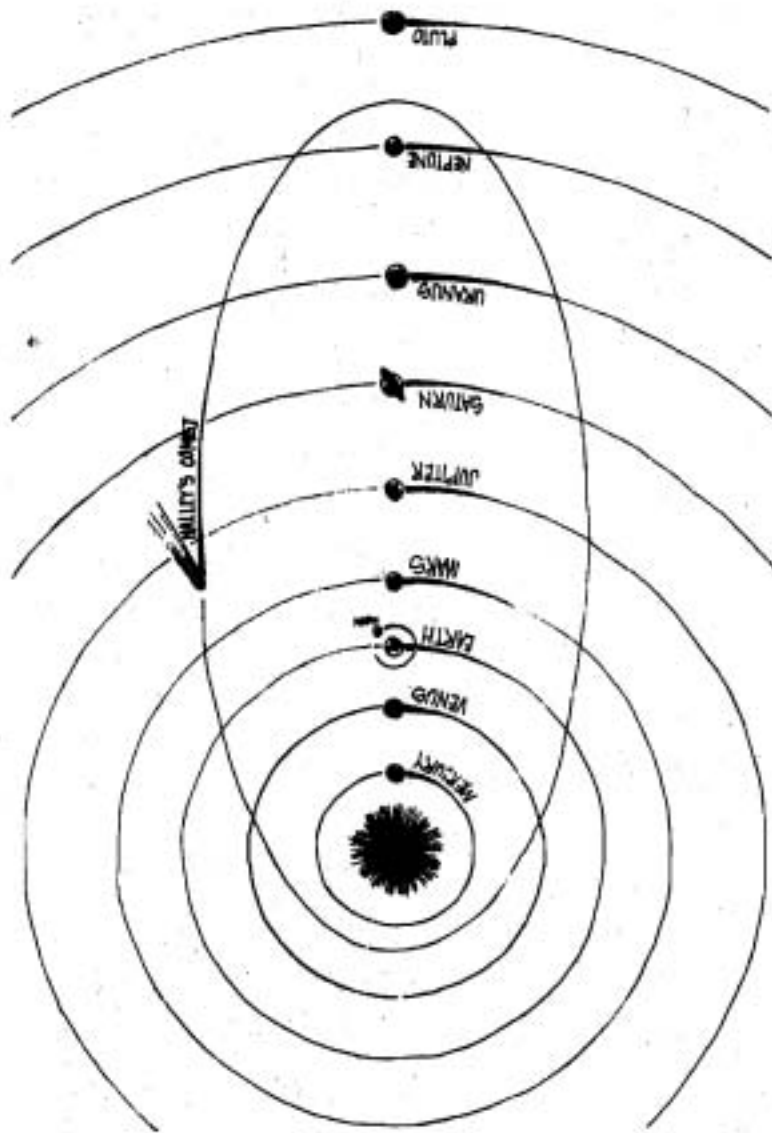
สิ่งที่สำคัญสิ่งหนึ่งของวิชาฟิสิกส์ก็คือ การศึกษาเรื่องแรงหรือตำราบางเล่มให้คำที่ว่า อันตรกิริยา เรารู้จักแรงที่ใช้อยู่ในชีวิตประจำวันอยู่สองแบบ คือ แรงดึงและแรงผลัก และเราวัดขนาดของแรงได้จากผลของมัน แต่ความจริงแรงในชีวิตประจำวันนั้นมีอยู่มากมาย แต่ในทางฟิสิกส์ได้จัดรวมแรงตามธรรมชาติเข้าด้วยกันแล้วจัดแยกหมวดหมู่ได้ 4 ประเภท ดังนี้

1. แรงโน้มถ่วง (gravitational force) ซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างมวลตามประวัติกล่าวกันว่า เซอร์ ไอแซค นิวตัน (Sir Isac Newton) ค้นพบแรงชนิดนี้ขณะที่นั่งอยู่ในสวนและเห็นลูกแอปเปิลหล่นจากต้นตกสู่พื้น จากความอัจฉริยะของนิวตันเขาพบว่า แรงที่ดึงดูดให้ดวงจันทร์เป็นบริวารและโคจรรอบโลกก็คือ แรงโน้มถ่วงนี่เอง ผลของแรงดึงดูดระหว่างโลกกับดวงจันทร์ที่เราเห็นในชีวิตประจำวันก็คือ ปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง ถ้าพิจารณาระบบที่ใหญ่ขึ้นไป เช่นระบบสุริยะ แรงโน้มถ่วงจากดวงอาทิตย์ที่กระทำกับดาวบริวาร ทำให้ดาวบริวารโคจรรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งมีวงโคจรเป็นวงรี ดาวบริวารของดวงอาทิตย์ที่กล่าวนี้คือ ดาวเคราะห์ ดาวเคราะห์น้อย ดาวหาง ซึ่งรวมทั้งดาวหางที่ชื่อ Halley ที่ปรากฏให้เห็นในปี พ.ศ. 2529 ดังรูป 3.1

