

บทที่ 3 แรงและการเคลื่อนที่

สิ่งที่สำคัญสิ่งหนึ่งของวิชาพิสิกส์ก็คือ การศึกษาเรื่องแรงหรือตัวร้าบ้างเล่มให้คำที่ว่า อันตรกิริยา เรายุ้งแรงที่ใช้อยู่ในชีวิตประจำวันอยู่สองแบบ คือ แรงดึงและแรงผลัก และเราอัด ขนาดของแรงได้จากผลของมัน แต่ความจริงแรงในชีวิตประจำวันนั้นมีอยู่มากมาย แต่ในทาง พิสิกส์ได้จัดรวมแรงตามธรรมชาติเข้าด้วยกันแล้วจัดแยกหมวดหมู่ได้ 4 ประเภท ดังนี้

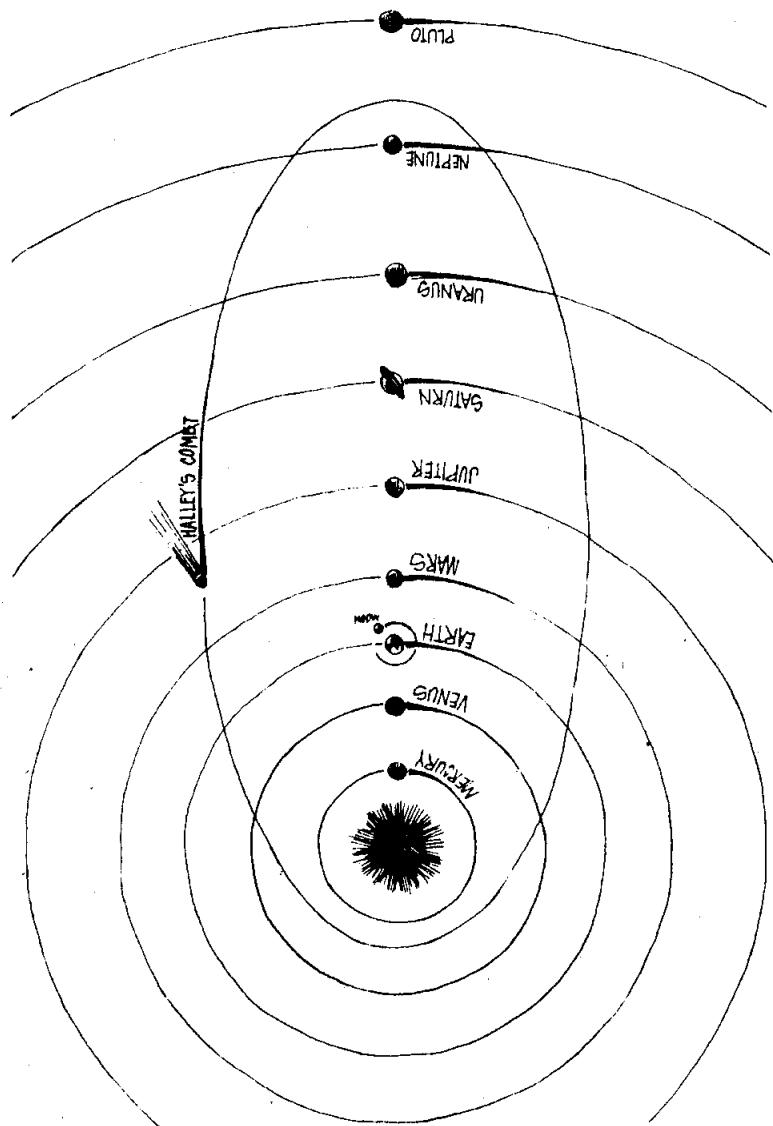
1. แรงโน้มถ่วง (gravitational force) ซึ่งเป็นแรงดึงดูดระหว่างมวลตามประวัติกล่าวว่า เชอร์ ไอแซค นิวตัน (Sir Isac Newton) ค้นพบแรงชนิดนี้ขณะที่นั่งอยู่ในสวนและเห็นลูกแอปเปิล หล่นจากต้นตอกสู่พื้น จากความอัจฉริยะของนิวตันเขายกับว่า แรงที่ดึงดูดให้ดวงจันทร์เป็นบริการ และโคจรรอบโลกก็คือ แรงโน้มถ่วงนี้เอง ผลของแรงดึงดูดระหว่างโลกกับดวงจันทร์ที่เราเห็นใน ชีวิตประจำวันก็คือ ปรากฏการณ์น้ำขึ้นน้ำลง ถ้าพิจารณาระบบที่ใหญ่ขึ้นไป เช่นระบบสุริยะ แรงโน้มถ่วงจากดวงอาทิตย์ที่กระทำกับดาวบริวาร ทำให้ดาวบริวารโคจรรอบดวงอาทิตย์ ซึ่งมี วงโคจรเป็นวงรี ดาวบริวารของดวงอาทิตย์ที่กล่าวนี้คือ ดาวเคราะห์ ดาวเคราะห์น้อย ดาวหาง ซึ่งรวมทั้งดาวหางที่ชื่อ Halley ที่ปรากฏให้เห็นในปี พ.ศ. 2529 ดังรูป 3.1