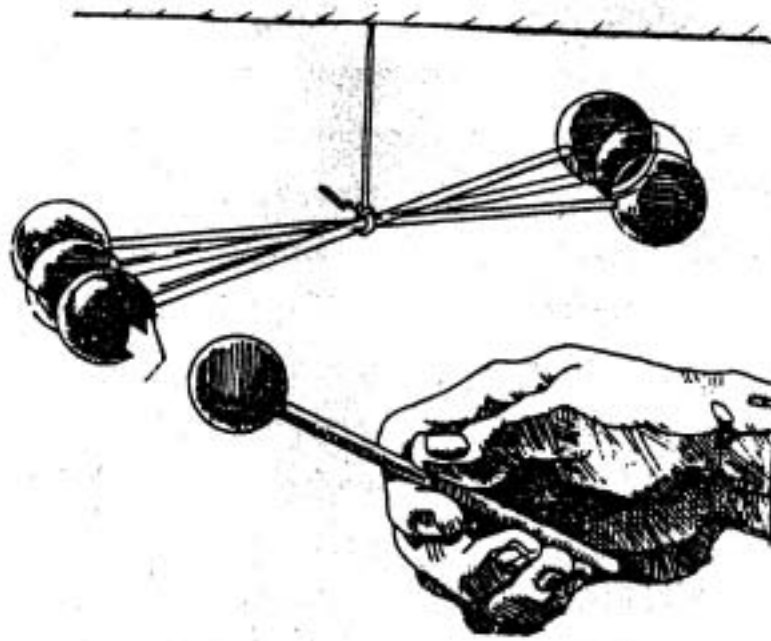
ขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวลนั้นเขียนได้เป็น

$$F = G \frac{m_1 m_2}{r^2}$$

เมื่อ F เป็นแรงระหว่างมวล m_1 , m_2 ส่วน r คือระยะห่างระหว่างมวล m_1 และ m_2 ค่า G เป็นค่าคงที่แห่งความโน้มถ่วง (gravitational constant) เฮนรี คาเวนดิช (Henry Cavendish) เป็นผู้ทำการวัดอย่างละเอียดในปีค.ศ. 1798 โดยใช้เครื่องมือแสดงในรูป 3.2 สำหรับวัดหาค่า G ค่าที่หาได้ คือ $6.67 \times 10^{-11} \text{ N.m}^2/\text{kg}^2$



រូប 3.1 របបផ្គុំប្រព័ន្ធ



รูป 3.2 เครื่องมือหาค่า G ของคาเวนดิช

แรงโน้มถ่วงที่โลกกระทำต่อวัตถุใกล้ผิวโลกจะมีค่ามาก เนื่องจากมวลของโลกซึ่งมีค่ามากมายความจริงเราสามารถหามวลของโลกได้จากกฎแห่งแรงโน้มถ่วง ในที่นี้ค่า G จะหาได้จากการคำนวณผลการทดลองของคาเวนดิช ซึ่งเป็นคนแรกที่คำนวณมวลของโลก ลองพิจารณาโลกซึ่งมีมวล M_e และวัตถุบนพื้นโลกมวล m แรงดึงดูดหาได้ทั้งจากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน และจากกฎแห่งความโน้มถ่วง

$$F = mg$$

$$F = G m M_e / R_e^2$$

ในที่นี้ R_e คือรัศมีของโลก ซึ่งเป็นระยะห่างระหว่างวัตถุทั้งสอง คือโลกและวัตถุ มวล m g เป็นความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงที่ผิวโลก สมการทั้งสองเท่ากัน ดังนี้

$$M_e = g R_e^2 / G$$

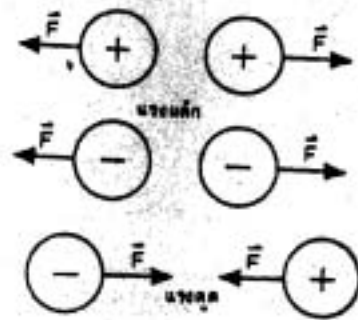
$$= 9.8 \times 6.37 \times 10^6 / 6.67 \times 10^{-11}$$

$$= 5.97 \times 10^{24} \text{ kg}$$

เมื่อหารมวลทั้งหมดของโลกด้วยปริมาตรทั้งหมด เราจะได้ความหนาแน่นเฉลี่ยของโลก ซึ่งหาค่าได้ 5.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร หรือประมาณ 5.5 เท่าของความหนาแน่นของน้ำ ความหนาแน่นเฉลี่ยของหินบนพื้นโลกมีค่าน้อยกว่าค่านี้นี้มาก เราจึงสรุปว่าภายในของโลกมีสาร ซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่า 5.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าจากการทดลองของคาเวนดิช เราได้ข้อมูลเกี่ยวกับมวลของโลกและธรรมชาติของใจกลางของโลก

ในชีวิตประจำวันมนุษย์เราอยู่ภายใต้แรงดึงดูดระหว่างมวลตลอดเวลา แรงดึงดูดระหว่างโลกกับตัวเรา ทำให้เรามีน้ำหนัก เมื่อเราอยู่ใกล้เพื่อนมีแรงดึงดูดระหว่างเรากับเพื่อน แต่ที่เราไม่รู้ถึงแรงดึงดูดระหว่างตัวเรากับเพื่อนก็เพราะว่าแรงดึงดูดระหว่างมวลมีค่าน้อยมาก แต่ที่เราไม่ลอยหนีไปจากโลกก็เพราะโลกมีมวลใหญ่มาก จึงทำให้แรงระหว่างมวลมีค่ามาก หรือการที่โลกเรามีบรรยากาศห่อหุ้มอยู่ก็เพราะว่าอัตราเร็วของโมเลกุลของอากาศไม่มากพอที่จะทำให้มันหลุดไปจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้ ถ้ามวลใดมีอัตราเร็วมากกว่าหรือเท่ากับ 40,000 กิโลเมตรต่อชั่วโมงแล้ว แรงดึงดูดของโลกจะไม่สามารถดึงดูดมวลนั้นอยู่ได้ อัตราเร็วประมาณ 40,000 กิโลเมตรต่อชั่วโมง จึงเรียกว่าอัตราเร็วแห่งการหลุดพ้น (escape speed)

2. แรงไฟฟ้าสถิต ซึ่งเป็นแรงระหว่างประจุ ในบทที่แล้วเราได้กล่าวถึงว่าธาตุประกอบด้วยส่วนย่อยที่สุดคือ อะตอม ซึ่งยังแสดงคุณสมบัติของธาตุนั้น สารประกอบจะประกอบด้วยส่วนย่อยที่สุดคือ โมเลกุล ซึ่งยังแสดงคุณสมบัติของสารประกอบนั้น โมเลกุลของสารประกอบจะประกอบด้วยอะตอมของธาตุตั้งแต่สองธาตุขึ้นไป อะตอมของธาตุสามารถแบ่งต่อไปได้อีกเป็นอนุภาค อนุภาคที่ประกอบเป็นอะตอมโดยปกติมีอยู่ 3 ชนิด คือ โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน โปรตอนมีประจุเป็นบวก นิวตรอนมีประจุเป็นศูนย์ และอิเล็กตรอนมีประจุเป็นลบ ส่วนที่ว่าอนุภาคทั้ง 3 นี้มีคุณสมบัติอย่างอื่นอย่างไรบ้าง และจะจัดเรียงตัวกันอย่างไรในอะตอม นั้น จะได้กล่าวถึงในบทต่อไป เนื่องจากประจุมี 2 ชนิด แรงระหว่างประจุอาจแบ่งได้เป็น 3 กรณี คือระหว่าง ลบ-ลบ บวก-บวก และ บวก-ลบ จากการสังเกตของคูลอมบ์ (Augustin Coulomb) พบว่า แรงระหว่างที่ประจุที่เหมือนกัน คือ ลบ-ลบ หรือ บวก-บวก เป็นแรงผลัก ส่วนแรงระหว่างประจุที่ต่างชนิดกัน ลบ-บวก เป็นแรงดูด ดังรูป 3.3



รูป 3.3 แรงระหว่างประจุ

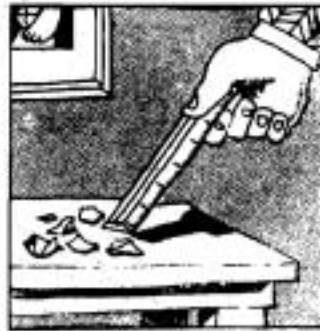
ธรรมชาติของแรงนี้มีลักษณะคล้ายกับแรงโน้มถ่วง คือ ขนาดของแรงแปรผกผันกับระยะทางกำลังสอง ซึ่งเขียนเป็นสมการได้เป็น

$$F = k q_1 q_2 / r^2$$

เมื่อ F คือแรงไฟฟ้าสถิตระหว่างประจุ q_1 และ q_2 ส่วน r เป็นระยะทางระหว่างประจุ การหาค่า k ทำคล้าย ๆ กับการหาค่า G ในเรื่องแรงโน้มถ่วง โดยเปลี่ยนจากมวลเป็นประจุ ถ้าประจุ q_1 และ q_2 อยู่ในสุญญากาศ ค่าคงที่ k มีค่าดังนี้

$$k = 9.0 \times 10^9 \text{ N.m}^2 \cdot \text{C}^{-2}$$

แรงไฟฟ้าสถิตมีขนาดมากกว่าแรงโน้มถ่วงมาก คือ เราสามารถทดลองสังเกตดูได้เมื่อตอนเราเด็ก ๆ ในหน้าหนาวอาจจะเคยถูกครูวิทยาศาสตร์ให้ทดลองเอาไม้บรรทัดพลาสติกถูผมที่ศีรษะสักสองสามครั้ง แล้วเอาไปดูดกระดาษเล็ก ๆ เราจะพบว่าเศษกระดาษติดไม้บรรทัดขึ้นมา ดังรูป 3.4

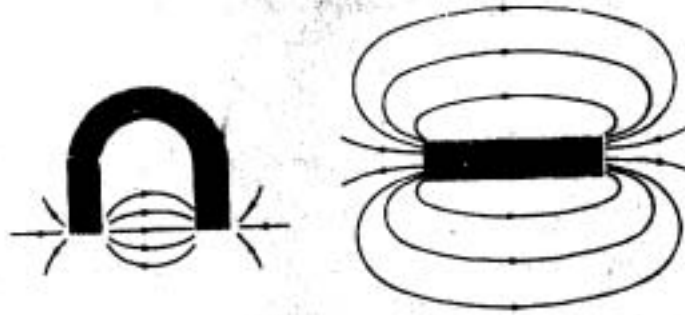


รูป 3.4 แรงไฟฟ้าสถิต

ความจริงไม่จำเป็นต้องเป็นหน้าหนาวที่จะทดลองแบบนี้ได้ ถ้าเราอาศัยอยู่ในเขตที่มีอากาศแห้ง ๆ อย่างเช่นในทะเลทราย พอดีประเทศของเราตั้งอยู่ในเขตที่มีความชื้นมาก ทำให้ปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าสถิตเกิดน้อย หรือถ้าเกิดก็จะเกิดในเวลาอันสั้น ๆ ฟ้ายแลบ ฟ้ายผ่า ก็เป็นผลทางไฟฟ้าสถิตที่เกิดปรากฏการณ์ในธรรมชาติโดยเฉพาะในฤดูฝน