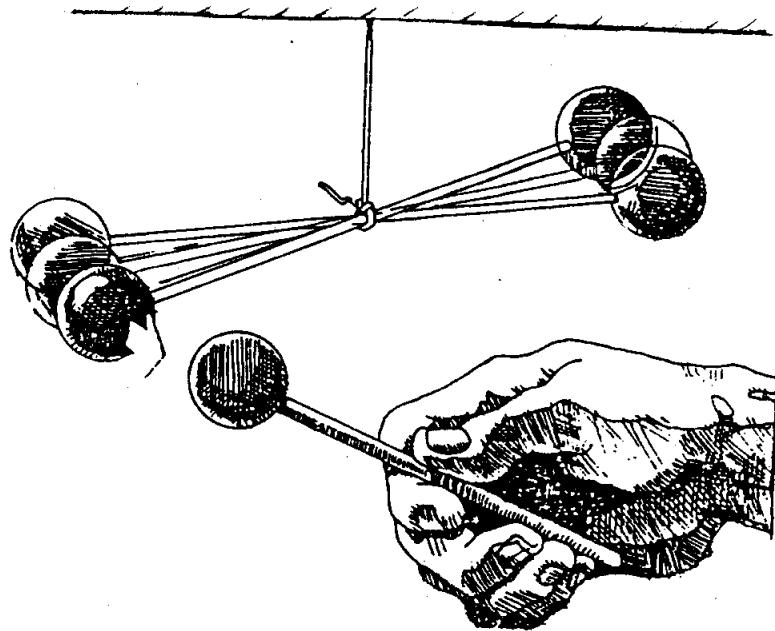
ขนาดของแรงดึงดูดระหว่างมวลนั้นเปลี่ยนได้เป็น

$$F = G \cdot m_1 \cdot m_2 / r^2$$

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

Fig 3.1 सूरजमाला





รูป 3.2 เครื่องมือหาค่า G ของคาวาเดนดิช

แรงโน้มถ่วงที่โลกกระทำต่อวัตถุใกล้โลกจะมีค่ามาก เมื่อจากมวลของโลกซึ่งมีค่า
มาก many ความจริงเราสามารถหามวลของโลกได้จากกฎแห่งแรงโน้มถ่วง ในที่นี้ค่า G จะหาได้
จากการคำนวณผลการทดลองของคาวาเดนดิช ซึ่งเป็นคนแรกที่คำนวณมวลของโลก ลองพิจารณา
โลกซึ่งมีมวล M_e และวัตถุบนพื้นโลกมวล m และดึงดูดให้หันจากกฎข้อที่ 2 ของนิวตัน และ
จากกฎแห่งความโน้มถ่วง

$$F = mg$$

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

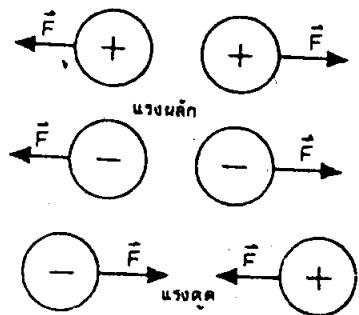
ในที่นี้ R_e คือรัศมีของโลก ซึ่งเป็นระยะห่างระหว่างวัตถุทั้งสอง คือโลกและวัตถุ
มวล m g เป็นความเร่งเนื่องจากความโน้มถ่วงที่ผิวโลก สมการทั้งสองเท่ากัน ดังนี้

$$\begin{aligned} M_e &= g R_e^2 / G \\ &= 9.8 \times 6.37 \times 10^6 / 6.67 \times 10^{-11} \\ &= 5.97 \times 10^{24} \text{ kg} \end{aligned}$$

เมื่อหารมวลด้วยลมดของโลกด้วยปริมาตรทั้งหมด เราจะได้ความหนาแน่นเฉลี่ยของโลกซึ่งหาค่าได้ $5.5 \text{ กิรัมต่อ } \text{ลูกบาศก์เซนติเมตร}$ หรือปะมาณ $5.5 \text{ เท่าของความหนาแน่นของน้ำ}$ ความหนาแน่นเฉลี่ยของหินบนพื้นโลกมีค่าน้อยกว่าค่านี้มาก เราจึงสรุปว่าภายในของโลกมีสารซึ่งมีความหนาแน่นมากกว่า $5.5 \text{ กิรัมต่อ } \text{ลูกบาศก์เซนติเมตร}$ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าจากการทดลองของคาวานดิก เรายังได้ข้อมูลเกี่ยวกับมวลของโลกและธรรมชาติของใจกลางของโลก

ในชีวิตประจำวันมนุษย์เรารู้อยู่ว่าได้แรงดึงดูดระหว่างมวลตลอดเวลา แรงดึงดูดระหว่างโลกกับตัวเรา ทำให้เรามีน้ำหนัก เมื่อเรารู้สึกว่าแรงดึงดูดระหว่างเรากับเพื่อน แต่ที่เราไม่รู้สึกถึงแรงดึงดูดระหว่างตัวเรากับเพื่อนก็ เพราะว่าแรงดึงดูดระหว่างมวลมีค่าน้อยมาก แต่ที่เราไม่ลอยหนีไปจากโลกก็ เพราะโลกมีมวลใหญ่มาก จึงทำให้แรงระหว่างมวลมีค่ามาก หรือการที่โลกเรามีบรรยายกาศห่อหุ้มอยู่ก็ เพราะว่าอัตราเร็วของไมเลกุลของอากาศไม่มากพอที่จะทำให้มันหลุดไปจากแรงโน้มถ่วงของโลกได้ ถ้ามวลใดมีอัตราเร็วมากกว่าหรือเท่ากับ $40,000 \text{ กิโลเมตรต่อชั่วโมง}$ แล้ว แรงดึงดูดของโลกจะไม่สามารถดึงดูดมวลนั้นอยู่ได้ อัตราเร็วประมาณ $40,000 \text{ กิโลเมตรต่อชั่วโมง}$ จึงเรียกว่าอัตราเร็วแห่งการหลุดพ้น (escape speed)