เราพอสรุปเกี่ยวกับแรงไฟฟ้าสถิตได้ว่า มีทั้งแรงดูดและแรงผลัก กล่าวคือ แรงระหว่างประจุที่ต่างกันจะดูดกัน ส่วนแรงระหว่างประจุที่เหมือนกันจะผลักกัน แรงไฟฟ้าเป็นแรงที่มีความสำคัญมาก เพราะเป็นแรงที่ยึดอิเล็กตรอนกับโปรตอน ให้กลายเป็นอะตอม และเป็นแรงยึดระหว่างอะตอมและโมเลกุลให้รวมกันกลายเป็นสสาร

3. แรงแม่เหล็ก บางคนอาจจะเคยลองเอาแท่งแม่เหล็กไปต่อกับเข็มทิศ หรืออาจจะเอากะโหลกตัดผ้าไปดูดเข็มเย็บผ้าหรือตะปูเล็ก ๆ แรงที่เกิดขึ้นนี้คือแรงแม่เหล็ก มนุษย์เรารู้จักใช้แรงแม่เหล็กในธรรมชาติสำหรับหาทิศทางช่วยในการเดินเรือมาตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว ขั้วของแม่เหล็กที่ชี้ไปทางทิศเหนือเรียกว่า ขั้วเหนือ ขั้วตรงข้ามเรียกว่า ขั้วใต้ แม่เหล็กอาจมีรูปทรงได้หลายแบบอย่างที่เรารู้จัก คือเป็นรูปเกือกม้ากับรูปแท่ง ดังรูป 3.5



รูป 3.5 รูปทรงแม่เหล็ก

แรงแม่เหล็กมีลักษณะคล้ายแรงแม่เหล็กไฟฟ้ามาก คือ ขั้วแม่เหล็กมีสองชนิด คือ ขั้วเหนือกับขั้วใต้ แรงระหว่างขั้วที่เหมือนกันจะเป็นแรงผลัก ส่วนแรงระหว่างขั้วต่างกันจะดูดกัน แรงชนิดนี้มีขนาดมากกว่าแรงระหว่างมวลมาก

ธรรมชาติของแรงแม่เหล็กจะเหมือนกับแรงแม่เหล็กไฟฟ้าจนอาจจัดรวมเป็นแรงชนิดเดียวกันได้ เรียกว่า แรงแม่เหล็กไฟฟ้า จากการค้นพบของนักวิทยาศาสตร์หลายท่านพบว่า แรงแม่เหล็กและแรงแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นแรงประเภทเดียวกันแยกไม่ออก หมายความว่าเมื่อใดมีแรงแม่เหล็กก็จะมีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้น และเมื่อใดมีกระแสไฟฟ้าก็มีแรงแม่เหล็กเกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น ในปีค.ศ. 1820 เฮิร์ตสเต็ด (Han C. Oersted) ได้พิมพ์บทความเรื่องการค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับแม่เหล็ก มีทั้งทฤษฎีและการทดลองอธิบายไว้โดยละเอียด

4. แรงนิวเคลียร์ แรงนี้เป็นแรงที่มีขนาดมากที่สุด เพื่อความเข้าใจในเรื่องแรงชนิดนี้จะจำเป็นต้องแนะนำให้รู้จักการจัดตัวของอนุภาคในอะตอมพอสังเขปก่อน อะตอมหนึ่ง ๆ จะประกอบด้วยส่วนที่อยู่กึ่งกลางเป็นแก่นของอะตอมเรียกว่า นิวเคลียส ในนิวเคลียสนี้จะมีโปรตอนและนิวตรอนอยู่ร่วมกัน ส่วนอิเล็กตรอนจะโคจรรอบ ๆ นิวเคลียส เมื่อนิวเคลียสที่ประกอบด้วยโปรตรอนซึ่งมีประจุบวกหลาย ๆ ตัว ทำไมแรงผลักระหว่างประจุของโปรตรอนไม่ผลักรันจนกระทั่งทำให้นิวเคลียสแตก ซึ่งตอบได้ว่าเพราะมีแรงนิวเคลียสเป็นแรงดึงดูดอนุภาคในนิวเคลียสและเอาชนะแรงผลักระหว่างไฟฟ้าสถิตได้ ดังนั้นแรงนิวเคลียสต้องมีขนาดมากกว่าไฟฟ้าสถิต แต่แรงชนิดนี้มีธรรมชาติเฉพาะตัวของมัน แรงนี้จะไม่มีผลที่ระยะห่างจากจุดกึ่งกลางนิวเคลียสออกไปมาก เราจะมีโอกาสกล่าวถึงแรงชนิดนี้อีกครั้งเมื่อตอนพูดถึงฟิสิกส์ยุคใหม่ มีแรงอีกชนิด

หนึ่งในตำราบางเล่มรวมเอาแรงนี้คือ แรงที่เกี่ยวกับการแผ่รังสีเบตาเข้าไว้กับแรงนิวเคลียร์ด้วย แม้ว่าแรงชนิดหลังนี้จะเป็นแรงที่อ่อนกว่าแรงนิวเคลียร์ชนิดแรกมาก แต่เป็นเพราะว่าขบวนการที่เกิดในนิวเคลียร์เหมือนกัน ก็เลยจัดอยู่ในประเภทเดียวกัน แรงที่เกี่ยวข้องกับการแผ่รังสีเบตานี้ บางทีเรียกว่าแรงอ่อน (weak force)

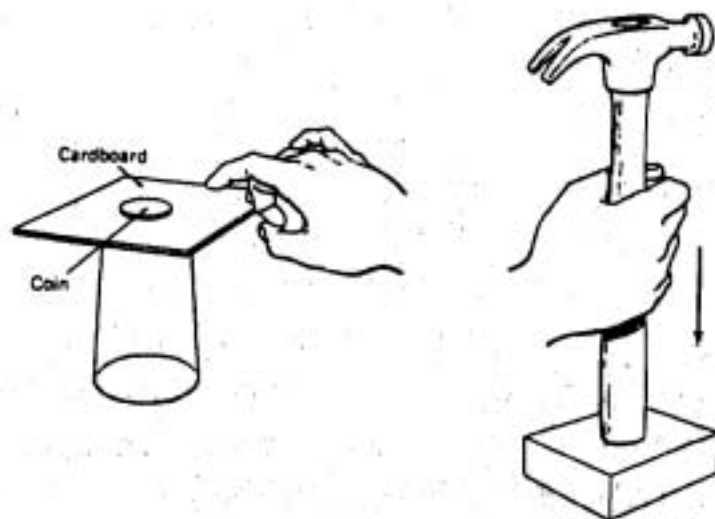
กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน (Newton's Law of Motion)

จากประสบการณ์โดยตรงเราจะเห็นว่า การเคลื่อนที่ของวัตถุนั้นจะถูกบังคับด้วยแรง นิวตันได้ค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างการเคลื่อนที่และแรง โดยใช้เรียกกันว่า กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน ผลของแรงที่มีต่อการเคลื่อนที่อธิบายได้โดยกฎของนิวตัน ซึ่งมี 3 ข้อ พอจะกล่าวย่อ ๆ ได้ดังนี้

กฎข้อที่ 1

วัตถุจะหยุดนิ่งกับที่หรือเคลื่อนที่เป็นทางตรงด้วยความเร็วเท่าเดิม ถ้าไม่มีแรงมากระทำ กฎนี้บางทีเรียกว่า กฎแห่งความเฉื่อย

แนวโน้มที่วัตถุจะรักษาสภาพอยู่นิ่งของมัน หรือรักษาสภาพเคลื่อนที่คงเดิมของมันเรียกว่า ความเฉื่อย (inertia) มีเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันพบเห็นมากมายในเรื่องของความเฉื่อย รูปที่ 3.6 เป็นการอธิบายกฎแห่งความเฉื่อยด้วยการทดลองง่าย ๆ



รูป 3.6 สาธิตความเฉื่อย (a) ของเหรียญ (b) ของค้อน

กฎข้อที่ 2

เป็นกฎที่กล่าวถึงขนาดของแรง มีใจความว่า 'แรงที่กระทำกับวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง จะมีค่าเท่ากับผลคูณของมวลและความเร่ง'

กฎข้อนี้สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$F = ma \text{ หรือ } a = F/m$$

สำหรับความเร่งแห่งการโน้มถ่วง คือ g มีค่าเท่ากับ 9.80 เมตรต่อวินาที² ดังนั้นแรงที่กระทำกับวัตถุบนผิวโลก จึงมีค่า mg ซึ่งเราเรียกว่าน้ำหนัก รูป 3.7 แสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงดึงดูดของโลกในแนวตั้ง วัตถุจะเคลื่อนที่ช้าลงเมื่อตอนเคลื่อนที่ขึ้น เพราะทิศทางของการเคลื่อนที่ตรงข้ามกับทิศทางของแรง แต่วัตถุจะเคลื่อนที่เร็วขึ้นเมื่อตอนเคลื่อนที่ลง



รูป 3.7 การเคลื่อนที่ในแนวตั้งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

กฎข้อที่ 2 ของนิวตันนี้เป็นกฎที่สำคัญ เพราะสามารถนำไปอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุ การจะให้เข้าใจว่า กฎข้อ 2 ของนิวตันจะทำให้ได้สมการการเคลื่อนที่ของวัตถุอย่างไร เราต้องศึกษาฟิสิกส์มากกว่าที่เป็นอยู่ที่นี่ในเทอมของโมเมนตัม โดยกฎข้อ 2 นี้อาจพูดได้ว่า 'แรงคืออัตราของการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมต่อหนึ่งหน่วยเวลา'

กฎข้อที่ 3

กล่าวว่า 'แรงกิริยาเท่ากับแรงปฏิกิริยา' โดยมีทิศทางตรงกันข้าม ดังอธิบายได้ด้วยรูป 3.8