2. แรงไฟฟ้าสถิต ซึ่งเป็นแรงระหว่างประจุ ในบทที่แล้วเรายังได้กล่าวว่าธาตุประกอบด้วยส่วนย่อยีสุดคือ อะตอม ซึ่งยังแสดงคุณสมบัติของธาตุนั้น สารประกอบจะประกอบด้วยส่วนย่อยีสุดคือ โมเลกุล ซึ่งยังแสดงคุณสมบัติของสารประกอบนั้น โมเลกุลของสารประกอบจะประกอบด้วยอะตอมของธาตุตั้งแต่สองธาตุขึ้นไป อะตอมของธาตุสามารถแบ่งต่อไปได้อีกเป็นอนุภาค อนุภาคที่ประกอบเป็นอะตอมโดยปกติมีอยู่ 3 ชนิด คือ โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน โปรตอนมีประจุเป็นบวก นิวตรอนมีประจุเป็นศูนย์ และอิเล็กตรอนมีประจุเป็นลบ ส่วนที่ว่าอนุภาคทั้ง 3 นี้มีคุณสมบัติอย่างอื่นอย่างไรบ้าง และจะจัดเรียงตัวกันอย่างไรในอะตอมนั้น จะได้กล่าวถึงในบทต่อไป เมื่อจากประจุมี 2 ชนิด แรงระหว่างประจุอาจแบ่งได้เป็น 3 กรณี คือระหว่าง ลบ-ลบ บวก-บวก และ บวก-ลบ จากการสังเกตของคูลอมบ์ (Augustin Coulomb) พบร่วม แรงระหว่างที่ประจุที่เหมือนกัน คือ ลบ-ลบ หรือ บวก-บวก เป็นแรงผลัก ส่วนแรงระหว่างประจุที่ต่างชนิดกัน ลบ-บวก เป็นแรงดูด ดังรูป 3.3



รูป 3.3 แรงระหว่างประจุ

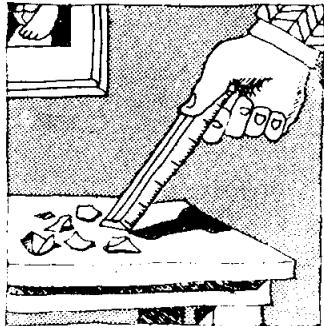
ธรรมชาติของแรงนี้มีลักษณะคล้ายกับแรงโน้มถ่วง คือ ขนาดของแรงแปรผันกับระยะทางกำลังสอง ซึ่งเป็นสมการได้เป็น

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

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 อยู่ในสัญญาณ ค่าคงที่ k มีค่าดังนี้

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

แรงไฟฟ้าสถิตมีขนาดมากกว่าแรงโน้มถ่วงมาก คือ เราสามารถดึงสั่งเกตดูได้ เมื่อตอนเราเด็ก ๆ ในหน้าน้ำอาจะเคยถูกครูวิทยาศาสตร์ให้ทดลองเอามีบอร์ดพลาสติก ถูกผนนที่ศรีษะสักสองสามครั้ง แล้วเอาไปคูดกระดาษเล็ก ๆ เราจะพบว่าเศษกระดาษติดไม้บอร์ด ขึ้นมา ดังรูป 3.4

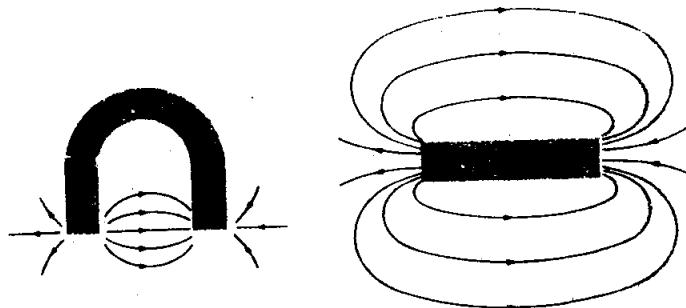


รูป 3.4 แรงไฟฟ้าสถิต

ความจริงไม่จำเป็นต้องเป็นหน้าหนาที่จะทดลองแบบนี้ได้ ถ้าเราอาศัยอยู่ในเขตที่มีอากาศแห้ง ๆ อย่างเช่นในทะเลราย พอดีประเทคโนโลยีดังอยู่ในเขตที่มีความชื้นมาก ทำให้ปรากฏการณ์ทางไฟฟ้าสถิตเกิดน้อย หรือถ้าเกิดก็จะเกิดในเวลาอันสั้น ๆ ฟ้าแลบ ฟ้าผ่า ก็เป็นผลทางไฟฟ้าสถิตที่เกิดปรากฏการณ์ในธรรมชาติโดยเฉพาะในฤดูฝน