รูป 3.8 แสดงกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน

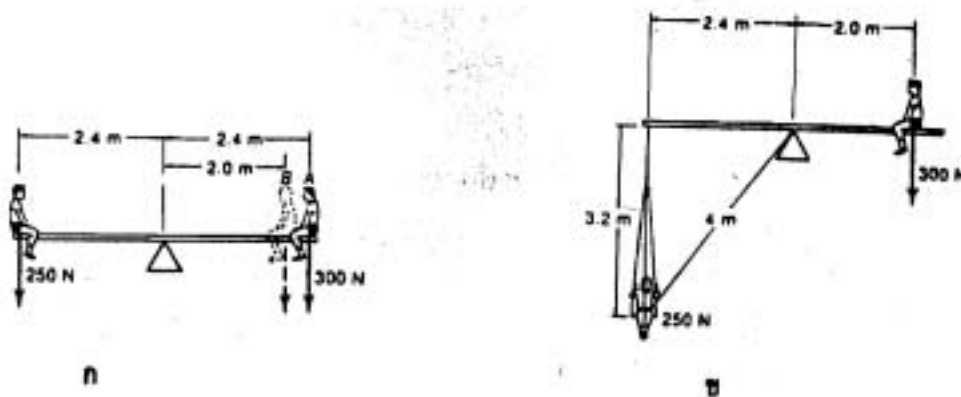
ผลของแรง

เราจะพิจารณามวลของแรงใน 3 ประเภทใหญ่ คือ

1. แรงทำให้เกิดการหมุน
2. ทำให้เกิดการเคลื่อนที่
3. ทำให้เกิดงาน

ในบทนี้จะพิจารณามวลของแรงใน 2 ข้อแรก ส่วนข้อ 3 จะอธิบายรายละเอียดในบทต่อไป ผลของแรงที่ทำให้หมุนหรือยับยั้งการหมุนนั้น เราสามารถอธิบายในเทอมของทอร์ก (torque) หรือ โมเมนต์ของแรง (moment of force)

การเล่นกระดานหกเป็นการสาธิตผลของแรงในข้อ 1 ได้เป็นอย่างดี ถ้าเราพิจารณาให้ละเอียดลงไป จุดที่สันไม้รองรับกระดานเรียกว่า จุดพิลครัม (fulcrum) การเล่นกระดานหกถ้าผู้เล่นสองคนมีน้ำหนักเท่ากัน เมื่อนั่งบนกระดาน ก็จะนั่งห่างจากจุดพิลครัมด้วยระยะทางเท่า ๆ กัน แต่ถ้าผู้เล่นมีน้ำหนักไม่เท่ากัน เราจะเห็นว่าผู้ที่มีน้ำหนักตัวมากจะนั่งใกล้จุดพิลครัมมากกว่าผู้ที่มีน้ำหนักตัวน้อยกว่า ถึงตอนนี้เราพอจะเห็นว่าขนาดของโมเมนต์ของแรงขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์สองอย่างคือ น้ำหนัก กับ ระยะทางที่น้ำหนักหรือแรงกระทำโดยวัดจากจุดพิลครัม ดังรูป 3.9 ก จากรูป 3.9 ก เด็กคนหนึ่งมีมวล 25 กิโลกรัม คิดเป็นน้ำหนักได้ประมาณ 250 นิวตัน และเด็กคนที่สองมีมวล 30 กิโลกรัม (น้ำหนัก 300 นิวตัน) เราจะเห็นว่า ขณะที่เด็กที่หนัก 250 นิวตัน นั่งห่างจากจุดพิลครัม 2.4 เมตร เด็กคนที่หนัก 300 นิวตัน ต้องนั่งใกล้จุดพิลครัมมากกว่า คือนั่งห่างจุดพิลครัมเพียง 2 เมตร เพื่อให้กระดานเกิดความสมดุล



รูป 3.9 แสดงโมเมนต์ของแรง

พิจารณารูป 3.9 ข สมมติว่าเราใช้เสาสูงค้ำที่จุดพิลลักริม และให้เด็กคนแรกนั่งในกระเช้าที่ห้อยลงมา จะเห็นว่ากรณีหลังนี้กระดานก็อยู่ในสภาพสมดุลเช่นกัน แต่ตอนนี้เด็กคนแรกนั่งห่างจากจุดพิลลักริม 4 เมตร แต่ค่าทอร์กก็ยิ่งเท่าเดิม ดังนั้นคำว่าระยะทางที่กล่าวถึงในคำจำกัดความของโมเมนต์ของแรงนั้น หมายถึง ระยะทางที่วัดในแนวตั้งฉาก และเราสามารถนิยามโมเมนต์ของแรงได้ใหม่ว่า

ทอร์ก หรือโมเมนต์ของแรง มีค่าเท่ากับแรงคูณด้วยระยะทางจากจุดพิลลักริมถึงจุดที่แรงกระทำในแนวตั้งฉาก

กฎเกณฑ์ทางฟิสิกส์ข้อนี้พบเห็นในชีวิตประจำวันมากมาย เช่น เครื่องผ่อนแรงประเภทคาคัดคาคัดจัด กว้าน กากบาทขันล้อรถ และการที่เด็กวัยรุ่นบางรายนำเอารถยนต์ธรรมดาซึ่งพวงมาลัยไม่ได้ติดเครื่องทุ่นแรง (power) ช่วยในการหมุนนำมาเปลี่ยนพวงมาลัยให้เล็กลงคล้ายรถแข่ง ที่ชาวบ้านเรียกว่ารถชิงนั้น คิดดูง่าย ๆ ตามนิยามของทอร์ก การที่จะให้ค่าทอร์กเท่าเดิมเราจะต้องออกแรงหมุนพวงมาลัยรถแรงขึ้น เพราะระยะทางจากจุดหมุนมันสั้นลง จึงมีข่าวเกี่ยวกับรถชิงเหาะข้ามถนนไปชนเสาไฟฟ้าซึ่งอยู่บนเกาะกลางถนนตายกันอยู่บ่อย ๆ เพราะว่าพวงมาลัยหมุนไม่ทัน นักศึกษาที่รู้ฟิสิกส์เรื่องโมเมนต์ของแรงคงจะไม่ไปเปลี่ยนพวงมาลัยรถยนต์ให้เล็กลงกว่าที่ทางบริษัทผู้ผลิตกำหนด ถ้าเราไม่มีระบบเครื่องทุ่นแรงช่วยผ่อนแรงพวงมาลัย

อัตราเร็วและอัตราเร่ง

ก่อนที่จะกล่าวถึงผลของแรงในข้อ 2 เราจำเป็นต้องรู้ปริมาณทางฟิสิกส์ที่ใช้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ ซึ่งนิยามได้ดังต่อไปนี้

สำหรับการเคลื่อนที่อัตราเร็วคงที่ สมการการหาอัตราเร็วคือ ระยะทางที่เคลื่อนที่หารด้วยเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ เขียนเป็นสมการได้ว่า

$$V = s/t \quad (3.1)$$

ถ้าการเคลื่อนที่ที่อัตราเร็วไม่คงที่ เราเรียกการเคลื่อนที่นั้นว่า การเคลื่อนที่ที่มีอัตราเร่ง ซึ่งอัตราเร่งที่ทำให้อัตราเร็วเปลี่ยนจาก v_1 เป็น v_2 โดยใช้เวลา t คือ

$$a = (v_2 - v_1) / t \quad (3.2)$$

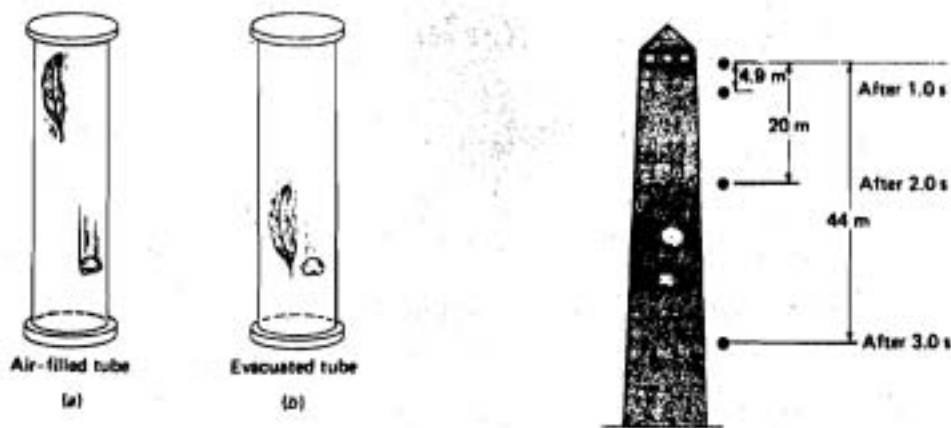
หรือเขียนใหม่ได้ว่า

$$v_2 = v_1 + at \quad (3.3)$$

สมการหาระยะทางคือ

$$s = v_1 t + 1/2 at^2 \quad (3.4)$$

อริสโตเติล (Aristotle) เคยเชื่อว่า ถ้าปล่อยของสองสิ่งจากที่สูง ของที่หนักกว่าจะตกถึงพื้นก่อนของซึ่งเบากว่า ถ้าเราพิจารณาจากสมการ (3.3) จะเห็นว่ามวลนั้นไม่เกี่ยวข้องกับความเร็วเลย ดังนั้น กาลิเลโอ (Galileo) จึงได้กล่าวแย้งอริสโตเติล โดยบอกว่าของไม่ว่าจะหนักหรือเบา ถ้าปล่อยจากความสูงระดับเดียวกัน จะตกถึงพื้นพร้อม ๆ กัน ความคิดอันนี้ได้ทำการทดลองพิสูจน์ที่หอเอนปิซา แม้ว่าครั้งนั้นจะไม่ได้ผลร้อยเปอร์เซ็นต์ เพราะอากาศทำให้เกิดแรงต้านทางวัตถุไม่เท่ากัน เมื่อนील อาร์มสตรอง (Neil Armstrong) นักบินอวกาศชาวอเมริกัน ซึ่งเป็นมนุษย์คนแรกที่เหยียบบนผิวของดวงจันทร์โดยอาศัยยานอพอลโล ได้ทดลองยืนยันความจริงนี้อีกครั้งหนึ่ง โดยการปล่อยก้อนและขนนกลงบนผิวของดวงจันทร์ ซึ่งถือว่าไม่มีแรงเสียดทานจากอวกาศ การทดลองเพื่อยืนยันว่าความคิดของกาลิเลโอถูกต้อง อาจทำได้ดังแสดงในรูป 3.10 ก รูป 3.10 ข แสดงการเคลื่อนที่ตามแนวตั้งตามสมการ (3.4) ซึ่งจะเห็นว่าวัตถุเคลื่อนที่เร็วขึ้น ๆ ซึ่งเป็นผลมาจากแรงดึงดูดของโลก สมการทางฟิสิกส์ (3.4) นี้นำไปใช้กับเกมส์ที่เรียกว่าเกมจับธนบัตร หารธนบัตรใหม่ ๆ มาใบหนึ่งรีดให้เรียบ เราอาจทดสอบความเร็วของประสาทตอบสนองได้โดยท่านเป็นผู้จับธนบัตรไว้บนแนวตั้งให้เพื่อนทำท่าเตรียมจับธนบัตรที่ท่านจะปล่อยลงในแนวตั้งให้เขาจับทันทีที่สายตาเขาเห็นท่านปล่อยธนบัตร ถ้าเป็นคนที่มีการประสาทแห่งการตอบสนองไวจริง ๆ ก็อาจจะจับทัน แต่โดยทั่วไปแล้วจะจับไม่ทัน ถ้าเริ่มจับที่กึ่งกลางธนบัตร เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของธนบัตร (ธนบัตร 500 บาท มีความยาวประมาณ 16 เซนติเมตร) ผ่านมือของผู้จับใช้เวลาประมาณ 0.127 วินาที