เราพอสรุปเกี่ยวกับแรงไฟฟ้าสถิตได้ว่า มีทั้งแรงดูดและแรงผลัก กล่าวคือ แรงระหว่างประจุที่ต่างกันจะดูดกัน ส่วนแรงระหว่างประจุที่เหมือนกันจะผลักกัน แรงไฟฟ้าเป็นแรงที่มีความสำคัญมาก เพราะเป็นแรงที่ยึดอิเล็กตรอนกับprotoon ให้กล้ายเป็นอะตอม และเป็นแรงยึดระหว่างอะตอมและโมเลกุลให้รวมกันกลายเป็นสาร

3. แรงแม่เหล็ก บางคนอาจเคยลองเอาแท่งแม่เหล็กไปล่อ กับเข็มทิศ หรืออาจเคยเอากาวไวรัดผ้าไปดูดเข็มเย็บผ้าหรือตะปูลีก ๆ แรงที่เกิดขึ้นนี้คือแรงแม่เหล็ก มันช่วยเรารู้จักได้ แรงแม่เหล็กในธรรมชาติสำหรับหาทิศทางช่วยในการเดินเรื่องมาตั้งแต่สมัยโบราณแล้ว ข้อของแม่เหล็กที่ซึ่ไปทางทิศเหนือเรียกว่า ข้าวเหนือ ขัวตรงข้ามเรียกว่า ข้าวใต้ แม่เหล็กอาจมีรูปทรงได้หลายแบบ อย่างที่เราคุ้นเคย คือเป็นรูปเกือกม้ากับรูปแห่ง ดังรูป 3.5



รูป 3.5 รูปทรงแม่เหล็ก

แรงแม่เหล็กมีลักษณะคล้ายแรงไฟฟ้ามาก คือ ข้าวแม่เหล็กมีสองชนิด คือ ข้าวเหนือกับข้าวใต้ แรงระหว่างข้าวที่เหมือนกันจะเป็นแรงผลัก ส่วนแรงระหว่างข้าวต่างกันจะดึงกัน แรงชนิดนี้ มีขนาดมากกว่าแรงระหว่างมวลมาก

ธรรมชาติของแรงแม่เหล็กจะเหมือนกับแรงไฟฟ้าจนอาจจัดรวมเป็นแรงชนิดเดียวกันได้ เรียกว่า แรงแม่เหล็กไฟฟ้า จากการค้นพบของนักวิทยาศาสตร์หลายท่านพบว่า แรงแม่เหล็กและ แรงไฟฟ้าเป็นแรงประเภทเดียวกันแยกไม่ออก หมายความว่าเมื่อมีแรงแม่เหล็กก็จะมีกระแสไฟฟ้า เกิดขึ้น และเมื่อมีกระแสไฟฟ้าก็มีแรงแม่เหล็กเกิดขึ้น ตัวอย่างเช่น ในปีค.ศ. 1820 เออร์สเตด (Han C. Oersted) ได้พิมพ์บทความเรื่องการค้นพบความสัมพันธ์ระหว่างกระแสไฟฟ้ากับ แม่เหล็ก มีทั้งทฤษฎีและการทดลองอธิบายให้โดยละเอียด

4. แรงนิวเคลียร์ แรงนี้เป็นแรงที่มีขนาดมากที่สุด เพื่อความเข้าใจในเรื่องแรงชนิดนี้ จะจำเป็นต้องแนะนำให้รู้จักการจัดตัวของอนุภาคในอะตอมพอกลาง อะตอมหนึ่ง ๆ จะ ประกอบด้วยส่วนที่อยู่กึ่งกลางเป็นแก่นของอะตอมเรียกว่า นิวเคลียส ในนิวเคลียสนี้จะมี protoon และนิวตรอนอยู่ร่วมกัน ส่วนอิเล็กตรอนจะโคจรรอบ ๆ นิวเคลียส เมื่อนิวเคลียสที่ ประกอบด้วยโปรตอนซึ่งมีประจุบวกหลอย ๆ ตัว ทำไม่แรงผลักระหว่างประจุของโปรตอนไม่ผลัก กันจนกระทั่งทำให้นิวเคลียสแตก ซึ่งตอบได้ว่า เพราะมีแรงนิวเคลียสเป็นแรงดึงดูดอนุภาคใน นิวเคลียร์และ เคานะแรงผลักทางไฟฟ้าสถิตได้ ดังนั้นแรงนิวเคลียสต้องมีขนาดมากกว่าไฟฟ้าสถิต แต่แรงชนิดนี้มีธรรมชาติเฉพาะตัวของมัน แรงนี้จะไม่มีผลที่ระยะห่างจากจุดกึ่งกลางนิวเคลียส ออกไปมาก เราจะมีโอกาสกล่าวถึงแรงชนิดนี้อีกครั้งเมื่อตอนพูดถึงฟิสิกส์ยุคใหม่ มีแรงอีกชนิด

หนึ่งในตัวร้าบงานเล่นรวมເອງແຮງນີ້ຄືອ ແຮງທີ່ເກີຍກັບກາຮັກແຮງສິບຕາເຂົ້າໄວ້ກັບແຮງນິວເຄລີ່ຍ່ວັດຍ ແມ່ວ່າແຮງນິດຫລັນນີ້ຈະເປັນແຮງທີ່ອ່ອນກວ່າແຮງນິວເຄລີ່ຍ່ວັດຍນິດແຮກມາກ ແຕ່ເປັນພຽງວ່າຂັນກາຮັກທີ່ເກີດໃນນິວເຄລີ່ຍ່ວັດຍເໜືອນກັນ ກີ່ເລຍື້ອດອູ້ໃນປະເທດເດືອກັນ ແຮງທີ່ເກີຍຂ້ອງກັບກາຮັກແຮງສິບຕານີ້ ບາງທີ່ເຮີຍກວ່າແຮງອ່ອນ (weak force)

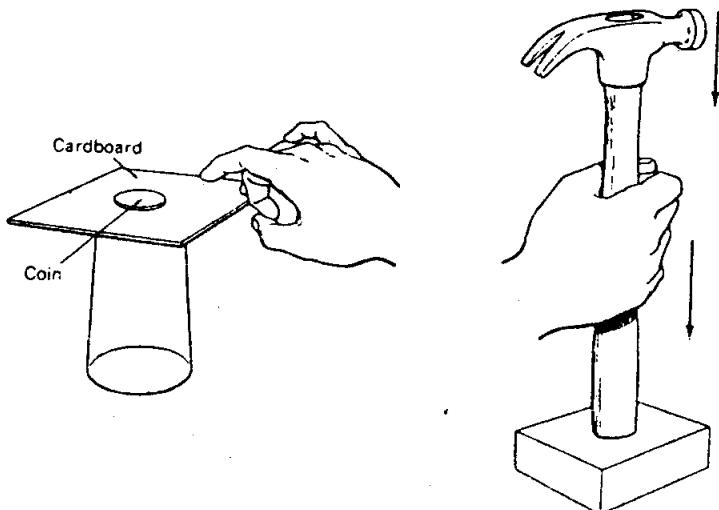
ກົງກາຮັກເຄລີ່ອນທີ່ຂອງນິວຕັນ (Newton's Law of Motion)

ຈາກປະສົບກາຮັກໂດຍຕຽນເຈົ້າເຫັນວ່າ ກາຮັກເຄລີ່ອນທີ່ຂອງວັດຖຸນັ້ນຈະຖຸກບັນດັບດ້ວຍແຮງນິວຕັນໄດ້ຄັນພບຄວາມສັມພັນນີ້ຮ່ວງກາຮັກເຄລີ່ອນທີ່ແລະແຮງ ໂດຍໃຊ້ເຮີຍກັນວ່າ ກົງກາຮັກເຄລີ່ອນທີ່ຂອງນິວຕັນ ພລຂອງແຮງທີ່ມີຕ່ອກກາຮັກເຄລີ່ອນທີ່ອີນບາຍໄດ້ໂດຍກົງຂອງນິວຕັນ ຜຶ່ງນີ້ 3 ຊັ້ນ ພອຈະກລ່າຍຢ່ອງ ທີ່ໄດ້ດັ່ງນີ້

ກົງຂ້ອທີ່ 1

ວັດຖຸຈະຫຍຸດນີ້ກັບທີ່ຫີ້ອກເຄລີ່ອນທີ່ເປັນທາງຕຽບດ້ວຍຄວາມເງົວເຫຼີມ ດ້ວຍກົງມີແຮງມາກຮະທຳກົງນີ້ບາງທີ່ເຮີຍກວ່າ ກົງແໜ່ງຄວາມເຈື່ອຍ

ແນວນິ້ມທີ່ວັດຖຸຈະຮັກຫາສັກພອຍ່ື່ນີ້ຂອງມັນ ອີ້ວັກຫາສັກເຄລີ່ອນທີ່ຄົງເດີມຂອງມັນເຮີຍກວ່າຄວາມເຈື່ອຍ (inertia) ມີເຫຼຸດກາຮັນໃນຫີ້ວິຕປະຈຳວັນພບເຫັນມາກມາຍໃນເຮືອງຂອງຄວາມເຈື່ອຍ ຮູບທີ່ 3.6 ເປັນກາຮັກເຄລີ່ອນກົງແໜ່ງຄວາມເຈື່ອຍດ້ວຍກາທົດລອງຈ່າຍ ທີ່



ຮູບ 3.6 ສາຂີດຄວາມເຈື່ອຍ (a) ຂອງເຫີຍກົງ (b) ຂອງຄ້ອນ

กฎข้อที่ 2

เป็นกฎที่กล่าวถึงขนาดของแรง มีใจความว่า "แรงที่กระทำกับวัตถุที่เคลื่อนที่ด้วยความเร่ง จะมีค่าเท่ากับผลคูณของมวลและความเร่ง"

กฎข้อนี้สามารถเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$F = ma \quad \text{หรือ} \quad a = F/m$$

สำหรับความเร่งแห่งการโน้มถ่วง คือ g มีค่าเท่ากับ 9.80 เมตรต่อวินาที² ดังนั้นแรงที่กระทำกับวัตถุบนผิวโลก จึงมีค่า mg ซึ่งเราเรียกว่าน้ำหนัก รูป 3.7 แสดงการเคลื่อนที่ของวัตถุ ภายใต้แรงดึงดูดของโลกในแนวตั้ง วัตถุจะเคลื่อนที่ข้ามลงเมื่อตอนเคลื่อนที่ขึ้น เพราะว่าทิศทาง การเคลื่อนที่ตรงข้ามกับทิศทางของแรง แต่วัตถุจะเคลื่อนที่เร็วขึ้นเมื่อตอนเคลื่อนที่ลง