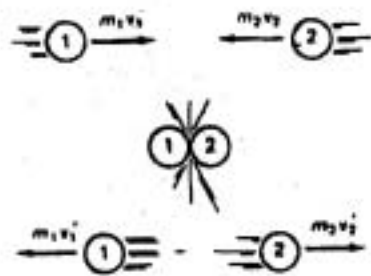
ก ข
รูป 3.10 ก แสดงการเคลื่อนที่ของก้อนหินและขนนก
3.10 ข แสดงการเคลื่อนที่ของสมการ (3.4)

โมเมนตัม (Momentum)

โมเมนตัมเป็นปริมาณที่ใช้กันมากทั้งในหมู่นักฟิสิกส์และวิศวกร ขนาดของโมเมนตัมคือผลคูณระหว่างมวลและอัตราเร็ว ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$P = mv$$

กฎเกณฑ์ทางฟิสิกส์ที่น่าสนใจเกี่ยวกับโมเมนตัมก็คือ 'ถ้าไม่มีแรงภายนอกมาเกี่ยวข้องการชนกันทุกชนิด ค่าโมเมนตัมก่อนชนจะเท่ากับโมเมนตัมหลังชน' กฎนี้เรียกว่า หลักการคงตัวของโมเมนตัม หรือ กฎอนุรักษ์โมเมนตัม ดังรูป 3.11



รูป 3.11 แสดงโมเมนตัมของการชน

แบบฝึกหัด

- 3.1 นักฟิสิกส์สามารถจัดประเภทของแรง ตามธรรมชาติของแรงได้กี่ประเภท อะไรบ้าง
- 3.2 แรงโน้มถ่วงมีความสำคัญอย่างไร ใครเป็นผู้ค้นพบแรงโน้มถ่วง
- 3.3 อณูภาคทางไฟฟ้ามีกี่ชนิด อะไรบ้าง แต่ละชนิดมีคุณสมบัติประจำตัวอย่างไร
- 3.4 คุณสมบัติที่สำคัญของประจุไฟฟ้า และขั้วแม่เหล็กคืออะไร
- 3.5 คาเวนดิช (Sir Henry Cavendish) ได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าอะไรของแรงดึงดูดระหว่างมวลและเขาสามารถคำนวณมวลของโลกได้อย่างไร
- 3.6 เราสามารถจัดแบ่ง ผลของแรงได้กี่ประเภท อะไรบ้าง
- 3.7 เด็กสองคนกำลังเล่นกระดานกระดกที่มีความยาว 5 เมตร ถ้าให้จุดพิลครัมของกระดานกระดกอยู่ที่จุดกึ่งกลางของความยาว และน้ำหนักหรือแรงโน้มถ่วงของเด็กคนแรกเท่ากับ 200 นิวตัน คนที่สองเท่ากับ 300 นิวตัน เด็กทั้งสองจะนั่งห่างจากจุดพิลครัมอย่างไร กระดานกระดกจึงอยู่ในภาวะสมดุล
- 3.8 อัตราเร็วและอัตราเร่ง คืออะไร เขียนเป็นสมการในการคำนวณได้อย่างไร
- 3.9 จงบอกถึงความแตกต่างของมวลกับน้ำหนัก และของความเร็ว (velocity) กับอัตราเร็ว (speed)
- 3.10 นิยามของโมเมนตัมเขียนเป็นสมการได้อย่างไร และหลักการอนุรักษ์โมเมนตัมมีใจความว่าอย่างไร
- 3.11 กฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน มีกี่ข้อ แต่ละข้อมีใจความและความหมายอย่างไร
- 3.12 วัตถุก้อนหนึ่งมีมวล 0.5 กิโลกรัม มีอัตราเร่ง 5 เมตร/วินาที² จงหาแรงที่กระทำต่อวัตถุนั้น