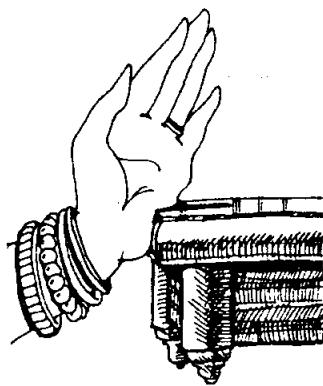


รูป 3.7 การเคลื่อนที่ในแนวตั้งภายใต้แรงโน้มถ่วงของโลก

กฎข้อที่ 2 ของนิวตันนี้เป็นกฎที่สำคัญ เพราะสามารถนำไปอธิบายการเคลื่อนที่ของวัตถุ การจะให้เข้าใจว่า กฎข้อ 2 ของนิวตันจะทำให้ได้สมการการเคลื่อนที่ของวัตถุอย่างไร เราต้องศึกษาฟิสิกส์มากกว่าที่เป็นอยู่นี้ในทุกของไมemen ตาม โดยกฎข้อ 2 นี้อาจพูดได้ว่า "แรงคืออัตราการเปลี่ยนแปลงโมเมนตัมต่อหนึ่งหน่วยเวลา"

กฎข้อที่ 3

กล่าวว่า "แรงกิริยาเท่ากับแรงปฏิกิริยา" โดยมีทิศทางตรงกันข้าม ดังอธิบายได้ด้วยรูป 3.8



รูป 3.8 แสดงกฎข้อที่ 3 ของนิวตัน

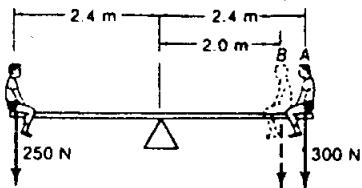
ผลของแรง

เราจะพิจารณาผลของแรงใน 3 ประเภทใหญ่ คือ

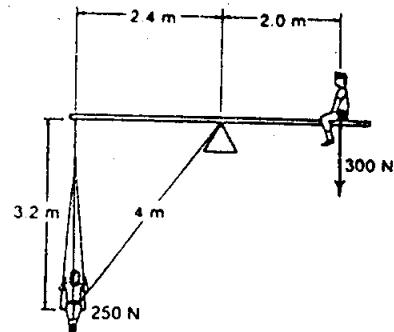
1. แรงทำให้เกิดการหมุน
2. ทำให้เกิดการเคลื่อนที่
3. ทำให้เกิดงาน

ในบทนี้จะพิจารณาผลของแรงใน 2 ข้อแรก ส่วนข้อ 3 จะอธิบายรายละเอียดในบท่อไป
ผลของแรงที่ทำให้หมุนหรือบัญชีการหมุนนั้น เราสามารถอธิบายในเทอมของทอร์ก
(torque) หรือ โมเมนต์ของแรง (moment of force)

“การเล่นกระดานหกเป็นการสาธิตผลของแรงในข้อ 1 ได้เป็นอย่างดี ถ้าเราพิจารณาให้ละเอียดลงไป จุดที่สันไม้รองรับกระดานเรียกว่า จุดฟลัครัม (fulcrum) การเล่นกระดานหกถ้าผู้เล่นสองคนมีน้ำหนักเท่ากัน เมื่อนั่งบนกระดาน ก็จะนั่งห่างจากจุดฟลัครัมด้วยระยะทางเท่า ๆ กัน แต่ถ้าผู้เล่นมีน้ำหนักไม่เท่ากัน เราจะเห็นว่าผู้ที่มีน้ำหนักตัวมากจะนั่งใกล้จุดฟลัครัมมากกว่าผู้ที่มีน้ำหนักตัวน้อยกว่า ถึงตอนนี้เราพอจะเห็นว่าขนาดของโมเมนต์ของแรงขึ้นอยู่กับแฟกเตอร์สองอย่างคือ น้ำหนัก กับ ระยะทางที่น้ำหนักหรือแรงกระทำโดยวัดจากจุดฟลัครัม ดังรูป 3.9 ก จากรูป 3.9 ก เด็กคนหนึ่งมีมวล 25 กิโลกรัม คิดเป็นน้ำหนักได้ประมาณ 250 นิวตัน และเด็กคนที่สองมีมวล 30 กิโลกรัม (น้ำหนัก 300 นิวตัน) เราจะเห็นว่า ขณะที่เด็กที่หนัก 250 นิวตัน นั่งห่างจากจุดฟลัครัม 2.4 เมตร เด็กคนที่หนัก 300 นิวตัน ต้องนั่งใกล้จุดฟลัครัมมากกว่า คือนั่งห่างจากจุดฟลัครัมเพียง 2 เมตร เพื่อให้กระดานเกิดความสมดุล



ก



ข

รูป 3.9 แสดงโมเมนต์ของแรง

พิจารณารูป 3.9 ข สมมติว่าเราใช้เสาสูงค้ำที่จุดฟลัครัม และให้เด็กคนแรกนั่งในกระเช้าที่ห้อยลงมา จะเห็นว่ากรณีหลังนี้กระดานเกือบในสภาพสมดุล เช่นกัน แต่ตอนนี้เด็กคนแรกนั่งห่างจากจุดฟลัครัม 4 เมตร แต่ค่าทอร์กยังเท่าเดิม ดังนั้นคำว่าระยะทางที่กล่าวถึงในคำจำกัดความของโมเมนต์ของแรงนั้น หมายถึง ระยะทางที่วัดในแนวตั้งจาก และเราสามารถนิยามโมเมนต์ของแรงได้ใหม่ว่า

ทอร์ก หรือโมเมนต์ของแรง มีค่าเท่ากับแรงคูณด้วยระยะทางจากจุดฟลัครัมถึงจุดที่แรงกระทำในแนวตั้งจาก

กฎเกณฑ์ทางฟิสิกส์ข้อนี้พับเห็นในชีวิตประจำวันมากมาย เช่น เครื่องผ่อนแรง ประเภทคาดดีดคาดงัด กว้าน กากบาทขันล้อรถ และการที่เด็กวัยรุ่นบางรายนำเอกสารยันต์ธรรมดามีช่องมวลัพไม่ได้ดีดเครื่องทุ่นแรง (power) ช่วยในการหมุนนำมาเปลี่ยนพวงมวลัพให้เล็กลง คล้ายรถแข่ง ที่ชาวบ้านเรียกว่ารถซิ่งนั้น คิดดูง่าย ๆ ตามนิยามของทอร์ก การที่จะให้ค่าทอร์ก เท่าเดิมเราจะต้องออกแรงหมุนพวงมวลัพรถแข่งขึ้น เพราะระยะทางจากจุดหมุนมันสั้นลง จึงมีข่าวเกี่ยวกับรถซิ่งแห่งข้ามถนนไปชนเสาไฟฟ้าซึ่งอยู่บนเกาะกลางถนนตายกันอยู่บ่อย ๆ เพราะว่าพวงมวลัพหมุนไม่ทัน นักศึกษาที่รู้ฟิสิกส์เรื่องโมเมนต์ของแรงคงจะไม่ไปเปลี่ยนพวงมวลัพ รถยนต์ให้เล็กลงกว่าที่ทางบริษัทผู้ผลิตกำหนด ถ้าเราไม่มีระบบเครื่องทุ่นแรงช่วยผ่อนแรงพวงมวลัพ

อัตราเร็วและอัตราเร่ง

ก่อนที่จะกล่าวถึงผลของแรงในข้อ 2 เราจำเป็นต้องรู้ปริมาณทางฟิสิกส์ที่ใช้เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ ซึ่งนิยามได้ดังต่อไปนี้

สำหรับการเคลื่อนที่อัตราเร็วคงที่ สมการการหาอัตราเร็วคือ ระยะทางที่เคลื่อนที่หารด้วยเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ เนียนเป็นสมการได้ว่า

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

ถ้าการเคลื่อนที่อัตราเร็วไม่คงที่ เราเรียกการเคลื่อนที่นั้นว่า การเคลื่อนที่มีอัตราเร่ง ซึ่งอัตราเร่งที่ทำให้อัตราเร็วเปลี่ยนจาก v_1 เป็น v_2 โดยใช้เวลา t คือ

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

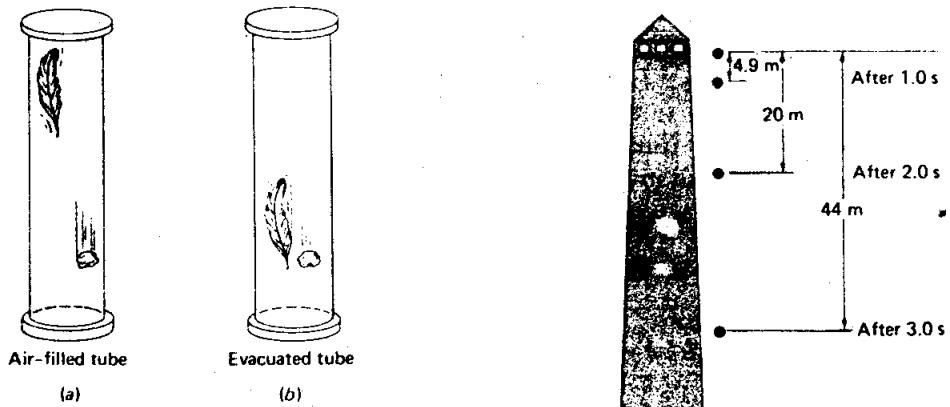
หรือเนียนใหม่ได้ว่า

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

สมการหาระยะทางคือ

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

อริสโตเตล (Aristotle) เคยเข่าว่า ถ้าปล่อยของสองสิ่งจากที่สูง ของที่น้ำหนักกว่าจะตกถึงพื้นก่อนของซึ่งเบากว่า ถ้าเราพิจารณาจากสมการ (3.3) จะเห็นว่ามวลนั้นไม่เกี่ยวข้องกับความเร็วเลย ดังนั้น กาลิเลโอ (Galileo) จึงได้กล่าวแย้งอริสโตเตล โดยบอกว่าของไม่ว่าจะน้ำหนักหรือเบา ถ้าปล่อยจากความสูงระดับเดียวกัน จะตกถึงพื้นพร้อม ๆ กัน ความคิดอันนี้ได้ทำการทดลองพิสูจน์ที่หอเอ็นบีชา เมื่อครั้งนั้นจะไม่ได้ผลร้อยเปอร์เซ็นต์ เพราะอากาศท้าให้เกิดแรงต้านทางวัตถุไม่เท่ากัน เมื่อ尼ล อาร์มสตรอง (Neil Armstrong) นักบินอวกาศชาวอเมริกัน ซึ่งเป็นมนุษย์คนแรกที่เคยบินผ่านดวงจันทร์โดยอาศัยยานอพอลโล ได้ทดลองยืนยันความจริงนี้อีกครั้งหนึ่ง โดยการปล่อยศ้อนและชาร์มลงบนพื้นของดวงจันทร์ ซึ่งถือว่าไม่มีแรงเสียดทานจากอวกาศ การทดลองเพื่อยืนยันว่าความคิดของกาลิเลโอถูกต้อง อาจทำได้ดังแสดงในรูป 3.10 กรูป 3.10 ฯ แสดงการเคลื่อนที่ตามแนวตั้งตามสมการ (3.4) ซึ่งจะเห็นว่าวัตถุเคลื่อนที่เร็วขึ้น ๆ ซึ่งเป็นผลมาจากการแรงดึงดูดของโลก สมการทางฟิสิกส์ (3.4) นี้นำไปใช้กับเกมส์ที่เรียกว่าเกมจับชนบัตร หากนับตรใหม่ ๆ มาใบหนึ่งรีดให้เรียบ เราอาจทดสอบความเร็วของประสาทตอบสนองได้โดยท่านเป็นผู้จับชนบัตรไว้ในแนวตั้งให้เพื่อนทำท่าเตรียมจับชนบัตรที่ท่านจะปล่อยลงในแนวตั้งให้เข้าจับทันทีที่สายตาเข้าเห็นท่านปล่อยชนบัตร ถ้าเป็นคนที่มีประสาทแห่งการตอบสนองไว้จริง ๆ ก็อาจจะจับทัน แต่โดยทั่วไปแล้วจะจับไม่ทัน ถ้าเริ่มจับที่กึ่งกลางชนบัตร เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของชนบัตร (ชนบัตร 500 บาท มีความยาวประมาณ 16 เซนติเมตร) ผ่านมือของผู้จับไปใช้เวลาประมาณ 0.127 วินาที



ก รูป 3.10 ก แสดงการเคลื่อนที่ของก้อนหินและขันนก

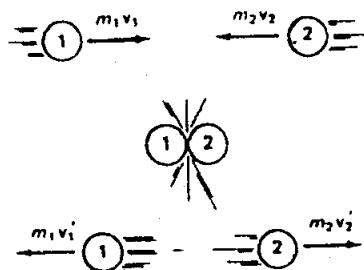
3.10 ข แสดงการเคลื่อนที่ของสมการ (3.4)

โมเมนตัม (Momentum)

โมเมนตัมเป็นปริมาณที่ใช้กันมากทั้งในหมู่นักฟิสิกส์และวิศวกร ขนาดของโมเมนตัมคือ ผลคูณระหว่างมวลและอัตราเร็ว ซึ่งเขียนเป็นสมการได้ว่า

$$P = mv$$

กฎเกณฑ์ทางฟิสิกส์ที่น่าสนใจเกี่ยวกับโมเมนตัมคือ "ถ้าไม่มีแรงภายนอกมา เกี่ยวข้องกับการชนกันทุกชนิด ค่าโมเมนตัมก่อนชนจะเท่ากับโมเมนตัมหลังชน" กฎนี้เรียกว่า หลัก การคงตัวของโมเมนตัม หรือ กฎอนุรักษ์โมเมนตัม ดังรูป 3.11



รูป 3.11 แสดงโมเมนตัมของการชน

แบบฝึกหัด

- 3.1 นักฟิสิกส์สามารถจัดประเภทของแรง ตามธรรมชาติของแรงได้กี่ประเภท อะไรมีบ้าง
- 3.2 แรงโน้มถ่วงมีความสำคัญอย่างไร ใครเป็นผู้ค้นพบแรงโน้มถ่วง
- 3.3 อนุภาคทางไฟฟ้ามีกี่ชนิด อะไรมีบ้าง แต่ละชนิดมีคุณสมบัติประจำตัวอย่างไร
- 3.4 คุณสมบัติที่สำคัญของประจุไฟฟ้า และข้อแม่เหล็กคืออะไร
- 3.5 คาเวนดิช (Sir Henry Cavendish) ได้ทำการทดลองเพื่อหาค่าอะไรมีของแรงดึงดูดระหว่างมวลและเข้าสามารถคำนวณมวลของโลกได้อย่างไร
- 3.6 เราสามารถจัดแบ่ง ผลของแรงได้กี่ประเภท อะไรมีบ้าง
- 3.7 เด็กสองคนกำลังเล่นกระดานกระดกที่มีความยาว 5 เมตร ถ้าให้จุดฟลัครวมของกระดานกระดกอยู่ที่จุดกึ่งกลางของความยาว และน้ำหนักหรือแรงโน้มถ่วงของเด็กคนแรกเท่ากับ 200 นิวตัน คนที่สองเท่ากับ 300 นิวตัน เด็กทั้งสองจะนั่งห่างจากจุดฟลัครวมอย่างไร กระดานกระดกจึงอยู่ในภาวะสมดุล
- 3.8 อัตราเร็วและอัตราเร่ง คืออะไร เรียนเป็นสมการในการคำนวณได้อย่างไร
- 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